

POROVNANIE ROZMEROVÝCH CHARAKTERISTÍK RÔZNYCH DRUHOV PAPIERENSKÝCH BUNIČÍN

COMPARISON OF THE DIMENSIONAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT TYPES OF PAPER PULP

Jarmila Geffertová - Anton Geffert - Blažej Seman

ABSTRACT

The aim of this article was to assess the dimensional characteristics of the fibres of selected types of paper pulp.

The obtained values of the dimensional characteristics showed that, on average, the fibres of hardwood sulphate pulp were 0.008 mm longer and 1.4 μm narrower than the fibres of beech sulphate pulp, while the shape factor was 0.2 % higher, which could be explained by different representations and different anatomical characteristics of the fibres of processed hardwoods

The differences were more significant at the comparison of sulphate and sulphite beech pulp (sulphate pulp fibres were 0.04 mm longer, 0.2 μm wider and the shape factor was 3.0 % higher). These differences might be explained by divergences in the process of pulping.

There were confirmed the significant differences in the distribution of the length and width of the kraft pulp made of hardwood and softwood.

The differences in the dimensional characteristics of the monitored paper pulp confirmed that to produce high quality paper, it is important to use the mixtures of different types of pulp in suitable proportions.

Key words: paper sulphate and sulphite pulp, dimensional characteristics, length, width, shape factor.

ÚVOD

Na výrobu papiera sa v súčasnosti používajú prakticky všetky dostupné vlákna. Prevládajú však vlákna z rastlinných surovín a v slovenských podmienkach sú to vlákna z drevín (BLAŽEJ, KRKOŠKA 1989). V niektorých krajinách s nedostatkom dreva sa z pohľadu výroby buničín a papiera venuje veľká pozornosť výskumu rozmerových charakteristík rôznych druhov eukalyptov (DUTT, TYAGI 2011), prípadne nedrevných surovín (ELZAKI *et al.* 2012, OLUWADARE, SOTANDE 2007, VERVERIS *et al.* 2004).

Pre drevo je vo všeobecnosti typická vysoká heterogenita, ktorá sa do značnej miery potláča pri výrobe aglomerovaných materiálov, medzi ktoré patrí aj buničina a papier.

Rozmerové parametre buničinových vlákien dávajú prvotnú informáciu o vláknach a možno z nich usudzovať na ich vhodnosť pre určité druhy papierov. Pevnosť papiera

závisí predovšetkým od rozmerov, geometrických tvarov, fyzikálno-chemických vlastností a chemického zloženia vlákien (GEFFERTOVA, RÁZGOVÁ 2008).

Zatiaľ čo v ihličnatých drevinách je asi 95 % vlákien (tracheíd) (FENGEL a WEGENER 1984), listnaté dreviny sa skladajú z viacerých druhov vlákien odlišujúcich sa rozmermi a geometrickým tvarom po celej dĺžke. CHOVANEC (1985) najväčší obsah vlákien stanovil pre brezu (65 %) a najmenší pre buk (37 %). V listnatých drevinách sú popri vláknach prítomné cievy (7 až 44 %), ktoré sú krátke, sploštené a pomerne široké. Zvyšok pripadá na parenchymatické bunky.

Parametre vlákien uvoľnených z dreva sa od natívnych vlákien odlišujú vzhľadom na použitý spôsob ich získania rôznymi chemickými a chemicko-mechanickými, prípadne mechanickými postupmi. Papierenské buničiny sa navzájom líšia svojimi vlastnosťami vzhľadom použitú drevnú surovinu a na spôsob výroby.

Princíp získania chemických buničín na výrobu papiera je založený na odstraňovaní lignínu pôsobením rôznych chemických činidiel. Zásadný rozdiel medzi sulfátovým a sulfitovým spôsobom výroby buničín je v chemizme a rýchlosti reakcií základných zložiek dreva s príslušnými varnými roztokmi.

Pri výrobe sulfitových buničín delignifikácia prebieha sulfonáciou lignínu za vzniku kyseliny lignosulfónovej a následným prechodom lignínu do varného roztoku znížením pH alebo zvýšením teploty (sulfitolýza). V závislosti od pH prebieha aj hydrolytické odbúranie celulózy a hemicelulózy, skraca sa dĺžka makromolekuly celulózy a hemicelulózy sa štiepia na oligosacharidy až monosacharidy. Pri nízkych výťažkoch sulfitovej buničiny sa pozoruje fragmentácia vlákna, čím stredná dĺžka vlákna klesá (BUČKO 2001). Podľa SOLÁRA (2001) hydrolýza celulózy a hemicelulózy pri kyslých sulfitových várkach buničín prebieha intenzívne vzhľadom na vyššiu teplotu a aciditu. Dochádza k odstráneniu prevažnej časti hemicelulózy, k zníženiu výťažku a priemerného polymerizačného stupňa buničiny. Skracovanie reťazcov celulózy sa odrazí v poklese mechanických vlastností, čo je úmerné hĺbke degradácie celulózy aj ostatných polysacharidov.

