



Záverečná správa projektu IPA

Doba riešenia	jún 2014 – január 2015
Registračné číslo projektu	IPA 11/2014
Dátum prijatia správy na VVČ (vyplní IPA)	

Názov projektu	Biologická modifikácia rezonančného smrekového dreva
-----------------------	---

Vedúci projektu

Priezvisko, meno, tituly: Spišiak Dominik, Ing.	Potvrdzujem správnosť údajov v správe
Telefónne číslo a e-mail: 0949 471 082 spisiakd@gmail.com Dátum a podpis vedúceho projektu:

Spoluriešitelia

Halachan Pavol, Ing.



Výsledky riešenia projektu

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

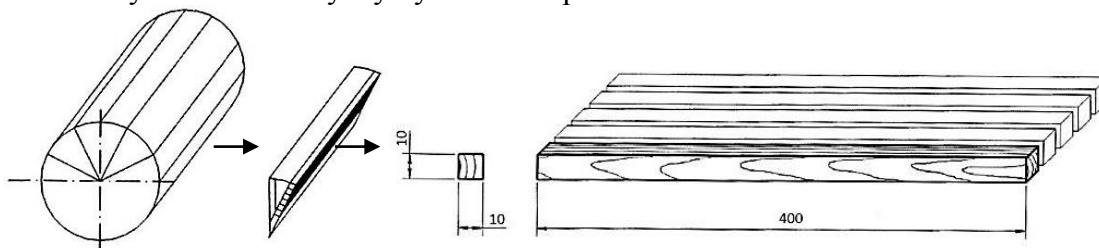


1 Spôsob prípravy materiálu

Metodika biologickej úpravy bola navrhnutá tak, aby bolo možné porovnať výsledky s experimentami realizovanými v zahraničí.

Z pridelených finančných prostriedkov sa zakúpili klíny smreka obyčajného z oblasti Nízkych Tatier, ktoré vykazovali znaky rezonančného dreva (podiel jarného a letného dreva, pravidelnosť ročných prírastkov, absencia rastových chýb) (bližšia špecifikácia dreva je uvedená v norme STN 48 0059). Klíny boli pripravené z výrezov zo zimnej ťažby a teda boli vhodné na prípravu rezonančných klinov. Niektoré smrekové klíny však vykazovali hnilobu spôsobenú drevokaznou skladovou hubou rodu *Gloeophyllum* v oblasti zrelého dreva. Tento fakt zapríčinil, že bolo vhodné vyhodnotiť vplyv tejto huby na akustickú kvalitu dreva.

Z týchto klinov sa následne pripravili skúšobné telesá v tvare tyče o priečných rozmeroch 10 x 10 mm a dĺžky 400 mm podľa Obr. 1. Všetky skúšobné telesá boli pripravené tak, aby bola zabezpečená radiálnosť skúšobných telies bez výchyľky vlákien z pozdĺžneho smeru.



Obr. 1

Pripravené skúšobné telesá boli pred meraním vytriedené podľa kvalitatívnych znakov. Meraný súbor skúšobných telies predstavoval 35 kusov z beľovej časti a 35 kusov zo zrelo-drevnej časti, ktorá vykazovala znaky rezonančného dreva s napadnutím drevokaznou hubou. Skúšobné telesá sa merali s vysokou vlhkosťou (zrelé, atakované drevo $w_{rov} = 25\%$, beľ, natívna $w_{rov} = 39\%$, zisťované podľa STN 49 0103) a po klimatizovaní na rovnovážnu vlhkosť dreva $w_{rov} = 8\%$. Podobne napadnutý vzduchosuchý materiál sa zachoval z grantového projektu IPA 7/2014, kde niektoré vyradené skúšobné telesá hrušky obyčajnej vykazovali atak drevokaznej huby *Trametes versicolor*. Z tohto dôvodu bolo vhodné tieto telesá klimatizovať na 8 % vlhkosť dreva a porovnať ju s výsledkami merania smrekového dreva.

