


Záverečná správa projektu za rok 2012

Doba riešenia	jún 2012 – 15. január 2013
Registračné číslo projektu (vyplní IPA)	34 / 2012
Dátum prijatia správy na VVČ (vyplní IPA)	21. 1. 2013

Názov projektu	Zmáčanie dreva kvapalinami a jeho termodynamické charakteristiky
----------------	--

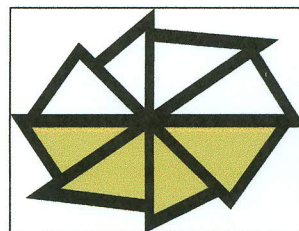
Vedúci projektu

Priezvisko, meno, tituly: Wesslerle František, Ing. Telefónne číslo a e-mail: 0905 952 980 frantisek.wesslerle@centrum.sk	Potvrdzujem správnosť údajov v správe  Dátum a podpis vedúceho projektu:
--	---

Spoluriešitelia

Ing. Pavol Ihracký

prof. Ing. Jozef Kúdela, CSc.



- a.) spôsob, metódy a priebeh riešenia
- b.) dosiahnuté výsledky a porovnanie s cieľmi projektu
- c.) uplatnenie výsledkov a ich prínos v riešenej problematike



Cieľom projektu bolo otestovať existujúce metódy stanovenia kontaktného uhla pri zmáčaní povrchu dreva a vybrať najvhodnejšiu metódu. Cieľ projektu tiež predpokladal sledovať zmenu kontaktného uhla v čase a stanoviť vhodný čas, ktorý by bolo možné považovať za rovnovážny.

V projekte sa ďalej predpokladalo, na základe vybratej metodiky stanovenia kontaktného uhla a rovnovážneho času, vypočítať voľnú povrchovú energiu dreva a jej zložiek pomocou zmáčania jeho povrchu vybranými štandardnými kvapalinami.

a.) spôsob, metódy a priebeh riešenia

Na základe cieľa práce bol výskum rozdelený do dvoch etáp.

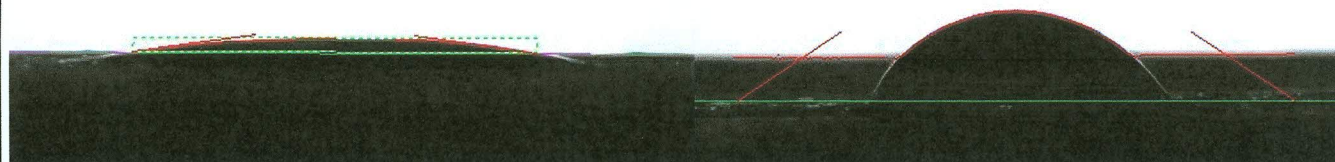
1. Etapa

Vzhľadom na to, že sme nemali žiadnu skúsenosť so zakúpeným zariadením DSA30 Standard na meranie kontaktných uhlov a firma, od ktorej bolo toto zariadenie zakúpené, nemala skúsenosti s drevom, bolo potrebné otestovať metodiku snímania profilu kvapky po jej kvapnutí na povrch dreva. Prvé orientačné experimenty ukázali, že pre správne snímanie profilu kvapky je dôležité, na aké miesto sa kvapka kvapne (okraj alebo stred telesa), tým pádom je dôležitý aj rozmer telesa, ako aj úprava jeho povrchu. Nie menej dôležité je aj správne nastavenie kamery. Ukázalo sa, že pri experimentálnom snímaní profilu kvapky môžu nastať zásadné chyby, kvôli ktorým nie je možné vyhodnotiť nasnímané obrázky profilu kvapky, alebo môžeme dostať chybné výsledky. Pri nesprávne zrealizovanom experimente, program nemusí rozoznať kvapku a mýli si ju s nerovnosťami povrchu, alebo s hranou telesa (obr. 1).

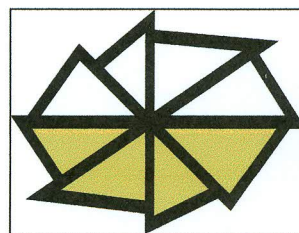


Obrázok 1. Ukážky chýb pri snímaní a vyhodnocovaní profilu kvapky

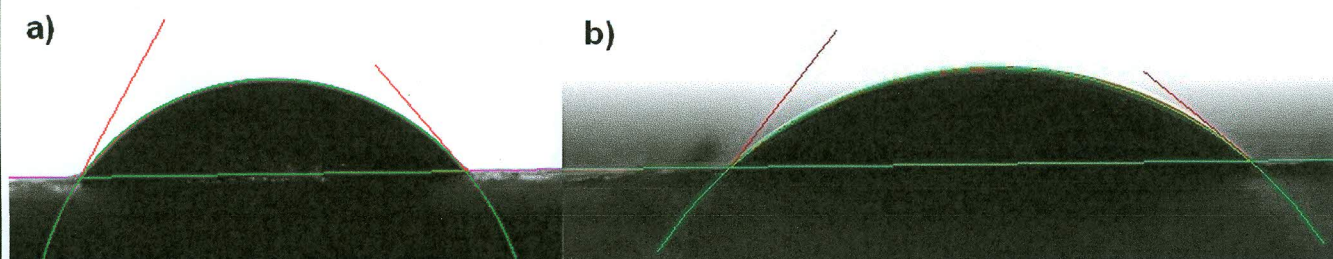
Keď spodná časť profilu kvapky sa nachádza pred kontrastným obrazom hrany skúšobného telesa, alebo za obrazom hrany telesa, tak nameraná hodnota priemeru kvapky je menšia než je v skutočnosti (obr. 2).