Pri sulfátovom varnom postupe sa ako prvé odstraňujú z dreva hemicelulózy. Lignín sa mení na menej polárny tiolignín, rozpustný v alkalickom prostredí pri vyšších teplotách. Výsledkom sú sulfátové buničiny s dobrými piapiernickými vlastnosťami pri nižších výťažkoch (BLAŽEJ, KRKOŠKA 1989). SOLÁR (2001) uvádza, že vzhľadom na vyššiu stabilitu glukozidovej väzby v zásaditom prostredí je rýchlosť hydrolýzy polysacharidov rádovo menšia, ako v kyslom prostredí. KORDA (1992) uvádza, že pri alkalickom postupe sa priemerný polymerizačný stupeň celulózy príliš neznižuje.

Sulfitové a sulfátové buničiny z dreva ihličnatých aj listnatých drevín si uchovávajú rozdielne vlastnosti v širokom rozsahu stupňa odvarenia, pričom lepšie mechanické vlastnosti sulfátových buničín pripisujú BLAŽEJ a KRKOŠKA (1989) menšiemu a pravidelnejšiemu rozdeleniu kryštalických a amorfných oblastí a z toho vyplývajúcej vyššej plasticite a schopnosti znášať vyššie zaťaženie.

V praxi sa papiere, kartóny a lepenky vyrábajú zo zmesí rôznych druhov vláknin (dlhovláknité, krátkovláknité, sulfát, sulfit a i.) v určenom pomere v závislosti na požadovaných funkčných vlastnostiach vyrábaných výrobkov, ako sú napr. potlačiteľnosť, opacita, nasiakavosť, priepustnosť a iné (SOUČEK 1977, HNĚTKOVSKÝ 1983). Rozmery vlákien významne vplývajú na pevnostné vlastnosti papierenských výrobkov (LACHOWICZ, PASCHALIS 2014, KIAEI, SAMARIHA 2011).

Cieľom tohto príspevku je stanoviť a vzájomne porovnať rozmerové charakteristiky papierenských sulfátových a sulfitových buničín vyrobených z dreva ihličnatých a listnatých drevín.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

V súčasnosti sa na Slovensku na chemické buničiny spracúva ročne viac ako 2 mil. ton listnatého dreva cca 15 druhov drevín (ŠI ZCPP SR 2013), pričom spracovávané drevo je z rôznych lokalít, rôzneho veku a pri spracovaní sa zmiešava v rôznom pomere.

V práci boli analyzované vzorky bielených sulfátových a sulfitových buničín priemyselne vyrobených z krátkovláknitej a dlhovláknitej drevnej suroviny v podnikoch celulózo-papierenského priemyslu:

- papierenská sulfátová buničina zo zmesi listnáčov (Mondi SCP Ružomberok)
- papierenská sulfátová buničina buková (Bukóza Vranov nad Topľou)
- papierenská sulfitová buničina buková (Chemicelulóza Žilina)
- papierenská sulfátová buničina ihličnanová (Mondi SCP Ružomberok)
- papierenská sulfitová buničina ihličnanová (Biocel Paskov).

Rozmerové charakteristiky buničínových vlákien boli merané na prístroji Fiber Tester, ktorý v rámci jedného merania zmeria dĺžku, šírku a faktor tvaru pre minimálne 20 000 buničínových vlákien, pripravených v suspenzii s koncentráciou 0,05 g v 100 cm³ (Karlsson).

Fiber Tester vykazuje dĺžku vlákien v rámci 75 tried v rozsahu 0 až 7,5 mm, pri delení po 0,1 mm. Šírka vlákien je rozdelená do 50 tried od 0 do 99 μm v delení po 2 μm. Faktor tvaru vlákien, ktorý charakterizuje podiel tzv. projektovanej dĺžky (l) ku skutočnej dĺžke vlákna (L) v percentách, je v rozmedzí 50 až 100 % pri delení po 1,0 %. Jemný podiel v buničínovej suspenzii je definovaný percentuálnym zastúpením dĺžky vlákien kratších ako 0,2 mm k celkovému počtu vlákien (Provozní instrukce. L&W Tester vlákien. 4.0 z 2012-11-28).

Z nameraných rozmerových charakteristík pre vybrané buničiny sa okrem priemerných hodnôt dĺžky, šírky a faktora tvaru vlákien vyjadřila distribúcia dĺžky a šírky vlákien pre listnáčovú a ihličnanovú buničiny pripravené sulfátovým a sulfitovým varným postupom.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rozmerové charakteristiky vlákien sledovaných buničín, zistené na prístroji Fiber Tester - dĺžka, šírky a faktor sú uvedené v tab. 1.

Tab.1 Priemerné hodnoty rozmerových charakteristík bielených papierenských buničín.

Tab.1 Average values of the dimensional characteristics of the bleached paper pulp.

| Druh buničiny | Dĺžka vlákien (mm) | STDEV (mm) | Šírka vlákien (μm) | STDEV (μm) | Faktor tvaru (%) | STDEV (%) | Pomer dĺžky a šírky vlákien (mm/mm) |
|-----------------------|--------------------|------------|--------------------|------------|------------------|-----------|-------------------------------------|
| listnáčová sulfátová | 0,927 | 0,012 | 20,4 | 0,0 | 86,5 | 0,3 | 45,4 |
| buková sulfátová | 0,919 | 0,002 | 21,8 | 0,0 | 86,3 | 0,5 | 42,2 |
| buková sulfitová | 0,879 | 0,014 | 21,6 | 0,1 | 83,3 | 0,2 | 40,7 |
| ihličnanová sulfátová | 2,179 | 0,013 | 29,7 | 0,1 | 86,4 | 0,06 | 73,4 |
| ihličnanová sulfitová | 1,882 | 0,068 | 27,6 | 0,2 | 80,9 | 0,15 | 68,2 |

