

POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ DŘEVA SMRKU ZTEPILÉHO – *PICEA ABIES* (L.) KARST. V RŮZNÉM STAVU A STUPNI DEGRADACE DŘEVOKAZNOU HOUBOU *SERPULA LACRYMANS* (WULFEN) J. SCHRÖT.

J. Holan, L. Merenda

Došlo: 2. června 2008

Abstract

HOLAN, J., MERENDA, L.: *Comparison of the properties of the Spruce wood Picea abies L. (Karst.) in various state and rate of degradation by wood-destroying fungus Serpula lacrymans Schröter.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 5, pp. 81–88

This article deals with the change of mechanical properties of the Spruce wood (*Picea abies* L. Karst.) which was exposed to the attack of the wood-destroying fungus *Serpula lacrymans* Schröter.

An activity of the wood-destroying fungus has negative effect on the wood and its properties. Growth of the wood-destroying fungus causes degradation of the chemical components of wood. Due to this the mechanical properties are changed and strength of the degraded wood is decreasing with extend of the activity time of the wood-destroying fungus. Together with this *Serpula lacrymans* Schröter causes the weight-shortage.

For tests in this article have been chosen the times of one, two and three months of the wood-destroying fungus attack. And then have been established weight-shortage and determined the strength of the degraded wood with *Serpula lacrymans* Schröter.

strength of the wood, weight-shortage, wood-destroying fungus, degradation of the wood, *Serpula lacrymans* Schröter, *Picea abies* L. (Karst)

Degradace dřeva dřevokaznými houbami patří mezi nežádoucí procesy, jimiž dřevo ztrácí své původní vlastnosti (fyzikální a mechanické). Mezinárodní norma ČSN EN 113 popisuje přirozenou odolnost dřeva vůči tomuto působení a popisuje zkušební metody pro zjišťování přirozené ochranné účinnosti dřeva proti dřevokazným houbám Basidiomycetes. Tyto metody jsou založeny na měření hmotnostních úbytků čtyřměsíčního působení vybrané dřevokazné houby. To se považuje za dostatečný faktor pro měření odolnosti dřeva vůči působení dřevokazných hub. Je však zřejmé, že závislost změny mechanických vlastností dřeva na hmotnostních úbytcích není přímo úměrná a současně je odlišná u hub způsobujících hnědé a bílé tlení dřeva. Proto jsme se v práci zaměřili na experimentální stanovení závislosti mechanických vlastností na velikosti hmotnostních úbytků a stanovení změny pevnosti smrkového dřeva napadeného dřevokaznou

houbou (*Serpula lacrymans* Schröter). Zmiňované velikosti byly zjišťovány po jednom, dvou a třech měsících působení dřevokazných hub.

Stanovení meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken je jedna z destruktivních metod zjištění mechanických vlastností degradovaného dřeva. Zjišťování tlakové meze pevnosti dřeva ve směru vláken se provádí podle normy ČSN 49 0110. Při této zkoušce pevnost dřeva nejvíce ovlivňují faktory, jakými jsou hustota a vlhkost dřeva. S rostoucí vlhkostí až do meze hygroskopicity se pevnost dřeva v tlaku ve směru vláken snižuje (Matovič, 1993). U dřeva suchého (vlhkost 0 %) s vysokou hustotou vzniká zatížením porušení dřeva ve formě smyku jedné části tělesa vzhledem ke druhé části zatěžovaného tělesa. U dřeva, jehož vlhkost je vyšší než 30 %, resp. u dřeva s malou hustotou a tedy i nízkou pevností probíhá porušení tělesa odlišně. Nejprve dojde k otlacení vláken na čelních plochách a následně k vybočení

stěn zatěžovaných těles (Šlezingerová a kol., 1998). Zjišťování pevnosti dřeva s různou vlhkostí poskytně informace o změně mechanických vlastností v závislosti na obsahu vody ve dřevě.

MATERIÁL A METODIKA

Pro posouzení degradace dřeva v závislosti na čase bylo vybráno smrkové dřevo (*Picea abies* L. Karst) s rovnoběžným průběhem vláken. Přípustný úhel odklonu vláken od podélné osy vzorků byl volen do 10°. Procentické zastoupení jarního a letního dřeva v jednotlivých letokruzích bylo přibližně shodné.

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. Pro tyto zkoušky byly stanoveny rozměry zkušebních těles $2 \times 2 \times 4$ cm.

