

POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ DŘEVA BUKU LESNÍHO *Fagus sylvatica* (L.) V RŮZNÉM STAVU A STUPNI DEGRADACE DŘEVOKAZNÝMI HOUBAMI

J. Holan, B. Stávková

Došlo: 30. června 2009

Abstract

HOLAN, J., STÁVKOVÁ, B.: *The comparison of properties of European beech *Fagus sylvatica* (L.) in different stage of degradation caused by wood-decay fungi.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2009, LVII, No. 5, pp. 119–130

This work focus on comparison of biological degradation of wood caused by wood-decay fungi (white and brown rot). Test samples were made of European Beech *Fagus sylvatica* (L.). As wood-decay fungi were used *Trametes versicolor* (L.) Lloyd (white rot) and *Serpula lacrymans* (Wulf. Ex Fr.) Schroet (brown rot). Aim of this work was comparison of rate of propagation of wood-decay fungus and degradation of wood in time. After termination of the test was made comparison of intensity of degradation between both fungi species. Weights of test samples were diminishing for both groups of wood-decay fungi during three months. Moisture content increased in direct proportion with time. Compression strength in direction of wood fibers of tested samples was diminishing. Samples tested by *Serpula lacrymans* had the fastest decrease of compression strength after first and second week of degradation. Samples tested by *Trametes versicolor* had different course. Compression strength significantly decreased after first month and third month of degradation. On the other hand module of elasticity of both tested groups was diminishing already during first and second week of degradation. Generally, it is possible to say that *Trametes versicolor* has more significant impact on changes of mechanical characteristic of wood, because it causes degradation of all chemical constituents of wood.

wood-decay fungus, degradation of wood, white rot, brown rot, *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, *Serpula lacrymans* (Wulf. Ex Fr.) Schroet, *Fagus sylvatica* (L.)

Norma ČSN EN 350-2 uvádí, že dřevo je variabilní materiál, jehož přirozená trvanlivost, s ohledem na různé formy biologického napadení, je ovlivněna mnoha faktory. V důsledku toho není možno definitivně stanovit přirozenou trvanlivost bez přesných a úplných údajů.

Buk lesní *Fagus sylvatica* patří mezi roztroušeně póravité dřeviny a vyznačuje se narůžovělou, nahnědlou až červenohnědou barvou. U starých stromů se často vyskytují nepravá jádra. Letokruhy jsou poměrně zřetelné. Dřevo buku je méně trvanlivé a málo odolné proti biotickým činitelům, má ale velmi vysokou výhřevnost. Dobře se moří a impregnuje (Wagenführ, 2002). Hustota buku při vlhkosti 0 % je 680 kg/m³ a při vlhkosti 12 % je 720 kg/m³. Tvrdost

bukového dřeva v podélném směru je 72 MPa (Ugolev, 1986). Pevnost v tlaku podél vláken je 62 MPa při vlhkosti 12 %. Modul pružnosti podél vláken je v rozmezí 10 000–16 000 MPa při vlhkosti 12 % (Pereygin, 1965). Zastoupení celulózy v bukovém dřevě je 33,7–46,4 %, hemicelulózy asi 17,8–25,5 % a ligninu 11,6–22,7 % (Wagenführ, 2000).

Dřevokazné houby poškozuji buněčné stěny dřeva a tím mění jeho mechanické a fyzikální vlastnosti. Prorůstají svými hyfami dřevo a svou činností rozkládají buď jen jeho polysacharidickou složku, nebo kromě ní stravují i lignin (Rypáček, 1957). Podle toho rozdělujeme dřevokazné houby na houby bílého a hnědého tlení (Holan a kol., 2006).

Trametes versicolor patří mezi houby způsobující bílou hnilobu. Patří mezi saprofytické houby napadající především tvrdá dřeva, obzvláště buk a dub. Příležitostně může žít parazitickým způsobem života na poraněných nebo oslabených dřevinách. Napadá dřevo především v nedostatečně větraných prostorech a zabudované dřevo s dostatečnou vlhkostí. Optimální růstové podmínky pro *Trametes versicolor* jsou při teplotě 24–33 °C a vlhkosti dřeva 40–45 %. Rychlost růstu této dřevokazné houby je 20 mm za den (Reinprecht, 1998).

Serpula lacrymans je houba hnědého tlení. Patří mezi saprofytické houby, které se vyskytují především na zabudovaném dřevě. *Serpula lacrymans* degraduje dřevo jehličnatých a listnatých dřevin v budovách, ve sklepích, v bytech či na půdách. Nejčastěji se vyskytuje na trámecích málo větraných staveb. Šíří se ve směru k novému zdroji potravy, což zpravidla bývá zdravé dřevo, např. v jiné části stavby. Je nebezpečná hlavně tím, že za příznivých podmínek velmi rychle vytváří mycelium, které při rozkladu dřeva uvolňuje vodu (Rypáček, 1957). Takto je *Serpula lacrymans* schopna udržet vlhkost dřeva i při větším poklesu relativní vlhkosti prostředí. Optimální růstové podmínky pro *Serpula lacrymans* Schroeter jsou při teplotě 18–22 °C a vlhkosti dřeva 30–40 %. Rychlost růstu v optimálních podmínkách je 7–9 mm za den (Reinprecht, 1998).

Biologická degradace dřeva je složitý proces a je závislý na řadě vnitřních a venkovních podmínek (Tichý, 1975; Scháněl, 1975). Ke stále hlubšímu poznávání uvedeného procesu přispívají značnou měrou výsledky přímých výzkumných metod, kterými se stanovují konkrétní změny v makro-, mikro- a submikroskopické stavbě a v chemické skladbě buňkových struktur dřeva (Reinprecht, 1991).

Dle ČSN EN 113 je pro měření míry degradace potřebné zjišťovat pouze hmotnostní úbytky po šestnáctitýdenním působení vybraných dřevokazných hub. Vzhledem k náročnosti experimentu byla max. doba působení snížena na tři měsíce (13 týdnů). Z důvodu komplexnějšího posouzení odolnosti dřeva vůči působení *Serpula lacrymans* a *Trametes versicolor* bylo zvoleno jako doplňkové zjišťování mechanických vlastností mez pevnosti a modul pružnosti v tlaku podél vláken. Tyto vlastnosti je nejvhodnější zjišťovat při vlhkostech nad MNBS (> 30 %) (Holan, Merenda; 2008)

MATERIÁL A METODIKA

Pro posouzení degradace dřeva v závislosti na čase byl vybrán buk lesní *Fagus sylvatica*. Materiál nebyl mechanicky poškozen a ani nejevil známky biotického napadení.

Úpravou oproti normě byly odlišné rozměry zkušebních těles, které musely být přizpůsobeny rozměrům vzorků určených pro zkoušky mechanických vlastností dřeva. Byly vybrány rozměry vzorků odpovídající zkouškám pro zjišťování modulu pružnosti a meze pevnosti v tlaku podél vláken.

U jednotlivých vzorků (o rozměrech 2 × 2 × 4 cm) byly nejprve změřeny základní parametry potřebné pro výpočet hustoty dřeva v suchém stavu ($w = 0\%$). Absolutně suchého stavu se dosáhlo vysušením vzorků v komorové teplovzdušné sušárně postupným zvyšováním teploty až do $\pm 103\text{ °C}$. Následně byly vzorky rozděleny do deseti skupin po třiceti vzorcích, přičemž průměrná hustota ve skupině byla 704 kg/m³.