Poznámka: STDEV - smerodajná (štandardná kvadratická) odchýlka definovaná ako kladná druhá odmocnina rozptylu

Pre drevo buka (*Fagus sylvatica* L.) v spodnej tretine bukového kmeňa uvádza v prehľade KÚDELA a ČUNDERLÍK (2012) hodnoty dĺžky vlákien v rozmedzí 0,528–1,466 mm a CHOVANEC (1985) od stržňa po kambium v jednotlivých štvrtinách polomeru 0,898–1,176–1,235–1,194 mm a pre ďalšie vzorky priemernú dĺžku vlákien za spodnú tretinu kmeňa 1,26 mm a za hornú tretinu kmeňa 1,04 mm. BUČKO (2001) udáva pre vlákna buka lesného dĺžku 1,05 mm a šírku 16,5 μm . Šírku bukových vlákien charakterizoval CHOVANEC (1985) priemernou hodnotou 16,47 μm . Iné zdroje uvádzajú pre rozmery bukových drevných vlákien odlišné hodnoty: ILVESSALO-PFÄFFLI (1995) dĺžku 0,5–1,7 mm a šírku 14–30 μm , FENGEL a WEGENER (1984) dĺžku v rozmedzí 0,6–1,3 mm a šírku 15–20 μm , zatiaľ čo KLEMENT *et al.* (2012) uvádzajú dĺžku drevných vlákien v širokom rozmedzí 0,3–2,2 mm.

Meraním stanovená priemerná hodnota dĺžky sulfátových buničínových vlákien z buka (0,919 mm) sa približovala k nižším hodnotám dĺžky drevných vlákien uvádzaných CHOVANCOM (1985), zatiaľ čo stanovená priemerná šírka vlákien bola vyššia (21,8 μm).

Vychádzajúc z nameraných dĺžok a širok buničínových vlákien z buka možno konštatovať, že chemickým pôsobením na drevo – sulfátovou várkou a bielením, dochádza k zmene rozmerových charakteristík natívnych vlákien dreva. GEFFERT a BUČKO (1994) uvádzajú, že vplyvom sulfátovej várky dochádza k skráteniu vlákien v priemere o 16,0 % (od 8,4 do 25,7 %).

Pri výrobe papierenských buničín zo zmesi listnáčov sa spracovávajú zmesi rôznych druhov listnatých drevín v premenlivom pomere, pričom dominuje buk (63,6 %). Rozdielne anatomické charakteristiky vlákien rôznych listnatých drevín sa v konečnom dôsledku prejavili aj v rozdielnych rozmerových charakteristikách sledovaných buničín.

Z nameraných charakteristík sulfátových buničín (prvé dva riadky v tab. 1) možno vidieť zvýšenie dĺžky a zníženie šírky vlákien listnáčovej sulfátovej buničiny oproti bukovej sulfátovej buničine, pri veľmi malej zmene faktora tvaru.

Rovnaký trend je vidieť aj pri porovnaní sulfátových buničín (z buka aj zo zmesi listnáčov) s bukovou sulfátovou buničinou, avšak zmena faktora tvaru je v tomto prípade výraznejšia (3,0, resp. 3,2 %), z čoho vyplýva, že vlákna sulfátovej bukovej buničiny sú kratšie a zároveň viac skrútené. Blažej, Krkoška (1989) uvádzajú, že sulfátové vlákna bývajú kolienkovo ohnuté aj na niekoľkých miestach, zatiaľ čo sulfátové vlákna sú vyrovnané alebo len jemne pokrútené a zvlnené.

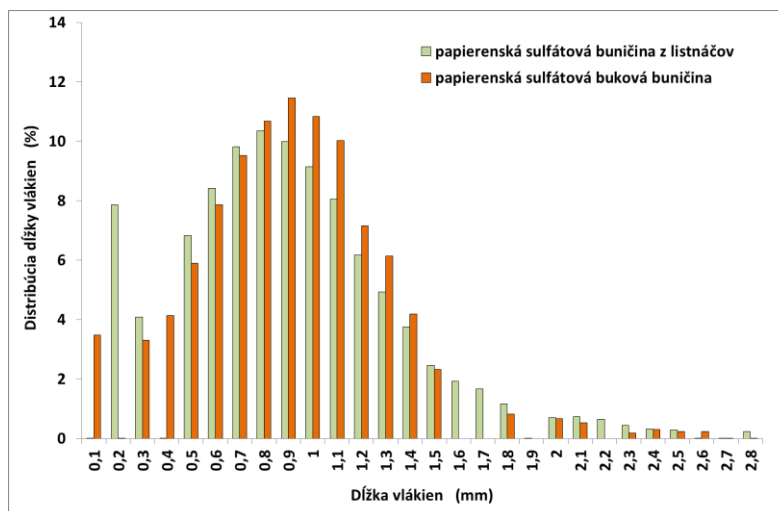
Relatívna dĺžka vlákien je definovaná ako podiel dĺžky a šírky vlákien. BLAŽEJ a KRKOŠKA (1989) uvádzajú pre drevo listnatých drevín široké rozmedzie tejto charakteristiky (od 27,7 pre topol až po 65,4 pre dub, pre buka 55,0 a pre smreka 96,8). Na hodnotách tejto charakteristiky pre buničínové vlákna sa prejavil aj vplyv anatomických charakteristík a spôsob prípravy buničiny (tab. 1).