Obrázok 2. Chybné zachytený priemer kvapky



Eliminácia uvedených chýb sa zabezpečila nasledovnými opatreniami. Povrch telies sa upravil mikrotomom, zabezpečila sa vodorovná poloha povrchu telesa, kvapka sa umiestnila blízko okraja telesa a sklon kamery bol 0° (obr. 3a). Pri použití telies väčších rozmerov je potrebné nastaviť kameru pod uhlom 3° , takže hrana telesa je nevýrazná (obr. 3b) a program si ju nepomýli.



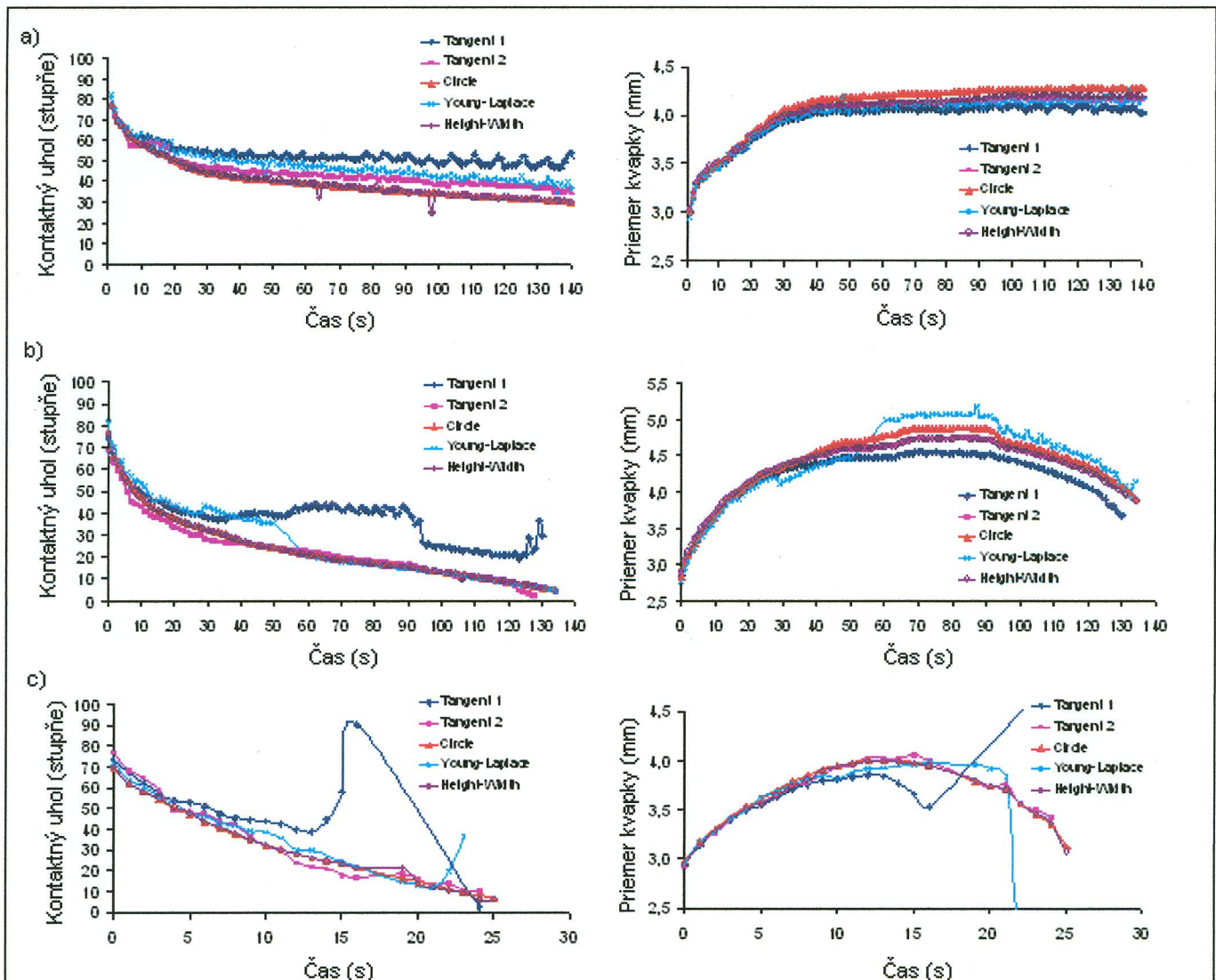
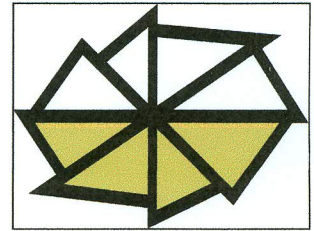
Obrázok 3. Správne snímanie profilu kvapky

Vyššie uvedené skutočnosti boli zohľadnené pri ďalších experimentálnych prácach. Zmäčanie sa realizovalo na radiálnych a tangenciálnych plochách bukového dreva rozmerov 15×15 mm. Hrúbka telies bola 15 mm. Pre objektívnejšie zachytenie vplyvu samotnej anatomickej stavby dreva na sledované vlastnosti boli radiálne a tangenciálne povrchy upravené mikrotomom. Vlhkosť bukového dreva použitého pri meraní sa pohybovala približne na úrovni 12 %.