Proces degradace dřeva byl prováděn dle modifikované ČSN EN 113. Jako degradační činitel byla vybrána dřevokazná houba bílého tlení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*, která způsobuje hnědé tlení dřeva.

Doba působení dřevokazných hub byla jeden a dva týdny a jeden a tři měsíce. Kontrolní skupina vzorků nebyla vystavena působení dřevokazné houby a sloužila jako referenční skupina.

Živnou půdu tvořil Malt extrakt agar Base M137 ve složení, které předepisuje norma ČSN EN 113. Kultivační nádoby se naplnily dostatečným množstvím živné půdy, aby bylo docíleno tloušťky 3–4 mm. Nádoby se uzavřely prodyšnými uzávěry z vaty, obalily alobalovou fólií a sterilizovaly se v autoklávu s horkou párou při teplotě 120 °C po dobu 20 minut. Po sterilizaci a vychlazení Kolleho baněk na teplotu 21 °C byla živná půda naočkována kulturou dřevokazné houby. Takto připravené Kolleho baňky byly umístěny do inkubátoru na dobu 14 dní (při 18 °C u *Serpula lacrymans* a 24 °C v případě *Trametes versicolor*) tak, aby houbová kultura pokryla celý povrch živné půdy. Baňky byly opět uzavřeny vatoými uzávěry a ty pokryty alobalovou fólií.

Zkušební tělesa byla sterilizována po dobu 30 minut při teplotě 100 °C zabalené do alobalové fólie. Sterilní zkušební vzorky byly vybaleny z fólie a vloženy do Kolleho baněk (do každé baňky tři vzorky) ve sterilním prostředí. Jednotlivé vzorky byly uloženy tak, aby se nedotýkaly stěn kultivační nádoby ani navzájem mezi sebou.

Protože degradovaná tělíska byla zkoušena ve vlhkém stavu a po mechanických zkouškách byla některá tělíska značně deformována, nebylo možno zjistit jejich objem ve stavu suchém, tedy ani jejich hustotu. Pro porovnání hustoty degradovaných a zdravých vzorků byla tedy použita hustota ve vlhkém stavu.

Zdravá, kontrolní tělíska byla zkoušena při vlhkosti přibližně 4–5 %. Známe tedy jejich mez pevnosti v tlaku podél vláken při této vlhkosti. Pro porovnání zdravých a degradovaných tělísek je potřeba tuto mez pevnosti přepočítat na mez pevnosti při vlhkosti stejné jako u degradovaných tělísek.

Pro stanovení mechanických vlastností dřeva byly použity postupy odpovídající požadavkům norem ČSN 49 0110 a ČSN 49 0111. Zjišťování modulu pružnosti a meze pevnosti bylo prováděno na univerzálním testovacím stroji ZWICK/Z050/TH3A.

VÝSLEDKY

Tab. I a II uvádějí, že hustota zdravých tělísek, které byly vystaveny působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*, se od sebe vzájemně téměř nelišila. Na obr. 1 a 2 vidíme hustotu zdravého bukového dřeva, které bylo vystaveno působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. Z krabicového grafu je patrné, že se v případě obou dřevokazných hub hustota téměř nelišila.

Tab. III a IV popisuje změnu hmotnosti bukového dřeva v absolutně suchém stavu v průběhu třech měsíců působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. Obr. 3 a 4 zobrazuje změnu hmotnosti degradovaných tělísek v průběhu působení *Trametes versicolor* Schroeter a *Serpula lacrymans* Schroeter v porovnání jednotlivých stadií hniloby. Z krabicového grafu je patrné, že hmotnost bukového dřeva klesla výrazněji u *Trametes versicolor* než *Serpula lacrymans*.

V tab. V a VI je možné pozorovat obsah vlhkosti ve dřevě buku v jednotlivých stadiích hniloby. Z obr. 5 a 6 je patrné, že čím déle *Trametes versicolor*

a *Serpula lacrymans* působily, tím vyšší byla vlhkost dřeva.

Tab. VII a VIII. uvádějí procentuální změnu fyzikálních vlastností v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. Z obr. 7 a 8 je patrné, že nejvýrazněji se změnila vlhkost, která stoupala. Hmotnost a hustota v počátečních stadiích hniloby nepatrně stouply, ale při delším působení *Trametes versicolor* i *Serpula lacrymans* klesaly.

Na obr. 9 si můžeme všimnout, že v obou případech došlo k výraznému nárůstu vlhkosti, což bylo patrné již po prvním týdnu degradace *Trametes versicolor* i *Serpula lacrymans*. S přibývajícím dobou degradace se vlhkost dále zvyšovala, ale u *Serpula lacrymans* byl tento nárůst výraznější než u *Trametes versicolor*.

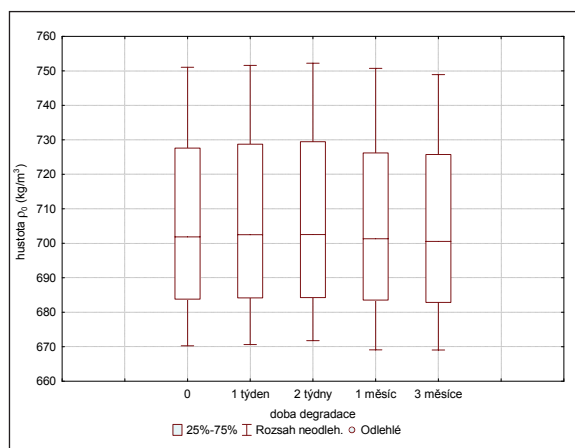
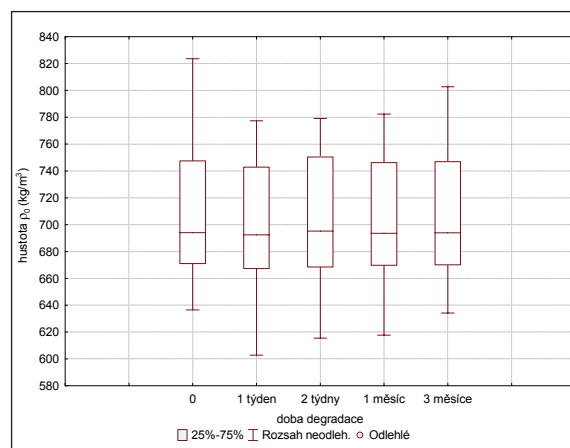
V tab. IX a X můžeme pozorovat změnu meze pevnosti v tlaku podél vláken ve vlhkém stavu u *Trametes versicolor* i *Serpula lacrymans*, v porovnání s kontrolními vzorky. Obr. 10 a 11 zobrazují jak se od sebe navzájem lišily jednotlivá stadia hniloby. U *Trametes versicolor* nebyl po prvním a druhém týdnu po-

I: Hustota zdravého bukového dřeva [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], které bylo následně vystaveno působení *Trametes versicolor*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	30	705,53	701,84	670,28	751,03	615,57	24,81	3,52
1 týden	30	706,18	702,49	670,63	751,61	621,55	24,93	3,53
2 týdny	30	706,71	702,52	671,73	752,21	628,64	25,07	3,55
1 měsíc	30	704,96	701,33	669,09	750,72	610,25	24,70	3,50
3 měsíce	30	704,39	700,52	669,06	748,94	600,87	24,51	3,48