Pre lepšiu charakterizáciu buničín je dôležitá aj distribúcia vlákien – percentuálne zastúpenie jednotlivých dĺžok vlákien a percentuálne zastúpenie šírky vlákien.

Na obr. 1 je znázornené porovnanie distribúcie dĺžky vlákien pri vzorke bielenej papierenskej sulfátovej buničiny z buka a zo zmesi listnáčov.

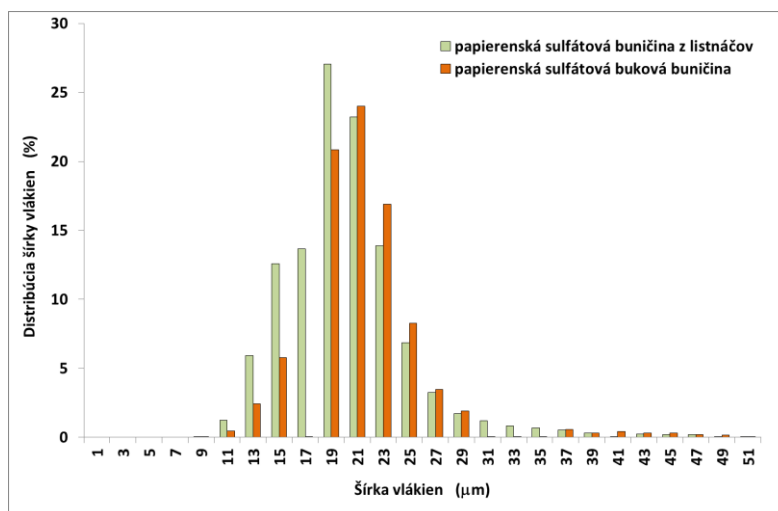
Z distribúcie dĺžky vlákien možno vidieť, že papierenská sulfátová buničina z buka má väčšie zastúpenie dlhších vlákien. Najviac je zastúpená dĺžka vlákien 0,9 mm (11,5 %), zatiaľ čo pri sulfátových buničinách zo zmesi listnáčov najväčšie zastúpenie majú vlákna dĺžky 0,8 mm (10,4 %). Priemernú hodnotu dĺžky vlákien (tab. 1) ovplyvnilo aj vyššie zastúpenie dlhších vlákien v papierenskej sulfátovej buničine zo zmesi listnáčov, kde zastúpenie vlákien s dĺžkou nad 1,5 mm bolo až 8 %, zatiaľ čo pri bukovej buničine len 3 %.

Pri buničine z listnáčov je vyššie aj zastúpenie jemného podielu (do 0,2 mm) a predstavuje až 8 %, zatiaľ čo pri bukovej buničine tento podiel predstavoval 3,5 %.



Obr. 1 Distribúcia dĺžky vlákien bielených papierenských sulfátových buničín.
Fig. 1 Distribution of the fibre length of the bleached paper kraft pulp.

Porovnanie distribúcia šírky vlákien pre dané buničiny je na obr. 2. Priemerná šírka vlákien pri bukovej papierenskej buničine (21,8 μm) bola vyššia ako priemerná šírka vlákien v zmesovej buničine (20,4 μm), čo súvisí s väčším podielom užších vlákien v buničine pripravenej zo zmesi listnáčov.



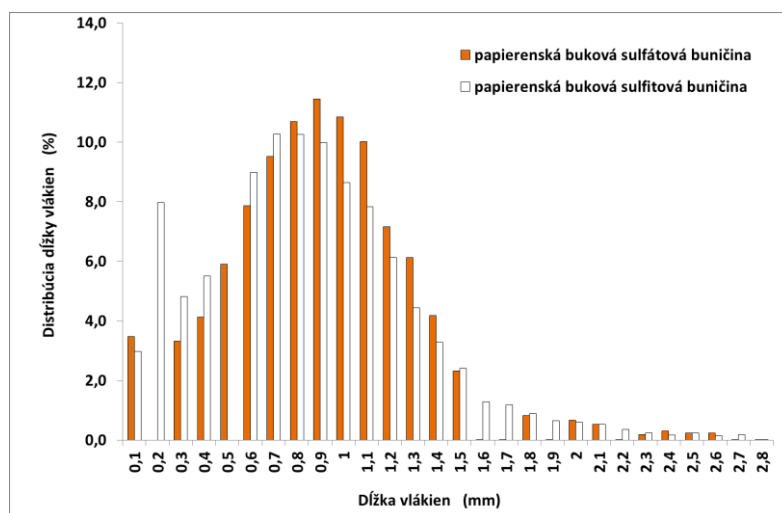
Obr. 2 Distribúcia šírky vlákien bielených papierenských sulfátových buničín.
Fig. 2 Distribution of the fibre width of the bleached paper kraft pulp.

Na obr. 3 je znázornená distribúcia dĺžky vlákien bielennej papierenskej buničiny bukovej pripravenej sulfátovým a sulfítovým varným procesom.

Z porovnania sledovaných charakteristík bukovej sulfátovej a sulfítovej buničiny vychádza priemerná dĺžka buničín nižšia o 0,04 mm a šírka o 0,2 μm .

