



Universitatea
Transilvania
din Braşov

TEZĂ DE ABILITARE

Titlu: UTILIZAREA ŞI VALORIFICAREA RESURSEI LEMNOASE LOCALE
ÎN INDUSTRIA MOBILEI

Domeniul: INGINERIE FORESTIERĂ

Autor: Conf. Dr. Ing. Emilia-Adela SALCĂ

Universitatea: Universitatea Transilvania din Braşov

BRAŞOV, 2024

CUPRINS

(A) Summary	4
(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei	7
(B-I) Realizări științifice și profesionale	7
1. Problematika abordată și contribuțiile la dezvoltarea ei	7
2. Lucrările științifice care fundamentează teza de abilitare	11
Capitolul 1. Cercetări experimentale privind lemnul tratat termic.....	16
1.1. Aspecte generale privind tratamentul termic al lemnului.....	16
1.2.Cercetări experimentale privind influența tratamentului termic asupra proprietăților lemnului masiv din diferite specii lemnoase	20
1.3.Cercetări experimentale privind influența tratamentului termic asupra proprietăților furnirelor din diferite specii lemnoase.....	28
1.4. Concluzii.....	37
Capitolul 2. Cercetări experimentale privind placajele obținute din furnire cu și fără densificare	40
2.1. Aspecte generale privind densificarea lemnului și a furnirelor	40
2.2. Influența densificării asupra proprietăților furnirelor de arin negru și mesteacăn	42
2.3.Cercetări experimentale privind evoluția temperaturii în pachetul de furnire densificate și nedensificate la presarea la cald și influența densificării furnirelor asupra proprietăților placajului.....	45
2.4.Cercetări experimentale privind proprietățile placajelor obținute din straturi alternante de furnire densificate și nedensificate din specii lemnoase repede crescătoare.	53
2.5.Cercetări experimentale privind proprietățile placajelor obținute din combinații de furnire densificate și nedensificate, de grosimi diferite, asociate în aceeași structură.....	59
2.6. Concluzii.....	62
Capitolul 3. Cercetări experimentale privind finisarea lemnului	65
3.1. Aspecte generale privind finisarea suprafețelor de lemn masiv.....	65
3.2. Pregătirea suprafețelor lemnoase pentru finisare.	67
3.3.Cercetări experimentale privind influența calității suprafeței, a sistemului și materialelor de finisare asupra proprietăților suprafețelor lemnoase finisate.....	70
3.4.Cercetări experimentale privind luciul suprafețelor finisate supuse unor teste de încercare a peliculelor de finisare	77
3.5. Concluzii.....	85
Capitolul 4. Cercetări experimentale privind panourile pe bază de lemn	88
4.1. Aspecte generale privind panourile pe bază de lemn	88
4.2.Cercetări experimentale privind proprietățile panourilor melaminate expuse în condiții de umiditate ridicată	91

4.3.Cercetări experimentale privind proprietățile compozitelor din lemn și paie în funcție de tratamentul aplicat materiei prime înainte de fabricare.....	99
4.4.Cercetări experimentale privind proprietățile plăcilor de OSB în funcție de materia primă utilizată.....	103
4.5. Concluzii.....	110
5. Concluzii finale.....	112
(B-II) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei	113
1. Evoluția în cariera profesională	113
1.1. Studii.....	113
1.2. Experiență profesională și didactică	113
1.3. Dezvoltarea carierei de cercetare	116
2. Planuri de dezvoltare a carierei profesionale	119
2.1. Dezvoltare profesională didactică viitoare	119
2.2. Dezvoltare profesională științifică viitoare.....	119
(B-III) Bibliografie	120

(A) Summary

This thesis represents a natural extension of the author's doctoral thesis, entitled *"Contributions to the optimization of alder wood processing by milling and sanding to achieve its capitalization in furniture manufacturing"*, defended at Transilvania University of Brasov in 2008. The topic of that thesis focused on promoting a fast-growing species, black alder (*Alnus glutinosa*), known primarily for its traditional uses. The objective of the thesis was to promote this wood species and attract the interest of specialists in wood processing and forestry for its cultivation, growth and optimized processing.

The directions of a new future research approach established in the doctoral thesis included investigations into various heat-treatment schedules to control the colour of alder wood, suitable finishing technologies that respect the natural colour of wood, as well as other research on bonding properties. These research directions were successively addressed by the author and the experimental research for each direction was carried out in international collaboration at various research centers in Europe, Asia, and the USA from 2014 to 2023.

A synthesis of the results of these scientific studies is presented in the current work.

The habilitation thesis, entitled *Utilization and capitalization of the local wood resource in furniture industry*, is structured into four chapters, each one dedicated to a research direction.

Chapter 1 is entitled *"Experimental research on heat-treated wood"*. The experiments in this chapter were conducted in international research teams through two post-doctoral research fellowships received by the author: the Fulbright Senior Award in 2013-2014, performed at Oklahoma State University and the Asia Bridge Fellowship in 2014-2015, performed at Shizuoka and Nagoya Universities in Japan. The research topics included the influence of heat treatment on the properties of solid wood and veneers from different wood species. The research results showed that wood species with low commercial value, after thermal treatment, can be used effectively in areas where they previously had little potential. Heat treatment deserves to be considered suitable and applied to improve the surface quality of wood, with applications in furniture where smooth surfaces are ideal. This treatment can help to increase the potential for efficient use of wood material, both in furniture manufacturing and restoration work. The results presented in this chapter were disseminated in: **1 international book chapter, 3 ISI articles with IF 1.268, 3.170, and 4.972, respectively, with a total of 109 citations in Web of Science, and 9 papers in Proceedings at International Conferences.**

Chapter 2, entitled "*Experimental research on plywood obtained from veneers with and without densification*", presents experimental research carried out in Romanian-Ukrainian mixed research teams. This research was supported by the author's Transilvania Fellowship received in 2016 and a short-term scientific mission (STSM) under the COST Action FP1407 in 2018, and took place at the National Forestry University of Ukraine (UNFU) in Lviv, along with another successful Romanian-Ukrainian collaboration performed during summer 2018 at the Faculty of Furniture Design and Wood Engineering. The chapter includes experimental research on the properties of plywood obtained from densified, non-densified and mixed veneers of fast-growing species such as black alder, birch, but also beech. The results of the research pointed out that densified veneers can be an excellent choice in the manufacture of plywood for construction purposes, being a material with improved properties and reduced costs, when compared to plywood manufactured traditionally. Such an approach in the manufacture of plywood can lead to low emissions of toxic compounds and at the same time, the cost of the final product can be reduced. On the other hand, due to their low roughness, densified veneers do not require sanding and their attractive color allows the use of transparent finishing products, appreciated for furniture manufacturing. The results presented in this chapter have been published in **1 international book chapter, 3 ISI articles with IF 2.221, 3.169, and 3.379**, respectively, with a total of **60 citations in Web of Science**, and **5 papers in Proceedings at International Conferences**.

Chapter 3 is entitled "*Experimental research on finishing of wood*" and presents experimental research conducted in Romanian-Polish mixed research teams. This research was supported by the author's Transilvania Fellowship received in 2015 which took place at the University of Life Sciences in Poznan and Remmers Company in Poland. The chapter includes experimental research on the finishing properties of black alder wood based on the quality of the sanded surface, the finishing product, the finishing system and various tests for coatings. The results of this study may have practical applications in the furniture industry, for the production of furniture or other special interior purposes. The results presented in this chapter have been published in **1 international book chapter, 4 ISI articles with IF 1.334, 2.175, 3.320, and 4.972**, respectively, with a total of **74 citations in Web of Science**, **1 ISI Proceedings paper**, and **2 papers in International Conference Proceedings**.

Chapter 4, entitled "*Experimental research on wood-based panels*", presents experiments carried out in mixed research teams with researchers from the USA, Ukraine and Romania. The chapter comprises experimental research on the properties of melamine panels exposed to

high-humidity conditions, wood-straw composites and OSB panels. The results presented in this chapter have applicability in the improvement of production techniques for the manufacture of furniture and for the subsequent use of melamine composite panels, they show the potential of agricultural waste for the manufacture of mixed boards from wood shavings and wheat straw and emphasize the potential of poplar, willow and birch species, as individual raw material in the production of OSB boards. The results presented in this chapter have been published in **1 international book chapter, 2 ISI articles with IF 1.409 and 2.436** with a total of **13 citations in Web of Science, 1 International Conference paper, and 1 BDI article.**

Since 2008, the author's research and professional activity have been supported by numerous publications, including **course materials (2), international book chapters (5), articles indexed in ISI Thompson (24), articles with CABI indexation (16), ISI Thompson Proceedings (5), CABI indexed Proceedings (3) and contributions to international conferences (37).** The author has coordinated an international scientific research grant and a scientific topic through a national competition and has been involved in other four research projects. The author's international visibility is proved by the **256 citations in Web of Science** of his ISI publications. Looking ahead, the author's scientific and academic career will focus on two main directions: **continuing investigations in international research teams** regarding heat treatment, densification and finishing technologies, as well as using these results **to improve the teaching material for educational activities.**

(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

(B-I) Realizări științifice și profesionale

1. Problematika abordată și contribuțiile la dezvoltarea ei

În zilele noastre, o schimbare rapidă și o tendință modernă au loc în întreaga lume în industria producției de mobilă. Chiar dacă diferite compozite sunt utilizate pe scară largă pentru a produce mobilier, lemnul masiv păstrează în continuare interesul producătorilor mici sau mijlocii de mobilă, dar și interesul clienților.

Lemnul de arin a fost abordat structurat, pe direcția optimizării prelucrării prin frezare și șlefuire și cu respect pentru colorațiile de suprafață la contactul cu aerul, în teza de doctorat a autorului în domeniul *Inginerie Industrială*, având titlul *Contribuții la optimizarea prelucrării lemnului de arin prin frezare și șlefuire în vederea valorificării în producția de mobilă* și fiind susținută la Universitatea Transilvania din Brașov în 2008. Teza a urmărit promovarea speciei lemnoase arin negru și trezirea interesului specialiștilor din domeniul prelucrării lemnului și silviculturii pentru cultivarea, creșterea și prelucrarea optimizată a acesteia. Totodată, teza a arătat că, datorită prelucrabilității, proprietăților și aspectului său, arinul negru poate fi considerat un material potrivit pentru fabricarea mobilei.

Teza de abilitare cu titlul *Utilizarea și valorificarea resursei lemnoase locale în industria mobilei* vine ca o continuare firească a cercetării anterioare efectuate de autor prin teza de doctorat. Direcțiile de cercetare viitoare, trasate prin teza de doctorat, spre a fi efectuate ulterior, au avut în vedere arii diferite de cercetare în domeniul ingineriei lemnului. Aceste direcții de cercetare au fost preluate și adaptate contextelor științifice create de oportunitățile de colaborare în cercetare ale autorului prezentei lucrări și au vizat cercetări privind diferite regimuri de tratare termică, prin care să fie controlată culoarea lemnului de arin; cercetări privind tehnologii de finisare adecvate, cu respect pentru culoarea naturală a lemnului de arin și totodată culoarea dorită la final; alte cercetări privind proprietățile de încliere. Cercetările experimentale aferente fiecărei direcții de cercetare au fost desfășurate de autor prin colaborare internațională, în diferite centre de cercetare din Europa, Asia și America. Sinteza rezultatelor acestor cercetări științifice desfășurate în perioada 2014-2023 este prezentată în lucrarea de față.

Prima problemă abordată: Tratamentul termic aplicat lemnului și furnirelor

Tratamentul termic este cea mai veche, cea mai puțin costisitoare și mai ecologică metodă de modificare a lemnului folosită de-a lungul deceniilor. Tratamentul termic este aplicat lemnului pentru a-i îmbunătăți proprietățile, cum ar fi stabilitatea dimensională, durabilitatea, rezistența la ciuperci și la expunerea la factorii de mediu, netezimea suprafețelor și, de asemenea, obținerea unei culori decorative închise specifice. Dar pe lângă avantajele pe care le are, lemnul tratat termic prezintă proprietăți mecanice reduse. Lemnul tratat termic este folosit pentru o mare varietate de aplicații de interior și exterior, și anume: parchet, panouri de placare a pereților, saune, bucătării, decorațiuni interioare și ustensile, garduri, tâmplărie, ferestre și uși, în timp ce pentru aplicațiile structurale nu este recomandat. Datorită grosimii lor mici, furnirele au nevoie de un timp mai scurt de expunere la temperaturi înalte. Diverse procese, cum ar fi băițuirea și lăcuirea, care implică în principal substanțe chimice, pot fi omise atunci când se utilizează tratamentul termic, ca alternativă ecologică pentru a obține furnire de culoare închisă pentru fabricarea mobilei. Furnirele tratate termic pot fi aplicate cu succes ca material decorativ în fabricarea mobilei, dar și în lucrări de restaurare a mobilierului vechi.

Cercetarea efectuată a vizat influența tratamentului termic asupra unor proprietăți precum rugozitatea suprafeței, duritatea, culoarea și microstructura lemnului masiv al speciilor: arin negru, stejar roșu, pin și arbore lălea (Salca și Hiziroglu 2014, 2014a, 2014b, Salca 2015, Salca și Hiziroglu 2016, Salca 2019, Salca 2023). Totodată, au fost evaluate modificările de culoare de pe suprafețele furnirelor de arin negru, fag și chiparos japonez, în urma aplicării unui tratament termic de scurtă durată, prin utilizarea tehnicii colorimetriei CIELab și a spectroscopiei NIR (Kobori ș.a. 2015, Salca ș.a. 2015, 2016, 2016a, Salca ș.a. 2018, 2019, Salca 2019).