U jednotlivých vzorků byly nejprve změřeny základní parametry potřebné pro výpočet hustoty dřeva v suchém stavu (hmotnost vzorků v absolutně suchém stavu, rozměr v radiálním, tangenciálním a podélném směru). Absolutně suchého stavu se dosáhlo vysušením vzorků v komorové teplovzdušné sušárně při teplotě 103 ± 2 °C po dobu 8 hodin. Následně byla vypočítána hustota vzorků v absolutně suchém stavu. V dalším kroku jsou vzorky roztrženy do osmi skupin podle hustoty. V každé skupině se nacházelo 50 vzorků. Průměrná hustota všech vzorků byla $404 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Proces degradace dřeva byl prováděn dle modifikované ČSN EN 113. Pro zvolený druh dřeva byla vybrána dřevokazná houba *Serpula lacrymans* Schröter, která způsobuje hnědé tlení dřeva. Doba působení dřevokazné houby byla jeden, dva a tři měsíce, kontrolní skupina vzorků nebyla vystavena působení dřevokazné houby a sloužila jako referenční skupina. Tímto vznikly čtyři skupiny vzorků dřeva pro mechanické zkoušení v absolutně suchém stavu a čtyři skupiny vzorků pro stejné namáhání při vlhkosti vyšší než 30 %.

Nejprve se na dně kultivačních nádob (plastové boxy) vytvořila 3–4 mm silná vrstva živné půdy. Živnou půdu tvořil Malt extrakt agar base M137 ve složení, které předepisuje norma ČSN EN 113. Připravené kultivační nádoby byly sterilizovány v autoklávu při teplotě 120 °C nasycenou vodní párou po dobu 20 minut. Po sterilizaci a vychlazení kultivačních nádob na teplotu 21 °C byla živná půda naočkována kulturou dřevomorky domácí. Po čtyřech týdnech uložení kultivačních nádob v inkubátoru s laminárním prouděním vzduchu a sterilními podmínkami byla houbová kultura dostatečně rozrostlá. Takto připravená houbová kultura byla rozdělena do kultivačních nádob s živnou půdou, které byly umístěny do inkubátoru po dobu 14 dní při 21 °C tak, aby houbová kultura pokryla celý povrch živné půdy. U plastových kultivačních nádob bylo vyměněno gumové těsnění uzávěru za lékařskou gázu.

Gáza byla zvolena z důvodu zabezpečení cirkulace vzduchu uvnitř nádoby (Holan, Merenda; 2007).

Zkušební tělesa byla sterilizována po dobu 30 minut při teplotě 100 °C zabalené do alobalové fólie. Sterilní vzorky byly vybaleny z fólie a vloženy do kultivačních nádob. Aby se zabránilo přímému kontaktu zkušebních těles s myceliem dřevokazné houby, byla tělesa uložena na sterilní skleněné podložky. Jednotlivé vzorky byly uloženy tak, aby se nedotýkaly stěn kultivační nádoby ani navzájem mezi sebou. Takto naplněné kultivační nádoby byly uloženy v inkubátoru po dobu jeden, dva a tři měsíce při teplotě 21 °C.

U vzorků vystavených působení dřevokazné houby odpovídal průběh zkoušky požadavkům uvedených v normě. Jako referenční vzorky umístěné v kultivačních nádobách byly použity vzorky o rozměrech $1,5 \times 2,5 \times 5$ cm vyrobené z bělové části dřeva borovice (*Pinus sylvestris* L. Karst). Bělová část dřeva borovice lesní byla vybrána pro její vysokou nutriční hodnotu. Do každé kultivační nádoby byl umístěn jeden vzorek této dřeviny.

Pro stanovení mechanických vlastností dřeva byly použity postupy odpovídající požadavkům norem ČSN 49 0110, ČSN 49 0111. Zjišťování modulu pružnosti a meze pevnosti bylo prováděno na univerzálním testovacím stroji ZWICK/Z050/TH 3A.

VÝSLEDKY

Hodnoty mezi pevnosti, modulů pružnosti a úbytku hmotnosti pro skupiny vzorků v suchém i mokřém stavu byly statisticky vyhodnoceny. Popisná statistika uvedená v Tab. I poskytuje základní představu o mezi pevnosti výběrového souboru dat v tlaku podél vláken při vlhkosti dřeva 0 %. Medián i střední hodnota mají klesající tendenci s rostoucí dobou působení dřevokazné houby *Serpula lacrymans* Schröter. Tento trend je znázorněn na Obr. 1. Pro referenční skupinu vzorků, která nebyla vystavena působení dřevokazných hub, je hodnota mediánu meze pevnosti 70,8 MPa. Po jednom měsíci působení dřevokazných hub je hodnota mediánu meze pevnosti 46,1 MPa. Mez pevnosti klesla o 39,1 % vzhledem ke skupině referenčních vzorků. Po dvouměsíčním působení hodnota mediánu meze pevnosti klesne na 23,7 MPa (o 66,5 %) a po třech měsících je 12,3 MPa neboli pokles o 82,6 %.