Pri sulfátových buničinových vláknach z dreva buka je vyššie zastúpenie dlhších vlákien ako pri bukových buničinových vláknach sulfítových. Najväčšie zastúpenie

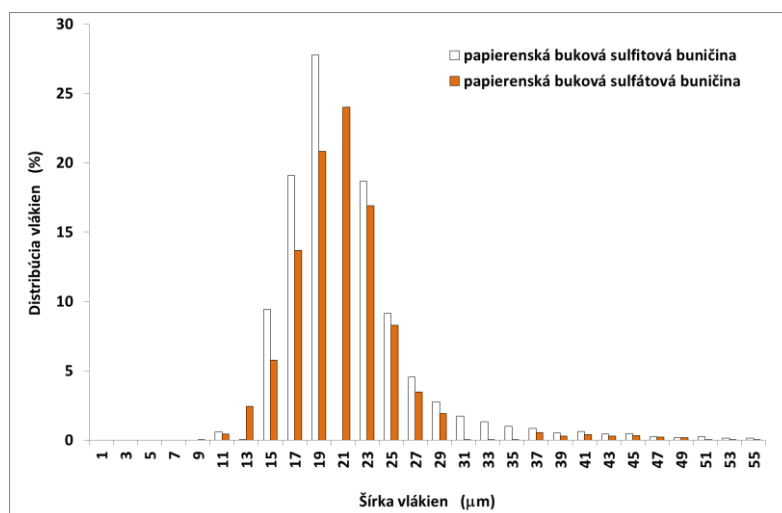
v sulfátovej bukovej buničine majú vlákna dĺžky 0,9 mm (11,5 %), zatiaľ čo pri sulfitovej bukovej buničine je najvyššie zastúpenie vlákien dĺžky 0,7 a 0,8 mm (po 10,3%).



Obr. 3 Distribúcia dĺžky vlákien bielennej papierenskej bukovej buničiny.
Fig. 3 Distribution of the fibre length of the bleached paper beech pulp.

Aj vzhľadom na väčší podiel jemných vlákien (do 0,2 mm) v sulfitovej bukovej buničine vychádza aj priemerná dĺžka vlákien nižšia (0,879 mm), zatiaľ čo pri sulfátovej bukovej buničine priemerná dĺžka vlákien bola 0,919 mm (tab. 1).

Na obr. 4 je možno vidieť porovnanie percentuálneho zastúpenia šírky vlákien pre bukovanú sulfátovú a sulfitovú bielenú buničinu.



Obr. 4 Distribúcia šírky vlákien bielennej papierenskej bukovej buničiny.
Fig. 4 Distribution of the fibre width of the bleached paper beech pulp.

Podľa distribúcie šírky vlákien papierenská sulfitová bukovaná buničina obsahuje väčšie množstvo užších vlákien s maximálnym zastúpením vlákien so šírkou 19 µm (28%), zatiaľ čo sulfátová bukovaná buničina má maximálne zastúpenie vlákien so šírkou 24 µm (24%). Tieto rozdiely ovplyvnili zníženie priemernej šírky vlákien sulfitovej bukovej buničiny o 0,2 µm oproti šírke sulfátových vlákien (tab. 1).

Na výrobu kvalitných papierov sú potrebné buničiny krátkovláknité (listnáčové) a dlhovláknité (ihličnanové). V súčasnosti sa v SR vyrába už len papierenská buničina

sulfátovým postupom z listnáčov a dlhovláknité buničiny potrebné pre výrobu papiera sa dovážajú.

Podstatný rozdiel medzi ihličnatým a listnatým drevom je v dĺžke vláknitých buniek. Podľa Blažejka a kol. (1975) dĺžka tracheíd (cievic) v ihličnanoch dosahuje 5 až 7 mm, zatiaľ čo vláknité bunky listnatého dreva sú podstatne kratšie 1,0 až 1,8 mm. Historicky sa z dôvodu kratších vlákien listnaté drevo považovalo za menej hodnotnú krátkovláknitú surovinu na výrobu vláknitých materiálov.

WAGENFÜHR (2007) uvádza rozmedzie dĺžky cievíc smreka 1,3–2,8–4,8 mm a šírku 16–50 μm , zatiaľ čo v prehľade rozmerových charakteristík MAMOŇOVÁ (2013) pre drevo smreka uvádza rozmedzie dĺžky 1,3–2,8–4,3 mm a šírku 18–47 μm , ČUNDERLÍK (2009) uvádza priemernú dĺžku 3,4 mm a šírku 21–40 μm . BUČKO (2001) udáva pre vlákna dreva smreka obyčajného (*Picea abies*) dĺžku 2,8 mm a šírku 18 až 34 μm .

Stanovené priemerné rozmerové charakteristiky bielenej papierenskej sulfátovej ihličnanovej buničiny sú uvedené v tab. 1.