Rezultatele cercetărilor au arătat că, în urma tratamentului termic, speciile lemnoase cu valoare comercială redusă pot fi utilizate eficient în domeniile în care anterior aveau potențial redus de utilizare. Tratamentul termic merită a fi considerat potrivit și aplicat pentru îmbunătățirea calității suprafeței lemnului, cu aplicații la mobilier, acolo unde suprafețele netede sunt ideale. Acest tratament poate contribui la creșterea potențialului de utilizare eficientă a materialului lemnos, atât la fabricarea mobilei, cât și în lucrările de restaurare.

Rezultatele acestei cercetări au fost diseminate în: **1** capitol de carte, **3** articole ISI cu IF 1.268, 3.17 și 4.972 totalizând **109** citări în Web of Science, **9** lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale.

A doua problemă abordată: Densificarea furnirelor în vederea fabricării placajului

Densificarea lemnului este una dintre metodele folosite pentru modificarea proprietăților acestuia. Obiectivul principal al densificării lemnului este realizarea unui material cu o densitate crescută și implicit proprietăți îmbunătățite, precum rezistența, duritatea, rezistența la abraziune și durabilitatea, pe lângă a-i păstra estetica și valoarea comercială. Un furnir densificat poate fi realizat la presiuni și temperaturi mai scăzute și aplicate pe o durată mai scurtă decât în cazul lemnului masiv. Pe lângă rezistența, duritatea și durabilitatea lor crescută, furnirele densificate prezintă și alte proprietăți îmbunătățite, cum ar fi: o culoare închisă foarte atractivă, o suprafață netedă, luciu îmbunătățit, umectabilitate și conductivitate termică mai mare.

Cercetarea efectuată a vizat influența densificării furnirelor și a numărului de straturi de furnir asupra proprietăților placajelor și asupra temperaturii din interiorul pachetului de furnire, la presarea la cald a placajelor realizate din furnire densificate și nedensificate și din straturi alternante de furnire cu și fără densificare, sau combinații de furnire cu grosimi diferite (Salca și Bekhta 2016, 2018a 2018b, 2019, 2021, 2021a; Bekhta și Salca 2018; Salca ș.a 2020, Bekhta ș.a. 2020).

Rezultatele cercetării au subliniat că furnirele densificate pot fi o alegere excelentă în fabricarea placajului destinat construcțiilor, fiind un material cu proprietăți îmbunătățite și costuri reduse, prin comparație cu placajul fabricat în mod tradițional. O astfel de abordare în fabricarea placajului poate duce la emisii joase de compuși toxici și totodată, costul produsului final se poate reduce. Pe de altă parte, datorită rugozității lor scăzute, furnirele densificate nu necesită șlefuire, iar culoarea lor atractivă permite folosirea produselor de finisare transparente.

Rezultatele acestei cercetări au fost publicate în: **1** capitol de carte, **3** articole ISI cu IF 2.221, 3.169 și 3.379 cu un total de **60** citări în Web of Science, **5** lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale.

A treia problemă abordată: Proprietăți ale finisării lemnului

Finisarea este una dintre cele mai utilizate metode de prelucrare a suprafeței lemnoase, se aplică pentru protecția suprafeței, pentru îmbunătățirea proprietăților acesteia și totodată pentru a extinde ciclul de viață al produsului finit. Prima impresie pe care o lasă un produs va influența cumpărătorul. Finisarea unei suprafețe din lemn presupune o succesiune de operații specifice: pregătirea suprafeței, aplicarea materialului de finisare și prelucrarea peliculei după

întărirea acesteia, pentru a-i conferi produsului caracteristici estetice și de calitate. Finisajele pe bază de apă și tehnologiile cu UV sunt considerate soluții eficiente și totodată eco-tehnologii alternative pentru operațiunile de finisare a lemnului.

Cercetarea efectuată a vizat proprietățile de finisare ale lemnului de arin negru evaluate în funcție de calitatea suprafeței șlefuite, produsul de finisare utilizat, sistemul de finisare aplicat și diferite teste de încercare a peliculelor de finisare (Salca ș.a. 2016, 2016a, 2017, 2017a, 2018; Salca 2019; Salca ș.a. 2021; Salca 2022).

Rezultatele acestui studiu au arătat o relație echilibrată între pregătirea substratului, materialul de finisare și sistemul său de aplicare, fiecare granulație fină pentru etapa de șlefuire a influențat performanța generală a finisării. Tipurile de lac și diferențele lor structurale, precum și sistemul de aplicare au influențat luciul epruvetelor finisate și aderența la suport a produselor de finisare. Rezultatele acestui studiu pot avea aplicații practice în industria mobilei, pentru producerea de mobilier cu destinații speciale de interior.

Rezultatele acestei cercetări au fost publicate în: **1** capitol de carte, **4** articole ISI cu IF 1.334, 2.175, 3.230 și 4.972 cu un total de **74** citări în Web of Science, **1** lucrare Proceedings ISI, **2** lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale.

A patra problemă abordată: Proprietăți ale panourilor pe bază de lemn

Panourile pe bază de lemn sunt produse în care lemnul este prezent sub formă de așchii, furnire sau fibre. Aceste panouri sunt produse versatile cu o mare varietate de utilizări finale, sunt produse majore pentru fabricarea de mobilier și amenajarea interioară a spațiilor de locuit. Ele pot imita textura originală a lemnului și pot oferi proprietăți mecanice comparabile sau chiar mai bune. Deși au o istorie lungă de optimizare continuă, mai este încă loc pentru o continuare a dezvoltării acestora.

Cercetarea efectuată a vizat evaluarea proprietăților plăcilor din așchii de lemn (PAL) și plăcilor din fibre de lemn de densitate medie (MDF) melaminate și supuse unor tratamente și condiții de expunere diferite, dar și evaluarea proprietăților plăcilor din așchii de lemn și paie, a plăcilor de tip OSB în funcție de materia primă utilizată (Kozak ș.a. 2016; Bekhta, Salca ș.a. 2018; Salca și Hiziroglu 2019; Dumitrașcu ș.a. 2020; Salca 2023).

Rezultatele acestui studiu au aplicabilitate în îmbunătățirea tehnicilor de producție pentru fabricarea mobilei și pentru utilizarea ulterioară a panourilor compozite melaminate, ele arată potențialul deșeurilor agricole pentru fabricarea plăcilor mixte din așchii și paie de grâu și

subliniază potențialul speciilor plop, salcie și mesteacăn, ca materie primă individuală în producția de plăci OSB.

Rezultatele acestei cercetări au fost publicate în: **1** capitol de carte, **2** articole ISI cu IF 1.409 și 2.436 cu un total de **13** citări în Web of Science, **1** lucrare la Conferință Internațională, **1** articol BDI.

2. Lucrările științifice care fundamentează teza de abilitare

Rezultatele cercetărilor efectuate de autor după susținerea tezei de doctorat și din care s-a realizat prezenta teză de abilitare, constau din **4** capitole de carte publicate în Editură Internațională, **12** articole cu indexare ISI Thompson, **1** articol indexat BDI, **17** articole publicate în volume ale Conferințelor Internaționale cu Comitet științific de recenzie și raportul științific al grantului internațional coordonat de autor: Grant Nr. 543- Cercetare post-doctorală-Fulbright Senior Award Scholarship la Universitatea Oklahoma SUA. Titlu Proiect: *Evaluation of different wood species as function of heat treatment*. Sursa de finanțare: Guvernul SUA și Guvernul României. Perioada 2013-2014.

Publicații din domeniul tezei de abilitare

Capitole de carte (în ordinea apariției în teză)

1. **SALCA E.A.** (2023). Effects of Heat Treatment Applied to Wood and Veneers of Various Wood Species. Book Chapter in Advanced Research in Biological Science, Vol.2, p.74-101, ISBN 978-81-19491-40-7 (print), ISBN 978-81-19491-41-4 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/arbs/v2/6189C.
2. **SALCA E.A.**, BEKHTA P. (2021). Effects of Thermo-Mechanical Densification Applied to Veneers of Fast-Growing Species to Produce Value-Added Plywood Panels. Book Chapter in: Cutting-edge Research in Agricultural Sciences, Vol.9, p.161-177, ISBN 978-93-90888-75-7 (print), ISBN 978-93-90888-83-2 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/cras/v9/8628D.
3. **SALCA E.A.** (2022). Selected Coating Properties of Black Alder Wood as a Function of Surface Preparation, Varnish Type, Coating System and Exposure Conditions. Book Chapter in: Recent Trends in Chemical and Material Sciences, Vol.5, p.69-90, ISBN 978-93-5547-420-9 (print), ISBN 978-93-5547-425-4 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/rtcams/v5/2305C.
4. **SALCA E.A.** (2023). Selected Properties of Wood-Based Panels as a Function of Raw Material, Applied Treatment and Exposure Conditions. Book Chapter in Advanced Research in Biological Science, Vol.2, p.41-73, ISBN 978-81-19491-40-7 (print), ISBN

978-81-19491-41-4 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/arbs/v2/6188C.

Articole ISI (în ordinea apariției în teză)

1. SALCA, E.A., HIZIROGLU, S. (2014). Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment, **Materials and Design**, 62, 416-423. DOI: 10.1016/j.matdes.2014.05.029.
2. SALCA, E.A., KOBORI, H., INAGAKI, T., KOJIMA, Y., SUZUKI, S. (2016). Effect of heat treatment on colour changes of black alder and beech veneers, **Journal of Wood Science**, 62(4), 297-304. DOI:10.1007/s10086-016-1558-3.
3. SALCA, E.A. (2019). Black Alder (*Alnus glutinosa* L.) – A resource for value-added products in furniture industry under European screening, **Current Forestry Reports**, 5(1), 41-54. DOI: 10.1007/s40725-019-00086-3.
4. BEKHTA, P., SALCA, E.A. (2018). Influence of veneer densification on the shear strength and temperature behavior inside the plywood during hot press, **Construction and Building Materials** 162, 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.161>
5. BEKHTA, P., SALCA, E.A., LUNGULEASA, A. (2020). Some properties of plywood panels manufactured from combinations of thermally densified and non-densified veneers of different thickness in one structure. **Journal of Building Engineering**, 29, 101116, DOI: 10.1016/j.jobe.2019.101116
6. SALCA, E.A., BEKHTA, P., SEBLII, Y. (2020). The effect of veneer densification temperature and wood species on the plywood properties made from alternate layers of densified and non-densified veneers, **Forests**, 11(6), 700, DOI:10.3390/f11060700
7. SALCA, E.A., KRYSTOFIAK, T., LIS, B., MAZELA, B., PROSZYK, S. (2016). Some coating properties of black alder wood as function of varnish type and applications method, **BioResources** 11(3), 7580-7594. DOI:10.15376/biores.11.3.7580-7594.
8. SALCA, E.A., KRYSTOFIAK, T., LIS, B. (2017). Evaluation of selected properties of alder wood as functions of sanding and coating, **Coatings** 7(10), 176. doi:10.3390/coatings7100176
9. SALCA, E.A., KRYSTOFIAK, T., LIS, B., HIZIROGLU, S. (2021). Glossiness evaluation of coated wood surfaces as function of varnish type and exposure to different conditions, **Coatings**, 11(5), 558. DOI:10.3390/coatings11050558.
10. SALCA, E.A., KRYSTOFIAK, T., and LIS, B. (2018). Glossiness of coated alder wood after artificial aging. In: **ISI Proceedings** of the 8th Hardwood Conference, Sopron, Hungary, 25-26 Oct 2018, p.149-150.

11. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2019). Hardness and roughness of overlaid wood composites exposed to a high-humidity environment, **Coatings**, 9(11), 711, DOI:10.3390/coatings9110711.
12. DUMITRASCU, A.E., LUNGULEASA, A., **SALCA, E.A.**, CIOBANU, V.D. (2020). Evaluation of Selected Properties of Oriented Strand Board Made from Fast Growing Wood Species, **Bioresources** 15(1), 199-210. Doi: 10.15376/biores.15.1.199-210.

Lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale (în ordinea apariției în teză)

1. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2014a). Effect of heat treatment on surface roughness and hardness of black alder (*Alnus glutinosa* L.) wood. In: Book of Abstracts/Proceedings of ECWM7 Lisbon, Portugal, 10-12 March 2014, ISBN 978-972-49-2267-6, p.53.
2. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2014b). Evaluation of hardness and roughness of heat treated wood species. In: Book of Abstracts of Final COST Action FP0904 Conference, Skelleftea, Sweden, 19-21 May 2014, ISBN 978-91-7439-0, p.38-39.
3. **SALCA, E.A.** (2015). Overview upon discolorations caused by heat treatment applied to different assortments of black alder. In: Book of Abstracts of the Final COST FP1006 meeting "Advances in modified and functional bio-based surfaces" at the Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece, 7-9 April 2015, p. 81-83.
4. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., INAGAKI, T., KOJIMA, Y., SUZUKI, S. (2015). Evaluation of heat-treated veneers of various wood species. In: Proceedings of ECWM8, Helsinki, Finland, 26-27 October 2015, p.83-87.
5. KOBORI, H., **SALCA, E.A.**, INAGACHI, T., KOJIMA, Y., SUZUKI, S. (2015). Investigation of heat treatment on wood veneers by NIR spectroscopy. Poster presented at the 17th International Conference on Near Infrared Spectroscopy NIR 2015, Foz do Iguassu, Brazil, 18-23 October 2015.
6. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., INAGAKI, T., SUZUKI, S., HIZIROGLU, S. (2016a). Evaluation of heat-treated black alder wood by FT-NIR. In: Book of Abstracts of the 2nd edition Workshop NIR & WOOD – SOUNDS GOOD! Application of NIR spectroscopy in wood science and technology, San Michele all'Adige (TN), Italy, 19-21 April 2016, ISBN 978-88-941153-0-7 p.51-52.
7. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2016). Evaluation of hardness and of heat treated yellow poplar wood. In: Book of Abstracts of the COST Action FP1407 2nd Conference „Innovative production technologies and increased wood products recycling and reuse”, Brno, Czech Republic, 29-30 September 2016, ISBN 978-80-7509-429-2, p.85-86.

8. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., INAGACHI, T., SUZUKI, S. (2018). Study on colour of heat-treated wood veneers. In: Proceedings of The 61st International Convention of Society of Wood Science and Technology and Japan Wood Research Society, November 5-9, 2018 – Nagoya, Japan, ISBN 978-0-981-7876-8-8, p.656-659.
9. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., SUZUKI, S., SAAD, S., KOJIMA, Y. (2019). Colour changes of hinoki cypress veneer under heat treatment. In: **Proceedings** of the International Conference „Wood Science and Engineering in the Third Millennium”, Faculty of Wood Industry, Transilvania University of Brasov, 7-9 November 2019, ISSN 1843-2689, p. 625-628.
10. **SALCA, E.A.**, BEKHTA, P. (2016). Influence of veneer densification upon the process of plywood production. In: Book of Abstracts of the 13th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium “Bio-Based composites for a sustainable future”, Concepcion, Chile, 13-15 November 2016, p.98.
11. **SALCA, E.A.**, BEKHTA, P. (2018a). Evaluation of shear strength of plywood produced from densified birch veneers. In: Proceedings of The Fourteenth Pacific Rim Bio-Based Composite Symposium, BIOCOMP 2018, 29-31 October 2018, Makassar, Indonesia, p.119-122.
12. **SALCA, E.A.**, BEKHTA, P. (2018b). Properties of multi-layer plywood made from combinations of densified and non-densified veneers in one structure. In: Book of Abstracts of the COST Action FP1407 Final Conference “Living with modified wood”, 12-13 December 2018, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-7299-280-9, p.84-85.
13. **SALCA, E.A.**, BEKHTA, P. (2019). Selected properties of plywood manufactured from alternate layers of densified and non-densified alder veneers. Poster presented at IUFRO 2019, Curitiba, Brasil, 29 September-5 October 2019.
14. **SALCA, E.A.**, BEKHTA, P. (2021a). Some mechanical properties of mixed plywood made of birch veneers with and without densification. In: Book of Abstracts of the 15th Pacific Rim Bio-Based Symposium, BIOCOMP 2020-21, Wood-Based Panels for New Climate Change, 29 Sept-1 Oct, 2021, HICO, Gyeongju, Rep. of Korea, Hybrid Meeting Format.
15. **SALCA, E.A.**, KRYSOFIAK, T., LIS, B. (2016a). Adhesion strength and glossiness of coated surfaces made of alder wood as function of their surface roughness. In: Book of Abstracts of the HYGROTHERMAL PERFORMANCE OF BUILDINGS AND THEIR MATERIALS Joint Conference: COST Action FP 1303 „Performance bio-based building materials” & DURAWOOD Project „Superior bio-friendly systems for enhanced wood durability”, Poznan, Poland, 30-31 August 2016, p.31-32.
16. **SALCA, E.A.**, KRYSOFIAK, T., LIS, B. (2017a). Some aesthetic decorative features of varnished products. In: Book of Abstracts of the COST Action FP 1303 Workshop „

Design, Application and Aesthetics of biobased building materials” Sofia, Bulgaria 28th February – 1st March 2017, ISBN 978-619-160-758-7, p.43-44.

17. KOZAK, R., BEKHTA, P., **SALCA, E.A.** (2016). Wood-straw composites bonded with urea formaldehyde glue modified by ethanol. In: Proceedings of the 13th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium “Bio-Based composites for a sustainable future”, Concepcion, Chile, 13-15 November 2016, p.62-65.

Articole BDI

1. BEKHTA, P., **SALCA, E.A.**, KOZAK, R. (2018). Properties of wood-straw composites bonded with modified UF adhesive and pre-treated straw particles. **PROLigno**, vol 14, No.1, ONLINE ISSN 2069-7430, ISSN-L 1841-4737, p.37-41.

Pe lângă aceste publicații din domeniul tezei de abilitare, autorul are și alte contribuții și publicații anterioare anului 2008. Activitatea editorială a autorului totalizează **3 cărți publicate în edituri naționale, 5 capitole de carte în editură internațională, 24 articole ISI cu IF, 5 articole în Proceedings ISI, 21 de articole indexate BDI și 8 articole CNCSIS B+**, precum și **63 de articole în volume de Conferințe Internaționale** cu Comitet științific de recenzie.

Rezultatele obținute în activitatea didactică și profesională, în cea de cercetare și în recunoașterea și impactul activității au condus la îndeplinirea criteriilor corespunzătoare standardelor minimale CNATCDU, pentru Comisia de specialitate *Ingineria resurselor vegetale și animale*, cu un total de 4054.70 puncte, față de totalul minim de îndeplinit de 420 puncte. Repartizarea punctajului pe fiecare domeniu de activitate se prezintă în tabelul de mai jos.

Nr. Crt.	Categoria		
	Domeniul de activitate	Condiții profesor/abilitare	Punctaj realizat de candidat
1	Activitate didactică/profesională (A1)	Minimum 100 puncte	154.241 puncte
2	Activitatea de cercetare (A2)	Minimum 260 puncte	1649.689 puncte
3	Recunoașterea și impactul activității (A3)	Minimum 60 puncte	2250.77 puncte
TOTAL		Minimum 420 puncte	4054.70

CAPITOLUL 1. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND LEMNUL TRATAT TERMIC

Experimentele din acest capitol au fost efectuate în colective internaționale de cercetare, prin două stagii de burse de cercetare post-doctorală, respectiv Fulbright Senior Award în 2013-2014 și Asia Bridge Fellowship în 2014-2015. Tematica de cercetare în cadrul bursei Fulbright a avut ca obiectiv influența tratamentului termic asupra proprietăților lemnului masiv din diferite specii lemnoase iar cercetările s-au desfășurat la Oklahoma State University, SUA. Cercetările efectuate prin Asia Bridge Program s-au efectuat la Shizuoka University și Nagoya University în Japonia și au avut ca obiectiv evaluarea modificărilor de culoare ale furnirelor din diferite specii sub influența tratamentului termic.

1.1. Aspecte generale privind tratamentul termic al lemnului

Lemnul este unul dintre cele mai importante materiale regenerabile cu proprietăți fizice și mecanice excelente. Cu toate acestea, instabilitatea dimensională cauzată de comportamentul său higroscopic constituie un dezavantaj, iar pentru a-l anihila au fost efectuate studii și experimente folosind diferite procese de modificare (Militz 2002; Hill 2006; Hill ș.a. 2021). Modificarea lemnului presupune un proces care este menit să-i îmbunătățească proprietățile, obținându-se astfel un material nou, care nu va afecta mai mult mediul înconjurător la sfârșitul ciclului său de viață, prin comparație cu lemnul nemodificat (Hill 2006).

Tratamentul termic este cea mai veche, cea mai puțin costisitoare și mai ecologică metodă de modificare a lemnului, folosită de-a lungul deceniilor (Mburu ș.a. 2008; Ates ș.a. 2010). Există un interes crescut pentru procesele de tratare termică, dat fiind faptul că producția de cherestea se află în declin, în condițiile unei cereri ridicate de materiale de construcție durabile, în același timp pădurile tropicale suferă prin defrișare iar guvernele impun permanent restricții pentru reducerea utilizării de substanțe chimice toxice. Se cunosc cinci tratamente termice comerciale diferite (Tabelul 1): unul în Finlanda (Thermowood), unul în Olanda (Plato Wood), unul în Germania (OHT-Oil Heat Treatment) și două în Franța (Bois Perdure și Retification). Alte două noi procese de tratare termică sunt Wood Treatment Technology (WTT) în Danemarca și Huber Holz în Austria (Esteves and Pereira 2009; Ormondroyd ș.a. 2015).

Un tratament termic tipic aplicat lemnului folosește niveluri de temperatură între 120-250°C și timpi de expunere de la 15 min la 24 de ore, în funcție de proces, specie, dimensiunea probei, conținutul de umiditate și utilizarea dorită. Proprietățile fizice și chimice ale lemnului sub tratament termic se modifică la o temperatură de aproape 150°C și continuă cu creșterea temperaturii de tratare (Korkut și Guller 2008; Kocaefe ș.a. 2010).

Tabelul 1. Exemple de procese industriale de tratare termică

Nr.crt.	Procesul	Scurtă descriere
1	Thermowood	Faza 1: temperatura instalației de uscare este ridicată rapid la aproximativ 100°C; Faza 2: temperatura din interiorul uscătorului este ridicată la un nivel de 185°C- 230°C și menținută la acel nivel timp de 2-3 ore; Faza 3: etapa finală în care temperatura scade la 80–90°C folosind apă pulverizată, rehidratarea și condiționarea au loc pentru a aduce umiditatea lemnului la peste 4% (Hill 2006).
2	Plato Wood	Cuprinde un proces hidrotermic în două etape, realizat într-un reactor din oțel inoxidabil în condiții relativ blânde, cu o etapă intermediară de uscare într-un uscător convențional. Procesul permite păstrarea unui conținut ridicat de celuloză în lemn, ceea ce este crucial pentru optimizarea proprietăților mecanice finale (Ormondroyd ș.a. 2015; Sandberg ș.a. 2017).
3	OHT- tratament termic în ulei	Procesul presupune încălzirea lemnului în ulei vegetal (de floarea soarelui, ulei de rapiță sau ulei de in). Într-un vas de proces închis, lemnul este scufundat în ulei fierbinte și încălzit la temperaturi între 180 și 220°C, pentru a asigura o durabilitate bună la o reducere acceptabilă a rezistențelor (Jirous-Rajkovic și Micklecic 2019).
4	Bois Perdure	Procesul de retificare, industrializat în Franța (Retiwood), este piroliza ușoară a lemnului în atmosferă de azot. Al doilea proces folosit în Franța se numește Le Bois Perdure (procesul Perdure). Procesul este relativ apropiat de procesul de retificare, iar proprietățile lemnului modificat prin ambele metode sunt similare. Lemnul este încălzit la 230°C într-o atmosferă cu abur generat de apa din lemnul verde (Sandberg ș.a. 2017).
5	Retification	

Tratamentul termic este aplicat lemnului pentru a-i îmbunătăți proprietățile, cum ar fi stabilitatea dimensională (Kocafee ș.a. 2008; Zivkovic ș.a. 2008; Bak și Nemeth 2012), durabilitatea, rezistența la ciuperci și la expunerea la factorii de mediu (Yildiz ș.a. 2011; Guo ș.a. 2014), netezimea suprafețelor (Salca și Hiziroglu 2014) și, de asemenea, obținerea unei culori decorative închise specifice (Nemeth ș.a. 2013). Dar pe lângă avantajele pe care le are, lemnul tratat termic prezintă proprietăți mecanice reduse (Korkut și Hiziroglu 2009). Lemnul tratat termic este folosit pentru o mare varietate de aplicații de interior și exterior, și anume: parchet, panouri de placare a pereților, saune, bucătării, decorațiuni interioare și ustensile, garduri, tâmplărie, ferestre, uși, în timp ce pentru aplicații structurale nu este recomandat. Tabelul 2 prezintă rezumatul modificărilor produse în lemn în urma aplicării tratamentului termic: pierderea de masă, modificări chimice, umiditatea de echilibru, structura anatomică, stabilitate dimensională, durabilitate, culoare, proprietăți mecanice, proprietăți de prelucrabilitate.

Tabelul 2. Modificări ale lemnului în urma tratamentului termic (Salca 2023a)

Nr.crt.	Proprietatea	Scurtă descriere
1	Pierdere de masă	Tratamentul termic modifică compoziția chimică a lemnului, ducând la pierderi de masă destul de mari la temperaturi mai ridicate.
2	Modificări chimice	Proprietățile chimice și fizice ale lemnului încep să se schimbe în timpul expunerii la temperatura de aproximativ 150°C (Esteves și Pereira 2009). Descompunerea principalilor compuși chimici din lemn are loc cu intensitate mare la: 180°C pentru hemiceluloze, 270°C pentru lignină și 340°C pentru celuloză. Polimerii organici și substanțele extractibile din lemn se pot deteriora atunci odată cu expunerea la temperaturi ridicate (Hu ș.a. 2012). Hemicelulozele sunt compușii cei mai afectați. Celuloza este mai rezistentă la căldură. Cristalinitatea celulozei crește datorită degradării celulozei amorfe. Reacțiile de policondensare a ligninei cu alte componente ale peretelui celular contribuie la o creștere aparentă a conținutului de lignină. Substanțele extractibile sunt degradate sau părăsesc lemnul în același timp în care noi compuși extractibili apar din degradarea lemnului (Esteves și Pereira 2009).
3	Umiditatea de echilibru	Motivele scăderii umidității de echilibru a lemnului tratat sunt următoarele: există mai puțină apă absorbită de pereții celulari ca urmare a modificării chimice cu scăderea grupărilor hidroxil; există o inaccesibilitate a grupărilor hidroxil ale celulozei la moleculele de apă datorită creșterii cristalinității celulozei (Esteves și Pereira 2009).
4	Efecte asupra anatomiei	Efectele asupra structurii anatomice a lemnului depind de speciile de lemn și de condițiile de proces utilizate. Au fost raportate fisuri tangențiale și radiale, deformarea fibrelor libriforme și colapsul vaselor (Esteves și Pereira 2009).
5	Stabilitate dimensională	Stabilitatea dimensională crește datorită reticulării în lignină, datorită distrugerii mai multor grupări hidroxil și datorită afinității scăzute cu apa în cazul lemnului tratat (Esteves și Pereira 2009).
6	Durabilitate și expunere la factorii de mediu	Durabilitatea lemnului este îmbunătățită, crește rezistența la putrezire, exceptând contactul cu solul, crește ușor rezistența la atacul insectelor și la expunerea la factorii de mediu, având însă un efect redus asupra rezistenței la termite. Au fost semnalate mai multe motive pentru creșterea rezistenței la putregai: transformarea hemicelulozelor, care se schimbă din molecule hidrofile și ușor digerabile în molecule hidrofobe, iar sistemele enzimatice fungice nu recunosc substratul, punctul scăzut de saturație a fibrei, care, prin el însuși, conduce la o rezistență mai bună împotriva degradării biologice. Există modificări în condițiile externe care afectează micromediul care, la rândul lui, influențează degradarea lemnului tratat termic. Se mai