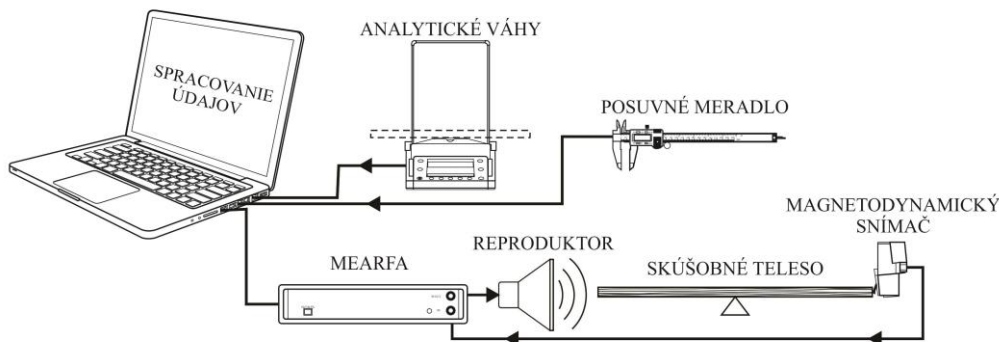
2 Metodika experimentu

2.1 Meranie rezonančnou dynamickou metódou

Rezonančná dynamická metóda (experimentálne nazývaná MEARFA) je založená na vybudení vlastnej rezonancie meraného skúšobného telesa v tvare pravouhlej tenkej tyče. Na základe hodnoty vlastnej frekvencie a hustoty sa vypočítajú fyzikálne – akustické charakteristiky (dynamický modul pružnosti v pozdĺžnom smere, akustická konštanta, logaritmický dekrement útlmu a rýchlosť šírenia zvuku v dreve). Schéma merania je znázornená na Obr. 2.



Výsledky riešenia projektu



Obr. 2

Výhodou metódy je nedeštruktívne meranie s možnosťou merania dreva s rôznou vlhkosťou s možnosťou opakovateľnosti. Pre použitie rezonančnej dynamickej metódy je charakteristické vytváranie pozdĺžneho stojateho vlnenia.

2.2 Fyzikálne – akustické charakteristiky

2.2.1 Vlastná frekvencia

Frekvencia závisí najmä od chemického zloženia materiálu. V prípade dreva je významný vplyv lignínu – amorfného polyméru (viac pri smrekovom dreve, ako pri javorovom) na vlastnú frekvenciu (ak podiel lignínu stúpa, potom hodnota vlastnej frekvencie je vyššia) (SPYCHER A KOL., 2008).

2.2.2 Dynamický modul pružnosti

Modul pružnosti patrí k základným charakteristikám dreva. Vyjadruje vnútorný odpor dreva voči pružnej deformácii. Dynamický modul pružnosti je možné vypočítať zo vzťahu (RAJČAN A KOL., 1999):

$$E_L = 4 \cdot l^2 \cdot f_r^2 \cdot \rho \quad \text{Pa}$$

2.2.3 Akustická konštanta

Charakterizuje aká časť akustickej energie sa vyžaruje z dreva do priestoru a vyjadruje sa vzťahom (DANIHELOVÁ, 1998):

$$A = \sqrt{\frac{E_L}{\rho^3}} = \frac{c}{\rho} \quad \text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

2.2.4 Logaritmickej dekrement útlmu

Je bezrozmerná veličina, podľa ktorej sa dá posúdiť kvalita rezonančného dreva. Vyjadruje pomer amplitúd kmitania materiálu dvoch za sebou idúcich vln pri vybudení impulzom. Logaritmickej dekrement útlmu ϑ je daný vzťahom (RAJČAN A KOL., 1999):

$$\vartheta = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_2 - f_1}{f_r}$$

2.2.5 Rýchlosť šírenia zvuku v dreve

Rýchlosť zvuku je možné vypočítať podľa (RAJČAN, DANIHELOVÁ, 1998, DANIHELOVÁ, 1998):

$$c = \sqrt{\frac{E_L}{\rho}} \quad \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$



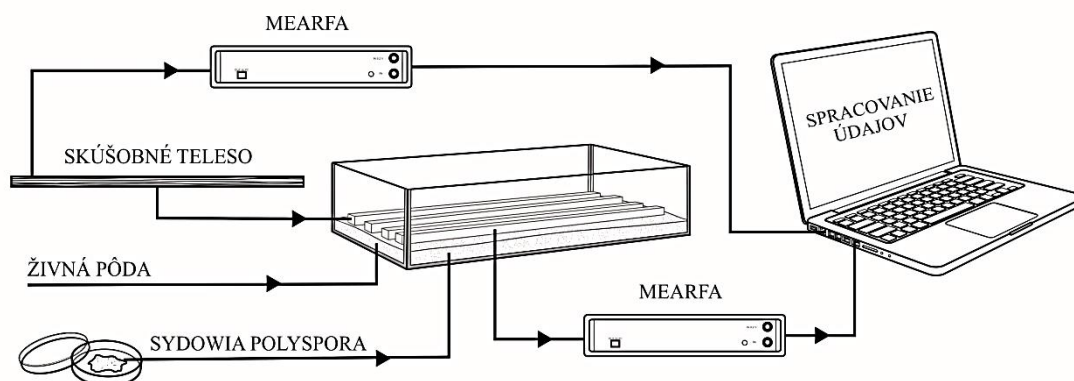
Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