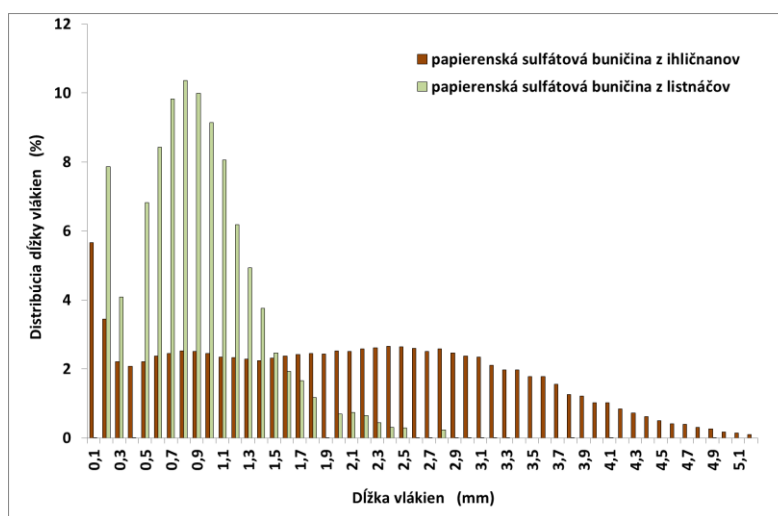
Priemerná dĺžka vlákien ihličnanovej sulfátovej buničiny dosiahla hodnotu 2,179 mm, čo je o 1,252 mm viac ako priemerná dĺžka vlákien listnáčovej buničiny a priemerná šírka vlákien 29,7 μm bola vyššia o 9,3 μm . Prístroj Fiber Tester do skupiny vlákien zaraďuje len objekty, ktorých dĺžka je aspoň štvornásobok jeho šírky a iné, širšie častice (cievy, zhľuky vlákien) klasifikuje ako široké predmety.

GEFFERTOVÁ a GEFFERT (2012) uvádzajú pre bielenú sulfátovú listnáčovú buničinu zo zmesi listnáčov priemernú dĺžku vlákien 0,824 mm a šírku 20,8 μm . ČABALOVÁ, GEFFERT (2011) pre bielenú sulfátovú ihličnanovú buničinu uvádzajú priemernú dĺžku vlákien 2,212 mm a šírku 26,8 μm .

Hodnoty faktora tvaru, poukazujúce na skrútenosť (resp. priamosť) buničínových vlákien sú u oboch porovnávaných buničín približne rovnaké.

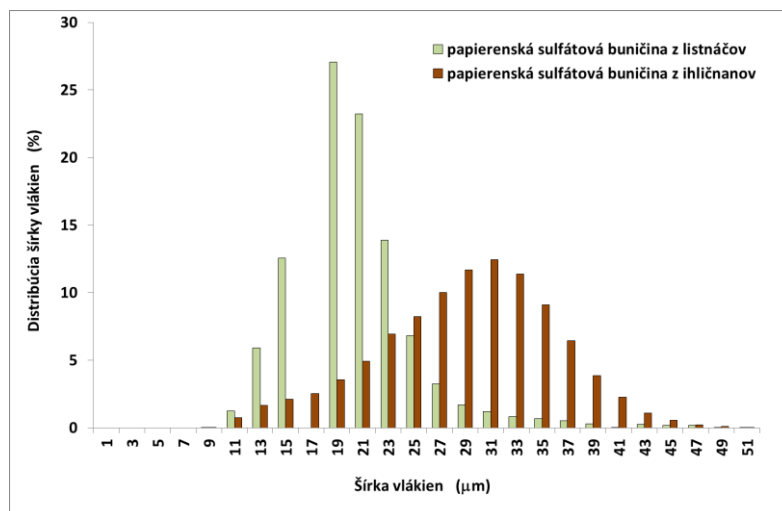
Na obr. 5 je znázornené porovnanie distribúcie dĺžky vlákien bielených papierenských sulfátových buničín zo zmesi listnáčov a ihličnáčov.

Z danej distribúcie možno vidieť rozdielnu rozmerovú charakteristiku krátkovláknitej listnáčovej a dlhovláknitej ihličnanovej buničiny. Zatiaľ čo pre listnáčovú buničinu je charakteristická vyššia distribúcia dĺžky vlákien v užšom rozmedzí 0,3–1,4 mm, pri ihličnanovej buničine je približne rovnaké zastúpenie dĺžky vlákien v širokom rozmedzí. Vlákna v dĺžke 5,0 až 6,0 mm tvoria pri ihličnanovej buničine ešte 0,7 % zastúpenie.



Obr. 5 Distribúcia dĺžky vlákien bielenej papierenskej sulfátovej buničiny.
Fig. 5 Distribution of the fibre length of the bleached paper kraft pulp.

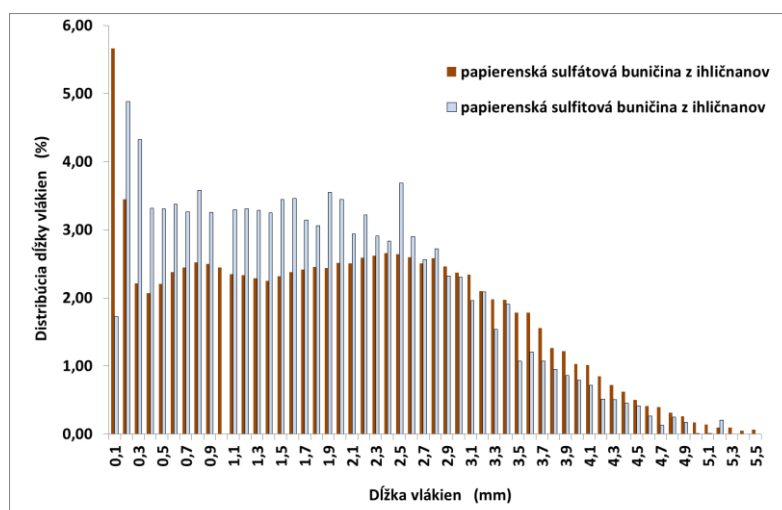
Bola zistená aj rozdielna distribúcia šírky ihličnanových a listnatých buničinových vlákien (obr. 6). Maximálne zastúpenie šírky vlákien bolo stanovené pri vzorke listnáčovej buničiny pre dĺžku 19 μm (27 %), zatiaľ čo pri ihličnanovej buničine bolo maximálne zastúpenie pri 31 μm v podiele 12,5 %.