U vzorků, jejichž vlhkost přesahovala 30 %, jsou hodnoty mediánů mezi pevností v tlaku ve směru podél vláken podstatně nižší, jak konkrétně uvádí Tab II a je znázorněno na Obr. 2: 16,8 MPa pro referenční skupinu vzorků, 11,5 MPa pro skupinu vzorků s dobou působení dřevokazné houby jeden měsíc. Mez pevnosti klesla o 31,6 % na 8,8 MPa pro skupinu vzorků po dvouměsíčním působení dřevokazných hub. Zde mez pevnosti klesla o 47,6 % na 4,4 MPa pro skupinu vzorků, které byly vystaveny působení dřevokazných hub nejdéle (tři měsíce). Pokles meze pevnosti po třech měsících působení dřevokazné houby vzhledem k mezi pevnosti referenční skupiny vzorků je 73,1 %.

I: Popisná statistika meze pevnosti výběrových souborů SM dřeva při vlhkosti 0 %

Mez pevnosti	Počet vzorků	Střední hodnota [MPa]	Medián [MPa]	Min. [MPa]	Max. [MPa]	25 % Kvantil [MPa]	75 % Kvantil [MPa]	Směr. odchylka [MPa]	Variační koeficient
1. Referenční skupina	50	70,8	70,8	44,2	84,8	65,9	77,7	8,4	0,12
2. skupina, doba působení 1 měsíc	50	43,9	46,1	7,7	67,9	33,5	51,5	12,6	0,29
3. skupina, doba působení 2 měsíce	50	23,7	23,7	7,9	37,8	17,5	30,3	7,6	0,32
4. skupina, doba působení 3 měsíce	50	14,4	12,3	3,5	32,9	9,6	17,9	6,7	0,46

II: Popisná statistika meze pevnosti výběrových souborů SM dřeva při vlhkosti nad 30 %

Mez pevnosti	Počet vzorků	Střední hodnota [MPa]	Medián [MPa]	Min. [MPa]	Max. [MPa]	25 % Kvantil [MPa]	75 % Kvantil [MPa]	Směr. odchylka [MPa]	Variační koeficient
1. Referenční skupina	50	16,3	16,8	11,6	21,7	15,2	17,6	2,3	0,14
2. skupina, doba působení 1 měsíc	50	11,3	11,5	7,4	14,6	10,0	12,7	1,8	0,16
3. skupina, doba působení 2 měsíce	50	9,3	8,8	4,9	16,3	7,1	11,2	2,7	0,30
4. skupina, doba působení 3 měsíce	50	4,6	4,4	2,1	9,8	3,3	5,7	1,7	0,36

Dřevokazná houba *Serpula lacrymans* Schröter degraduje dřevo, zejména jeho polysacharidické složky, jakými jsou celulóza a hemicelulózy. Tím dochází k úbytku hmotnosti. V porovnání s hmotností referenční skupiny vzorků (vlhkosti 0 %) roste úbytek hmotnosti úměrně s dobou působení dřevokazné houby (Obr. 3). Konkrétně hmotnost skupiny vzorků s dobou působení dřevokazné houby jeden měsíc klesla z 6 g (medián) na 5,8 g, což je pokles o 4,6 %. U vzorků, které byly vystaveny degradačním procesům dřevokazné houby po dobu dvou měsíců, je tento pokles 10 %. U tříměsíčního působení dřevokazné houby byl tento pokles 16,3 % (Tab. III). Pokles hmotnosti u mokřých vzorků s vlhkostí nad 30 % je znázorněn na Obr. 4. Po jednom měsíci působení dřevokazné houby klesla hmotnost o 5,6 %, po dvou měsících o 12,1 %, po třech měsících byl tento pokles 19,7 % (Tab. IV).