3 Priebeh riešenia projektu

Z dôvodu absencie požadovaných drevosfarbujúcich húb (ktoré sfarbiajú drevo do požadovaných odtieňov hnedej, červenej alebo žltej) definovaných v ciele práce sa pre potreby experimentu zvolila jediná dostupná drevosfarbujúca huba *Sydowia polyspora*, ktorá atakuje dostatočne vlhké ihličnaté drevo a zafarbuje ho do odtieňov šedo-zelenej až hnedo-zelenej.

Žiaľ, obstaranie referenčného organizmu z Nemeckej spolkovej republiky (doba zaobstarávania takmer 2 mesiace) sa realizoval v druhej polovici doby riešenia projektu a teda i s prihliadnutím na časovú náročnosť mykologických testov nebolo možné vyhodnotiť vplyv drevosfarbujúcej huby na fyzikálno – akustické charakteristiky dreva. Avšak z pridelených finančných prostriedkov sa obstarala živná pôda pre tento organizmus. Táto práca ponúka predbežné výsledky vplyvu drevokaznej huby a vlhkosti na rezonančné smrekové drevo, ktoré je porovnávané s hruškovým drevom, pričom pokračovaním tohto projektu bude posudzovanie vplyvu zaobstaranej drevosfarbujúcej huby pre ktorú sa navrhla metodika, čo je aj jedným z cieľov dizertačnej práce. Princíp experimentu s drevosfarbujúcou hubou je zobrazený na Obr. 3.

V experimente sa teda z vyššie uvedeného dôvodu posudzoval vplyv drevokazných húb na zmenu fyzikálno – akustických charakteristík rezonančného smrekového dreva a dreva hrušky obyčajnej.



Obr. 3

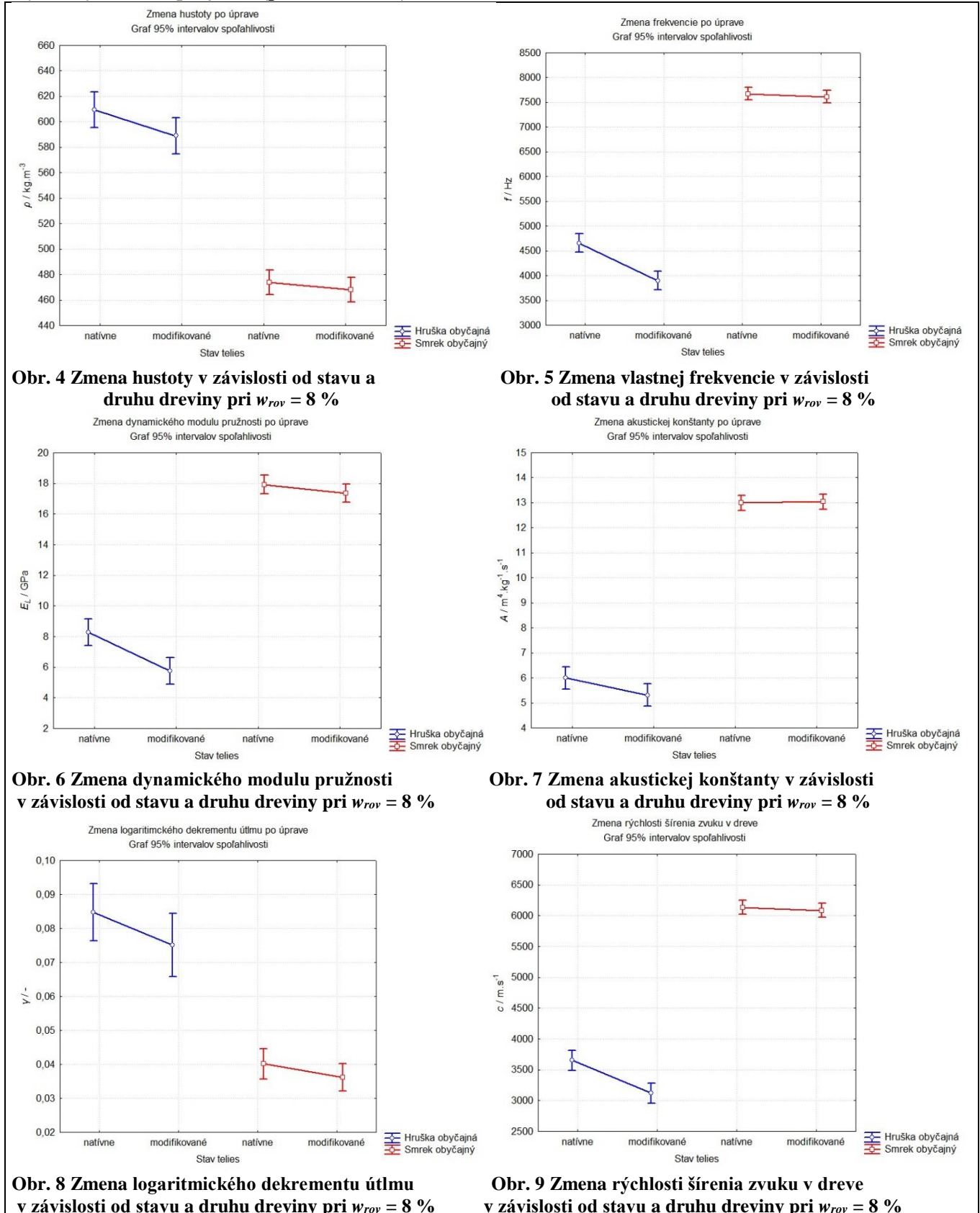
4 Dosiahnuté výsledky a porovnanie s cieľmi projektu