Prvým cieľom nášho výskumu bol výber vhodnej metódy, pomocou ktorej sa čo najpresnejšie stanoví kontaktný uhol z profilu kvapky kvapnutej na povrch dreva (sessile drop). Objem kvapky bol $1,8 \mu\text{l}$. Experimentálne merania sa realizovali pomocou Analyzátoru DSA30 Standard. Po kvapnutí kvapky na povrch dreva sa pomocou kamery zaznamenávala zmena profilu kvapky a zmena parametrov kvapky počas celého procesu zmáčania až do úplného vsiaknutia kvapky. Na stanovenie kontaktného uhla z profilu kvapky sme použili päť spôsobov výpočtu (metód) kontaktného uhla (tangetová metóda 1 (elipsa), tangetová metóda 2 (polynóm), kruhová metóda, Young-Laplace metóda, metóda merania výšky-šírky). Vo funkcii kvapalnej fázy boli použité kvapaliny rôznej polariry (polárne- voda, etylénglykol, formamid a nepolárne- α -bromnaftalén).

b.) dosiahnuté výsledky a porovnanie s cieľmi projektu

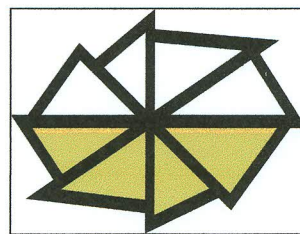
Z experimentálnych meraní vyplynulo, že počas zmáčania povrchu bukového dreva sa všetky parametre kvapky menili v dôsledku jej rozprestierania a vsakovania. Výška a objem kvapky s časom klesali a to bez rozdielu na použitú kvapalinu. Počas celej doby merania kontinuálne klesal tiež kontaktný uhol bez ohľadu na použitú metódu jeho výpočtu (obr. 4). Vo väčšine prípadov kvalitatívne zmeny kontaktného uhla v čase boli bez rozdielu na jeho výpočet podobné (obr. 4a). No boli zaznamenané aj významné rozdiely (obr. 4b,c). Na uvedených obrázkoch možno pozorovať nielen kvalitatívne, ale aj kvantitatívne zmeny, pretože výpočet kontaktného uhla sa robil vždy na tej istej kvapke. Kvalitatívne aj kvantitatívne rozdiely možno pripísať samotnej metodike výpočtu.



Obrázok 4. Časová zmena kontaktného uhla a priemeru kvapky vody na tangenciálnych (a,b) a radiálnych (c) povrchoch

Tangentová metóda 1- (elipsa- obr.5a)- používa celý profil kvapky, ktorý sa popisuje všeobecnou rovnicou kužeľosečky. Kontaktný uhol je stanovený ako uhol medzi základnou rovinou a dotyčnicou kužeľosečky v trojfázovom kontaktnom bode. Táto metóda nie je vhodná pre drevo ako materiál s vysokou drsnosťou. Hodnoty kontaktných uhlov vypočítaných podľa tejto metódy boli vyššie ako v skutočnosti. Pri malých uhloch možno dostať nereálne hodnoty kontaktných uhlov.

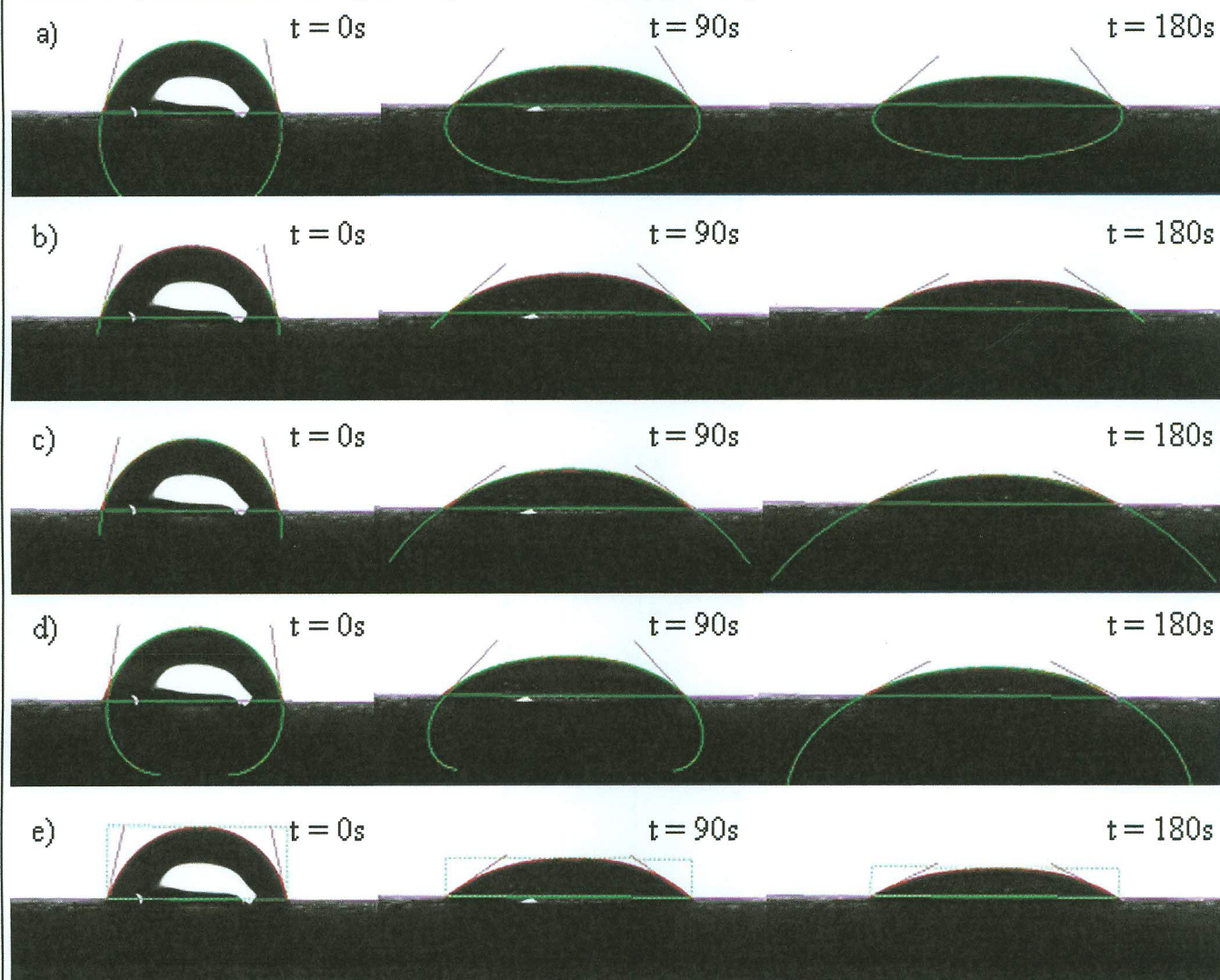
Tangentová metóda 2- (polynóm- obr.5b)- používa iba časť profilu kvapky, ktorá leží v blízkosti základnej roviny a je popísaná polynómickou funkciou. V podstate nie je požiadavka geometrického tvaru obrysu: polynóm sa prispôbi každej krivke, ktorá môže byť trojfázovým kontaktným bodom. Vzhľadom k tomu metóda vyhodnocuje iba fázy kontaktu, je citlivá na narušenie spôsobené znečistením, alebo nerovnosťami povrchu vzorky. To si vyžaduje vysokú kvalitu obrazu, a to najmä v oblasti trojfázového kontaktného bodu. Môže sa použiť na meranie povrchovou dreva upravených mikrotómom.