II: Hustota zdravého bukového dřeva [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], které bylo následně vystaveno působení *Serpula lacrymans*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	30	707,60	694,01	636,52	823,67	2178,44	46,67	6,60
1 týden	30	701,19	692,42	602,75	777,34	2046,15	45,23	6,45
2 týdny	30	704,78	695,22	615,37	779,11	2024,99	45,00	6,38
1 měsíc	30	704,00	693,59	617,67	782,36	1954,96	44,21	6,28
3 měsíce	30	705,90	693,85	634,17	802,80	2000,49	44,73	6,34

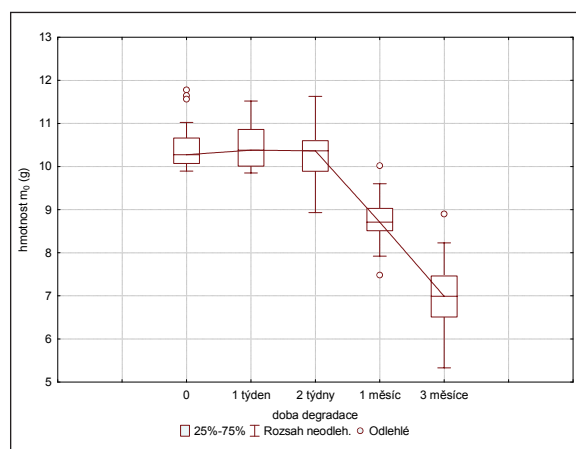
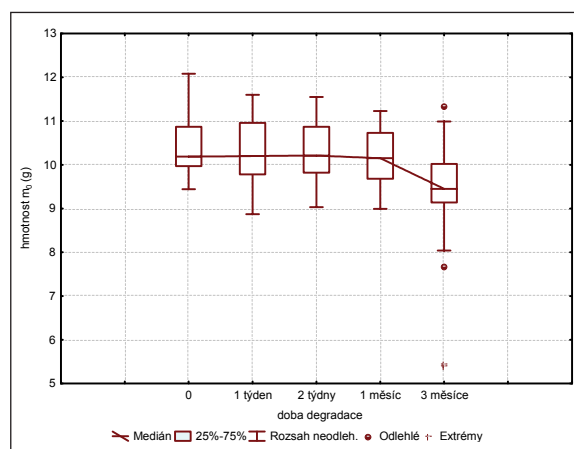
1: Hustota zdravého bukového dřeva, které bylo následně vystaveno působení *Trametes versicolor*2: Hustota zdravého bukového dřeva, které bylo následně vystaveno působení *Serpula lacrymans*

III: Změna hmotnosti [g] bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	30	10,45	10,28	9,90	11,78	0,27	0,52	4,96
zdravá	30	10,46	10,31	9,87	11,54	0,25	0,50	4,82
1 týden	30	10,48	10,38	9,85	11,52	0,26	0,51	4,91
zdravá	30	10,48	10,41	9,85	11,72	0,32	0,56	5,37
2 týdny	30	10,32	10,37	8,93	11,63	0,43	0,65	6,35
zdravá	30	10,38	10,30	9,81	11,61	0,21	0,45	4,37
1 měsíc	30	8,75	8,71	7,48	10,02	0,26	0,51	5,81
zdravá	30	10,40	10,13	9,65	11,78	0,41	0,64	6,15
3 měsíce	30	6,99	6,99	5,33	8,90	0,73	0,86	12,27

IV: Změna hmotnosti [g] bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

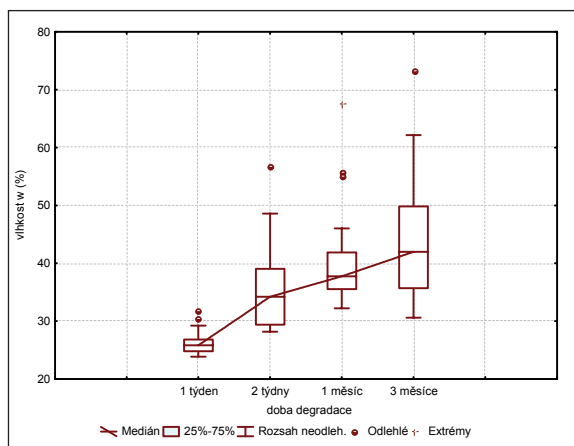
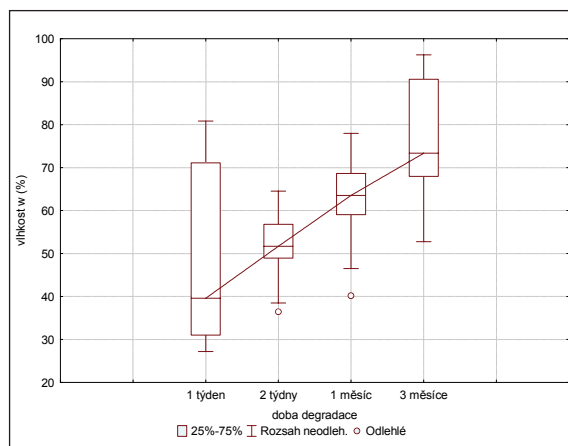
hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	30	10,38	10,19	9,44	12,08	0,42	0,65	6,22
zdravá	30	10,35	10,19	8,93	11,65	0,46	0,68	6,53
1 týden	30	10,30	10,20	8,87	11,60	0,45	0,67	6,53
zdravá	30	10,35	10,22	9,05	11,55	0,40	0,63	6,08
2 týdny	30	10,33	10,21	9,03	11,55	0,40	0,63	6,14
zdravá	30	10,31	10,24	9,15	11,27	0,36	0,60	5,85
1 měsíc	30	10,20	10,15	8,99	11,23	0,41	0,64	6,25
zdravá	30	10,38	10,21	9,37	11,82	0,38	0,62	5,97
3 měsíce	30	9,31	9,45	5,41	11,34	1,71	1,31	14,03

3: Změna hmotnosti v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*; porovnání jednotlivých stadií hniloby4: Změna hmotnosti v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*; porovnání jednotlivých stadií hnilobyV: Vlhkost bukového [%] dřeva v jednotlivých stadiích hniloby v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
1 týden	29	26,11	25,84	23,84	31,88	3,87	1,97	7,53
2 týdny	28	35,33	34,22	28,16	56,78	45,77	6,77	19,15
1 měsíc	28	40,14	37,76	32,23	67,63	62,75	7,92	19,74
3 měsíce	28	44,24	41,98	30,62	73,25	110,01	10,49	23,71

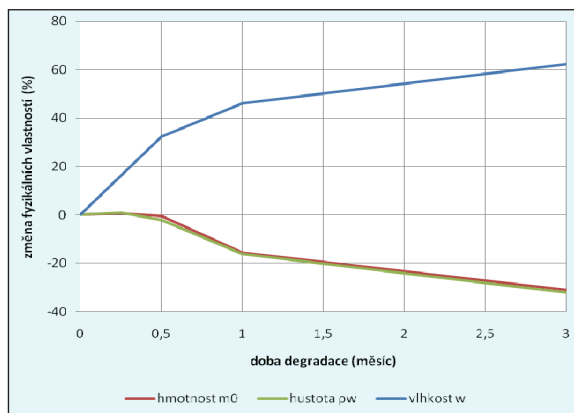
VI: Vlhkost bukového dřeva [%] v jednotlivých stadiích hniloby v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
1 týden	26	47,32	39,59	27,17	80,83	366,38	19,14	40,45
2 týdny	27	51,99	51,70	36,44	64,53	57,02	7,55	14,53
1 měsíc	28	63,51	63,54	40,15	77,98	76,80	8,76	13,80
3 měsíce	26	76,43	73,35	52,76	96,27	158,45	12,59	16,47