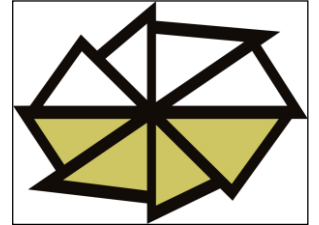
Prostredníctvom zvolenej metódy merania a metodiky experimentu sú predbežné výsledky experimentu zhrnuté do nasledujúcich grafov pre porovnanie vplyvu dreviny a vlhkosti na fyzikálno – akustické charakteristiky.

Matematicko – štatistické vyhodnotenie nameraných veličín bolo realizované pomocou modelu jedno a dvojfaktorovej metódy ANOVA a Duncanovými testami viacnásobného porovnávania významnosti rozptylov pre hladinu významnosti $\alpha=0,05$.

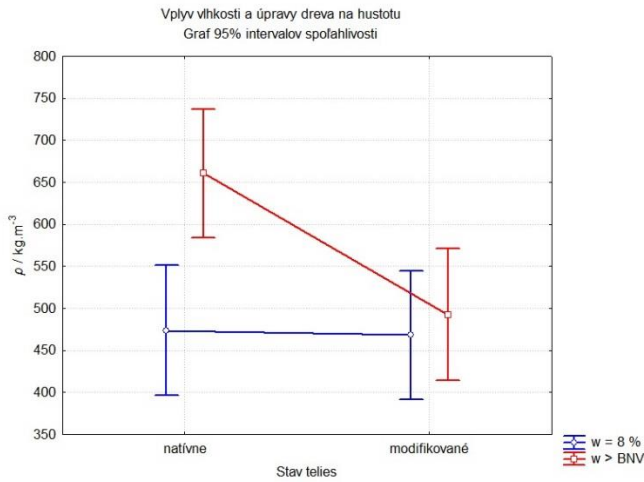


Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

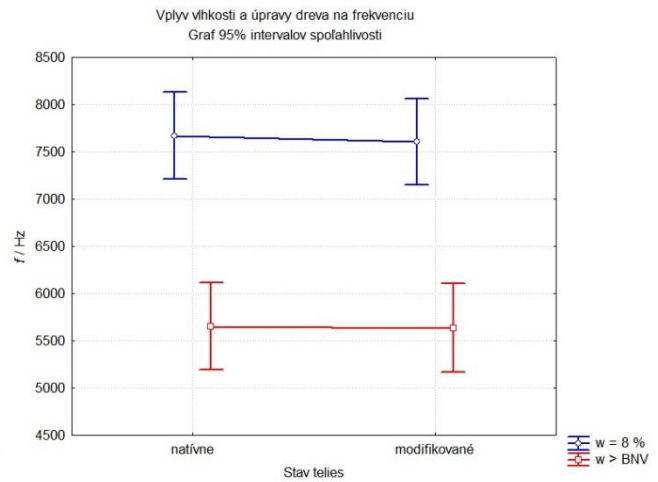