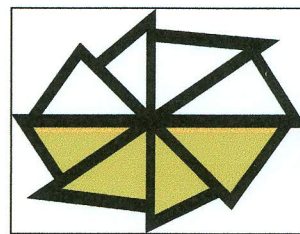
Kruhová metóda (obr.5c)- kontaktný uhol je vypočítaný popísaním obrysu kvapky kruhovým oblúkom. Táto metóda poskytovala najpresnejšie výsledky a ukázala sa vhodná aj pre malé kvapky. Má tu nevýhodu, že kvapky sú považované ako symetrické. Túto metódu uprednostňujú tiež KAJITA- SKAAR (1992) a MUSZYNSKI *et al.* (2006).

Young- Laplace metóda (obr.5d)- berie do úvahy skutočnosť, že kvapka je skreslená hmotnosťou kvapaliny. Týka sa to najmä kvapiek s väčším objemom. Je vhodná pre symetrické tvary kvapiek. Je hodnotený celý obrys kvapky. Tvar kvapky je matematicky popísaný pomocou Young- Laplaceovej rovnice pre zakrivené povrchy.

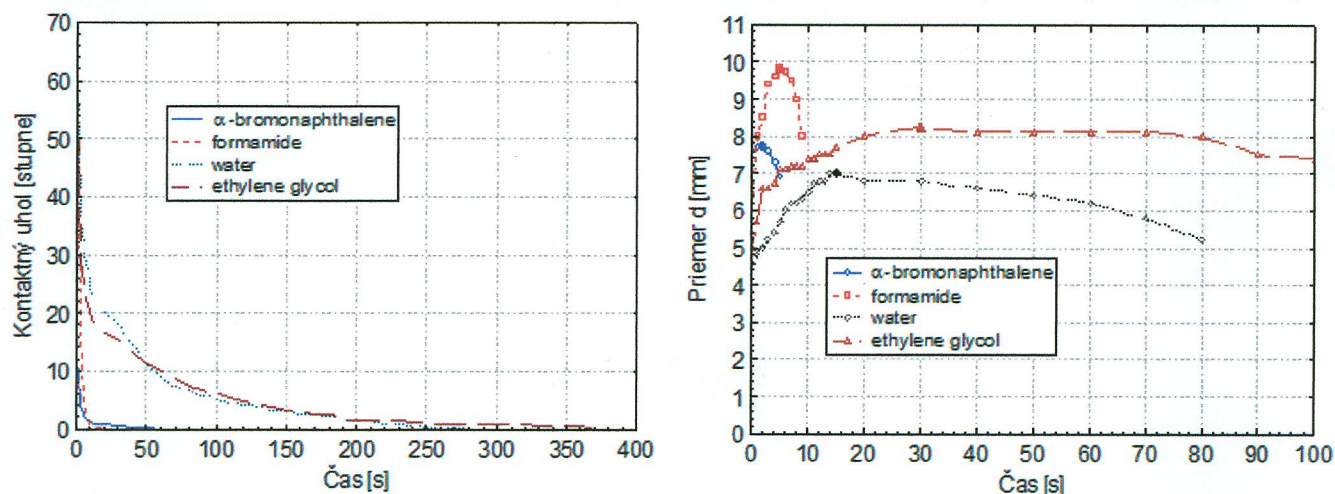
Metóda výšky-šírky (obr.5e)- je verziou kruhovej metódy. Sú určované výška a šírka (priemer) tvaru kvapky. Vrstevnica ohraničená obdĺžnikom je považovaná za segment kruhu, takže kontaktný uhol sa vypočíta so závislosti výšky a šírky obdĺžnika. Hodnoty získané touto metódou boli takmer vždy totožné s výsledkami kruhovej metódy. Obidve metódy považujeme za rovnocenné.