Obr. 6 Distribúcia šírky vlákien bielennej papierenskej sulfátovej buničiny.
Fig. 6 Distribution of the fibre width of the bleached paper kraft pulp.

Vplyv rozdielneho chemického postupu výroby buničiny na jej rozmerové charakteristiky je možné vidieť z tab. 1 a z obr. 7, kde sú porovnávané distribúcie dĺžky vlákien ihličnanovej buničiny vyrobenej sulfátovým a sulfitovým spôsobom.

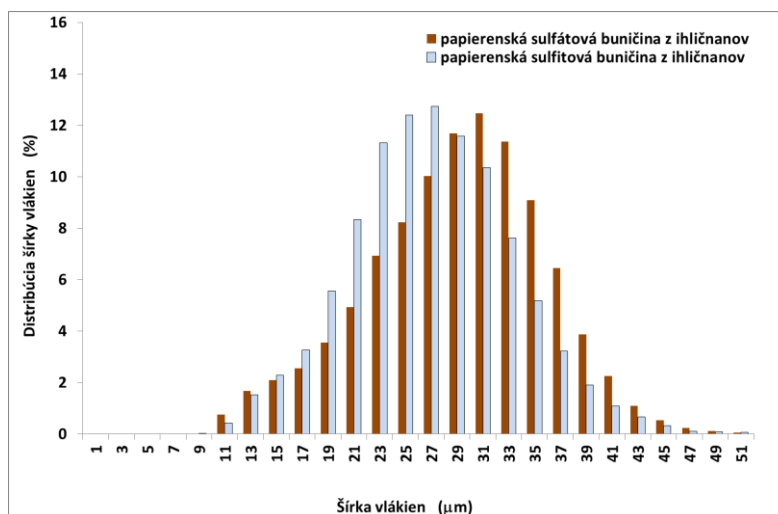
Buničina z ihličnanov pripravená sulfitovým spôsobom mala väčšie zastúpenie kratších vlákien (obr. 7) v rozmedzí 0,3 až 2,8 mm, zatiaľ čo ihličnanová sulfátová buničina obsahovala viac dlhších vlákien. Preto aj priemerná dĺžka vlákien tejto buničiny bola vyššia o 0,297 mm ako ihličnanovej sulfitovej buničiny.



Obr. 7 Distribúcia dĺžky vlákien bielennej papierenskej buničiny z ihličnanov.
Fig. 7 Distribution of the fibre length of the bleached paper pulp from softwoods.

Rovnako aj distribúcia šírky ihličnanových buničinových vlákien (obr. 8) poukazuje na vyššie zastúpenie užších vlákien v papierenskej sulfitovej ihličnanovej buničine

v rozmedzí 15 až 27 μm a naopak vyššie zastúpenie širších vlákien v rozmedzí 29 až 47 μm pri sulfátovej ihličnanovej buničine.



Obr. 8 Distribúcia šírky vlákien bielenej papierenskej buničiny z ihličnanov.
Fig. 8 Distribution of the fibre width of the bleached paper pulp from softwoods.

ZÁVER

Prístrojom Fiber Tester zistené hodnoty rozmerových charakteristík vybraných papierenských buničín ukázali:

- rozdiely medzi sulfátovou buničinou pripravenou zo zmesi listnáčov a sulfátovou buničinou vyrobenou z buka v dĺžke a šírke vlákna, čo je vysvetliteľné rozdielnym zastúpením a odlišnými anatomickými charakteristikami vlákien spracovávaných listnatých drevín,
- rozdiely medzi sulfitovou a sulfátovou buničinou z buka, keď sulfitová buničina vykazuje kratšie a užšie vlákna, čo možno pripísať rozdielnemu priebehu chemických reakcií v zásaditom sulfátovom a kyslom sulfitovom spôsobe výroby buničín,
- výrazný rozdiel v rozmerových charakteristikách medzi sulfátovými buničinami vyrobenými z ihličnanov a listnáčov, ktorý súvisí s rozdielnou stavbou ich bunkových elementov.

Rozmerové charakteristiky buničinových vlákien sú jednou z najdôležitejších charakteristík, ktoré podmieňujú požadovanú kvalitu vyrábaných papierov.

LITERATÚRA

- BLAŽEJ, A. a kol. 1975. Chémia dreva. 1.vyd. Bratislava : Alfa, 1975. 221 s. 63-552-75.
- BLAŽEJ, A., KRKOŠKA, P. 1989. Technológia výroby papiera. 1. vyd. Praha : SNTL, 1989. 584 s. ISBN 80-05-00119-3.
- BUČKO, J. 2001. Chemické spracúvanie dreva. 2. vyd. Zvolen : TU vo Zvolene, 2001. 427 s. ISBN 80-228-1089-4.
- ČABALOVÁ, I., GEFFERT, A. 2011. Zmeny vybraných vlastností buničinových vlákien po ich recyklácii. 1.vyd. Zvolen : TU vo Zvolene. 2011. 65 s. ISBN 978-80-228-2301-2.
- ČUNDERLÍK, I. 2009. Štruktúra dreva. 1.vyd. Zvolen : TU vo Zvolene, 2009.135 s. ISBN 978-80-228-2061-5.