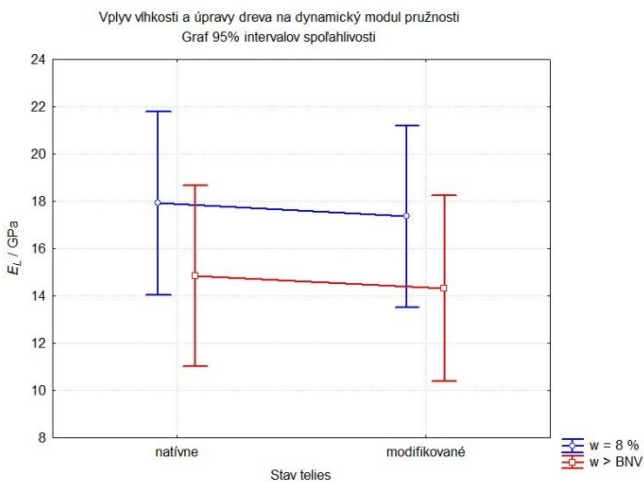
Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)



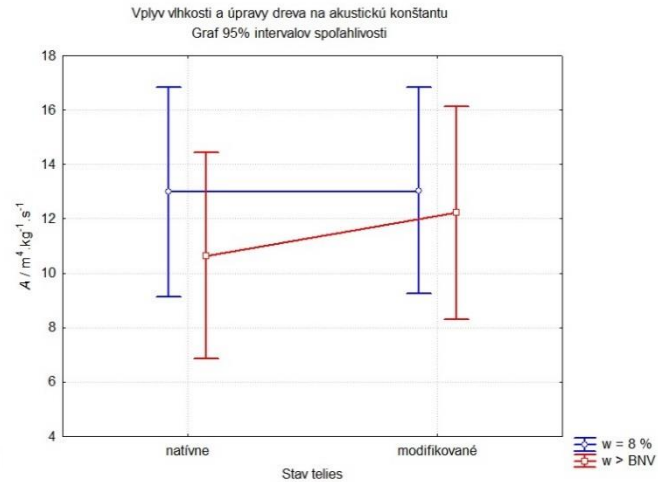
Obr. 10 Zmena hustoty v závislosti od stavu a vlhkosti smrekového dreva



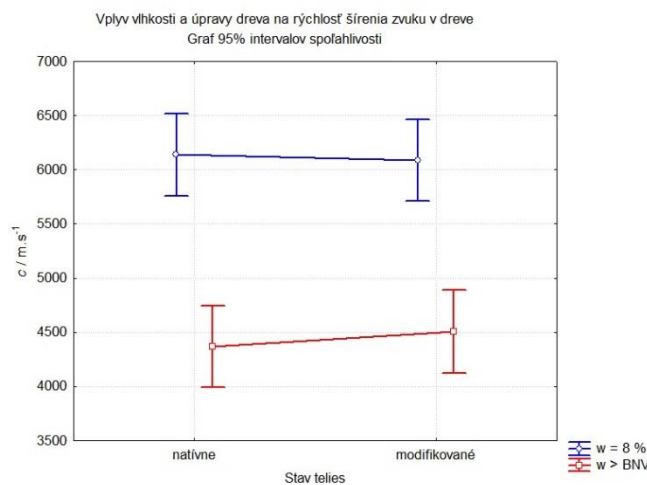
Obr. 11 Zmena vlastnej frekvencie v závislosti od stavu a vlhkosti smrekového dreva



Obr. 12 Zmena dynamického modulu pružnosti v závislosti od stavu a vlhkosti smrekového dreva



Obr. 13 Zmena akustickej konštanty v závislosti od stavu a vlhkosti smrekového dreva



Obr. 14 Zmena logaritmického dekrementu útlmu v závislosti od stavu a vlhkosti smrekového dreva