		<p>menționează că ar putea exista o esterificare a celulozei datorită acidului acetic eliberat prin degradarea hemicelulozei (Esteves și Pereira 2009).</p> <p>Lemnul tratat termic are o rezistență UV mai bună decât lemnul netratat, compușii fenolici sunt rezistenți la îmbătrânirea ușoară. Este posibil ca tratamentul termic să nu protejeze în mod adecvat aspectul suprafeței și nici stabilitatea culorii în condiții de exterior pe termen lung (Godinho ș.a. 2021; Cao ș.a. 2022).</p>
7	Proprietăți mecanice	<p>Proprietățile mecanice sunt degradate. Friabilitatea lemnului crește odată cu deteriorarea proprietăților mecanice din cauza pierderii polizaharidelor amorfe. Degradarea hemicelulozei care leagă celuloza și lignina în peretele celular a fost identificată ca factor major pentru pierderea rezistenței mecanice. Dar și cristalizarea celulozei amorfe ar putea juca aici un rol important (Esteves și Pereira 2009).</p>
8	Culoare	<p>Schimbările de culoare a lemnului din cauza expunerii la temperatură sunt cauzate de degradarea termică a hemicelulozelor și a ligninei. Există unele diferențe între autori în ceea ce privește temperatura care provoacă hidroliza și oxidarea componentelor lemnului. Astfel de modificări chimice pot apărea chiar și la temperaturi scăzute de aproximativ 65°C, în funcție de pH, conținutul de umiditate, mediul de încălzire, perioada de expunere și speciile de lemn (Sandoval-Tores ș.a. 2010). Studii anterioare efectuate pe lemn masiv au investigat modificările de culoare a lemnului care au apărut în timpul tratamentului termic și implică alterarea componentelor lemnului (Bekhta și Niemz 2003; Gonzales-Pena și Hale 2009a; Matsuo ș.a. 2014). Culoarea pe care o capătă lemnul după tratamentul termic este un indicator al gradului de modificare a acestuia și, de asemenea, un indiciu direct al modificărilor chimice (Sundqvist ș.a. 2006; Matsuo ș.a. 2012).</p>
9	Calitatea suprafeței	<p>După tratamentul termic, rugozitatea suprafeței lemnului scade. S-a raportat că rugozitatea suprafeței epruvetelor de lemn s-a redus odată cu creșterea atât a temperaturii, cât și a intervalului de timp de expunere la temperatură (Salca și Hizioglu 2014).</p>
10	Prelucrare și finisare	<p>Fragilitatea lemnului crește după tratamentul termic; are un impact semnificativ asupra performanței sale la prelucrare, pot apărea crăpături locale (Budakci ș.a. 2013). Proprietățile de finisare scad deoarece rășina și alte substanțe extractibile ies și se solidifică pe suprafața lemnului. Încleierea dintre lemn și adeziv va fi redusă (Cao ș.a. 2022). Valoarea pH-ului lemnului se va modifica, afectând performanța de finisare a lemnului tratat. O creștere a acidității suprafeței lemnului poate influența capacitatea de umectare a lemnului și aderența produselor de finisare pe bază de apă la lemnul tratat (Cao ș.a. 2022).</p>

1.2. Cercetări experimentale privind influența tratamentului termic asupra proprietăților lemnului masiv din diferite specii lemnoase

Există o piață în continuă creștere a lemnului modificat termic, ceea ce provoacă industria de profil să introducă metode mai rapide și fiabile pentru controlul calității produselor lor. Deși majoritatea proprietăților lemnului de arin negru, stejar roșu, pin și arbore lelea au fost studiate, există puține informații despre influența tratamentului termic asupra unor proprietăți precum rugozitatea suprafeței, duritatea și microstructura lemnului acestor specii. Prin urmare, obiectivul acestei secțiuni de capitol este de a evalua aceste proprietăți în funcție de tratamentul termic aplicat lemnului acestor patru specii lemnoase. Este de așteptat ca tratamentul termic să contribuie la creșterea potențialului de utilizare eficientă a materialului lemnos (Salca și Hiziroglu 2014, Salca și Hiziroglu 2014a, 2014b, Salca 2015, Salca și Hiziroglu 2016, Salca 2019, Salca 2023a).

În studiul privind tratamentul termic aplicat lemnului masiv au fost utilizate patru specii lemnoase, și anume: arin negru (*Alnus glutinosa* L.), stejar roșu (*Quercus falcata* Michx.), pin (*Pinus taeda* L.) și arbore lelea (*Liriodendron tulipifera*). Epruvetele de arin negru fără defecte au fost debitate din cherestea fabricată comercial, furnizată de o companie din România, în timp ce epruvetele celorlalte trei specii au fost furnizate de o fabrică de cherestea locală din Oklahoma, SUA. Epruvetele din arin negru au avut dimensiunile de 70x70x16 mm, iar celelalte de 55x38x19 mm (Fig. 1 a). Un total de 25 de epruvete fără defecte au fost debitate din fiecare specie. Toate speciile au fost șlefuite manual cu hârtie abrazivă de granulație 220, prin aplicarea mai multor mișcări ușoare, înainte de a fi tratate termic. Umiditatea tuturor probelor înainte de tratamentul termic a fost de 8%. Pentru experimente au fost testate cinci grupuri de epruvete, fiecare a câte cinci epruvete. Un grup de epruvete netratate a fost păstrat ca grup de control. Pentru tratarea termică s-a folosit o etuvă de laborator. Au fost aplicate două temperaturi, de 120°C și 190°C, timp de 3 și 6 ore. Proprietățile epruvetelor tratate termic au fost evaluate după recondiționarea acestora la 20±20°C și umiditatea relativă de 60±5% pentru 10 zile (Salca și Hiziroglu 2014). Au fost vizate următoarele proprietăți: rugozitatea suprafețelor epruvetelor, duritatea epruvetelor, modificări micro-structurale și de culoare.

Rugozitatea suprafețelor epruvetelor de lemn masiv

Rugozitatea suprafeței lemnului este importantă pentru multe aplicații, aceasta poate fi afectată de diverși factori, cum ar fi lățimea inelului anual, diferențele dintre lemnul juvenil și cel matur, densitate, variația dintre lemnul timpuriu și cel târziu și structura anatomică specifică a lemnului. Rugozitatea suprafeței a fost măsurată înainte și după tratamentul termic. Conform ISO 4287, doi parametri de rugozitate acceptați în literatura de specialitate, și

anume rugozitatea medie/abaterea medie aritmetică (Ra) și înălțimea medie a neregularităților profilului (Rz) au fost utilizați pentru a evalua calitatea suprafeței epruvetelor din lemn (Kasemsiri ș.a. 2012; Salca și Hiziroglu 2014).

Pentru măsurătorile rugozității suprafețelor lemnoase a fost folosit un profilometru cu palpator de tip Hommel T-500 echipat cu vârf de diamant TK-300, cu o rază de 5 micrometri și un unghi la vârf de 90° (Hiziroglu 1996; Salca și Hiziroglu 2014). Au fost efectuate șase măsurători de rugozitate, perpendicular pe fibrele lemnului, la o viteză constantă de 1 mm/s, pe o lungime de trasare de 15 mm, pentru toate epruvetele din cele patru specii lemnoase (Fig. 1b). Profilul tipic de rugozitate al probelor este ilustrat în Fig.2. Dintre cele patru specii de lemn testate în acest studiu, stejarul roșu prezintă cea mai poroasă structură anatomică având cea mai rugoasă suprafață, cu o valoare medie Ra de 9,4 μm. S-a constatat că expunerea probelor de stejar la o temperatură de 190°C timp de 6 ore a dus la o îmbunătățire cu 7,46% a valorilor parametrului de rugozitate Ra, prin comparație cu valorile obținute după o expunere de 3 ore la același nivel de temperatură. O diferență de 10% pentru valorile parametrului Ra a fost înregistrată pentru aceeași specie expusă la o temperatură de 120°C timp de 3 ore, prin comparație cu probele netratate. Priadi și Hiziroglu au obținut o îmbunătățire cu 4,4% a valorilor parametrului Ra în cazul stejarului expus la o temperatură de 130°C timp de 2 ore (Priadi și Hiziroglu 2013). Această observație este în acord cu rezultatele prezentului studiu. Cu toate acestea, toate cele patru specii tratate termic la 190° timp de 6 ore au prezentat suprafețe mai netede. Potrivit altor cercetători, înălțimea medie a neregularităților, Rz, este preferată pentru a caracteriza rugozitatea suprafeței lemnului (Korkut ș.a. 2008). În comparație cu epruvetele netratate, tratamentul termic aplicat la 190°C timp de 3 ore, în cazul stejarului roșu, a produs o reducere cu 6,1% a valorilor rugozității Rz, în timp ce, pentru arinul negru, cea mai mare diferență, de aproximativ 2,6%, a fost observată după 3 ore de tratament termic la nivelul de temperatură de 120°C (Salca și Hiziroglu 2014). Creșterea temperaturii de la 120°C la 190°C, pentru ambii timpi de expunere, a produs diferențe semnificative față de calitatea suprafeței epruvetelor netratate, la un nivel de încredere de 95%, așa cum se arată în Figurile 3 și 4. Calitatea suprafeței epruvetelor tuturor speciilor studiate s-a îmbunătățit odată cu creșterea, atât a temperaturii, cât și a perioadei de expunere la tratament termic (Salca și Hiziroglu 2014).



a



b

Fig. 1. Epruvetele de lemn masiv (a); Profilometru tip Hommel T-500 (b)
(Salca și Hizioglu 2014)

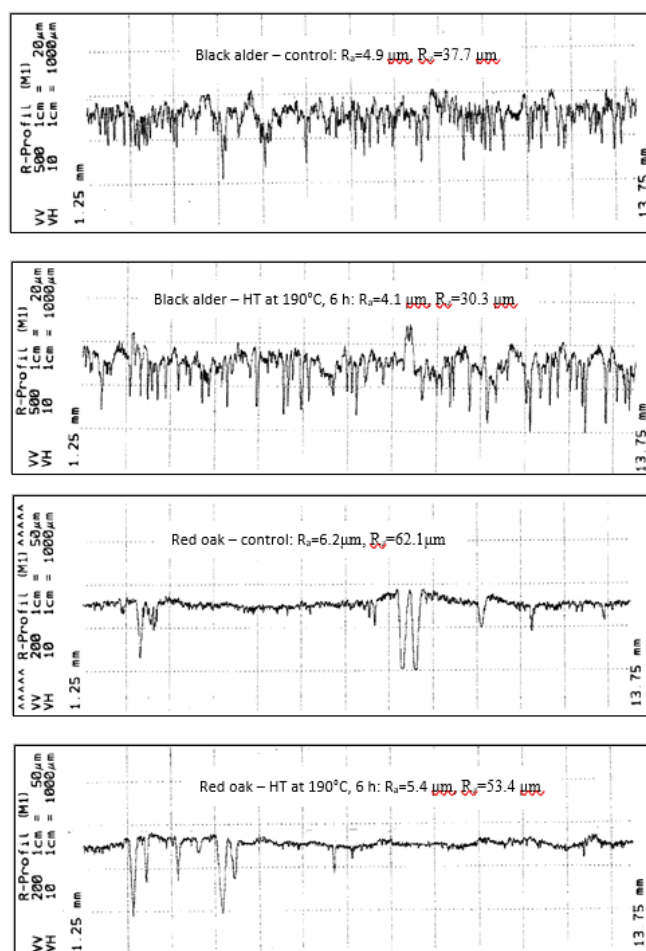


Fig. 2. Profile tipice de rugozitate ale suprafețelor epruvetelor (Salca și Hizioglu 2014)

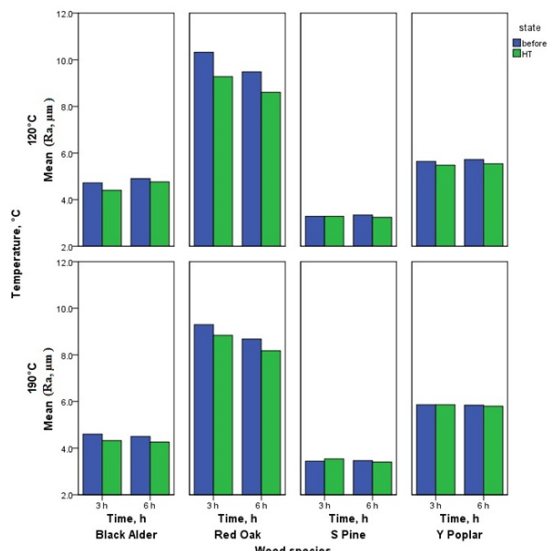


Fig. 3. Variația parametrului Ra de rugozitate în funcție de tratamentul termic (Salca și Hiziroglu 2014)

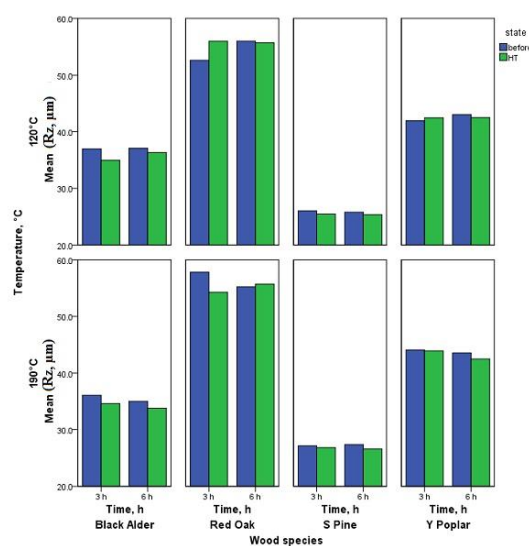


Fig. 4. Variația parametrului Rz de rugozitate în funcție de tratamentul termic (Salca și Hiziroglu 2014)

Duritatea epruvetelor de lemn masiv

Pe lângă avantajele importante ale lemnului tratat termic, o influență adversă a tratamentului asupra proprietăților mecanice ale lemnului este inevitabilă (Gunduz ș.a. 2009; Mikalauskeiene și Juodeikiene 2012). S-a raportat că toate proprietățile mecanice, inclusiv modulul de elasticitate (MOE), rezistența la încovoiere statică (MOR), duritatea Janka și rezistența la compresiune paralelă au scăzut odată cu creșterea temperaturii și a timpului de expunere (Korkut și Guller 2008). Studiile au arătat ca epruvetele din arțar au prezentat o reducere de 50% a valorilor durității după expunere la 180°C timp de 6 ore (Korkut și Guller 2008). Pentru măsurarea durității Janka s-a folosit o mașină universală de testare tip Comten care utilizează o sferă de oțel cu diametrul de 11,28 mm, ce se presează până la jumătate din diametrul său în epruveta lemnoasă, perpendicular pe direcția fibrelor (Fig. 5a). Pentru evaluarea durității Janka s-au efectuat patru măsurători, înregistrate în kg, pe fiecare piesă în parte, pentru cele patru specii (Fig.5b). Duritatea a fost măsurată înainte și după tratamentul termic.