5: Změna vlhkosti bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*

6: Změna vlhkosti bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

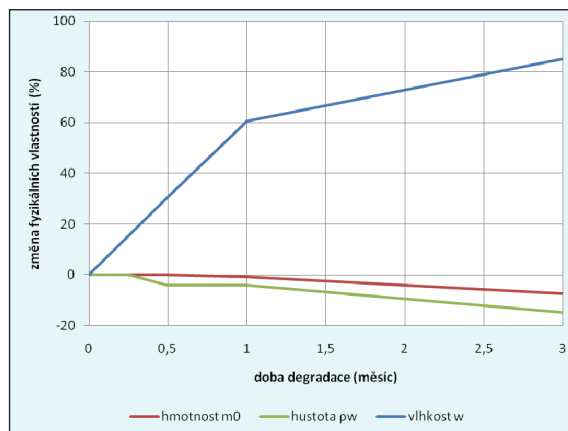
VII: Procentuální změna fyzikálních vlastností dřeva buku v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*

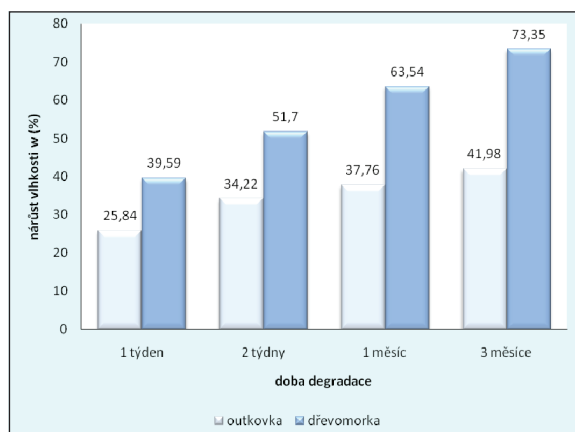
dobu degradace	hmotnost m_0 %	hustota ρ_w %	vlhkost w %
1 týden	↑ 0,68	↑ 0,90	-
2 týdny	↓ 0,38	↓ 2,02	↑ 32,43
1 měsíc	↓ 15,44	↓ 16,24	↑ 46,13
3 měsíce	↓ 31,00	↓ 32,11	↑ 62,46


7: Grafické znázornění procentuální změny fyzikálních vlastností v závislosti na čase u *Trametes versicolor*

VIII: Procentuální změna fyzikálních vlastností dřevabuku v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

dobu degradace	hmotnost m_0 %	hustota ρ_w %	vlhkost w %
1 týden	↑ 0,10	↑ 0,02	-
2 týdny	↓ 0,10	↓ 4,18	↑ 30,59
1 měsíc	↓ 0,88	↓ 4,07	↑ 60,50
3 měsíce	↓ 7,44	↓ 14,97	↑ 85,27


8: Grafické znázornění procentuální změny fyzikálních vlastností v závislosti na čase u *Serpula lacrymans*



9: Provnání aktivity *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans* – schopnost zvýšit vlhkost dřeva

kles meze pevnosti příliš výrazný. Nejvýraznější pokles meze pevnosti nastal po prvním a třetím měsíci její degradační aktivity. U *Serpula lacrymans* nastala nejvýraznější změna po prvním týdnu působení. Po době dvou týdnů a jednoho měsíce je tato změna méně patrná. Vyšší pokles meze pevnosti je opět až po třech měsících působení.

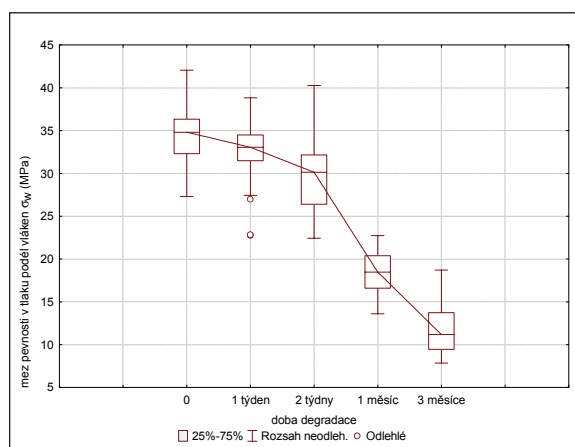
V tab. XI a XII je možné pozorovat změnu modulu pružnosti v tlaku podél vláken ve vlhkém stavu u *Trametes versicolor* i *Serpula lacrymans*, v porovnání s kontrolními vzorky. Na obr. 12 a 13 je zobrazeno, jak se od sebe navzájem lišily jednotlivá stadia hniloby. U *Trametes versicolor* došlo po prvním týdnu k výraznému poklesu meze pevnosti. Po dvou týdnech a jednom měsíci byly změny modulu pružnosti méně výrazné, ale po třech měsících se tyto změny opět zvýšily. U *Serpula lacrymans* mez pevnosti v průběhu třech měsíců klesala. Po jednom měsíci degradace však modul pružnosti náhle stoupl.

IX: Změna meze pevnosti [MPa] bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*

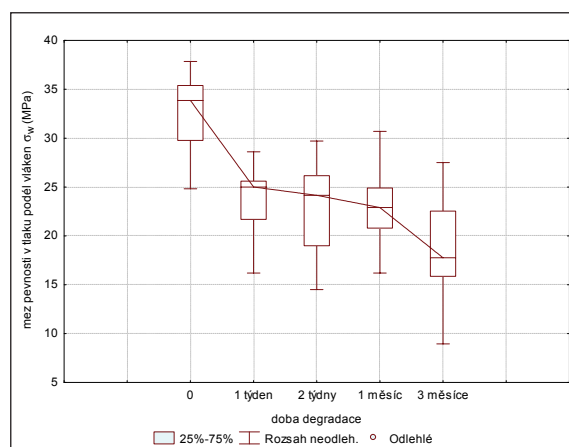
hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	30	34,67	34,82	27,31	42,06	11,69	3,42	9,86
1 týden	30	32,58	33,06	22,74	38,84	15,15	3,89	11,95
2 týdny	30	29,43	30,14	22,44	40,27	18,07	4,25	14,44
1 měsíc	28	18,43	18,48	13,61	22,74	5,74	2,40	13,00
3 měsíce	26	11,88	11,18	7,86	18,72	9,00	3,00	25,27

X: Změna meze pevnosti [MPa] bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	29	33,02	33,85	24,82	37,85	11,01	3,32	10,05
1 týden	23	23,49	25,00	16,20	28,60	12,60	3,55	15,11
2 týdny	24	22,68	24,15	14,50	29,70	19,99	4,47	19,72
1 měsíc	23	22,76	22,90	16,20	30,70	10,13	3,18	13,98
3 měsíce	27	18,64	17,76	8,95	27,50	26,08	5,11	27,40



