SLEDOVANIE DRSNOSTI POVRCHU PRI ROVINNOM FRÉZOVANÍ TOPOĽOVÉHO DREVA KONTAKTNOU A BEZKONTAKTNOU METÓDOU

Štefan Barcík – Eva Pivolusková – Richard Kminiak

Abstract

This paper was particularly aimed at the influence of technical-technological factors on surface roughness of poplar wood at plane milling. Technical factors were the feed speed (2,5 a 15 m.min^{-1}) and cutting speed (30, 45 a 60 m.s^{-1}). Technological factors were type of wood – juvenile and mature wood, and kind of wood – trembling poplar and hybrid poplar „Serotina“. It is important to deal with woodworking of juvenile wood and fast-growing species because their properties are different from mature wood.

Key words: *poplar wood, juvenile wood, fast-growing species, plane milling, surface roughness*

ÚVOD

Na základe rešerše existujúcich informácií o vlastnostiach a spracovaní juvenilného dreva možno konštatovať, že problematika je riešená najmä v zahraničí. V našej odbornej literatúre chýbajú informácie charakterizujúce vlastnosti samostatného juvenilného topoľového dreva. Je tiež potrebné doplniť chýbajúce informácie o obrábaní dreva, ktoré obsahuje vyšší podiel juvenilného dreva ako sú napríklad plantážnicky pestované dreviny.

Táto práca bola zameraná na sledovanie drsnosti povrchu kontaktnou a bezkontaktnou metódou topoľového dreva pri rovinnom frézovaní. Experimenty boli vykonané pri reznej rýchlosti 30, 45 a 60 m.s^{-1}, posuvnej rýchlosti 2,5 a 15 m.min^{-1}, pri juvenilnom i staršom dreve a pri topole osikovom a klone topoľa „Serotina“.

1. TEORETICKÝ ROZBOR

Rýchlorastúce dreviny pestované plantážnicky predstavujú v tomto tisícročí vysoké percento z celosvetového spracovania dreva. Pre lesnícke hospodárstvo je oveľa ekonomickejšie intenzívne plantážnické pestovanie, pretože pri takomto pestovaní sa skracuje čas ich obnoviteľnosti.

Plantáže rýchlorastúcich drevín sú intenzívne pestovania niektorých druhov drevín, vybraných na základe ich obvodového prírastku a zakladané k vyprodukovaniu drevnej suroviny v kratších ako normálne uplatňovaných cykloch lesných kultúr (do 60 rokov),

pokiaľ možno s čo najväčším objemom drevnej suroviny (ZAJACZKOWSKI, 2000). Vlastnosti klonov topoľa sú nižšie ako vlastnosti topoľa a osiky rastúcich v prírodných lesných podmienkach (PETERS et al., 2002). Využitie dreva klonov topoľov z plantážnického pestovania je podobné využitiu prírodne pestovaných topoľov (ZOBEL – SPRAGUE, 1998).

Na Slovensku sa týmto spôsobom pestuje borovica, topoľ a jaseň. Plantážnickým spôsobom sa získava cca 50 000 m^3 borovicového dreva a 60 000 m^3 kultivarov topoľa ročne s rubnou dobou 17 až 35 rokov.

Jeden z najvýznamnejších problémov, ktorý je dôležitý pri plantážnickom pestovaní, je práve problém kvality dreva, a to nielen pred ale aj po jeho spracovaní. Rýchlorastúce druhy sa ťažia v skorých rokoch, čím obsahujú vysoký podiel juvenilného dreva.

Juvenilné drevo je definované ako drevo, ktoré sa vytvorí v prvých rokoch rastu stromu, a ktoré sa nachádza okolo stržňa kmeňa. Juvenilné drevo listnatých drevín sa preukazuje nižšími fyzikálnymi vlastnosťami, nízkou pevnosťou a vyšším zosychaním. Tieto vlastnosti vychádzajú z anatomických charakteristík (dvakrát kratšie bunky, vyšší podiel libriformných vlákien, menší priemer buniek, nižší podiel ciev, tenšiu hrúbku buniek, väčší fibrilárny uhol (MAEGLIN, 1987)). Pri sledovaní fyzikálnych a mechanických vlastností topoľov použitých pre experiment bolo rovnako zistené, že juvenilné drevo má nižšie vlastnosti v porovnaní so starším drevom. Juvenilné drevo sa teda vyznačuje odlišnou kvalitou, ktorej sa musia spracovatelia dreva prispôsobiť. Poznaním jeho vlastností je možné eliminovať jeho nedostatky a správne využiť pozitívne vlastnosti.