Obrázok 5. Základné princípy metód pre výpočet kontaktného uhla / a) tangetová metóda, b) tangetová metóda 2, c)kruhovú metóda, d) Young- Laplace metóda, e) metóda výšky a šírky/.



Podľa experimentálnych meraní, ďalším dôležitým parametrom „ležiacej kvapky“ (sessile drop) je priemer kvapky na základnej línii a jeho zmena počas procesu zmáčania. Ako vyplýva z obr. 5, ten sa zväčšuje do určitého okamihu a potom sa postupne znižuje. V súlade s prácou LIPTÁKOVEJ a KÚDELU (1994), LIPTÁKOVEJ *et al.* (1998) v tomto okamihu je povrch kvapky úplne zmáčaným, postupový uhol sa mení na ústupový. Prikláňame sa k názoru citovaných autorov, že tento okamih zmáčania je najbližšie k rovnovážnemu stavu a preto kontaktný uhol stanovený v tomto čase považujeme za rovnovážny. Podobný trend bol pozorovaný aj pri zmáčaní povrchu dreva inými kvapalinami (obr. 6).



Obrázok 6. Časová zmena kontaktného uhla a priemeru kvapky rôznych kvapalín na tangenciálnych povrchoch bukového dreva

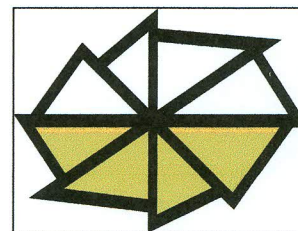
Ako vyplýva z obr. 4 a 6, proces zmáčania sa vyznačoval vysokou variabilitou. Tá bola pozorovaná nielen medzi kvapalinami, ale aj v rámci jednej kvapaliny. Ako vidieť z uvedených obrázkov, jedna kvapka vsiakla za sekundy a iná za stovky sekúnd. To je dôvod, prečo nie je vhodné merať kontaktný uhol na začiatku procesu zmáčania, alebo v nejakom inom konštantnom čase. Môže sa totiž stať, že pri vyhodnocovaní v rámci jedného súboru sa môžu vyskytovať kvalitatívne odlišné kontaktné uhly (postupový, ústupový).

2. Etapa

V tejto etape sme sa zamerali na stanovenie voľnej povrchovej energie bukového dreva a jej zložiek. Pri meraní kontaktného uhla sme využili získané poznatky z prvej etapy.

a.) spôsob, metódy a priebeh riešenia

Experimentálne sa zisťoval kontaktný uhol na fázovom rozhraní daných kvapalín s bukovým drevom na začiatku procesu zmáčania θ_0 a rovnovážny kontaktný uhol θ_U . Tieto boli východiskom pre stanovenie kontaktného uhla odpovedajúceho ideálne hladkému povrchu dreva θ_W podľa metodiky rozpracovanej v práci LIPTÁKOVEJ a KÚDELU (1994).



Kontaktné uhly θ_0 a θ_U boli počítané z tvaru kvapky po jej kvapnutí na povrch dreva podľa rovnice z parametrov kvapky (výška- h a priemer- d). Pre každú kvapalinu sme urobili po 60 meraní. Experimenty sa uskutočnili približne pri teplote $t = 20^\circ \text{C}$ a relatívnej vlhkosti vzduchu $\varphi = 65 \%$. Kvapalina bola na povrch dreva dávkaná v množstve $1,8 \mu\text{l}$. Zmena profilu kvapky bola snímaná kontinuálne. Parametre kvapky h a d boli určované bezprostredne po oddelení sa kvapky od hrota ihly a ďalej v pravidelných časových intervaloch až do úplného vsiaknutia kvapaliny do podkladu. Kontaktný uhol θ_0 bol stanovený ihneď po oddelení sa kvapky od hrota ihly, t.j. v čase $t = 0$, rovnovážny kontaktný uhol θ_U sa stanovil v okamihu, keď sa priemer kvapky začal znižovať (čas $t = U$). Voľná povrchová energia sa stanovila podľa NEUMANNA ET AL. (1974) z rovnice

$$\cos \theta = \frac{(0,015\gamma_S - 2,00)\sqrt{\gamma_S\gamma_L} + \gamma_L}{\gamma_L(0,015\sqrt{\gamma_S\gamma_L} - 1)} \quad (1)$$

a to z experimentálne stanovených hodnôt kontaktného uhla θ nameraných na fázovom rozhraní s príslušnou kvapalinou. Vo funkcii θ bol v prípade dreva do rovnice dosadzovaný kontaktný uhol odpovedajúci θ_W . Hodnoty voľnej povrchovej energie kvapalín γ_{LV} a jej disperzná a polárna zložka γ_{LV}^d a γ_{LV}^p boli prevzaté z literatúry. Na základe známych hodnôt voľnej povrchovej energie podkladu γ_S , voľnej povrchovej energie kvapalného štandardu γ_L a jej disperzného a polárneho podielu γ_L^d a γ_L^p sme počítali disperzný a polárny podiel voľnej povrchovej energie podkladu podľa KLOUBKA (1974) z rovníc