10: Změna meze pevnosti bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*



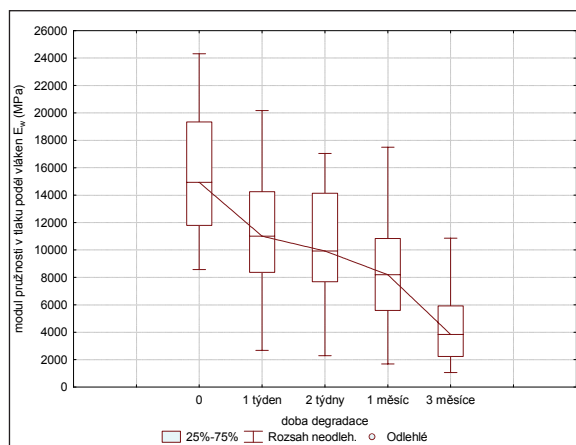
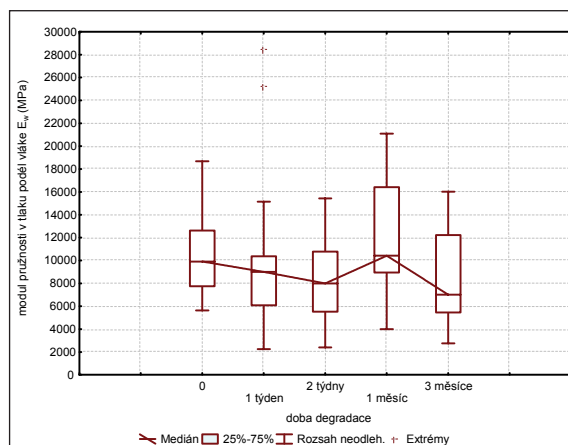
11: Změna meze pevnosti bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

XI: Změna modulu pružnosti [MPa] bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	26	15 742	14 933	8 572	24 312	18 909 179	4 348	27,62
1 týden	30	11 553	11 007	2 681	20 170	15 469 733	3 933	34,04
2 týdny	28	10 451	9 925	2 286	17 038	16 403 488	4 050	38,75
1 měsíc	26	8 344	8 196	1 691	17 492	17 278 318	4 156	49,82
3 měsíce	26	4 474	3 840	1 061	10 864	6 636 369	2 576	57,57

XII: Změna modulu pružnosti [MPa] bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

hodnoty	počet	průměr	medián	min.	max.	rozptyl	sm. odchylka	var. koef.
kontrolní	28	10 411	9 913	5 640	18 676	12 002 618	3 464	33,28
1 týden	24	9 712	9 002	2 243	28 435	35 788 749	5 982	61,59
2 týdny	24	8 215	7 997	2 403	15 427	13 144 497	3 625	44,13
1 měsíc	23	12 247	10 417	3 999	21 085	22 918 853	4 787	39,09
3 měsíce	27	8 695	7 013	2 753	16 022	17 651 035	4 201	48,32

12: Změna modulu pružnosti bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*13: Změna modulu pružnosti bukového dřeva v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

V tab. XIII a XIV můžeme pozorovat změnu mechanických vlastností bukového dřeva, které bylo vystaveno působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. Jak je patrné z obr. 14, v prvních stadiích hniloby se mez pevnosti příliš neměnila, výrazně se změnila až po prvním a třetím měsíci degradace. Naproti tomu modul pružnosti výrazně klesl již v prvním stadiu hniloby. Po druhém týdnu a prvním měsíci se tyto změny od předchozí příliš nelišily, a další výrazný pokles nastal až po třech měsících degra-

dace. Z obr. 15 je patrné, že nejvýrazněji se mez pevnosti snížila v prvním stadiu hniloby, stejně jako modul pružnosti. Ten však po prvním měsíci degradace náhle stoupl a následně začal opět klesat.

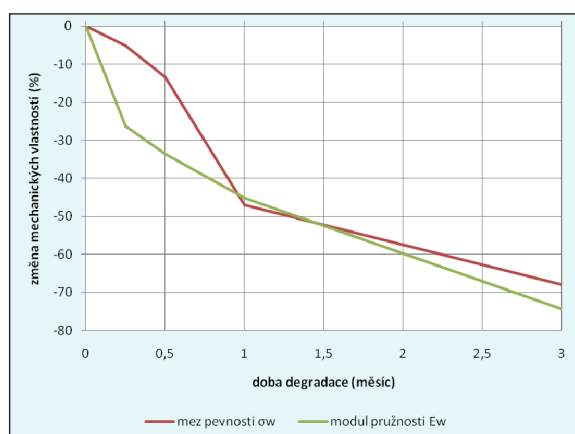
Obr. 16 a 17 uvádějí rozdíl mezi degradační aktivitou působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans* a jejich vliv na změnu mechanických vlastností. Změna meze pevnosti a modulu pružnosti v tlaku podél vláken je zde vyjádřena jako procentuální změna těchto hodnot. Obr. 16 uvádí rozdíl

XIII: Procentuální změna mechanických vlastností dřeva buku v průběhu tří měsíců působení *Trametes versicolor*

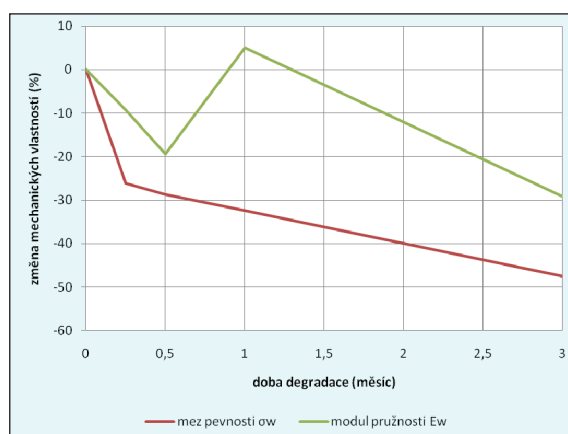
doba degradace	mez pevnosti σ_w %	modul pružnosti E_w %
1 týden	↓ 5,05	↓ 26,29
2 týdny	↓ 13,44	↓ 33,54
1 měsíc	↓ 46,93	↓ 45,12
3 měsíce	↓ 67,89	↓ 74,28

XIV: Procentuální změna mechanických vlastností dřeva buku v průběhu tří měsíců působení *Serpula lacrymans*

doba degradace	mez pevnosti σ_w %	modul pružnosti E_w %
1 týden	↓ 26,14	↓ 9,19
2 týdny	↓ 28,66	↓ 19,33
1 měsíc	↓ 32,35	↑ 5,08
3 měsíce	↓ 47,53	↓ 29,26



14: Grafické znázornění procentuální změny mechanických vlastností v závislosti na čase, působení *Trametes versicolor*

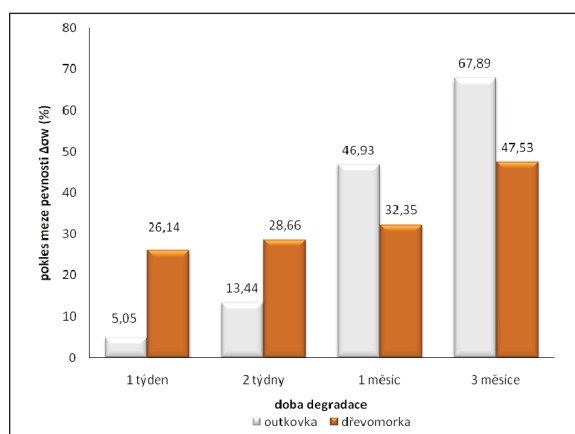


15: Grafické znázornění procentuální změny mechanických vlastností v závislosti na čase, působení *Serpula lacrymans*