Drsnosť povrchu

Sledovanie drsnosti povrchu je najpoužívanejším spôsobom hodnotenia kvality povrchu. Drsnosť povrchu je geometrická vlastnosť povrchu a neexistujú metódy a prostriedky na jej priame meranie. Merajú sa vhodné charakteristiky a parametre, ktoré sa považujú za kritéria drsnosti povrchu (BARCÍK ET AL., 2007).

Drsnosť povrchu je hodnotená v systéme, v ktorom je priestorový charakter nerovností, ktoré na povrchu vznikli v procese realizácie, redukovaný do roviny. V tejto rovine je získaný profil, ktorý je vyhodnocovaný vzhľadom k strednej čiare profilu (DUBOVSKÁ, 2000). Norma *STN EN ISO 4287* vychádza pri hodnotení charakteru povrchu z profilovej metódy, t.j. hodnotí povrch z profilu povrchu, t.j. čiary, ktorá vznikne rezom skutočného povrchu definovanou plochou. Norma nekvalifikuje, ktoré z parametrov drsnosti, či metód by sa mali použiť na jednotlivé aplikácie (SANDAK – NEGRI, 2005).

Drsnosť povrchu obrobku závisí od mnohých faktorov (CYBERMAN EDUCATIONAL PAGE, 2007):

1. Technologické parametre – posuvná rýchlosť, rezná rýchlosť, hĺbka rezu,
2. Geometria rezného nástroja – uhol rezného klina, uhol čela, uhol chrbta,
3. Kombinácia obrobku a materiálu nástroja a ich mechanické vlastnosti,
4. Kvalita a typ použitého obrábacieho stroja a nástroja,
5. Použité prídavné zariadenia a mazivá,
6. Vibrácie medzi obrobkom, strojom a nástrojom.

Na kontrolu a meranie drsnosti sa v súčasnosti najčastejšie používajú dotykové prístroje a svetelno – optické metódy, ktoré majú veľkú výhodu v tom, že ide o bezdotykové meranie a pri aplikácii moderných spôsobov spracovania údajov vyžadujú iba veľmi krátky merací čas (AFJEHI-SADAT et al., 2006).

2. MATERIÁL A METODIKA

Pri experimentálnych skúškach boli použité vzorky z topoľa osikového (*Populus tremula*), ktorý pochádzal z oblasti Kováčovská dolina z nadmorskej výšky 375 m n. m. Vo veku 45 rokov obsahovali 27 % juvenilného dreva. Ako druhá drevina bol použitý klon topoľa (*Populus x Euramericana „Serotina“*), ktorý pochádza z oblasti Kráľova lúka, z nadmorskej výšky 118 m n.m. Vo veku 37 rokov obsahovali 30 % juvenilného dreva. Na základe vizuálnej metódy sledovania šírky ročných kruhov, dostupnej literatúry a predchádzajúcich meraní sa stanovila pre obidve dreviny zóna juvenilného dreva z celého prierezu kmeňa na 10 – 12 ročných kruhov. Z výrezov sa vymanipulovali radiálne dosky, ktoré obsahovali najviac juvenilného dreva. Potom boli dosky prepílené cez stržeň a vykrátené na 1 m. Radiálne dosky sa sušili a klimatizovali pri φ = 65% a T = 20°C na 12 % vlhkosť. Po klimatizovaní dosky boli opracované na hrúbku 35 mm.