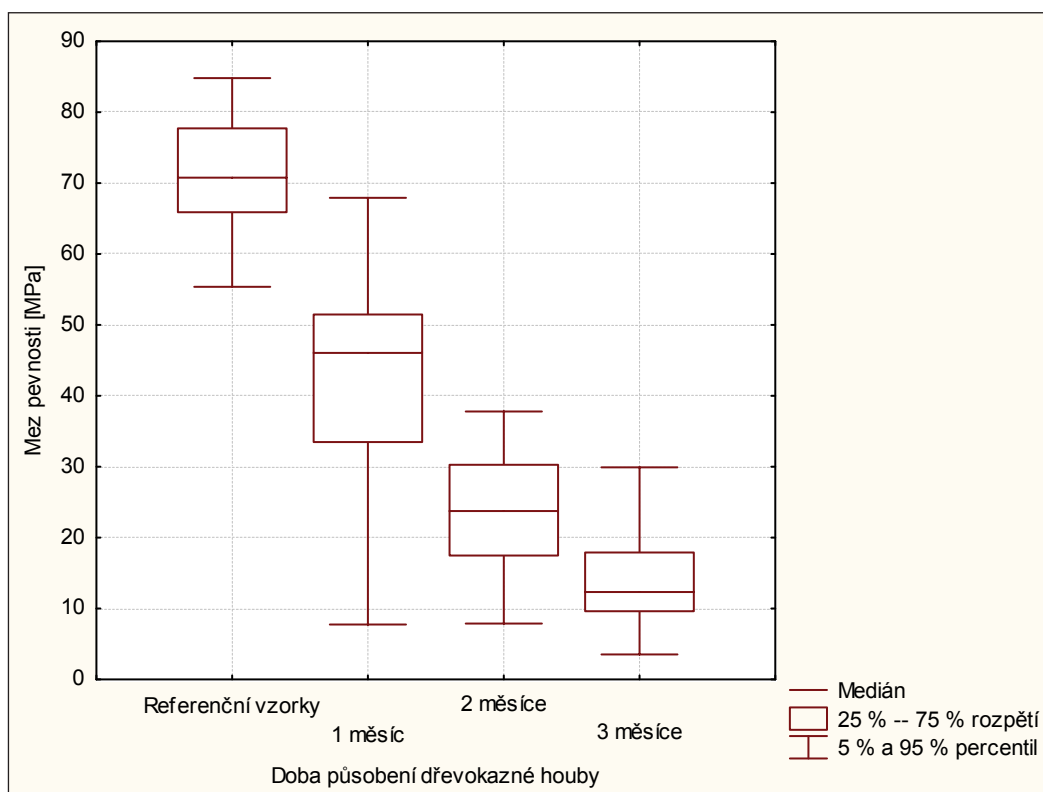
Na Obr. 5 jsou znázorněny pracovní diagramy zobrazující vztah mezi napětím a poměrným zkrácením tělesa při namáhání v tlaku ve směru podél vláken. U vzorků s vlhkostí 0 % i u vzorků s vlhkostí nad 30 % je pozorovatelný pokles meze pevnosti s rostoucí dobou působení dřevokazné houby *Serpula lacrymans* Schröter. Taktéž lze pozorovat rozdílný průběh křivek u suchých a mokřých vzorků.

DISKUSE

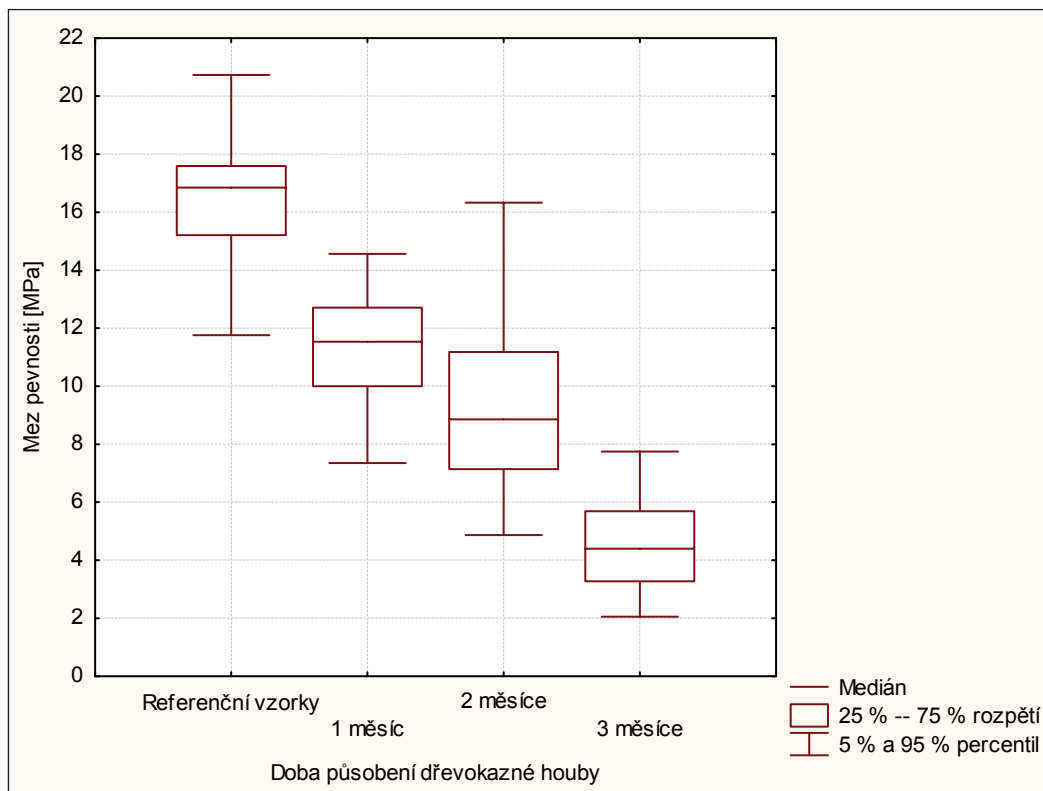
Dřevo smrku ztepilého – *Picea abies* L. (Karst.) a jeho odolnost proti dřevokazným houbám, kon-