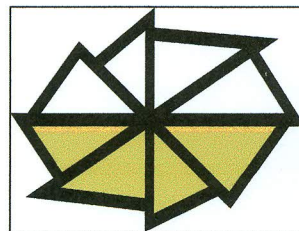
$$\sqrt{\gamma_S^d} = \sqrt{\gamma_L^d} \frac{1 + \cos \theta}{2} \pm \sqrt{\gamma_L^p} \sqrt{\frac{\gamma_S}{\gamma_L} - \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2} \quad (2)$$

$$\sqrt{\gamma_S^p} = \sqrt{\gamma_L^p} \frac{1 + \cos \theta}{2} \mp \sqrt{\gamma_L^d} \sqrt{\frac{\gamma_S}{\gamma_L} - \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2} \quad (3)$$

b.) dosiahnuté výsledky a porovnanie s cieľmi projektu

Experimentálne výsledky ukázali, že rovnovážny čas t_U súvisí s polaritou kvapalín. U nepolárnych kvapalín (α -bromnaftalén) sa čas t_U blížil k nule. U kvapalín nepolárno-polárnej povahy (formamid, voda) sa posúval k vyšším hodnotám a narastal s polárnym podielom voľnej povrchovej energie kvapalín. Na druhej strane výsledky zistené pre etylénglykole dokazujú aj vplyv viskozity, ktorá je u tejto kvapaliny výrazne vyššia ako u ostatných kvapalín. Stanovením rovnovážneho kontaktného uhla θ_U podľa tohto postupu sa vplyv viskozity u kvapalín eliminoval.

Namerané ako aj vypočítané hodnoty kontaktných uhlov θ_0 , θ_U a θ_W sú uvedené v tab. 1. Odlišné správanie sa kvapalín na fázovom rozhraní s drevom sa odrazilo aj na hodnotách kontaktných uhlov. Rozdiely medzi hodnotami θ_0 a θ_U dokazujú odlišný charakter fázového rozhrania dreva s nepolárnymi a nepolárno-polárnymi kvapalinami. Zanedbateľný rozdiel medzi týmito hodnotami v prípade α -bromnaftalénu dokazuje, že proces zmáčania dreva touto kvapalinou sa odohráva prevažne v oblasti ústupového kontaktného uhla.



Na fázovom rozhraní s formamidom, etylenglykolom a vodou však dochádza ku kompletnému rozvinutiu celého procesu zmáčania vrátane etapy pre postupový kontaktný uhol, čo umožňuje bezproblémové stanovenie θ_0 , θ_U a θ_W . Hodnoty θ_U a θ_W úmerne rastú s narastajúcou polárnou zložkou kvapaliny.

Tabuľka 1. Základné štatistické charakteristiky kontaktných uhlov θ_0 , θ_U a θ_W

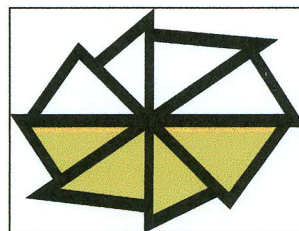
Kvapalina	$\bar{\theta}_0$	s	v	$\bar{\theta}_U$	s	v	$\bar{\theta}_W$	s	v
	(stupeň)		(%)	(stupeň)		(%)	(stupeň)		(%)
α -bromnaftalen	13.3	5.8	43.6	11.9	4.3	36.1	13.7	5.0	36.5
formamid	61.6	14.7	23.9	10.8	3.5	32.4	12.7	4.3	33.8
etylenglykol	57.0	11.4	20.0	14.3	4.9	34.3	16.3	5.8	35.6
voda	63.9	13.5	21.1	20.8	8.4	40.4	24.4	10.5	43.0

Hodnoty θ_W boli použité pre výpočet voľnej povrchovej energie dreva γ_{SV} a jej disperzného a polárneho podielu γ_{SV}^d a γ_{SV}^p . Výsledky v tab. 2 ukazujú na skutočnosť, že stanovené hodnoty voľnej povrchovej energie dreva nie sú len výsledkom povrchových vlastností dreva, ale závisia aj od chemického zloženia použitého kvapalného štandardu. Rozdiely sú relatívne vysoké, čo je v rozpore s poňatím voľnej povrchovej energie ako materiálovej konštanty látok.

Tabuľka 2. Základné štatistické charakteristiky voľnej povrchovej energie dreva γ_{SV} a jej disperzného a polárneho podielu γ_{SV}^d a γ_{SV}^p

Kvapalina	$\bar{\gamma}_{SV}$	s	$\bar{\gamma}_{SV}^d$	s	$\bar{\gamma}_{SV}^p$	s
	(mJm ⁻²)					
α -bromnaftalen	43.03	0.92	42.99	0.95	0.04	0.03
formamid	56.54	0.99	40.00	0.17	16.56	0.16
etylenglykol	45.96	1.35	29.49	0.07	16.47	1.29
voda	66.34	5.06	25.18	2.20	41.13	7.22