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

Tabuľka 1 Základná štatistická tabuľka

Drevo / úprava / vlhkosť	N	štatistika	ρ kg.m ⁻³	E GPa	A m ⁴ .kg ⁻¹ .s ⁻¹	\mathcal{D} -	c m.s ⁻¹	f Hz
Smrek obyčajný – natívne $w_{rov} = 8\%$	34	Priemer	473,31	17,93	12,99053	0,04013	6136,94	7671,18
		Sm. odch.	25,658	2,323	1,10838	0,00794	415,784	519,73
		Sm. chy.	4,337	0,398	0,190085	0,00173	71,3064	89,133
Smrek obyčajný – hniloba $w_{rov} = 8\%$	35	Priemer	468,04	17,35	13,03839	0,03621	6086,86	7608,57
		Sm. odch.	23,765	1,299	0,77156	0,01135	169,441	211,801
		Sm. chy.	4,0171	0,219	0,130417	0,00223	28,6407	35,801
Smrek obyčajný – natívne $w_{rov} > BNV$	35	Priemer	660,58	14,85	10,64403	-*	4368,89	5653,46
		Sm. odch.	448,658	15,77	16,02612	-*	1504,00	1785,38
		Sm. chy.	75,837	2,665	2,708910	-*	254,223	301,784
Smrek obyčajný – hniloba $w_{rov} > BNV$	33	Priemer	492,59	14,31	12,22557	-*	4508,71	5635,12
		Sm. odch.	25,111	16,51	16,19822	-*	1605,5	2009,04
		Sm. chy.	4,3713	2,874	2,819748	-*	279,481	349,729
Hruška obyčajná – natívne $w_{rov} = 8\%$	16	Priemer	609,46	8,276	5,995350	0,08469	3652,50	4655,25
		Sm. odch.	40,627	1,917	0,785223	0,00797	429,046	330,383
		Sm. chy.	10,1568	0,479	0,196306	0,00325	107,262	82,5958
Hruška obyčajná – hniloba $w_{rov} = 8\%$	16	Priemer	588,88	5,754	5,312957	0,07511	3118,40	3898,00
		Sm. odch.	27,8379	1,018	0,620178	0,01523	278,305	347,881
		Sm. chy.	6,95947	0,255	0,155045	0,00681	69,5762	86,9703

*výsledky neboli zistené, pravdepodobne z dôvodu vysokej vlhkosti dreva

Z výsledkov meraní nedeštruktívnou rezonančnou dynamickou metódou je možné konštatovať, že biologická úprava smrekového dreva pomocou drevokaznej huby nemá štatisticky významný vplyv na fyzikálno – akustické charakteristiky tejto dreviny. Avšak pozitívne, i keď nie významné, zmeny sú zaznamenané pri úprave smrekového dreva pri hodnotách hustoty, akustickej konštanty a logaritmickeho dekrementu útlmu. V ostatných prípadoch boli zmeny z hľadiska úpravy požadovaných charakteristík nežiadúce.

V porovnaní smrekového dreva a dreva hrušky obyčajnej pri rovnovážnej vlhkosti dreva $w_{rov} = 8\%$ boli znížené hodnoty viac u hruškového dreva. Štatisticky významné zhoršenie charakteristík v porovnaní s natívnym a upraveným drevom boli pri hodnotách frekvencie, dynamického modulu v pozdĺžnom smere a rýchlosti šírenia zvuku v dreve. Zmeny charakteristík smrekového dreva boli nevýznamné.

Vplyv vlhkosti na fyzikálno – akustické charakteristiky vidieť na Obr. 10 až 14. Štatisticky významný rozdiel je iba pri hodnote hustoty. Všetky ostatné zmeny charakteristík sú nevýznamné. Biologická úprava mala pozitívny vplyv na akustickú konštantu pri oboch vlhkostiach dreva a pri rýchlosti šírenia zvuku v dreve pri vlhkosti nad bod nasýtenia vlákien.

Predbežné výsledky prezentované v tejto práci boli porovnávané so zahraničným experimentom (SCHWARZE A KOL., 2008), kde podobne, ako v tomto experimente sa posudzoval vplyv drevokaznej huby na akustické vlastnosti smrekového dreva. Zmena charakteristík dreva bola okrem logaritmickeho dekrementu podobný, ako sú výsledky tohto experimentu.