Reducerile cele mai semnificative ale durității datorate tratamentului termic au fost determinate pentru stejarul roșu urmat de arinul negru. După expunerea la o temperatură de 120°C timp de 3 ore, epruvetele de stejar roșu au prezentat o valoare medie a durității cu 18,7% mai mică decât înainte de tratamentul termic. Dar valoarea medie a durității aceleiași specii prin expunere la o temperatură de 190°C timp de 6 ore a fost cu 41,7% mai mică decât cea înregistrată înainte de tratamentul termic. Scăderea valorilor durității probelor a fost mai accentuată odată cu creșterea timpului de expunere la 6 ore. În cazul epruvetelor de arin negru, s-a determinat o scădere lentă a valorilor durității odată cu creșterea temperaturii și a timpului

de expunere. Cea mai mare diferență de duritate înregistrată pentru arinul negru a fost de aproximativ 4,3% la un nivel de temperatură de 120°C aplicat timp de 6 ore, prin comparație cu epruvetele netratate. Temperatura de 190°C a produs o scădere cu 7,9% a durității acestor epruvete, odată cu creșterea timpului de expunere, de la 3 ore la 6 ore. S-au constatat diferențe semnificative între epruvetele de pin și arborele de lalea, înainte și după tratamentul termic, cel mai probabil datorate densității acestora (Salca și Hiziroglu 2014). Fig. 6 ilustrează valorile de duritate ale epruvetelor celor patru specii. Valorile durității obținute pentru epruvetele în studiu au fost similare cu cele determinate într-un studiu anterior (Tasdemir și Hiziroglu 2013). Priadi și Hiziroglu au obținut o reducere de 42,7% a valorilor durității lemnului de stejar, prin expunere la 200°C timp de 8 ore, în timp ce, în cazul pinului, reducerea a fost nesemnificativă (Priadi și Hiziroglu 2013).



a



b

Fig. 5. Echipament de testare a durității tip Comten 95 (a); Exemple de epruvete testate (b) (Salca și Hiziroglu 2014)

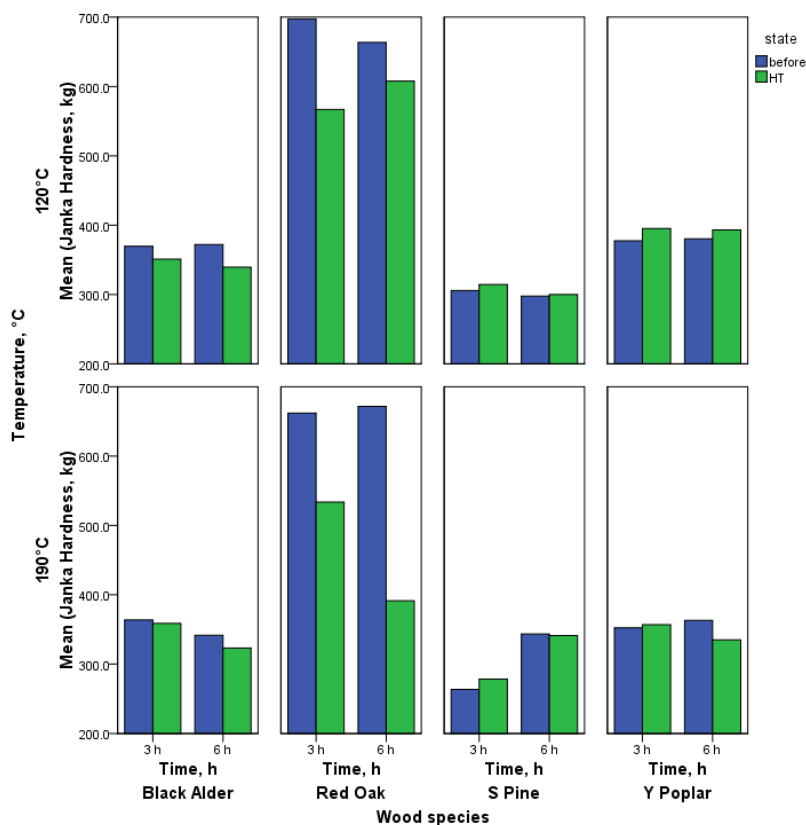


Fig. 6. Variația durității în funcție de tratamentul termic (Salca și Hizirolu 2014)

Modificări micro-structurale

Proprietățile micro-structurale ale lemnului tratat termic evaluate prin microscopia electronică cu scanare (SEM) au fost studiate de către alți cercetători în lucrări anterioare (Huag ș.a. 2013). S-a subliniat că tratamentul termic influențează structura anatomică a lemnului în funcție de specie și de parametrii de tratare utilizați. De exemplu, secțiunea transversală a epruvetelor de cedru tratate termic a prezentat suprafețe mai netede decât epruvetele martor (Kasemsiri ș.a. 2012). Huang (Huang ș.a. 2013) a semnalat că a avut loc o ușoară subțiere a lamelei mijlocii a peretelui celular în cazul epruvetelor de mesteacăn, ca rezultat al tratamentului termic aplicat la niveluri de temperatură de 195 °C și 215 °C, dar un alt studiu a semnalat și un anumit nivel de plasticizare a peretelui celular (Priadi și Hizirolu 2013).

În studiul de față, structura anatomică a epruvetelor celor patru specii a fost investigată prin utilizarea SEM. S-au prelevat probe cu dimensiunile de 3x3x3 mm, atât de pe epruvetele netratate, cât și de pe cele tratate termic. Probele au fost puse în vid și acoperite cu o peliculă subțire de aur folosind un dispozitiv de pulverizare ionică (Fig. 7a), apoi au fost preluate micrografii ale suprafețelor. Figurile 7b și c prezintă micrografii SEM tipice, preluate de pe secțiunile transversale ale epruvetelor de control și ale celor expuse la temperatura de 190 °C

timp de 6 ore, pentru arin negru și stejar roșu. Temperatura ridicată a cauzat o anumită deteriorare a pereților celulelor celor două specii (Salca și Hiziroglu 2014). Rezultatele sunt în concordanță cu cele găsite în literatura de specialitate pentru epruvetele de stejar și sunt susținute și de caracteristicile de duritate ale epruvetelor tratate termic (Priadi și Hiziroglu 2013; Salca și Hiziroglu 2014).

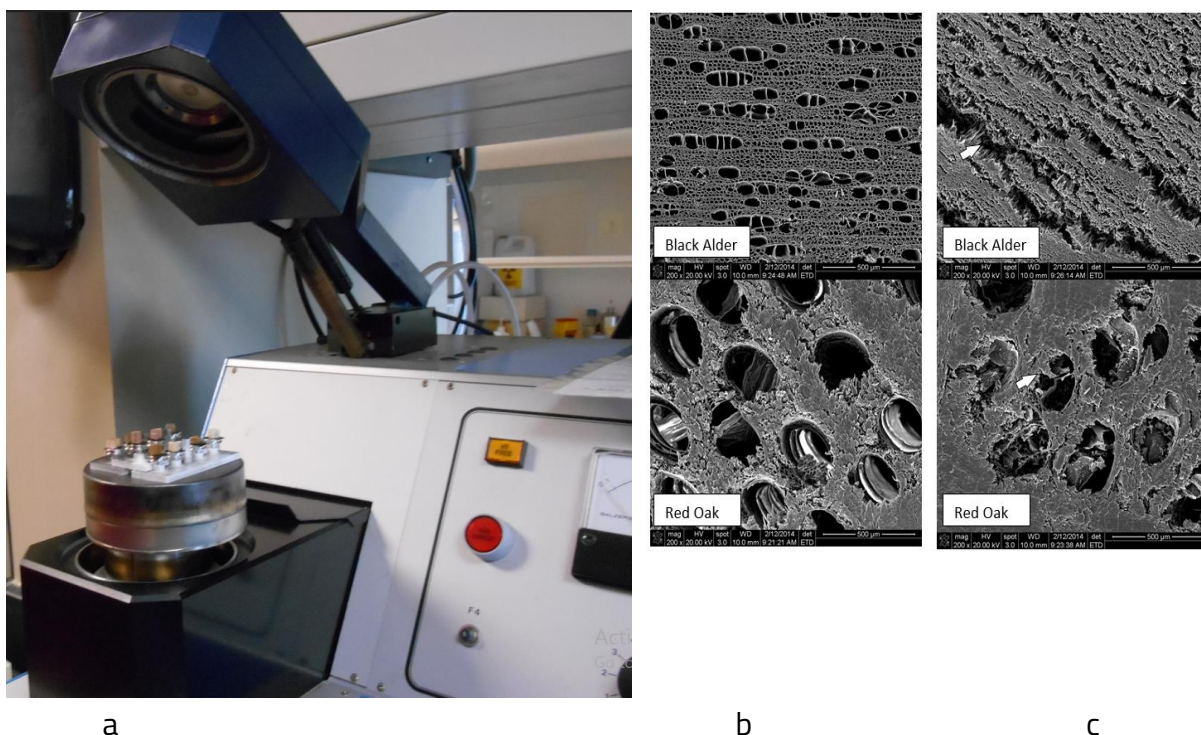


Fig. 7. Dispozitivul de pulverizare ionică (a); Micro-fotografii SEM ale secțiunilor transversale ale epruvetelor (control (b), epruvete tratate termic la 190°C/6 h (c)) (Salca și Hiziroglu 2014)

Modificări de culoare

În timpul tratamentului termic lemnul devine mai închis la culoare datorită modificărilor considerabile ale compoziției sale chimice, cum ar fi degradarea hemicelulozelor, a ligninei și a anumitor compuși extractivi. Schimbarea de culoare a lemnului nu este dorită în timpul uscării, însă sub tratament termic culoarea mai închisă este mult apreciată. Această metodă simplă și ecologică de modificare aplicată lemnului nu provoacă nici o emisie de compuși organici volatili periculoși (Akgul și Korkut 2012). Fig. 8. ilustrează progresul modificărilor de culoare apărute ca urmare a tratamentului termic pentru toate cele patru specii analizate. Cu cât intensitatea tratamentului termic crește, cu atât culoarea lemnului este mai închisă.



Fig. 8. Progresul modificărilor de culoare a epruvetelor lemnoase (Salca și Hizioglu 2014)

Literatura de specialitate oferă date relevante cu privire la modificările de culoare ale lemnului datorate tratamentului termic. Lemnul de cedru japonez a fost expus la temperaturi de până la 150°C timp de 6 până la 72 de ore, pentru a determina schimbările de culoare și durabilitatea speciei (Momohara ș.a. 2003). Epruvetele de arin roșu au fost expuse la temperaturi de la 30 până la 90°C timp de 8 până la 72 de ore, pentru a stabili regimul optim care poate influența culoarea speciei (Thompson ș.a. 2005). Johansson a prezis rezistența mecanică folosindu-se de modificările de culoare în cazul speciilor de lemn de mesteacăn, molid și pin după tratamentul termic cu ThermoWood (Johansson 2008). Culoarea lemnului de păr sălbatic a fost evaluată de Gunduz în urma tratamentului termic aplicat la nivelurile de temperatură de 160, 180, 200°C timp de 3, 5 și 7 ore (Gunduz ș.a. 2009). Tratamentul termic aplicat alburnului și duramenului de fag, la temperaturi de 170, 190, 200°C timp de 4 ore, a diminuat proprietățile lemnului dar a egalizat culoarea epruvetelor (Todorovic ș.a. 2012). Lemnul de fag tratat termic la 180°C și 200°C timp de 2, 3 și 4 ore suferă, în general, o ușoară schimbare de culoare atunci când este expus la lumină vizibilă (Matsuo ș.a. 2014). Tratamentul termic al arinului negru la temperaturi de aproximativ 120 până la 200°C timp de 2 până la 10 ore a întârziat schimbarea culorii cauzată de expunerea la factorii de mediu (Yildiz ș.a. 2011).