Pre samotné experimentálne frézovanie sa použili vždy nabrúsené nože frézovacích hláv. Jednotlivé experimentálne vzorky o rozmeroch 35 x 1000 mm (hrúbka x dĺžka) boli protibežne frézované na spodnej vretenovej frézke s podávacím zariadením Fromnia pri technicko–technologických podmienkach: v_f = 2,5 a 15 m.min^{-1}, v_c = 30, 45 a 60 m.s^{-1}, typ dreva – juvenilné a staršie drevo, druh dreviny – topoľ osikový, klon topoľa „Serotina“, pri uhlovej geometrii frézy β = 55°, γ = 15° a hĺbke úberu a_p = 1 mm.

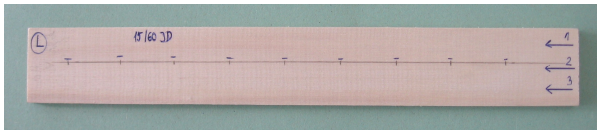
Experimentálny proces frézovania, ktorý sa opakoval pri všetkých dvadsiatich štyroch kombináciách technicko-technologických podmienok pozostával z nastavenia konkrétnej kombinácie technicko-technologických podmienok, zo zapojenia mobilného odsávacieho zariadenia, frézovania experimentálnej vzorky – 10 bežných metroch a odberom vzorky na sledovanie drsnosti povrchu.

Odber vzorky na sledovanie drsnosti povrchu

Z experimentálnej dosky sa odpílila na stolárskej kotúčovej píle latka o hrúbke 5 mm. Zo stredu odpílenej latky sa vymanipulovala vzorka na sledovanie drsnosti povrchu. Každá vzorka zo všetkých dvadsiatich štyroch vzoriek sa označila a pripravila pre sledovanie drsnosti povrchu.

Sledovanie drsnosti povrchu

Pred samotným meraním drsnosti povrchu sa určila vyhodnocovaná dĺžka drsnosti *ln* podľa normy *STN EN ISO 4288*. Pre náš konkrétny prípad je základná dĺžka *lr* = 2,5 mm a vyhodnocovaná dĺžka minimálne *ln* = 12,5 mm. Meranie drsnosti povrchu sa realizovalo na vzorkách (Obr. 1) o rozmeroch 35 x 5 x 250 mm (šírka x hrúbka x dĺžka). Z nasnímaného profilu drsnosti sa vyhodnotila najväčšia výška profilu *Rz* a stredná aritmetická odchýlka profilu *Ra*.

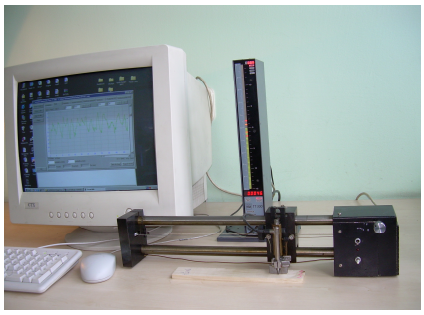


Obrázok 1 *Vzorka na analýzu drsnosti povrchu*

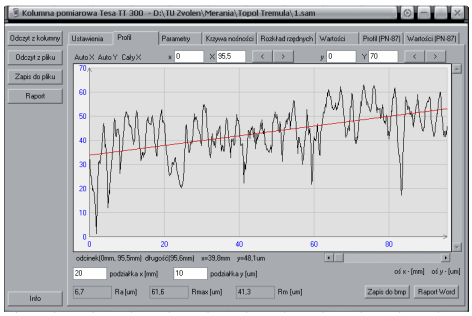
Postup sledovania drsnosti povrchu kontaktnou metódou

Meranie nerovnosti povrchu kontaktnou metódou prebiehalo na Akademii Rolniczej v Poznani. Aparatúra na meranie drsnosti povrchu je založená na indukčnom snímači Tesa

TT 300 (Obr. 2). Na vzorkách sa v troch pozdĺžnych líniách nasnímal profil drsnosti. Pomocou programu Tesa TT 300 sa profily drsnosti vyhodnotili (Obr. 3) a zaznamenali sa namerané hodnoty najväčšej výšky profilu *Rz* a strednej aritmetickej odchýlky profilu *Ra*. Pre každú kombináciu technicko-technologických podmienok bola vyhodnotená jedna priemerná hodnota najväčšej výšky profilu *Rz* a jedna priemerná hodnota strednej aritmetickej odchýlky profilu *Ra* z troch nameraných profilov drsnosti.