krétně proti dřevomorce domácí (*Serpula lacrymans* Schröter), je dle normy ČSN EN 350-2 klasifikováno jako slabě trvanlivé. Dřevomorka domácí napadá zejména polysacharidy a tím degraduje dřevní hmotu. Lignin, jako další hlavní chemickou složku dřeva, nenapadá. Dřevomorka domácí nepotřebuje pro svůj růst velké množství vody, proto je schopná přežít i v "suchém" dřevě. Pro vyklíčení sporů a iniciaci růstu potřebuje vlhkost mezi 40 až 60 % (Unger et al., 2001). Tuto vodu si dokáže přeměnit z degradovaných chemických složek dřeva. Celulóza a hemicelulózy, které houba rozrušuje, určují mechanické vlastnosti dřeva. Poklesem obsahu těchto chemických látek klesá i pevnost dřeva. S rostoucí dobou působení dřevomorky domácí klesá mez pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken. 72,6 MPa je průměrná hodnota meze pevnosti dřeva smrku ztepilého při vlhkosti 0 % v tlaku podél vláken, jak uvádějí Požgaj a kol. (1993). Hodnota odpovídá mezi pevnosti v tlaku u námi zkoumané referenční skupiny (70,8 MPa). Taktéž se shodují hodnoty meze pevnosti u referenční skupiny vzorků smrkového dřeva, jejichž vlhkost přesahovala 30 %. Námi naměřená hodnota je 16,8 MPa. Požgaj a kol. (1993) uvádějí hodnotu 18,3 MPa.

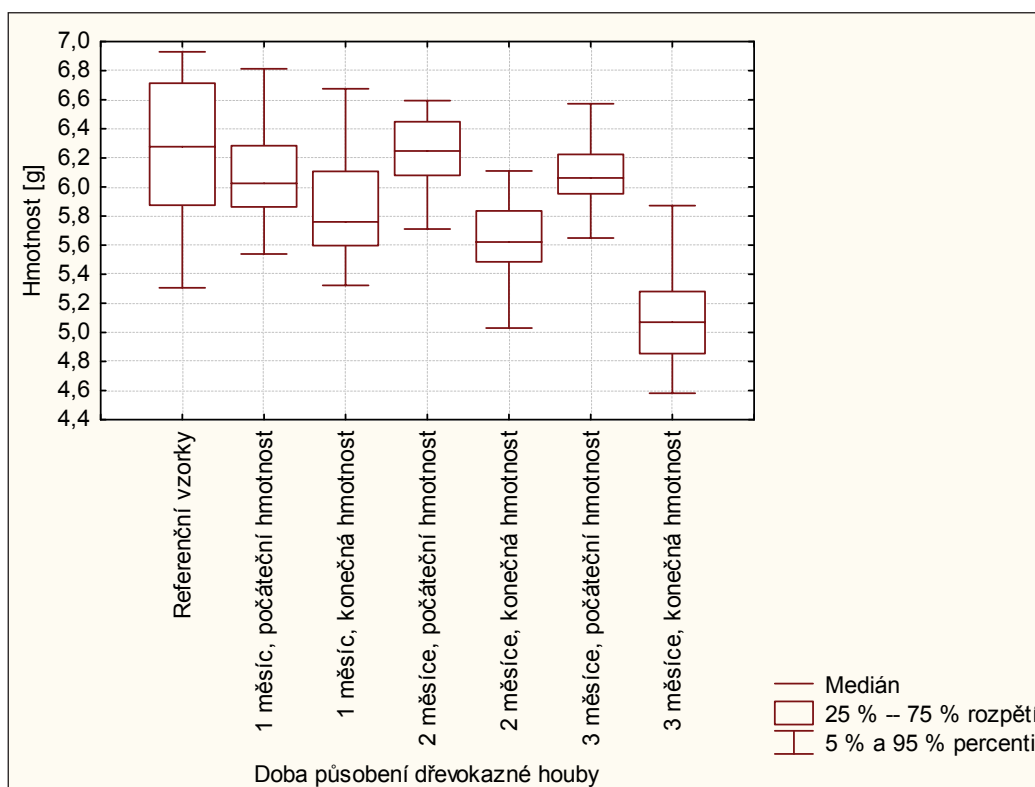
Hustota celulózy je největší ze všech chemických složek dřeva (1590 kg.m⁻³; Horáček, 1998). Degradací celulózy dochází k poklesu hmotnosti napadeného dřeva. Pokles hmotnosti roste s dobou působení dřevokazné houby. Po tříměsíčním působení dřevomorky domácí je u suchého dřeva (vlhkost