Výsledky práce naznačujú, že prostredníctvom drevokazných húb je možné zvýšiť hodnotu vybraných fyzikálno – akustických charakteristík (najmä akustická konštantu, hustota, logaritmickeho dekrement útlmu) najmä v počiatočných fázach. Avšak z dôvodu, že drevokazné huby atakujú stavebné polyméry dreva, ktoré sa podieľajú svojim percentuálnym podielom v dreve na hodnoty fyzikálno – akustických charakteristík, je žiadúce zistiť vplyv drevosfarbujúcich húb, ktoré iba minimálne narúšajú polysacharidy a lignín. Zisťovanie vplyvu drevosfarbujúcej huby je cieľom ďalších experimentov.



5 Uplatnenie výsledkov a ich prínos v riešenej problematike

Výsledky experimentu otvárajú možnosti biologickej modifikácie rezonančného dreva za účelom zlepšenia požadovaných fyzikálno – akustických charakteristík. Zistené charakteristiky rezonančného smrekového dreva v natívnom a napadnutom stave a hruškového dreva v natívnom a napadnutom stave budú využité, ako východiskové hodnoty pre ďalšie merania a hodnotenia vhodnosti biologickej modifikácie dreva určeného pre výrobu hudobných nástrojov. Zároveň namerané hodnoty poslúžia, ako databáza pre porovnanie vlastností pred a po modifikovaní pri ďalších meraniach. Keďže z uvedených dôvodov neboli vykonané merania vplyvu drevosfarbujúcej huby na charakteristiky v danom termíne projektu, výsledky týchto meraní budú zahrnuté k nameraným hodnotám projektu a budú ďalej spracované a použité v odborných publikáciách a záverečnej dizertačnej práci, ktorá sa bude venovať biologickej a termickej modifikácie rezonančného dreva.

6 Záver

Aj keď z dôvodu nedostupnosti požadovaných drevosfarbujúcich húb a časovej náročnosti mykologických testov neboli naplnené dva čiastkové ciele, všetky ostatné ciele boli naplnené v celom rozsahu. Ako alternatíva k meraniu vplyvu drevosfarbujúcej huby boli realizované merania drevokazných húb na rezonančné smrekové a hruškové drevo. Zároveň boli realizované merania vplyvu vlhkosti natívnych skúšobných telies a atakovaných skúšobných telies. Práca poskytuje prostredníctvom svojich výsledkov komplexné posúdenie fyzikálno – akustických charakteristík vybraných druhov drevín. Pokračovaním tejto práce bude pôvodne plánované vyhodnotenie vplyvu drevosfarbujúcej huby na fyzikálno – akustické charakteristiky dreva rezonančného smreka obyčajného.



Výsledky riešenia projektu (pokračovanie)

Literatúra

BUCUR, V.: Acoustics of Wood. Springer Series in Wood Science, Springer – Verlag Berlin Heidelberg Berlin, 2006. s. 345

ČULIK, M. - URGELA, S.: Physico Acoustical Characteristics of Violin Wedges. In: ACOUSTICS Zvolen-Sachticka 2000. Zvolen, p. 17-18.

DANIHELOVÁ, A. Relevant Physical Acoustics Characteristics of Spruce Wood as a Material for Musical Instruments. In: Proceedings of the 8th World Conference on Timber Engineering wcte 2004, Lahti, Finland, 2004, p. 491 – 494, ISSN, ISBN 951-758-444-X

DANIHELOVÁ, A. 1998. Influence of some gaseous and liquid substances on physico – acoustical characteristics of spruce wood. In: Drevársky výskum, 1998, Vol. 43, No. 2, pp. 29-39

FLETCHER, N., ROSSING, T.: The Physics of Musical Instruments. USA, Springer New York, 2005. s. 743

HORČIN, P., GUBRIANSKY, V., REINPRECHT L.: Nedeštruktívne metódy merania pružnostných charakteristík použité pri meraní talianskych a slovenských smrekov. . In Material – Acoustics – Place 2007 *Proceedings of the 3th International Symposium* : Tu Zvolen 11-13

PETRÍK, J.: Vlastnosti lisovaných bukových dýh pre účely tvorby vrstevnatých materiálov. Diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. s. 177

RAJČAN, E., DANIHELOVÁ, A. 1998. Physico – acoustical characteristics of native and leather adhesive glued spruce. In: Wood Astructure and Properties, 1998, Vol. No. pp. 145-147 ISBN 80-967088-4-8

RAJČAN, E., DANIHELOVÁ, A., URGELA, S.: Aplikácia akustiky pri štúdiu vlastností dreva. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1999. 56 s. ISBN 88-228-0789-3.