Obrázok 2 *Aparatúra na meranie drsnosti povrchu kontaktnou metódou*



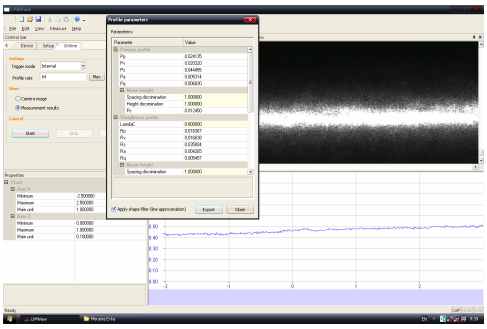
Obrázok 3 *Program Tesa TT 300 – hodnotený profil*

Postup sledovania drsnosti povrchu bezkontaktnou metódou

Meranie nerovnosti povrchu bezkontaktnou metódou sa vykonalo na Katedre obrábania dreva. Na meranie bol použitý kompaktný profilometer LPM (Obr. 4), ktorý opticky meria 3D profil na základe triangulačného princípu. Na meraný povrch je premietaná laserová čiara, ktorá je následne snímaná digitálnou kamerou. Zo snímaného obrazu je možné vyhodnotiť aktuálny 3D profil.

Na rovnakých vzorkách, ktoré boli použité pri kontaktnej metóde bola vyhodnotená drsnosť povrchu aj bezkontaktnou metódou. Laserová čiara kompaktného profilometra nasnímala primárny profil o dĺžke 5 mm, ktorý následne program LPM View (Obr. 5) odfiltroval na profil drsnosti a vyhodnotil priemernú hodnotu najväčšej výšky profilu *Rz* a strednej aritmetickej odchýlky profilu *Ra*. Na každej vzorke sa nasnímalo minimálne tridsať 5 mm dĺžok. Namerané hodnoty profilu drsnosti sa podrobili štatistickému vyhodnoteniu.

Obrázok 4 *Aparatúra na meranie drsnosti povrchu bezkontaktnou metódou*



Obrázok 5 *Analýza nerovnosti povrchu v programe LPMView*

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

V nasledovných Tabuľkách 1 – 2 sú uvedené vyhodnotené priemerné hodnoty pre strednú aritmetickú odchýlku *Ra* a najväčšiu výšku profilu *Rz*, zvlášť pre juvenilné a staršie drevo, i pre obidve metódy sledovania drsnosti.

Tabuľka 1 *Priemerné hodnoty strednej aritmetickej odchýlky Ra a najväčšej výšky profilu Rz pre topoľ osikový*

		Ra **[µm]**				***Rz*** **[µm]**			
		kontakt		**bezkontakt**		**kontakt**		**bezkontakt**	
		JD	SD	JD	SD	JD	SD	JD	SD
2,5 [m.min^{-1}]	30 [m.s^{-1}]	5,97	6,90	4,10	4,48	32,83	30,35	28,54	34,82
	45 [m.s^{-1}]	5,57	6,80	4,30	4,60	30,20	36,85	27,73	29,83
	60 [m.s^{-1}]	6,33	6,20	3,79	4,69	40,93	31,73	23,36	26,80
15 [m.min^{-1}]	30 [m.s^{-1}]	10,33	11,77	8,48	8,90	10,33	11,77	45,64	47,29
	45 [m.s^{-1}]	8,73	8,03	7,80	8,80	8,73	8,03	39,53	41,72
	60 [m.s^{-1}]	7,43	7,67	6,25	6,85	7,43	7,67	38,18	45,97

Tabuľka 2 *Priemerné hodnoty strednej aritmetickej odchýlky Ra a najväčšej výšky profilu Rz klon topoľa „Serotina“*