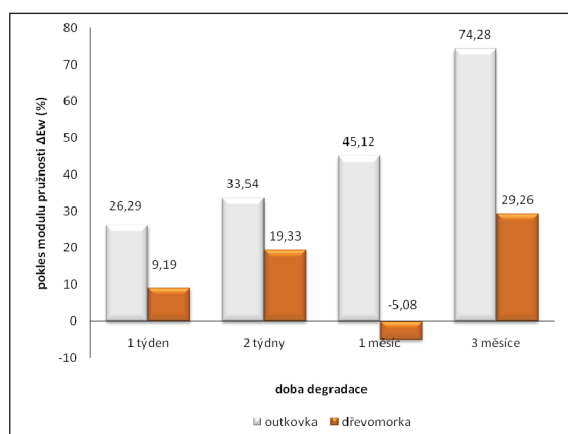
mezi degradační aktivitou *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. Zatímco *Serpula lacrymans* vyvíjela svou degradační aktivitu již v prvních stádiích hniloby, u *Trametes versicolor* to bylo až po druhém týdnu degradace. Po prvním a druhém týdnu byla mez pevnosti nižší u dřeva napadeného *Serpula lacrymans*. Opačná situace nastala po prvním a třetím měsíci degradace, kdy byla mez pevnosti nižší u dřeva napadeného *Trametes versicolor*. V obou případech se s dobou degradace mez pevnosti v tlaku podél vláken snižovala. Obr. 17 uvádí, že na pokles modulu pružnosti má výraznější vliv *Trametes versicolor*. Čím déle *Trametes versicolor* působila, tím byl modul pružnosti nižší. Stejně tomu bylo v případě *Serpula lacrymans*, ale procentuální změny byly méně výrazné. Po prvním měsíci *Serpula lacrymans* modul pružnosti nepatrně stoupl. V obou případech se však s dobou degradace modul pružnosti snižoval.

možné vyloučit, že by proměnlivost hustoty zdravého dřeva ovlivnila výsledky zkoušek.

Hodnoty hmotnosti degradovaných tělísek v průběhu tří měsíců klesaly u obou druhů hub. Po prvním a druhém týdnu byly změny nepatrné. U *Trametes versicolor* po prvním týdnu hmotnost stoupla z 10,31 g na 10,38 g (nárůst o 0,68 %), kdežto u *Serpula lacrymans* jen z 10,19 g na 10,20 g (nárůst o 0,1 %). Po druhém týdnu se začíná hmotnost dřeva v případě působení obou druhů hub nepatrně snižovat a při delším působení jsou tyto úbytky výraznější. U *Trametes versicolor* je po jednom měsíci hmotnost nižší o 15,44 % a po třech měsících dokonce až o 31 %. Tento pokles je možné vysvětlit ztrátou celulózy, hemicelulózy a ligninu, která je v prvních stádiích degradace hub bílé hniloby výrazná. Podle Zabela a Morella (1998) může být u těchto hub pokles hmotnosti až 97 %. Lze tedy předpokládat, že při



16: Porovnání degradační aktivity *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans* – pokles meze pevnosti



17: Porovnání degradační aktivity *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans* – pokles meze pružnosti

DISKUSE

Na obr 1 a 2 je možno pozorovat, že zdravá, absolutně suchá buková tělíska měla před zkouškami ve všech skupinkách téměř stejnou hustotu. Je tedy

další degradační aktivitu *Trametes versicolor* by hmotnost dále klesala. Tyto výsledky se shodují s tvrzením Zabela a Morella (1998), podle nichž dochází k většímu hmotnostnímu úbytku u dřeva napade-

ného houbou bílé hniloby. U *Serpula lacrymans* je výrazný pokles hmotnosti možno pozorovat až po třetím měsíci její degradační aktivity. Po této době je hmotnost nižší celkově o 7,44%. Pokles hmotnosti je v případě *Serpula lacrymans* možné vysvětlit ztrátou celulózy a hemicelulózy. Podle Reinprechta (1998) však *Serpula lacrymans* rozkládá polysacharidy intenzivně již v prvních stádiích hniloby. Pokles hmotnosti v tomto stadiu nebyl výrazný, ba naopak se hmotnost nepatrně zvýšila. Nárůst hmotnosti a její další nevýrazný pokles v prvních stádiích hniloby je pravděpodobně způsoben přítomností hyf *Serpula lacrymans* v bukovém dřevě, stejně jako v případě *Trametes versicolor*. Lze tedy předpokládat, stejně jako u *Trametes versicolor*, že při další degradační aktivitě by hmotnost dále klesala. Podle Zabela a Morella (1998) může být u těchto hub celkový pokles hmotnosti až 70%.

Na obr. 5 a 6 si můžeme všimnout, že s dobou degradace se přímo úměrně zvyšovala i vlhkost dřeva. Po prvním týdnu působení *Trametes versicolor* byla vlhkost dřeva 25,84% a po třech měsících až 42%. To znamená, že si *Trametes versicolor* během třech měsíců dokázala dřevo navlhčit na vlhkost svého optima, které je 40–50% (Baier a Týn, 1996). Po prvním týdnu působení *Serpula lacrymans* byla vlhkost 39,59% a po třetím měsíci dokonce až 73,35%. Hodnota 73,35% však převyšuje hodnotu 60%, což je podle Ungera (2001) hranice, kdy ještě *Serpula lacrymans* vyvíjí aktivitu. Vzhledem k tomu, že i po třech měsících jejího působení klesla, ač minimálně, mez pevnosti dřeva, je možné usuzovat, že *Serpula lacrymans* vyvíjela aktivitu i při takto vysoké vlhkosti. Z obr. 9 je patrné, že obě houby si dokázaly v průběhu třech měsíců zvýšit vlhkost dřeva pro rozvoj své aktivity. U dřeva napadeného *Serpula lacrymans* je vlhkost ve všech stádiích hniloby vyšší. Tato změna může být však ovlivněna vyšší vstupní vlhkostí tělísek než v případě *Trametes versicolor* nebo také optimálními podmínkami, které měly houby pro svůj rozvoj (teplota a minimální proudění vzduchu). *Trametes versicolor* byla ponechána při pokojové teplotě v laboratoři (24 °C), přičemž optimum pro tuto houbu je 26 °C. Baňky s *Serpula lacrymans* byly uloženy v termostatu při teplotě 18 °C. Optimální teplota pro *Serpula lacrymans* je 18–22 °C.

Na obr. 10 a 11 je možno pozorovat změnu meze pevnosti v tlaku podél vláken v průběhu třech měsíců působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. U *Trametes versicolor* se v prvních stádiích hniloby pevnost dřeva neměnila příliš výrazně. Po prvním týdnu klesla mez pevnosti z 34,82 MPa na 33,06 MPa (pokles o 5,05%). Lze tedy usuzovat, že *Trametes versicolor* v prvním stadiu hniloby degraduje polysacharidy dřeva jen v minimální míře a dle výsledků se soustředila na degradaci ligninu. Naměřené výsledky jsou shodné s tvrzením Zabela a Morella (1998), kteří tvrdí, že u hub bílé hniloby nejsou v prvních stádiích hniloby pevnostní změny dřeva tak patrné, jako u hub hniloby hnědé. Výrazných změn meze pevnosti si můžeme všimnout po prvním a třetím měsíci působení *Trametes versicolor*. Po třech

měsících se z hodnoty 34,82 MPa mez pevnosti snížila na 11,18 MPa (pokles o 67,89%). V tomto stadiu degradace tedy *Trametes versicolor* začala degradovat i polysacharidy dřeva. U *Serpula lacrymans* došlo k nejvyššímu poklesu meze pevnosti v prvním stadiu hniloby (po jednom týdnu) z hodnoty 33,85 MPa na 25 MPa (pokles o 26,14%). Tyto výsledky se shodují s tvrzením Reinprechta (1998), který uvedl, že *Serpula lacrymans* degraduje polysacharidy dřeva intenzivně již v prvních stádiích hniloby. Ztráta meze pevnosti po druhém týdnu a prvním měsíci se příliš nezměnila. Až po třech měsících došlo ke změně z hodnoty 33,85 MPa na 17,76 MPa (pokles o 47,53%). Stejně jako *Trametes versicolor*, která hledala další zdroj ligninu, tak i *Serpula lacrymans* si v období její nevýrazné degradační aktivity hledala další zdroje sacharidů.