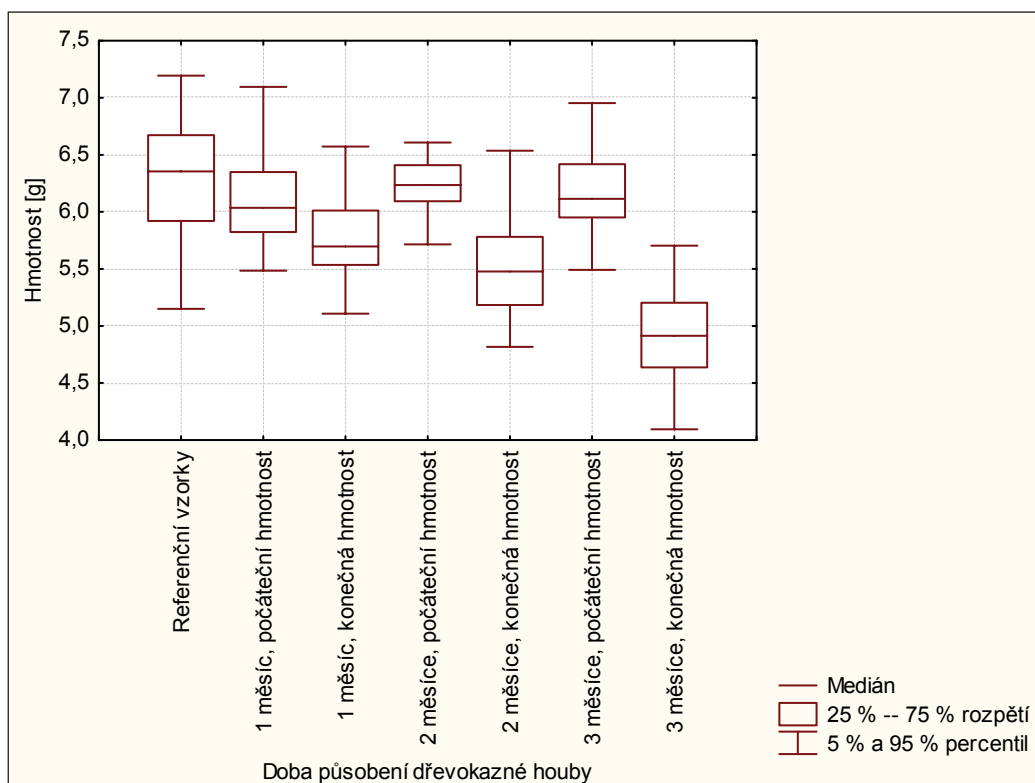
1: Pokles meze pevnosti u SM dřeva s vlhkostí 0 % během tří měsíců



2: Pokles meze pevnosti u SM dřeva s vlhkostí nad 30 % během tří měsíců



3: Porovnání hmotnosti vzorků SM dřeva při vlhkosti 0 % před a po jednom, dvou a třech měsících působení dřevokazné houby



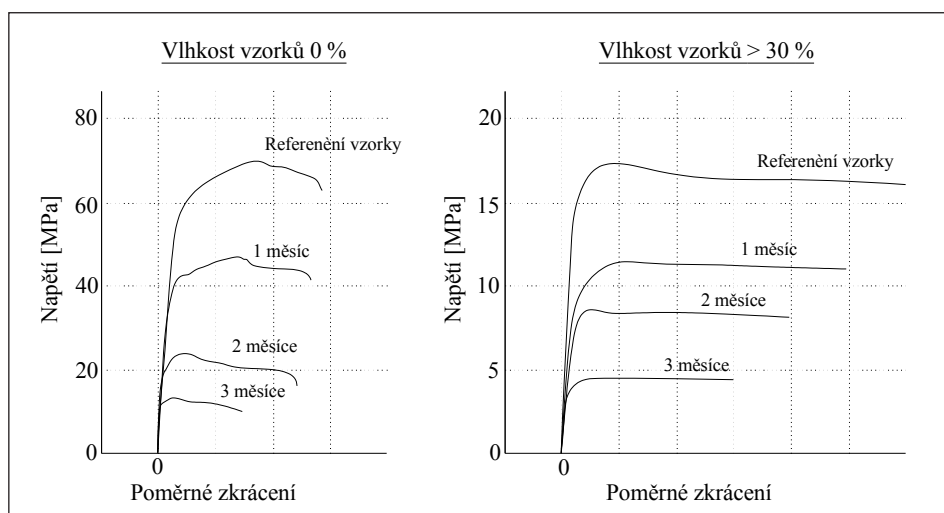
4: Porovnání hmotnosti vzorků SM dřeva při vlhkosti nad 30 % před a po jednom, dvou a třech měsících působení dřevokazné houby