		Ra **[µm]**				***Rz*** **[µm]**			
		kontakt		**bezkontakt**		**kontakt**		**bezkontakt**	
		JD	SD	JD	SD	JD	SD	JD	SD
2,5 [m.min^{-1}]	30 [m.s^{-1}]	5,96	6,82	4,11	4,56	28,54	34,82	33,95	40,12
	45 [m.s^{-1}]	4,90	5,57	4,44	4,26	27,73	29,83	37,26	37,40
	60 [m.s^{-1}]	5,02	5,23	2,85	3,09	23,36	26,80	24,01	26,39
15 [m.min^{-1}]	30 [m.s^{-1}]	8,48	8,90	4,44	5,05	44,76	46,70	37,93	45,48
	45 [m.s^{-1}]	7,80	8,80	4,64	5,15	40,50	48,23	39,92	43,58
	60 [m.s^{-1}]	6,25	6,85	4,78	4,70	35,85	34,43	38,28	40,21

Pozn. JD – juvenilné drevo, SD – staršie drevo,
kontakt – kontaktná metóda, bezkontakt – bezkontaktná metóda

Kontaktná metóda sledovania drsnosti povrchu

Posuvná rýchlosť má výrazný vplyv na drsnosť povrchu. Zvyšovaním posuvnej rýchlosti sa zvyšujú hodnoty drsnosti. Vplyvom zvýšenia posuvnej rýchlosti z 2,5 na 15 m.min^{-1} sa zvyšujú hodnoty *Ra* od 17,4 do 73 % a *Rz* od 8,1 do 109 %.

Rezná rýchlosť má rovnako významný vplyv na drsnosť povrchu. Zvyšovaním reznej rýchlosti nastal pokles hodnôt drsnosti. Vplyvom zvýšenia reznej rýchlosti z 30 m.s^{-1} na 45 m.s^{-1} sa hodnoty *Ra* znížili o 1,1 až 31,7 %, hodnoty *Rz* o 2,8 až 25,7 %. Vplyvom zvýšenia reznej rýchlosti z 45 m.s^{-1} na 60 m.s^{-1} sa hodnoty *Ra* znížili o 2,5 až 22,1 %, hodnoty *Rz* o 10,2 až 36,8 %.

Frézovaním staršieho dreva sa dosiahli vyššie hodnoty *Rz* od 4,1 do 34,5 % a *Ra* od 5,0 do 22,1 %. Z toho vyplýva, že pri frézovaní juvenilného dreva vzniká nižšia drsnosť povrchu, teda vyššia kvalita povrchu.

Z porovnania hodnôt drsnosti obidvoch druhov topoľov vyplýva, že frézovaním klonu topoľa „Serotina“ sa dosahuje lepšia kvalita povrchu, nižšie hodnoty drsnosti. Stredná aritmetická odchýlka *Ra* je o 0,2 – 24,4 % nižšia pri klone topoľa „Serotina“ ako pri topole osikovom. Najväčšia výška profilu *Rz* klonu topoľa „Serotina“ je nižšia o 4,4 – 42,9 % ako pri topole osikovom.

Bezkontaktná metóda sledovania drsnosti povrchu

Posuvná rýchlosť má zreteľný vplyv na drsnosť povrchu. Zvyšovaním posuvnej rýchlosti sa zvyšujú hodnoty parametrov drsnosti. Vplyvom zvýšenia posuvnej rýchlosti z 2,5 na 15 $m.min^{-1}$ sa zvyšujú hodnoty *Ra* od 3,0 do 68,0 % a *Rz* od 7,0 do 60,0 %.

Zvyšovaním reznej rýchlosti nastal v niektorých prípadoch pokles parametrov drsnosti a v niektorých prípadoch naopak nárast. Napriek tomu, že medzi priemernými hodnotami sú rozdiely, nedá sa jednoznačne potvrdiť zreteľný vplyv reznej rýchlosti na drsnosť povrchu, najmä v spolupôsobení s ďalšími faktormi. Samotný vplyv reznej rýchlosti bez ostatných faktorov je však zrejmý. So zvyšovaním reznej rýchlosti nastáva pokles drsnosti, teda lepšia kvalita povrchu. Vplyvom zvýšenia reznej rýchlosti z 30 $m.s^{-1}$ na 45 $m.s^{-1}$ sa hodnoty *Ra* a *Rz* zmenili oveľa menej ako pri zmene z 45 $m.s^{-1}$ na 60 $m.s^{-1}$.