Na obr. 12 a 13 je možno pozorovat změnu modulu pružnosti v tlaku podél vláken v průběhu třech měsíců působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. U *Trametes versicolor* došlo k nejvyššímu poklesu modulu pružnosti již po prvním týdnu její degradační aktivity, a to z 14933 MPa na 11007 MPa (pokles o 26,29%). Tuto výraznou ztrátu je možno vysvětlit tím, že *Trametes versicolor* prvním stadiu hniloby degradovala intenzivně lignin, který má vliv na pružnost dřeva. V menší míře v tuto dobu degradovala polysacharidy. Po dvou týdnech a jednom měsíci však její činnost mírně stagnovala, kdy si hledala další zdroj ligninu. Výrazný pokles můžeme pozorovat opět až po třech měsících degradační aktivity *Trametes versicolor*, kdy klesla hodnota modulu pružnosti z 14933 MPa na 3840 MPa (pokles o 74,28%). V této době již našla nový zdroj ligninu a současně s ním degradovala i polysacharidy. Dle naměřených výsledků mechanických vlastností je možno říci, že *Trametes versicolor* patří do skupiny hub bílé hniloby, které zpočátku rozkládají lignin rychleji než celulózu. U *Serpula lacrymans* nebyla změna modulu pružnosti příliš výrazná. Po jednom týdnu degradace klesla z 9913 MPa na 9002 MPa (pokles o 9,19%) a po třech měsících na 7013 MPa (pokles o 29%). Nevýrazný pokles modulu pružnosti je pravděpodobně způsoben minimální schopností *Serpula lacrymans* degradovat lignin.

V tab. XIII a XIV pozorujeme změnu mechanických vlastností bukového dřeva, které bylo vystaveno působení *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. V prvních stádiích hniloby se mez pevnosti příliš neměnila, výrazně se změnila až po prvním a třetím měsíci degradace. Naproti tomu modul pružnosti výrazně klesl již v prvním stadiu hniloby. Po druhém týdnu a prvním měsíci se tyto změny od předchozí příliš nelišily, a další výrazný pokles nastal až po třech měsících degradace. Nejvýraznější se mez pevnosti snížila v prvním stadiu hniloby, stejně jako modul pružnosti. Ten však po prvním měsíci degradace náhle stoupl a následně začal opět klesat.

Na obr. 16 můžeme pozorovat rozdíl mezi degradační aktivitou *Trametes versicolor* a *Serpula lacrymans*. Po prvním a druhém týdnu degradace je výraznější degradační aktivita v případě *Serpula lacrymans*. Lze

tedy souhlasit s Reinprechtem (1998), jak bylo již uvedeno, že houby hnědé hniloby dokážou degradovat celulózu a hemicelulózy již v prvních stadiích hniloby. Podle Ungera a kol. (2001) jsou změny pevnostních vlastností dřeva napadeného houbou bílé hniloby méně výrazné než v případě hub hniloby hnědé, protože celulózová kostra nebývá tolik napadávána. S tímto tvrzením lze souhlasit, ale pouze v případě počátečních stadií hniloby, poněvadž po delším působení hub (první a třetí měsíc) je situace opačná. Po třetím měsíci působení *Trametes versicolor* se mez pevnosti dřeva snížila o 20%, tedy více než v případě *Serpula lacrymans*. Tento rozdíl je zřejmě způsoben tím, že *Trametes versicolor* degraduje polysacharidy i lignin (výraznější hmotnostní úbytky). Lignin totiž kromě toho, že dává dřevu pružnost, obaluje a stmeluje polysacharidové struktury (Gandelová a kol., 2004), čímž zvyšuje celkovou pevnost dřeva. Souhrnně je možno říci, že *Trametes*

versicolor má větší vliv na mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken, ale pouze v pokročilejších stadiích hniloby. Po prvním a druhém týdnu degradace je tomu naopak, kdy vykazovala výraznější degradační aktivitu *Serpula lacrymans*.

Souhrnně lze říci, že *Trametes versicolor* má výraznější vliv na změnu mechanických vlastností dřeva, což je poplatné danému experimentu. Dalším důvodem její výraznější aktivity může být fakt, že kromě optimální teploty a minimálního proudění vzduchu jí byl poskytnut i optimální substrát. Podle Bacteria a Týna (1996) patří buk mezi dřeviny, které *Trametes versicolor* nejčastěji napadá. Vzhledem k tomu, že optimální pH dřeva pro rozvoj *Trametes versicolor* je 4–5,5 a pH buku je v rozmezí od 5,1–5,4, je jejich tvrzení pochopitelné a logické. Naproti tomu *Serpula lacrymans* Schroeter se nejlépe daří, stejně jako ostatním houbám hnědé hniloby, na jehličnatých dřevinách (Horáček, 2000).

SOUHRN

Hodnoty hmotnosti i hustoty degradovaných tělísek v průběhu třech měsíců klesaly u obou druhů hub. V prvních stadiích hniloby (po prvním a druhém týdnu) byly změny nepatrné. Při delším působení dřevokazných hub byly tyto úbytky již výraznější. V případě *Trametes versicolor* hmotnost po třech měsících celkově klesla o 31%, u *Serpula lacrymans* byl celkový hmotnostní úbytek 7,44%. Je tedy jasné, že výraznější úbytky hmotnosti i hustoty způsobila svou degradační aktivitou *Trametes versicolor*. Důvodem těchto vyšších úbytků je fakt, že *Trametes versicolor* degraduje celulózu, hemicelulózy i lignin. *Serpula lacrymans* však svou aktivitou dokáže odbourávat pouze polysacharidy dřeva.

Z fyzikálních vlastností se nejvýrazněji změnila vlhkost, v případě obou druhů dřevokazných hub. Obsah vlhkosti ve dřevě buku napadeném *Trametes versicolor* byl po třech měsících degradace 42%. Dřevo napadené *Serpula lacrymans* obsahovalo v tomto stadiu hniloby 73,35% vlhkosti.

V průběhu tří měsíců působení dřevokazných hub se měnily mechanické vlastnosti. Mez pevnosti v tlaku podél vláken degradovaného dřeva klesala. V případě *Serpula lacrymans* byl nejvýraznější pokles po prvním a druhém týdnu degradace. Důvodem je schopnost houby rozkládat polysacharidy, které dávají dřevu pevnost již v prvních stadiích hniloby. Po této době se mez pevnosti dřeva napadeného *Serpula lacrymans* již výrazně neměnila. Celkové snížení meze pevnosti dřeva bylo v tomto případě o 47,53%. U *Trametes versicolor* je tomu však naopak, kdy mez pevnosti výrazně klesla až po jednom a třech měsících degradace. Celkový pokles této veličiny byl u *Trametes versicolor* o 67,89%. Důvodem nevýrazné změny v prvních stadiích hniloby je, že *Trametes versicolor* v tuto dobu rozkládala polysacharidy dřeva jen nepatrně. Na jejich rozklad se soustředila až v pokročilejších stadiích hniloby. V prvních fázích hniloby degradovala *Trametes versicolor* intenzivně především lignin, což má za následek výrazný pokles modulu pružnosti v tlaku podél vláken u degradovaného dřeva.