III: Počáteční a konečná hmotnost a hustota včetně procentického úbytku hmotnosti SM dřeva (vlhkost dřeva 0 %) během jednoho, dvou a tří měsíců působení dřevokazné houby

Hmotnost a hustota	Počáteční hmotnost [g]	Konečná hmotnost [g]	Procentický úbytek hmotnosti [%]	Počáteční hustota [g]	Konečná hustota [g]	Procentický úbytek hustoty [%]
1. Referenční skupina	6,3	-	-	412,5	-	-
2. skupina, doba působení 1 měsíc	6,0	5,8	4,6	399,4	381,2	4,6
3. skupina, doba působení 2 měsíce	6,2	5,6	10	408,9	373,0	8,8
4. skupina, doba působení 3 měsíce	6,1	5,1	16,3	397,9	347,0	12,8

IV: Úbytek hmotnosti SM dřeva (vlhkost dřeva nad 30 %) během jednoho, dvou a tří měsíců působení dřevokazné houby

Hmotnost	Počáteční hmotnost [g]	Konečná hmotnost [g]	Procentický úbytek hmotnosti [%]
1. Referenční skupina	6,4	-	-
2. skupina, doba působení 1 měsíc	6,0	5,7	5,6
3. skupina, doba působení 2 měsíce	6,2	5,5	12,1
4. skupina, doba působení 3 měsíce	6,1	4,9	19,7



5: Pracovní diagramy namáhání SM dřeva při vlhkosti 0 % a nad 30 % v tlaku ve směru podél vláken po jednom, dvou a třech měsících působení dřevokazné houby *Serpula lacrymans* Schröter

0 %) tento pokles 16,3 % oproti původní hmotnosti vzorků. U dřeva, jehož vlhkost přesahovala 30 %, je po třech měsících úbytek hmotnosti 19,7 %. Rozdíl mezi hodnotami úbytku hmotnosti zjišťovaných při vlhkosti 0 % a vlhkosti větší než 30 %, je max. 4 % (u vzorků vystavených působení dřevokazné houby 3 měsíce).

Pokles hmotnosti vzorků doprovází zmenšení objemu, avšak toto zmenšení je mnohem menší než úbytek hmotnosti. Proto klesá hustota napa-

deného dřeva (vzorky měřené při vlhkosti 0 %). Po třech měsících, kdy dřevomorka domácí degraduje dřevní hmotu, je pokles hustoty u dřeva v suchém stavu 12,8 %. U dřeva s vlhkostí nad 30 % je stanovení změny hustoty obtížné vzhledem k rozdílným obsahům vody ve dřevě u jednotlivých zkušebních vzorků, avšak předpokládáme podobný průběh poklesu hustoty dřeva s rostoucí dobou degradace dřevní hmoty.

SOUHRN

Dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans* Schröter) svou činností způsobuje degradaci polysacharidických složek dřeva smrku ztepilého – *Picea abies* L. (Karst.). Polysacharidické složky dřeva určují jeho mechanické vlastnosti a jejich úbytkem klesá mez pevnosti dřeva. Pokles meze pevnosti v tlaku ve směru vláken roste s dobou degradace. U smrkového dřeva, které není napadeno dřevokaznou houbou, je mez pevnosti 70,8 MPa. Po jednom měsíci působení dřevomorky domácí pevnost klesla na hodnotu 46,1 MPa (pokles o 39,1 %), po dvou měsících působení je pevnost 23,7 MPa (pokles o 66,5 %) a po třech měsících 12,3 MPa (pokles o 82,6 %). Tyto hodnoty jsou uvedeny pro dřevo smrku ztepilého s vlhkostí 0 %. Při vlhkosti vzorků, která přesahovala 30 %, jsou hodnoty meze pevnosti nižší, a to 16,8 % pro dřevo nedegradované dřevomorkou domácí, po jednom měsíci působení této dřevokazné houby je pevnost dřeva 11,5 MPa (pokles o 31,6 %), po dvou měsících působení 8,8 MPa (pokles o 47,6 %) a po třech měsících 4,4 MPa (pokles o 73,1 %).

Dřevomorka domácí také způsobuje pokles hmotnosti smrkového dřeva. Pokles hmotnosti roste s dobou působení dřevokazné houby. U vzorků, jejichž hmotnost se zjišťovala při vlhkosti dřeva 0 %, je po jednom měsíci působení procentický úbytek hmotnosti 4,6 %, po dvou měsících působení 10 % a po třech měsících 16,3 %. U dřeva s vlhkostí nad 30 % je pokles hmotnosti vyšší než u dřeva suchého. Konkrétně po jednom měsíci působení je pokles hmotnosti 5,6 %, po dvou měsících 12,1 % a po třech měsících 19,7 %.