- DUTT, D., TYAGI, C.H. 2011. Comparison of various eucalyptus species for their morphological, chemical, pulp and paper making characteristics. *Indian Journal of Chemical Technology*. ISSN 0975-0991, 2011, 18: 145–151.
- ELZAKI, O.T., KHIDER, T.O., OMER, S.H. 2012. Pulp and Papermaking Characteristics of *Cajanus cajan* Stems from Sudan. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* ISSN 1818-6769, 2012, 12(2), s.159–163.
- FENGEL, D., WEGENER, G. 1984. *Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. 2. vyd., Berlin : Gruyter, 1984. 613 s. ISBN 3-11-008481-3.
- GEFFERT, A., BUČKO, J. 1994. Chemické spracovanie bukového dreva z prestarnutých porastov. *VPA 3/1994*, 52 s. ISBN 80-228-0334-0.
- GEFFERTOVÁ, J., GEFFERT, A. 2012. Zmeny listnáčovej sulfátovej buničiny v procese recyklácie. 1. vyd. Zvolen : TU vo Zvolene. 2012. 63 s. ISBN 978-80-228-2413-2.
- GEFFERTOVÁ, J., RÁZGOVÁ, Z. 2008. Zmeny rozmerových charakteristík vlákien sulfátových listnáčových buničín v procese recyklácie. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen*. ISSN 1336-3824, 2008, L(2): 19–27.
- HNĚTKOVSKÝ, V. a kol. 1983. *Papírenská příručka*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1983. 864 s. 04-625-83.
- CHOVANEC, D. 1985. *Morfológia bunecných elementov listnatých drevín*. Zvolen : VŠLD, 122 s.
- ILVESSALO-PFÄFFLI M.-S., 1955. *Fiber atlas. Identification of Papermaking Fibers*. Berlin Heidelberg : Springer, 1955. 400 s. ISBN 3-540-55392-4.
- KARLSSON, H. 2006. *Fibre Guid. Fibre analysis and process applications in the pulp and paper industry*. Elanders Tofters, Sweden, 2006. 120 s. ISBN 91-631-7899-0.
- KEY STATISTICS. EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY 2012. www.cepi.org/topics/statistics
- KIAEI, M., SAMARIHA, A. 2011. Fiber dimensions, physical and mechanical properties of five important hardwood plants. In *Indian Journal of Science and Technology*. ISSN 0974-6846, 2011, 4(11): 1460–1463.
- KLEMENT, I., RÉH, R., DETVAJ, J. 2013. *Základné charakteristiky lesných drevín*. <http://www.nlc.sk/files/1708.pdf>, ISBN 978-80-8093-112-4.
- KORDA, J. a kol. 1992. *Papírenská encyklopédie*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1992. 472 s. ISBN 80-03-00647-3.
- KÚDELA, J., ČUNDERLÍK, I. 2012. *Bukové drevo: štruktúra, vlastnosti, použitie*. 1. vyd. Zvolen : TU vo Zvolene, 2012. 152 s. ISBN 978-80-228-2318-0.
- LACHOWICZ, H., PASCHALIS-JAKUBOWICZ P. 2014. Impact of a fresh broadleaved forest site and fresh mixed broadleaved forest site on selected parameters and rations of silver birch (*Betula Pendula* Roth.) wood fibre structure. *Drewno*. ISSN 1644-3985, 2014, 57(193): 109–117.
- MAMOŇOVÁ, M. 2013. *Wood anatomy*. 1. vyd. Zvolen: TU vo Zvolene, 2013. 124 s. ISBN 978-80-228-2499-6.
- OLUWADARE, A.O., SOTANDE, O.A. 2007. The Relationship Between Fibre Characteristics and Pulp-sheet Properties of *Leucaena leucocephala* (Lam.) Be Wit. *Middle-East Journal of Scientific Research*. ISSN 1990-9233, 2007, 2(2): 63–68.
- PROVOZNÍ INSTRUKCE. L&W Tester vlákien. 4.0 z 2012-11-28.
- SOUČEK, M. 1977. *Zkoušení papíru*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1977. 344 s. 04-620-77.
- ŠTATISTICKÉ INFORMÁCIE ZCPP SR 2013. *Celulózo-papierenský priemysel SR v roku 2012*.
- VERVERIS, C. GEORGHIOU, K., CHRISTODOULAKIS, N., SANTAS, P., SANTAS, R. 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. *Industrial Crops and Products*. ISSN 0926-6690, 2004, 19: 245–254.
- WAGENFÜHR, R. 2007. *Holzatlas*. 6. Aufl. Leipzig: Fachbuchverlag, 2007. 720 p. ISBN 978-3-446-40649-0.

Acknowledgement

Autori ďakujú agentúre VEGA za finančnú podporu pri riešení projektu 1/052/15.

Adresa autorov

doc. Ing. Jarmila Geffertová, PhD.
doc. Ing. Anton Geffert, CSc.
Ing. Blažej Seman
Technická univerzita vo Zvolene
Drevárska fakulta
Katedra chémie a chemických technológií
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
geffertova@tuzvo.sk
geffert@tuzvo.sk
blazej.seman@gmail.com