1.3. Cercetări experimentale privind influența tratamentului termic asupra proprietăților furnirelor din diferite specii lemnoase

Literatura de specialitate oferă puține informații referitoare la modificarea furnirelor diferitelor specii lemnoase prin tratament termic. Datorită grosimii lor mici, furnirele au nevoie de un timp mai scurt de expunere la temperaturi înalte, cuprinse între 180-200 °C, în timpul procesului lor de termo-densificare (Denes și Lang 2013; Bekhta ș.a. 2014). Un astfel de proces, atunci când este aplicat pe lemn masiv, este un proces mai prelungit (Bekhta ș.a. 2014). S-a constatat că procesul de densificare aplicat furnirelor pentru un timp mai scurt a afectat suprafețele acestora, în special prin schimbările de culoare (Bekhta ș.a. 2014). Culoarea închisă a furnirelor poate masca cu ușurință unele pete și alte decolorări de pe suprafața acestora. Diverse procedee, cum ar fi băițuirea și lăcuirea, care implică în principal substanțe chimice, pot fi omise atunci când se utilizează tratamentul termic ca alternativă ecologică, pentru a obține furnire de culoare închisă pentru fabricarea mobilei. Furnirele tratate termic pot fi aplicate cu succes ca material decorativ pentru suprafețele compozitelor utilizate în fabricarea mobilei (Murata ș.a. 2013).

Obiectivul acestei cercetări a fost de a evalua modificările de culoare de pe suprafețele furnirelor de arin negru, fag și chiparos japonez, în urma aplicării unui tratament termic de scurtă durată, prin utilizarea tehnicii colorimetriei CIELab și spectroscopiei NIR (Salca 2015, Salca ș.a. 2015, 2016, 2016a, 2018, 2019, Kobori ș.a. 2015). Măsurarea culorii și spectroscopia vibrațională sunt metode de evaluare nedistructive, rapide și cu costuri reduse, utilizate pentru măsurarea materialelor organice (Esteves și Pereira 2008; Gonzaes-Pena și Hale 2009b; Sandak ș.a. 2010; Schwanninger ș.a. 2011; Tsuchikawa și Kobori 2015). Arinul negru este o resursă lemnoasă mai puțin valoroasă, dar o specie cu creștere rapidă, în timp ce fagul reprezintă una dintre cele mai răspândite specii de lemn în industria lemnului din România. Chiparosul japonez este o specie originară din centrul Japoniei. Este considerată una dintre cele mai elegante specii lemnoase din Japonia, folosită încă din cele mai vechi timpuri pentru palate, temple și altare (MAFF 2017). Cel mai bun exemplu este templul Horyuji din Nara, din a doua jumătate a secolului al VII-lea, fiind cea mai veche structură din lemn din lume. Atunci când este aplicat unor astfel de specii de furnir, tratamentul termic ar putea, prin urmare, să îmbunătățească utilizarea acestora în fabricarea de mobilier, ca alternativă la speciile tropicale scumpe, dar și pentru a obține diferite niveluri de îmbătrânire accelerată a furnirelor, cu aplicații în restaurare (Yokoyama ș.a. 2006).

Pentru acest studiu au fost utilizate foi de furnir fără defecte, debitate industrial din două specii autohtone, respectiv arin negru (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) și fag (*Fagus sylvatica* L.) și din chiparos japonez, denumit popular Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa* Endl.). S-au utilizat

câte 20 de epruvete de furnir pentru fiecare specie, cu dimensiunile de 70x70x0,5 mm (Fig. 9a). Înainte de tratamentul termic, toate epruvetele au fost condiționate timp de o săptămână la 20°C și 60% RH (Fig. 9b). Pentru determinarea umidității epruvetelor s-a utilizat balanța de tip FD-720 Infrared Moisture Determination Balance (Fig. 9c). Umiditatea furnirelor destinate experimentului a fost de 7,5%. Au fost pregătite cinci grupuri, fiecare cu patru epruvete. Un grup a fost păstrat ca referință, în timp ce celelalte au fost supuse unui tratament termic într-o etuvă de laborator, la temperatura de 190°C pentru 5, 10, 20 și 40 de minute (Salca ș.a. 2016).

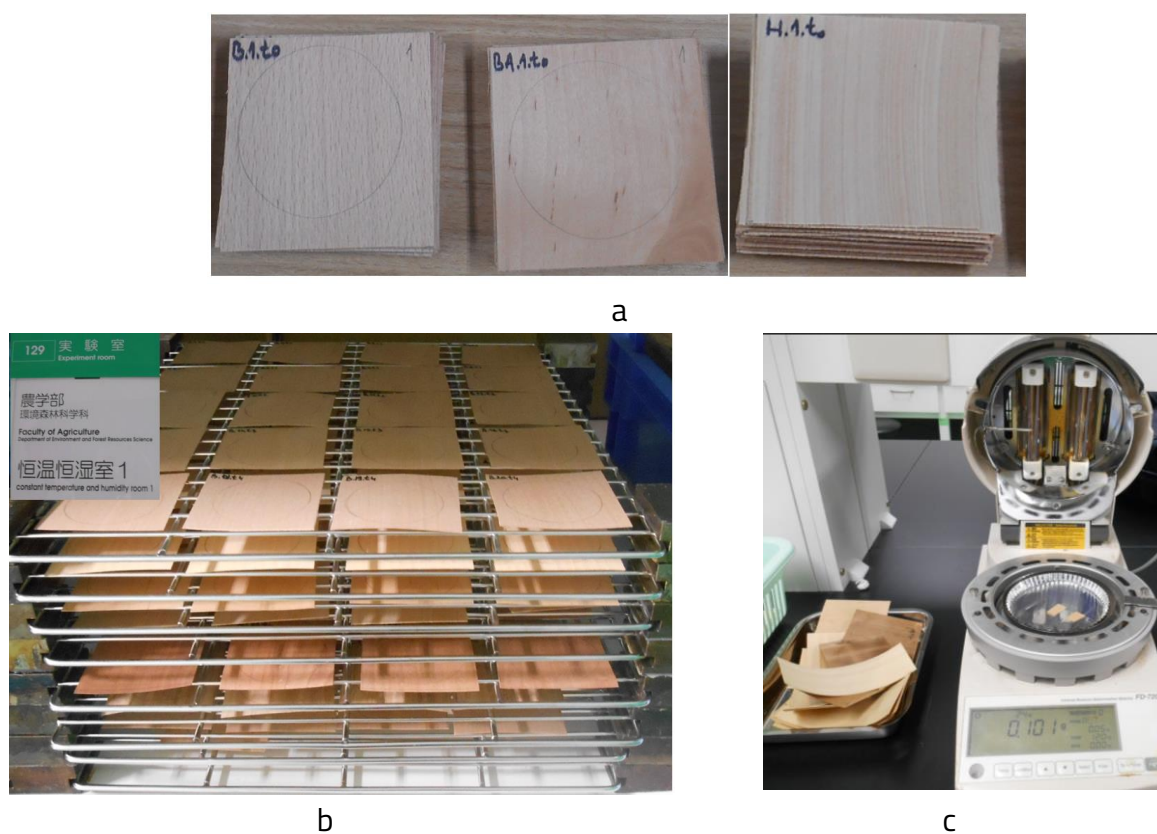


Fig. 9. Epruvetele de furnir pregătite de testare (a); Condiționarea epruvetelor (b); FD-720 Infrared Moisture Determination Balance (c)

Modificările de culoare la suprafața furnirelor

Când lemnul este expus la temperatură, culoarea acestuia se schimbă în galben, maro, roșu sau gri. Indiferent de specie, închiderea la culoare a lemnului tratat termic depinde de regimul de tratare. Pe baza observațiilor vizuale, culoarea suprafeței epruvetelor tratate termic s-a modificat devenind mai închisă odată cu creșterea timpului de expunere. În acest studiu, pentru măsurătorile de culoare a fost utilizat un dispozitiv Chroma Meter Konika Minolta CR-400 (Fig. 10a). Pentru fiecare probă au fost efectuate trei măsurători de culoare în zone alese aleatoriu, conform standardului ISO 7724-2. Sistemul CIELab a fost utilizat pentru evaluarea

culorii (McLaren 1976). Coordonatele de culoare L^* , a^* și b^* au fost determinate atât pentru grupul de control, cât și pentru epruvetele tratate termic. În continuare, s-au calculat diferențele de culoare (ΔL^* , Δa^* și Δb^*) și apoi modificarea totală a culorii ΔE^* , conform următoarelor relații:

$$\Delta L^* = L^*_E - L^*_i \quad (1)$$

$$\Delta a^* = a^*_E - a^*_i \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_E - b^*_i \quad (3)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

unde: L^* este gradul de luminozitate; a^* – gradul de roșu și verde; b^* – gradul de galben și albastru, iar indicii E și i indică valorile pentru epruvetele expuse la tratament și cele de referință.

Schimbările de culoare ale suprafeței furnirelor de arin negru și fag, după diferite durate de tratare termică, sunt prezentate în Fig. 10b. Modificările de culoare datorate tratamentului termic au fost investigate utilizând spațiul de culoare CIE Lab. S-a observat o scădere a luminozității L^* cu o tendință similară pentru ambele specii studiate.

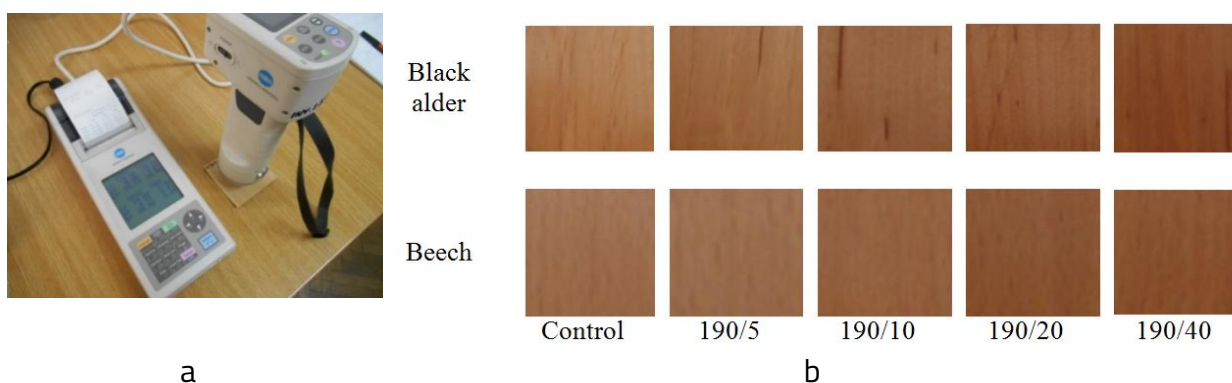


Fig. 10. Chroma Meter Konika Minolta CR 400 (a); Progresul modificărilor de culoare pentru furnirele de arin și fag în funcție de tratamentul termic (b) ($T^{\circ}\text{C}/\text{min}$) (Salca ș.a. 2016)

Valorile luminozității L^* au scăzut în primele 10 minute de expunere la 190°C . Ulterior, culoarea generală a devenit mai închisă pe măsură ce timpul de tratare a crescut până la 40 de minute. Modificarea luminozității a fost mai pronunțată la arinul negru decât la furnirele de fag. O astfel de închidere a culorii, dar într-o proporție mai mică, a fost raportată și pentru furnirele de mesteacăn, arin și pin în timpul procesului de termo-densificare, aplicat 4 minute la o temperatură de 200°C și o presiune cuprinsă între 4 și 12 MPa, în timp ce aproape nici o modificare nu a apărut în cazul furnirelor de fag tratate identic (Bekhta ș.a. 2014). Furnirele de

stejar supuse tratamentului termic la 200 °C timp de 10, 20 și 30 de minute au prezentat, de asemenea, o închidere semnificativă a culorii în comparație cu tratamentul prin presare (Denes și Lang 2013). Unele proprietăți ale lemnului pot fi prezise folosind valorile de luminozitate, cum ar fi umflarea, umiditatea de echilibru, rezistența la putrezire și rezistența la încovoiere statică (MOR) (Gonzales-Pena și Hale 2009b; Todorovic ș.a. 2012; Guo ș.a.2014). Procesul de închidere a culorii se datorează modificărilor care au loc în substanțele extractibile, lignină și hemiceluloză. Acest comportament este întotdeauna însoțit de o reducere a luminozității suprafeței epruvetelor. Studiile anterioare au raportat că scăderea luminozității a fost cauzată de o scădere a conținutului de hemiceluloză, în special a pentozanelor (Bekhta și Niemz 2003; Gonzales-Pena și Hale 2009a; Sandoval-Torres ș.a. 2010). Substanțele extractibile conferă fiecărei specii lemnoase o culoare specifică, exprimată prin doi parametri cromatici, și anume a^* și b^* . De fapt, componenta de roșu a lemnului este asociată cu conținutul substanțelor extractibile din lemn. Fig. 11 arată că, pentru ambele specii, coordonatele de culoare, a^* și b^* , au respectat aproape aceeași tendință de variație odată cu scăderea luminozității. Coordonata de roșu, a^* , a crescut gradual pentru fiecare interval de expunere, în timpul tratamentului termic, pentru ambele specii investigate.