V průběhu třech měsíců působení *Trametes versicolor* je celkový pokles modulu pružnosti o 74,28% a v případě *Serpula lacrymans* o 29,26%. Těž v jednotlivých stadiích hniloby byla výraznější změna modulu pružnosti u dřeva napadeného *Trametes versicolor*. Důvodem výraznější aktivity *Trametes versicolor* je fakt, že tato houba má značně agresivnější enzymy, které jsou schopny rozložit jak polysacharidickou, tak i fenolickou složku dřeva. Naproti tomu dřevomorka dokáže degradovat pouze polysacharidy, přičemž lignin jen v minimální míře.

pevnost dřeva, hmotnostní úbytek, dřevokazné houby, degradace dřeva, *Fagus sylvatica* L., *Trametes versicolor*, *Serpula lacrymans*

Práce byla podporována ze zdrojů výzkumného záměru MSM 6215648902.

SUMMARY

Values of weight and specific gravity of tested samples decreased at both groups of wood-decay fungi during three months of testing. In the first stage of rot (after first and second week) were changes imperceptible but after longer period was impact of exposition of tested samples to the wood-decaying fungi significant. Greater decrease of weight and specific gravity was caused by *Trametes versicolor*

Schroeter, which decompose all main constituent of wood. *Serpula lacrymans* Schroeter can decompose only polysaccharides of wood. From physical properties was the most affected moisture content at both groups of samples affected by wood-decay fungi.

During three months of testing were also mechanical properties changed. Compression strength in direction of wood fibers of tested samples was diminishing. In case of samples of *Serpula lacrymans* Schroeter was the most significant decrease after first and second week of degradation. It is caused by ability to decompose polysaccharides that are responsible for wood strength during first stage of rot. After this stage compression strength didn't significantly changed. Second group of samples tested by *Trametes versicolor* Schroeter had opposite development. Compression strength considerable decreased after first and third month of degradation. Cause of small changes during first stage of testing is that *Trametes versicolor* Schroeter decomposed polysaccharides only slightly. It decomposes polysaccharides in longer time of affecting. During the first stage *Trametes versicolor* Schroeter decomposes mainly lignin that makes significant decrease of module of elasticity in compression in direction of fibers. Reason of higher activity of *Trametes versicolor* Schroeter is that it decomposes polysaccharides and lignin that cause elasticity of wood. On the other hand *Serpula lacrymans* Schroeter can decompose polysaccharides and lignin only in minimal portion.

LITERATURA

- BAIER, J. a TÝN, Z., 1996: Ochrana dřeva, 3. vyd. Praha: Grada publishing a. s., 95 s. ISBN 80-7169-275-1
- GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J., 2004: Nauka o dřevě. MZLU Brno, 176 s.
- HOLAN, J., MERENDA, L., 2007: Porovnání mechanických vlastností dřeva v suchém a mokřím stavu degradovaného dřevokaznými houbami. *Mezinárodní konference Dřevozehodnocující huby 2007*, Brno: MZLU Brno, 93–99. ISBN 978-80-7375-105-0
- HOLAN, J., MERENDA, L., 2008: Porovnání vlastností dřeva smrků Steklého – *Picea abies* (L.) Karst. v různém stavu a stupni degradace dřevokaznou houbou *Serpula lacrymans* (Wulfen) J. Schröt, Brno: MZLU Brno
- HOLAN, J. A KOL., 2006: Dřevo v domácnosti. 1. vyd. Brno: Vydavatelství ERA, 105 s. ISBN 80-7366-049-0
- HORÁČEK, P., 1998: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. Brno: MZLU Brno, 124 s. ISBN 80-7157-347-7
- HORÁČEK, P., 2000: Biologická degradace dřeva popraškou (*Coniophora puteana*) a dřevomorkou (*Serpula lacrymans*). Brno: MZLU Brno, 86 s.
- MATOVÍČ, A., 1993: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva. Brno, MZLU Brno, 212 s. ISBN 80-7157-086-9
- PERELYGIN, L., 1965: Náuka o dreve, 2. vyd. Bratislava, 444 s.
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M., 1993: Štruktúra a vlastnosti dreva Bratislava: Príroda a.s., 488 s. ISBN 80-0700600-1
- REINPRECHT, L., 1991: Charakterizácia štádií deštruktívnej hniloby drevín prostredníctvom vybraných mechanických vlastností a chemických rozborov. II. Hniloba drevín lipy, buka a javora. *Drevársky výskum č. 129*, s. 43–46
- REINPRECHT, L., 1998: Ochrana dreva a kompozitov. TU ve Zvoleně, 240 s.
- REINPRECHT, L., 2001: Procesy degradácie dreva. TU ve Zvoleně, 162 s.
- RYPÁČEK, V., 1957: Biologie dřevokazných hub. ČSAV Praha
- SCHÁNĚL, V., 1975: Vliv vnějších podmínek na rozklad dřeva houbami. *Drevársky výskum č. 20*, (1), s. 59–79
- SIAU, J. F., 1995: Wood: Influence of moisture content on physical properties. New York: Virginia Polytechnic Institute and State University, 230 p.
- ŠLEZINGEROVÁ, J., HORÁČEK, P., GANDELOVÁ, L., 1998: Nauka o dřevě. Brno: MZLU Brno, 184 s. ISBN 80-7157-194-6
- TICHÝ, V., 1975: Význam synergismů a antagonismů při rozkladu dřeva houbami. *Drevársky výskum č. 20*, (1), s. 37–57
- TSUOMIS, G., 1991: Science and technology of wood; Structure, properties, utilization. New York: Chapman and Hall, 494 p. ISBN 0-412-07851-1
- UGOLEV, V. N., 1986: Drevsinovedeniye s osnovami lesnovo tovarovedeniya. Moskva, 365 s.
- UNGER, A., SCHNIEWIND, P. A., UNGER, W., 2001: Conservation of wood artifacts. Berlin: Springer-Verlag, 578 p. ISBN 3-540-41580-7
- WAGENFÜHR, R., SCHEIBER, C., 2000: Holzatlas. Leipzig, 707 s.
- WAGENFÜHR, R., 2002: Dřevo – obrazový lexikon. Grada Publishing a. s., 348 s, ISBN 80-247-0346-7
- ZABEL, A. R., MORRELL, J. J., 1992: Wood microbiology, Decay and Its Prevention. London, 476 p.
- ČSN EN 113. Ochranné prostředky na dřevo. Zkušební metody pro stanovení ochranné účinnosti proti dřevokazným houbám Basidiomycetes. Stanovení hranice účinnosti.
- ČSN EN 350-2. Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Přírozená trvanlivost rostlého dřeva. Část 2: Přírozená trvanlivost a impregnovatelnost vybraných dřevin důležitých v Evropě.
- ČSN 49 0110. Dřevo. Medza pevnosti v tlaku v směru vláken.
- ČSN 49 0111. Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania modulu pružnosti v tlaku pozdĺž vláken

Adresa

Ing. Jiří Holan, Ph.D., Ing. Blanka Stávková, Ústav nauky o dřevě, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, email: holan@mendelu.cz; blanka.stavkova@seznam.cz.