Frézovaním staršieho dreva sa dosiahli vyššie hodnoty *Rz* od 0,3 do 21,9 % a *Ra* od 0,5 do 23,7 %. To znamená, že pri frézovaní juvenilného dreva vzniká nižšia drsnosť povrchu, teda vyššia kvalita povrchu.

Pri hodnotení každej kombinácie technicko-technologických podmienok nie je možné jednoznačné určiť závislosť drsnosti povrchu od druhu dreviny. V niektorých prípadoch nastal pokles drsnosti pri klone topoľa „Serotina“ a v iných prípadoch naopak nárast drsnosti.

Zvyšovaním posuvnej rýchlosti sa zvyšuje drsnosť, teda zhoršuje kvalita povrchu. Daný jav sa dá odôvodniť tým, že zo zvýšením posuvnej rýchlosti a pri zachovaní reznej rýchlosti musí rezný nástroj odoberať na jednu otáčku väčšiu vrstvu materiálu, čím sa zákonite zhoršuje kvalita povrchu. Zhoršenie kvality povrchu spočíva vo väčšom vytrhávaní vlákien a zväčšenej hĺbke vlniek.

Zníženie drsnosti povrchu pri zvýšení reznej rýchlosti a pri súčasnom zachovaní ostatných parametrov sa dá odôvodniť nasledovne: zvýšenie reznej rýchlosti spôsobí, že rezný nástroj odoberá na jednu otáčku menšiu vrstvu materiálu, čím sa zlepšuje kvalita povrchu. Dochádza k menšiemu vytrhávaniu vlákien a zmenšuje sa hĺbka vlniek. Jedná sa o jav podobný zníženiu posuvnej rýchlosti.

Dôvodom zhoršenia kvality povrchu pri prechode z dreva juvenilného na drevo staršie je samotná anatomická stavba dreva. Juvenilné drevo disponuje kratšími drevnými vláknami ako drevo staršie, z toho vyplýva, že nerovnosti po vytrhaných vláknach sú menšie. Nižšie hodnoty pevnostných vlastností juvenilného dreva, umožňujú ľahšie delenie elementov dreva, čo spôsobuje menšie porušenie povrchu a tým, nižšiu drsnosť.

Frézovaním klonu topoľa sa dosahuje lepšia kvalita povrchu, nižšie hodnoty drsnosti. Lepšia kvalita povrchu klonu topoľa „Serotina“ je spôsobená tým, že klon topoľa obsahuje vyšší podiel juvenilného dreva vďaka plantážnickému pestovaniu. Prejavujú sa teda u neho viac odlišné vlastnosti juvenilného dreva.

4. ZÁVER

Zámerom práce bolo sledovať vplyv vybraných technicko-technologických parametrov na kvalitu opracovania povrchu pri rovinnom frézovaní. Technickými parametrami bola posuvná a rezná rýchlosť a technologickými bol typ dreva (juvenilné a staršie drevo) a druh dreviny (topoľ osikový, klon topoľa „Serotina“). V rámci kvality opracovania povrchu bola vyhodnotená drsnosť povrchu kontaktnou a bezkontaktnou metódou.

Drsnosť povrchu, čo potvrdzuje kontaktná aj bezkontaktná metóda, je u juvenilného dreva nižšia ako u staršieho dreva, tak isto je lepšia kvalita povrchu u klonu topoľa „Serotina“ v porovnaní s topoľom osikovým. Vplyvom zníženia posuvnej rýchlosti sa zlepšuje i kvalita povrchu. Vplyv reznej rýchlosti na kvalitu povrchu nie je jednoznačný.