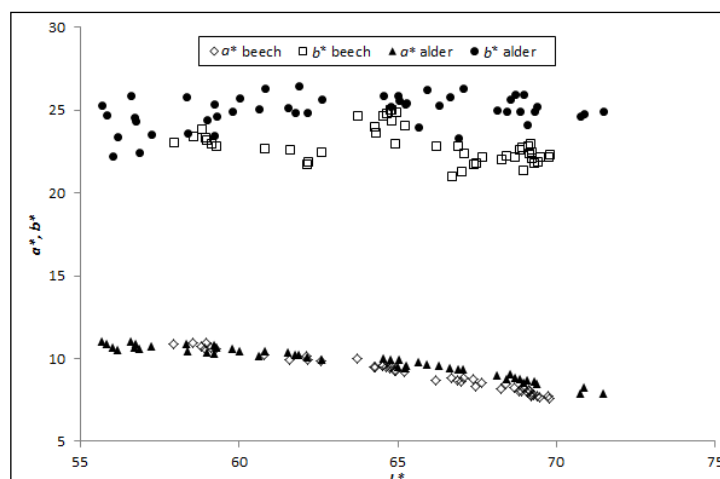


Fig.11. Relația dintre coordonatele de culoare a^* , b^* și L^* măsurate pentru furnirele de arin și fag tratate termic (Salca ș.a. 2016)

Furnirele de arin negru s-au înroșit mai mult decât cele de fag, pe măsură ce durata procesului de tratare a crescut la 20 de minute. La sfârșitul tratamentului ambele specii de furnir au înregistrat aproape aceleași valori cromatice ale gradului de roșu-verde ($a^*=10,67$ pentru arin negru și $a^*=10,45$ pentru fag). Bekhta a determinat că furnirele de fag au prezentat o tendință de înroșire, în timp ce furnirele de arin au primit o tentă de verde în timpul procesului de densificare la 200 °C (Bekhta ș.a. 2014). Pe de altă parte, este bine cunoscut faptul că, speciile din genul *Alnus*, prin expunere la aer, își schimbă culoarea de la roz deschis la roșu/portocaliu,

aceasta fiind generată de reacțiile Maillard, dintre zaharurile și aminoacizii/proteinele din lemn (Salca ș.a. 2016). Prin urmare, s-a sugerat că modificarea termică a culorii la arinul roșu implică anumite reacții care produc grupări cromoforice portocalii/roșii în lemn. Componenta de culoare galbenă a lemnului este influențată în special de reacțiile fotochimice ale ligninei. De asemenea, derivații de lignină, cum ar fi chinonele și stilbenele generează procesul de îngălbenire (Yazaki ș.a. 1994). Au fost observate variații diferite ale gradului de galben-albastru b^* pentru ambele specii de lemn. În cazul furnirelor de arin negru, modificarea culorii pentru coordonata b^* a respectat o tendință liniară de scădere în primele 10 minute de expunere, în timp ce, pentru furnirele de fag, s-a observat o creștere a coordonatei de galben în primele 5 minute de expunere. Următoarele 5 minute de expunere nu au afectat coordonata de galben pentru furnirele de fag. Situația s-a schimbat după aceea și pentru ambele specii a fost înregistrată o creștere a coordonatei de galben la 20 de minute de expunere. În acest moment, progresul în modificarea culorii sugerează o culoare portocaliu închis, având în vedere valorile cromatice ale culorii exprimate prin coordonatele a^* și b^* . O tendință de scădere a coordonatei de galben a fost observată în ultimul interval de expunere, pentru ambele specii. Bekhta a menționat o evoluție similară a componentei de galben pentru furnirele termo-densificate (Bekhta ș.a. 2014). Creșteri și scăderi similare ale coordonatelor de culoare a^* și b^* au fost raportate și pentru alte specii lemnoase, precum molid, pin, stejar, plop, mesteacăn, sugi, keyaki și salcâm, pentru diferite condiții de tratament termic (Bekhta și Niemz 2003; Denes și Lang 2013; Guo ș.a. 2014; Matsuo ș.a. 2014). Diferențele parțiale de culoare ΔL^* , Δa^* și Δb^* și diferențele totale de culoare ΔE^* au depins de condițiile de tratare. Pentru ambele specii investigate, diferența de luminozitate ΔL^* a scăzut odată cu creșterea timpului de expunere. Cea mai mare valoare absolută a diferenței de luminozitate ΔL^* a fost determinată după cea mai mare expunere, de 40 de minute, pentru furnirele de arin negru ($\Delta L^* = -13,76$ pentru arin negru și $\Delta L^* = -10,40$ pentru fag). S-au observat diferențe cromatice importante pentru variația componentei de roșu în cazul furnirelor de fag ($\Delta a^* = 2,84$), în comparație cu cele de arin negru ($\Delta a^* = 2,25$) după 40 de minute de expunere. O corelație strânsă (Pearson) între Δa^* și conținutul de lignină a fost menționată pentru fag tratat termic, iar cea mai mică corelație între diferențele parțiale de culoare și modificările chimice a fost semnalată pentru celuloză (Gonzales-Pena și Hale 2009a). Diferențele parțiale cromatice ale coordonatei de galben, înregistrate la 20 de minute de expunere, au prezentat cea mai mare valoare pentru furnirele de fag ($\Delta b^* = 2,92$). Pentru ambele specii, cele mai mari modificări ale diferențelor totale de culoare ΔE^* au fost observate la sfârșitul tratamentului. S-a raportat că modificările parametrilor L^* și ΔE^* în cazul epruvetelor de hinoki au fost similare cu cele ale celulozei în timpul tratamentului termic la 180°C. Grupările carbonil din lanțurile de celuloză și formarea de substanțe cu masă moleculară scăzută (tip furan) au fost estimate ca fiind responsabile pentru modificările de culoare (Matsuo ș.a. 2012). Modificările totale de culoare în lemnul

modificat termic provin din modificările chimice, mai mult în lignină decât în polizaharide, datorită închiderii culorii ligninei, care este asociată cu generarea grupărilor cromoforice (Gonzales-Pena și Hale 2009a). Reprezentarea 3D a coordonatelor de culoare înregistrate pentru furnirele de hinoki, înainte și după tratamentul termic, precum și modificările parțiale și totale de culoare sunt prezentate în Fig. 12 și respectiv Fig. 13 (Salca ș.a. 2019). Luminozitatea (L^*) a scăzut sistematic și gradual odată cu creșterea timpului de expunere, în timp ce coordonatele a^* și b^* au prezentat mici variații. Aceste rezultate sunt în concordanță cu literatura de specialitate (Matsuo ș.a.2010; Matsuo ș.a. 2011). Interpretări similare au fost raportate și pentru alte specii lemnoase sub tratament termic (Bekhta și Niemz 2003; Gonzales-Pena și Hale 2009a; Matsuo ș.a. 2014; Denes și Lang 2013).

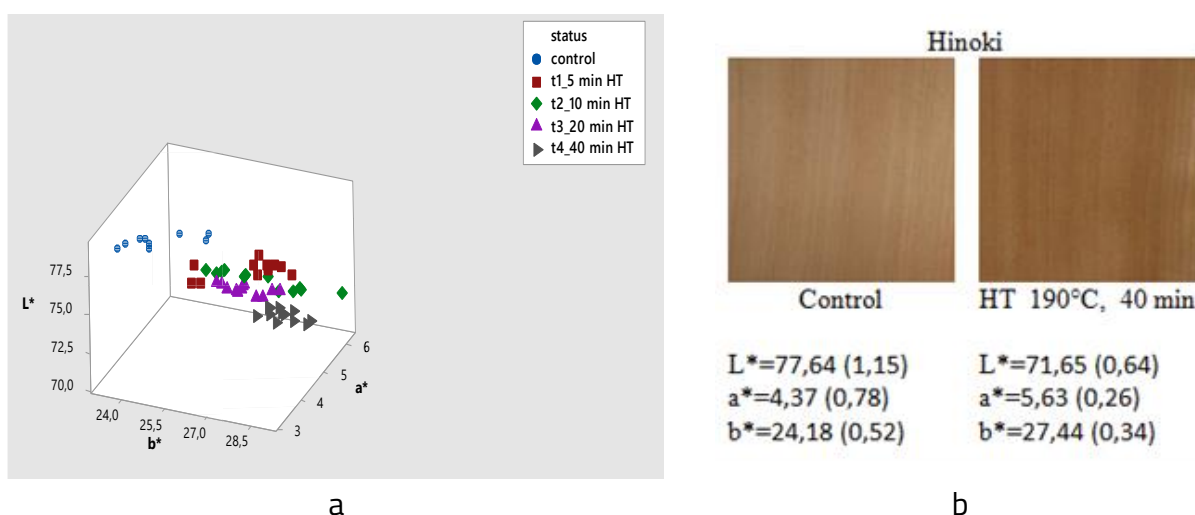


Fig. 12. Reprezentarea 3D a coordonatelor de culoare ale furnirelor de hinoki înainte și după tratamentul termic (a); Culoarea furnirelor de hinoki (b) (Salca ș.a. 2019)

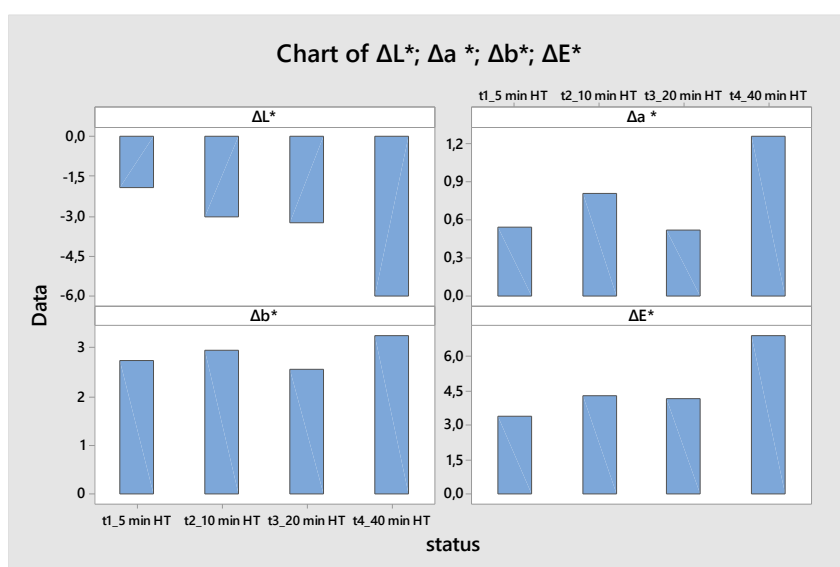


Fig. 13. Modificările de culoare parțiale și totale ale furnirelor de hinoki după tratamentul termic (Salca ș.a. 2019)

Spectrofotometrie cu NIR

Pe lângă măsurarea culorii în CIELab, spectroscopia NIR oferă multiple avantaje și permite predicții ale proprietăților lemnului (Esteves și Pereira 2008). Spectrul NIR al lemnului tratat termic oferă informații despre amploarea procesului și despre proprietățile și utilizările relevante ale lemnului. Prin urmare, tehnica NIR este un instrument puternic utilizat pentru a determina compoziția chimică și pentru a detecta proprietățile fizice, mecanice și anatomice ale materialelor lemnoase (Tsuchikawa și Kobori 2015). Schwanninger și colab. prezintă majoritatea benzilor de absorbție pentru lemn în regiunea NIR (Schwanninger ș.a. 2011). Esteves și Pereira au demonstrat că NIR ar putea pronostica mai mulți parametri, inclusiv parametrii CIELab și stabilitatea dimensională, pentru lemnul tratat termic de pin și eucalipt (Esteves și Pereira 2008). Gonzalez și Hale au arătat că, proprietățile fizice ale epruvetelor de mici dimensiuni de lemn tratat termic pot fi precise prin măsurarea în spațiul de culoare CIELab (Gonzales-Pena și Hale 2009b). Conform lui Sandak, conținutul de celuloză și lignină al lemnului arheologic de stejar a fost pronosticat cu succes prin spectre NIR cu ajutorul analizei de regresie parțială a celor mai mici pătrate (PLSR) (Sandak ș.a. 2010). S-a constatat că astfel de metode pot fi integrate în liniile de producție din industria lemnului, dar și pentru lemnul tratat termic, ca instrument de evaluare a calității lemnului.

În acest studiu, spectrele au fost obținute de pe suprafața furnirelor utilizând un spectrofotometru cu transformare Fourier în infraroșu apropiat (FT-NIR) de tipul MatrixF-Bruker Optics (Fig. 14 a, b.). Spectrele NIR au fost măsurate în domeniul lungimilor de undă între $10.000-4.000\text{ cm}^{-1}$ cu un interval de $3,85\text{ cm}^{-1}$ și o rezoluția spectrală de 8 cm^{-1} . Au fost efectuate câte trei măsurători FT-NIR pe fiecare probă, în zone selectate aleatoriu, într-o cameră climatică. Fiecare spectru a fost realizat ca o medie de 32 de scanări. Benzile de absorbție au fost atribuite după Schwanninger (Schwanninger ș.a. 2011).

Analiza, prelucrarea și interpretarea datelor înregistrate au fost efectuate de către colaboratorii de la Nagoya University, specializați pe acest domeniu (Salca ș.a. 2016): cea de-a doua derivată a fost calculată prin derivată gap-segment (segment=7, gap=3 puncte) pentru a elimina devierea liniei de bază și a separa suprapunerea vârfurilor de absorbție; PLSR a fost apoi aplicat pentru a construi modelele predictive pentru valorile L^* , a^* , b^* ; fiecare variabilă a fost centrată ca medie și numărul maxim de variabile latente (LV) a fost setat la cinci; o parte din seturile de date au fost selectate aleatoriu ca set de calibrare, iar datele rămase au fost utilizate pentru validarea setului de testare; numărul optim de LV a fost determinat acolo unde s-a obținut eroarea standard minimă de validare (SEV); datele au fost prelucrate cu Matlab R2014a.