Nepolárny α -bromnaftalén umožňuje stanoviť len disperzný podiel voľnej povrchovej energie dreva. Bolo dokázané, že k rovnováhe na fázovom rozhraní v prípade α -bromnaftalénu dochádza už na začiatku procesu zmáčania. Hodnoty γ_{SV}^d stanovené nepolárno-polárnymi kvapalinami sú menšie ako hodnota stanovená pomocou α -bromnaftalenu a klesajú so stúpajúcim polárnym podielom voľnej povrchovej energie testovaných kvapalín a to v poradí formamid- etylenglykol- voda. Z rozdielu medzi hodnotami γ_{LV}^d uvedenými v tab. 1 a stanovenými hodnotami γ_{SV}^d usudzujeme, že disperzný podiel voľnej povrchovej energie dreva stanovený danými kvapalinami nie je reálny. Na stanovenie tohto podielu je potrebné použiť kvapaliny s vyššími hodnotami γ_{LV}^d ako je predpokladaná hodnota γ_{SV}^d podkladu. V našom prípade túto podmienku spĺňal jedine α -bromnaftalén. K stanoveniu polárneho podielu voľnej povrchovej energie dreva je nevyhnutné použiť kvapaliny vyznačujúce sa aditívnou povahou voľnej povrchovej energie. Stanovené hodnoty γ_{SV}^p stúpajú s polárnym podielom voľnej povrchovej energie kvapaliny γ_{LV}^p v poradí formamid- etylenglykol- voda. Z výsledkov vyplýva, že ku kompletnému stanoveniu voľnej povrchovej energie dreva nie je vhodné použiť samostatne žiadnu z kvapalín uvedených v práci. Látka používaná vo funkcii kvapalného štandardu by teda mala mať nielen vyššie hodnoty γ_{LV} , ale súčasne aj vyššie hodnoty γ_{LV}^d a γ_{LV}^p , ako sú predpokladané hodnoty γ_{SV} , γ_{SV}^d a γ_{SV}^p .



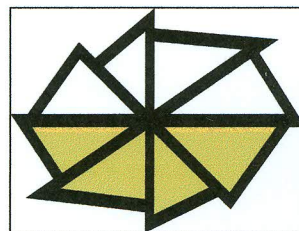
Pretože takáto kvapalina nebola pri hodnotení povrchových vlastností dreva doposiaľ použitá, pripúšťame možnosť stanoviť disperzný a polárny podiel voľnej povrchovej energie dreva osobitne pomocou vhodného nepolárneho a nepolárno-polárneho kvapalného štandardu. Takto stanovený disperzný podiel bukového dreva γ_{SV}^d je 43.0 mJm^{-2} a polárny podiel γ_{SV}^p je 41.7 mJm^{-2} . Keďže voľná povrchová energia látok predstavuje súčet jej disperzného a polárneho podielu, voľná povrchová energia hodnoteného povrchu dreva γ_{SV} je 84.7 mJm^{-2} . Disperzná a polárna zložka voľnej povrchovej energie dreva sú zastúpené približne v pomere 1: 1. Dosiagnuté výsledky potvrdili nepolárno-polárny charakter povrchu dreva.

Takto stanovené hodnoty voľnej povrchovej energie dreva γ_{SV} a jej disperzného a polárneho podielu γ_{SV}^d a γ_{SV}^p sú vyššie ako hodnoty uvádzané v literatúre. Súvisí to jednak s voľbou vhodnej kvapaliny, ale aj s metodikou stanovenia rovnovážneho kontaktného uhla. Výsledky práce dokazujú, že hodnoty voľnej povrchovej energie dreva γ_{SV} a jej disperznej a polárnej zložky γ_{SV}^d a γ_{SV}^p sú všeobecne vyššie, než ako sa doteraz predpokladalo. V súvislosti s tým bude zákonite vyššia i kohézia dreva a adhézia na fázovom rozhraní dreva s kvapalinami a tuhými látkami.

Záver

Z výsledkov prvej etapy výskumu vyplýva, že pre stanovenie kontaktného uhla je najvhodnejšia kruhová metóda, alebo metóda výšky-šírky (priemer) kvapky. Pri každej metóde je však potrebné merať priemer kvapky, pretože zo zmeny priemeru kvapky sa dá stanoviť okamih, ktorý najviac zodpovedá rovnovážnemu stavu. Je to okamih, kedy sa priemer d prestane zväčšovať a nastane jeho pozvoľný pokles.

Z analýzy výsledkov v druhej etape vyplýva, že kvapalné štandardy používané v súčasnosti pre hodnotenie povrchových vlastností dreva sa na fázovom rozhraní s drevom správajú odlišne. Interakcie povrchových síl pri zmáčaní dreva nepolárnymi kvapalinami sú výsledkom pôsobenia disperzných síl t.j. síl nepolárnej povahy. K rovnováhe dochádza na začiatku procesu zmáčania prevažne v čase $t = 0$. Na fázovom rozhraní dreva s kvapalinami nepolárno-polárnej povahy pôsobia okrem disperzných síl i sily polárne. I v tomto prípade síce dochádza k interakciám nepolárnych síl na začiatku procesu zmáčania, pôsobenie polárnych síl však prebieha postupne. K rovnováhe dochádza v čase t_U , v ktorom odpočítame rovnovážny kontaktný uhol θ_U . Hodnoty t_U sú pre jednotlivé kvapaliny charakteristické. Kontaktný uhol θ_U a na jeho základe vypočítaný kontaktný uhol odpovedajúci ideálne hladkému povrchu dreva θ_W sa zvyšujú úmerne zastúpeniu polárnej zložky voľnej povrchovej energie γ_{LV}^p . Viskozita kvapalín spomaľuje proces zmáčania dreva, hodnoty rovnovážneho kontaktného uhla θ_U však neovplyvňuje. Z výsledkov vyplynula nevyhnutnosť osobitne stanoviť ako disperzný tak aj polárny podiel voľnej povrchovej energie dreva.