Obavy zo zvyšovania drsnosti pri spracovaní juvenilného dreva sa nepotvrdili. Na základe výsledkov možno konštatovať, že spracovaním juvenilného dreva pri tých istých podmienkach dosiahneme kvalitnejší povrch ako spracovaním dreva staršieho, a rovnako spracovaním klonu topoľa „Serotina“ sa dosiahne lepšia kvalita povrchu ako opracovaním topoľa osikového. Pre najkvalitnejší povrch je vhodné voliť čo najnižšiu posuvnú rýchlosť v kombinácií s čo najvyššou reznou rýchlosťou. Z výsledkov je možné konštatovať, že juvenilné drevo je možné nahradiť v niektorých drevárskych výrobkov za doteraz bežné používané dreviny v kontexte s ekonomikou jeho výroby.

LITERATÚRA

AFJEHI-SADAT, ALI - DURAKBASA, NUMAN M. - STOUT, KEN J. - OSANNA, P. HERBERT - RUIZ, JEAN-MICHEL. 2006. *Meranie drsnosti, vlnitosti a primárneho profilu*. [cit. 23-11-2006] http://www.kam.sjf.stuba.sk/katedra/publikacie/leonardo/ucebnica/13s.pdf

BARCÍK, ŠTEFAN – PIVOLUSKOVÁ, EVA – WIELOCH, GRZEGORZ. 2007. *The influence of technological parameters on surface quality at plane milling of poplar wood.* In: Wood-machine-tool-workpiece, 3th International conference, Poznan, 2007, pp. 21 – 23. ISBN 83-907754-5-X.

CYBERMAN EDUCATIOCAL PAGE (EDUCATIONAL MATERIALS). 2007. Department of Mechanical Engineering, Michigan, Technological University. [cit. 23-11-2006] http://www.mfg.mtu.edu/cyberman/quality/sfinish/terminology.html

ČUNDERLÍK, IGOR. 2002. Juvenilné drevo. In: *Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva´02.* Vydavateľstvo Technickej univerzity Zvolen, 2002, s. 77 – 83. ISBN 80-228-1385-6.

MAEGLIN R. ROBERT. 1987. Juvenile wood, tension wood, and growth stress effects on processing hardwoods. In: *Applying the latest research to hardwood problems: Proceedings of the 15th annual hardwood symposium of the Hardwood Research Council*. May 10 – 12, 1987, Memphis, pp.100-108. [cit. 20.1.2008] www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1987/maegl87a.pdf

PETERS, J. J. – BENDER, D. A. – WOLCOTT, M. P. – JOHNSON, J. D. 2002. *Selected properties of hybrid poplar clear wood and composite panels*. Forest products journal,

52/5, 2002, pp. 45-54 (29 ref.). ISSN 0015-7473, CODEN FPJOAB. [cit. 23-11-2006] http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=13673901.

SANDAK, JAKUB – NEGRI, MARTINO. 2005. Wood surface roughness – what is it? In: *Proceedings of the 17th International wood machining Seminar, Rosenheim.* 29 – 30 September 2005, Volume 1, pp. 242 – 250. [cit. 13-1-2006] http://www.boku.ac.at/physik/coste35/Rosenheim/article/art_Sandak_COST_E35_Rosenheim_2005.pdf

STN EN ISO 4287 : 1997 *Geometrické špecifikácie výrobkov (GPS). Charakter povrchu: Profilová metóda – Termíny, definície a parametre charakteru povrchu*.

STN EN ISO 4288 : 2000 *Geometrické špecifikácie výrobkov (GPS) Charakter povrchu: Profilová metóda – Pravidlá a postupy pri posudzovaní charakteru povrchu*

ZAJACZKOWSKI, KAZIMIERZ. 2000. *Plantacje drzew szybko rosnacych w Polsce.* Przemysl drzewny 51/11, 2000, s. 24-28, ISSN 0373-9856.

ZOBEL, B.J. - SPRAGUE, J. R. 1998. *Juvenile Wood in Forest Trees*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1998. ISBN 3-540-04032-0.

Uvedená problematika bola riešená v rámci grantovej úlohy GD – 41(2041) / VÝSKUM RELEVANTNÝCH VLASTNOSTÍ JUVENILNÉHO DREVA PRI KONTAKTNÝCH JAVOCH V PROCESE OBRÁBANIA S PREDIKCIOU JEHO TECHNOLOGICKÉHO SMEROVANIA 1/2403/05