KOŠÚTH, S.: Pružnostné charakteristiky zhusteného dreva. In Material – Acoustics – Place 2010 *Proceedings of the 5th International Symposium*: Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. s. 87-92

KOŠÚTH S.: Závislosť hodnoty Youngovho modulu pružnosti „Ex“ a akustickej konštanty „A“ od rozmerov testovaného materiálu. In Material – Acoustics – Place 2005 *Proceedings of the 1th International Symposium* . Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2005. s. 35 - 38

SCHWARZE, F. et. al.: 2008. *Superior wood for violins – wood decay fungi as a substitute for cold climate*. In: New Phytologist, 2008, Vol. 179, No. 4, pp. 1095-1104

SPYCHER, M. et. al.: 2008. *Assessment of resonance wood quality by comparing its physical and histological properties*. In: Wood Science and Technolgy, 2008, Vol. 42, Issue 4, pp. 325-342



Zoznam výstupov, ktoré vznikli na základe výsledkov projektu

- a) publikované výstupy
- b) zoznam výstupov odovzdaných do tlače v roku 2014
- c) iné výstupy

A) Publikované výstupy

Č.	Publikácie	Kód KPC	Popis KPC	Rok vydania
1	Fyzikálno-akustické charakteristiky prechodových drevín. Danihelová, Anna - Spišiak, Dominik - Halachan, Pavol Fyzikálno-akustické charakteristiky prechodových drevín. In <i>Nové trendy akustického spektra : vedecký recenzovaný zborník.</i> Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2014, s. 17--23. ISBN 978-80-228-2647-1.	AED	Vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách	2014
2	Physical-acoustical characteristics of chosen fruit wood. Danihelová, Anna - Halachan, Pavol - Spišiak, Dominik <i>Physical-acoustical characteristics of chosen fruit wood.</i>	AFH	Abstrakty príspevkov z domácich konferencií	2014

B) Zoznam výstupov odovzdaných do tlače v roku 2015

Danihelová, Anna – Spišiak, Dominik – Halachan, Pavol – Gergeľ, Tomáš – Kružlicová, Lucia
Odovzdané do tlače recenzovaného časopisu *Akustika* (VOLUME 23), marcové vydanie (databáza SCOPUS)

C) Iné výstupy

Spišiak Dominik – písomná práca k dizertačnej skúške

Publikačnú činnosť vykázať v súlade s Organizačnou smernicou č. 7/2013 o bibliografickej registrácii a kategorizácii publikačnej činnosti, umeleckej činnosti a ohlasov na TU vo Zvolene.

Separáty publikačných výstupov tvoria prílohu záverečnej správy. V publikácii musí byť uvedené pod'akovanie IPA.



Pod'akovanie

Touto cestou sa chcem pod'akovať doc. RNDr. Anne Danihelovej, PhD. za poskytnutú odbornú pomoc a rady, ktoré pomohli k vypracovaniu predkladanej práce.

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

Cestovné náhrady	0 €
Konferencie, sympóziá, semináre	0 €
Sieťové odvetvia - Komunikácie	0 €
Literatúra	0 €
Vzorkový materiál – rezonančné smrekové drevo	399 €
Drobný hmotný majetok	0 €
Materiál, pracovné nástroje – nákup ref organizmu a	193,20 €
Rutinná a štandardná údržba	0 €
Mzdové náklady (max. 15 %)	0 €
Dohody o vykonaní práce (max. 10 %)	0 €
Spolu	592,20 € €

Rozpis čerpania pridelených finančných prostriedkov na riešenie projektu:

Názov položky	Cena
Vzorkový materiál – rezonančný smrek	399 €
Referenčný organizmus	104 €
Živný pôda pre referenčný organizmus	89,20 €

IPA
TUZVO

Interná projektová agentúra TUZVO

Technická univerzita vo Zvolene
Referát vedeckovýskumnej činnosti
T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko
tel:045/5206 416, <http://www.tuzvo.sk>



<p>Názov a adresa pracoviska:</p> <p>Technická univerzita vo Zvolene 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>.....</p> <p>Dátum a podpis:</p>
--	--