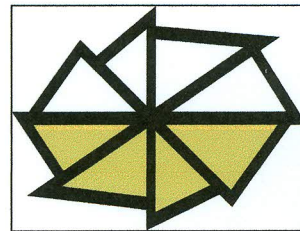


Literatúra

1. KAJITA, H. – SKAAR, CH. (1992): Wettability of the surface of some American softwoods species. *Mokuzai Gakkaishi* 38 (5): 516–521.
2. KLOUBEK, J. (1974) Calculation of surface free energy components of ice according to its wettability by water, chlorbenzene and carbon disulphide. *J. Colloid Interface Sci.* 46:185–190
3. LIPTÁKOVÁ, E. – KÚDELA, J. (1994): Analysis of the wood – wetting process. *Holzforschung* 48 (2): 139–144
4. LIPTÁKOVÁ, E. – KÚDELA, J. – SARVAŠ, J. (1998): Problems concerning equilibrium state on the phase boundary wood liquid material. In: *Proceedings of 3rd IUFRO Symposium “Wood structure and properties 98”*. Slovakia. September 1998. 109–114.
5. MUSZYŃSKI, L. – BAPTISTA, D. – GARDNER, D. J. (2006): A simple geometrical model to predict evaporative behavior of spherical sessile droplets on impermeable surfaces. In: MITAL, K.L. (eds.): *Contact Angle, Wettability and Adhesion*. vol. 4, VSP, Utrecht the Netherlands: 61–76.
6. NEUMANN, A.W., GOOD, R.J., HOPE, C.J., SEJPAL, M. (1974): An equation-of-state approach to determine surface tensions of low energy solids from contact angles. *Colloid Interface Sci.* 49:291–303.

c.) uplatnenie výsledkov a ich prínos v riešenej problematike

Dosiahnuté výsledky významne rozširujú teóriu zmáčania dreva kvapalinami a boli využité pri príprave APVV projektu. Vypracovaná metodika merania kontaktného uhla bude využitá pri výskume procesov prebiehajúcich na fázovom rozhraní drevo – kvapalina ako aj vo vyučovacom procese v predmete- Procesy povrchovej úpravy.



Zoznam výstupov, ktoré vznikli na základe výsledkov projektu

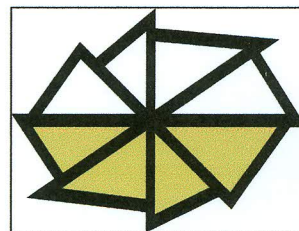
- a) publikované výstupy
- b) zoznam výstupov odovzdaných do tlače v roku 2012
- c) iné výstupy

Publikácie členit' podľa Organizačnej smernice č.13/2008 – R o bibliografickej registrácii a kategorizácii publikačnej činnosti, umeleckej činnosti a ohlasov na Technickej univerzite vo Zvolene



- a) publikované výstupy

ŠTRBOVÁ, M.- WESSERLE, F.- KÚDELA J. (2012): Contact angle measurement on wood by drop shape analysis. In „Science for Sustainability“ International Scientific Conference for PhD Students to be held at the University of West Hungary: March 19-20, 2013, Győr, Hungary /v tlači/.

**Čerpanie bežných výdavkov spojených s riešením výskumného projektu:**

Cestovné náhrady	91,50
Konferencie, sympóziá, semináre	35
Sieťové odvetvia - Komunikácie	-
Literatúra	-
Vzorkový materiál	152,40
Drobný nehmotný majetok	-
Materiál, pracovné nástroje	129
Rutinná a štandardná údržba	-
Mzdové náklady (max. 15 %)	-
Dohody o vykonaní práce (max. 10 %)	2
Spolu	409,90 €

Rozpis čerpania pridelených finančných prostriedkov na riešenie projektu:**Cestovné náklady:**

aktívna účasť Ing. F. Wesserle na veľtrhu „LABOR- TESTexpo“ v Bratislave (24,40 €),
aktívna účasť Ing. P. Ihrackého na seminári „WEATHERING 101“ v Brne (67,10 €)
.....91,50 €

Seminár:

účastnícky poplatok na seminár „WEATHERING 101“ v Brne 35,00 €

Vzorkový materiál:

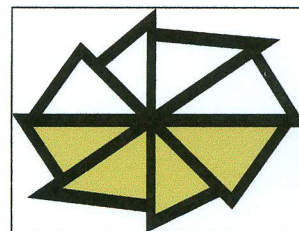
testované kvapaliny 152,40 €

Pracovné nástroje:

sada ihiel na meranie kontaktného uhla129,00 €

Dohody o vykonaní práce:

2x odmena vo výške 1 € (Ing.F. Wesserle, Ing. P. Ihracký)..... 2,00 €
409,90 €



<p>Názov a adresa pracoviska:</p> <p>Technická univerzita vo Zvolene Drevárska fakulta Katedra náuky o dreve T. G. Masaryka 24 960 53 Zvolen</p>	<p>Vyjadrenie fakulty, resp. org. súčasti TUZVO (prodekan pre VVČ, resp. ním poverený zástupca, riaditeľ org. súčasti)</p> <p>21.1.2013 <i>[Signature]</i></p> <p>..... Dátum a podpis:</p>
---	---