Závěrem lze říci, že s rostoucí dobou působení dřevokazné houby dřevomorky domácí roste pokles meze pevnosti v tlaku ve směru vláken u smrku ztepilého, zároveň roste úbytek hmotnosti dřeva. Pokles meze pevnosti je výraznější, pokud se mechanické vlastnosti zkouší při vlhkosti dřeva 0 % oproti mechanickému namáhání dřeva při vlhkosti vyšší než 30 %.

Rozdíl mezi hmotnostními úbytky měřenými v absolutně suchém stavu a při vlhkosti nad 30 % je max. 4 %. Rozdíl hmotnostních úbytků považujeme za nevýznamný.

pevnost dřeva, hmotnostní úbytek, dřevokazné houby, degradace dřeva, *Serpula lacrymans* Schröter, *Picea abies* L. (Karst)

Práce byla podporována ze zdrojů výzkumného záměru MSM 6215648902.

SUMMARY

Wood-destroying fungus *Serpula lacrymans* Schröter causes a degradation of the wood polysaccharid component by its activity within the Spruce wood – *Picea abies* L. (Karst.). Polysaccharids determine mechanical properties of wood and with their decrease the strength of the wood is reduced. The longer time of degradation the lower strength of the Spruce wood. The unchanged Spruce wood has strength 70,8 MPa. The strength of the wood decreased by 39,1 % to 46,1 MPa after one month of wood-destroying fungus activity, after two months the strength of wood is a drop by 66,5 % to 23,7 % and after three months is drop by 82,6 % to 12,4 %. These figures show changes of the strength of the wood in dry state (0 % moisture content). For moisture wood (moisture content is above 30 %) the strengths are lower, namely 16,8 % for unchanged Spruce wood, after one month of wood-destroying fungus activity the strength of the wood decreased by 31,3 % to 11,5 MPa, after two months the strength decreased by 47,6 % to 8,8 % and after three months the strength is 4,4 MPa (drop by 73,1 %). Strength reduction is more significant for dry wood (moisture content 0 %) than for moist wood (moisture content over the saturation point).

Serpula lacrymans Schröter causes a weight-shortage too. The weight-shortage is rising with the time of wood-destroying fungus activity. In the dry state (0 % moisture content) of the Spruce wood the weight-shortage is 4,6 % after one month of wood-destroying fungus activity, 10 % after two months and 16,3 % after three months. The weight-shortage of the moist wood (moisture content is above

30 %) is higher than weight shortage of dry wood. After one month the weight-shortage is 4,6 %, after two months 12,1 % and after three months 19,7 % respectively.

It can be said the longer time of wood-destroying fungus activity *Serpula lacrymans* Schröter the lower strength of the Spruce wood – *Picea abies* L. (Karst.) in the grains direction. Lower is also the weight of the Spruce wood.

LITERATURA

- HOLAN, J., MERENDA, L., 2007: Porovnání mechanických vlastností dřeva v suchém a mokřém stavu degradovaného dřevokaznými houbami. *Mezinárodní konference Dřevohodnocující huby 2007*, Brno: MZLU Brno, 93–99. ISBN 978-80-7375-105-0
- HORÁČEK, P., 1998: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. Brno: MZLU Brno, 124 s. ISBN 80-7157-347-7
- MATOVÍČ, A., 1993: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva. Brno, MZLU Brno, 212 s. ISBN 80-7157-086-9
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M., 1993: Štruktúra a vlastnosti dřeva. Bratislava: Príroda a.s., 488 s. ISBN 80-0700600-1
- SIAU, J. F., 1995: Wood: Influence of moisture content on physical properties. New York: Virginia Polytechnic Institute and State University, 230 s.
- ŠLEZINGEROVÁ, J., HORÁČEK, P., GANDELOVÁ, L., 1998: Nauka o dřevě. Brno: MZLU Brno, 184 s. ISBN 80-7157-194-6
- TSUOMIS, G., 1991: Science and technology of wood; Structure, properties, utilization. New York: Chapman and Hall, 494 s. ISBN 0-412-07851-1
- UNGER, A., SCHNIEWIND, P. A., UNGER, W., 2001: Conservation of wood artifacts. Berlin: Springer-Verlag, 578 s. ISBN 3-540-41580-7
- 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. Přirozená trvanlivost rostlého dřeva. Část 2: Přirozená 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. Holan Jiří, Ph.D., Ing. Merenda Lukáš, Ústav nauky o dřevě, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: holan@mendelu.cz; lmerenda@centrum.cz