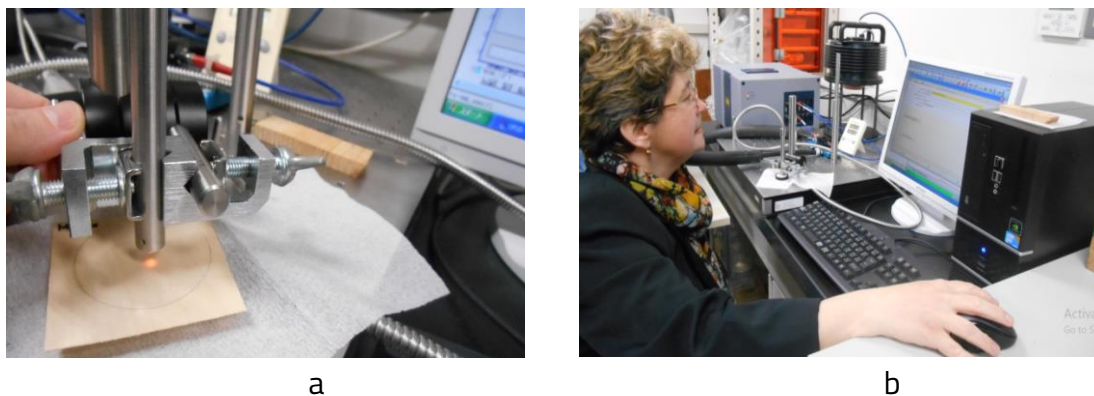


Fig. 14. Matrix-F Bruker Optics spectrofotometer (Salca ș.a. 2016)

Furnirele de arin negru și fag tratate termic la 190°C au fost comparate cu epruvetele martor. Modificările benzilor de absorbție au fost analizate în raport cu creșterea expunerii la temperatură. Modificări chimice datorate tratamentului termic au avut loc pentru ambele specii de lemn studiate. Fig. 15 prezintă spectrele celei de-a doua derivate FT-NIR ale furnirelor de arin negru pentru diferite expuneri la temperatură. Hemicelulozele (banda 1725nm) au fost în mare parte afectate de tratamentul termic pe măsură ce expunerea s-a prelungit. Reprezintă primul *overtone* al vibrațiilor C-H și este legat de degradarea hemicelulozei (Schwanninger ș.a. 2004). Efectul expunerii termice asupra foioaselor tari este asociat cu conținutul lor mai mare de acetil și hemiceluloză (Hill 2006). Celuloza cristalină (1552nm și 1589nm) a fost mai ușor afectată prin comparație cu regiunile amorfe ale celulozei (1428nm). S-a observat o rezistență mai mare la expunerea la temperatură a celulozei în comparație cu hemiceluloza. Esteves și Pereira au raportat că rata glucozei a crescut datorită degradării hemicelulozei (Esteves și Pereira 2009). Au fost observate unele schimbări și modificări în cazul ligninei (bandă 1673nm). La foioase lignina are unități de *guaiacil și siringil*, este mai puțin stabilă decât lignina coniferelor, care conține în principal unități de guaiacil (Sandak ș.a. 2010). Conținutul de lignină a crescut odată cu creșterea expunerii la temperatură. O astfel de creștere aparentă a conținutului de lignină este legată de efectul reacțiilor de policondensare cu alte componente din peretele celular (Hill 2006). Pentru ambele specii de lemn investigate aici s-au observat modificări ale absorbției pentru hemiceluloză (1350nm , 1725nm , 2139nm), celuloză (1368nm , 1428nm , 1589nm , 1788nm , 2081nm) și lignină (1673nm , 1672nm). În ceea ce privește corelația dintre spectre, expunerea la temperatură și coordonatele CIELab, s-a observat că cea mai mare variație spectrală la absorbție este datorată apei (1919nm) și hemicelulozei (2139nm). Analiza PLSR a fost utilizată pentru a pronostica și exprima coordonatele de culoare, modelul fiind prezentat în Tabelul 2. Modelele de predicție obținute pentru luminozitatea L^* (Fig. 16) și gradul de roșu-verde, a^* , au arătat o acuratețe adecvată, coordonata de galben neputând fi pronosticată. S-au obținut coeficienți mai buni pentru furnirele de arin negru (Tabelul 3). În cazul predicției coordonatei de galben,

epruvetele au fost separate în două grupe, și anume: martor și tratate termic. Acest lucru indică faptul că există o mare diferență între spectrele epruvetelor netratate și cele tratate termic, în timp ce timpul de expunere la tratament nu a produs diferențe esențiale în rezultate. Pentru ambele specii lemnoase, cea mai mare valoare absolută a coeficienților LV1 și LV2 a fost observată la 1928nm, respectiv 1916nm, puncte apropiate de absorbția apei. Acest lucru s-ar putea datora relației indirecte dintre umiditate și luminozitate L^* . Pe baza proprietăților higroscopice ale lemnului, umiditatea de echilibru scade odată cu creșterea expunerii la tratament termic. Există multe lungimi de undă suplimentare legate de lignină care au contribuit la predicția luminozității L^* (Salca ș.a. 2016). Pentru ambele specii de lemn, încărcarea LV3 la 2272 nm, care este atribuită ligninei, a arătat aproape aceeași valoare negativă. În plus, în cazul arinului negru, încărcarea LV2 la 1723 nm, care este atribuită hemicelulozei, a arătat o valoare relativ mare în regiunea cu lungime de undă mai scurtă, în timp ce cea pentru fag nu a prezentat nici o valoare semnificativă. Modificările celulozei datorate tratamentului termic au efecte asupra luminozității L^* a epruvetelor și diferă între speciile lemnoase. Rezultatele pot ajuta la clarificarea relației dintre culoare și modificările componentelor chimice. Tratamentul termic aplicat furnirelor din specii lemnoase sub-utilizate ar putea, prin urmare, extinde utilizarea acestora (Salca ș.a. 2016).

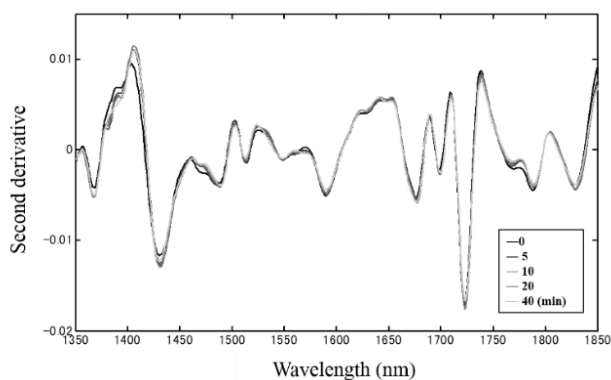


Fig.15. Spectrul derivatei a doua pentru furnirele de arin în funcție de tratamentul termic– detaliu (Salca ș.a. 2016)

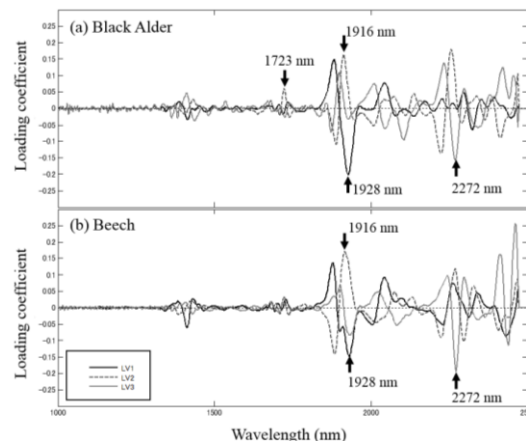


Fig.16. Încărcările pentru primele trei componente ale PLSR pentru modelele de pronosticare a luminozității L^* (Salca ș.a. 2016)

Tabelul 3. Modelul PLSR (Salca ș.a. 2016)

Specia	Obiectiv	LV	R_c^2	R_v^2	SEC	SEV	RPD
Arin negru	L^*	5	0.94	0.79	1.30	2.02	2.34
	a^*	5	0.90	0.68	0.30	0.43	1.92
	b^*	2	0.22	0.22	0.88	0.85	0.98
Fag	L^*	5	0.85	0.71	1.35	2.00	2.01
	a^*	5	0.82	0.75	0.42	0.51	2.15
	b^*	2	0.22	0.47	0.88	0.74	1.48

LV= Numărul variabilelor latente; R_c^2 =Coeficient pentru calibrare; R_v^2 =Coeficient pentru validarea setului de testare; SEC=Eroare standard pentru calibrare; SEV=Eroare standard pentru validarea setului de testare; RPD= performanță (SD/SEV)

1.4. Concluzii

Tratamentul termic a influențat duritatea epruvetelor de lemn masiv. Valorile durității epruvetelor au scăzut odată cu creșterea expunerii și a temperaturii tratamentului termic. Aceste modificări pot fi legate de deteriorarea structurii peretelui celular după tratamentul termic. Se pare că pierderile de rezistență pot fi limitate prin tehnici alternative de tratament termic modificat. Pe de altă parte, calitatea suprafeței epruvetelor de lemn din toate speciile studiate a fost îmbunătățită ca urmare a tratamentului termic. Fiecare specie are un progres specific al modificărilor de culoare în urma tratamentului termic. Schimbările de culoare au fost cauzate, în principal, de reducerea luminozității, legată de degradarea hemicelulozei în timpul tratamentului termic. S-a constatat că furnirele de arin negru și-au modificat culoarea mult mai mult decât cele de fag în aceleași condiții de tratament.

Mai mult, modelele de predicție prin NIR pentru coordonatele de culoare, cu precădere luminozitatea și coordonata de roșu, au arătat acuratețea predicției. Speciile lemnoase cu valoare comercială redusă, în urma tratamentului termic, pot fi utilizate eficient în domeniile în care anterior aveau potențial redus de utilizare. Prin urmare, un astfel de tratament termic merită a fi considerat potrivit și aplicat pentru îmbunătățirea calității suprafeței lemnului, cu aplicații la mobilier, acolo unde suprafețele netede sunt ideale (Zheng ș.a. 2023; Chotikhun ș.a. 2023). Rezultatele acestui studiu au relevat faptul că tratamentul termic poate contribui la creșterea potențialului de utilizare eficientă a materialului lemnos, atât la fabricarea mobilei, cât și în lucrările de restaurare.

Diseminare rezultate

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: 1 capitol de carte, 3 articole ISI, 9 lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale

Capitol de carte

5. **SALCA E.A.** (2023). Effects of Heat Treatment Applied to Wood and Veneers of Various Wood Species. Book Chapter in *Advanced Research in Biological Science*, Vol.2, p.74-101, ISBN 978-81-19491-40-7 (print), ISBN 978-81-19491-41-4 (ebook), **BP INTERNATIONAL (BOOKPI)**. DOI: 10.9734/bpi/arbs/v2/6189C.
 - Capitolul este indexat in Google scholar

Articole ISI

13. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2014). Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment, **Materials and Design**, 62, 416-423. DOI: 10.1016/j.matdes.2014.05.029.
 - Articolul are IF 3.171/2014
 - Articolul are 64 citări în Web of science
14. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., INAGAKI, T., KOJIMA, Y., SUZUKI, S. (2016). Effect of heat treatment on colour changes of black alder and beech veneers, **Journal of Wood Science**, 62(4), 297-304. DOI:10.1007/s10086-016-1558-3.
 - Articolul are IF 1.268/2016
 - Articolul are 30 citări în Web of science
15. **SALCA, E.A.** (2019). Black Alder (*Alnus glutinosa* L.) – A resource for value-added products in furniture industry under European screening, **Current Forestry Reports**, 5(1), 41-54. DOI: 10.1007/s40725-019-00086-3.
 - Articolul are IF 4.972/2019
 - Articolul are 15 citări în Web of science

Lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale

18. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2014a). Effect of heat treatment on surface roughness and hardness of black alder (*Alnus glutinosa* L.) wood. In: Book of Abstracts/Proceedings of ECWM7 Lisbon, Portugal, 10-12 March 2014, ISBN 978-972-49-2267-6, p.53.
19. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2014b). Evaluation of hardness and roughness of heat treated wood species. In: Book of Abstracts of Final COST Action FP0904 Conference, Skelleftea, Sweden, 19-21 May 2014, ISBN 978-91-7439-0, p.38-39.

20. **SALCA, E.A.** (2015). Overview upon discolorations caused by heat treatment applied to different assortments of black alder. In: Book of Abstracts of the Final COST FP1006 meeting "Advances in modified and functional bio-based surfaces" at the Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece, 7-9 April 2015, p. 81-83.
21. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., INAGAKI, T., KOJIMA, Y., SUZUKI, S. (2015). Evaluation of heat-treated veneers of various wood species. In: Proceedings of ECWM8, Helsinki, Finland, 26-27 October 2015, p.83-87.
22. KOBORI, H., **SALCA, E.A.**, INAGACHI, T., KOJIMA, Y., SUZUKI, S. (2015). Investigation of heat treatment on wood veneers by NIR spectroscopy. Poster presented at the 17th International Conference on Near Infrared Spectroscopy NIR 2015, Foz do iguassu, Brasil, 18-23 October 2015.
23. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., INAGAKI, T., SUZUKI, S., HIZIROGLU, S. (2016a). Evaluation of heat-treated black alder wood by FT-NIR. In: Book of Abstracts of the 2nd edition Workshop NIR & WOOD – SOUNDS GOOD! Application of NIR spectroscopy in wood science and technology, San Michele all'Adige (TN), Italy, 19-21 April 2016, ISBN 978-88-941153-0-7 p.51-52.
24. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2016). Evaluation of hardness and of heat treated yellow poplar wood. In: Book of Abstracts of the COST Action FP1407 2nd Conference „Innovative production technologies and increased wood products recycling and reuse”, Brno, Czech Republic, 29-30 September 2016, ISBN 978-80-7509-429-2, p.85-86.
25. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., INAGACHI, T., SUZUKI, S. (2018). Study on colour of heat-treated wood veneers. In: Proceedings of The 61st International Convention of Society of Wood Science and Technology and Japan Wood Research Society, November 5-9, 2018 – Nagoya, Japan, ISBN 978-0-981-7876-8-8, p.656-659.
26. **SALCA, E.A.**, KOBORI, H., SUZUKI, S., SAAD, S., KOJIMA, Y. (2019). Colour changes of hinoki cypress veneer under heat treatment. In: **Proceedings** of the International Conference „Wood Science and Engineering in the Third Millennium”, Faculty of Wood Industry, Transilvania University of Brasov, 7-9 November 2019, ISSN 1843-2689, p. 625-628.

CAPITOLUL 2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND PLACAJELE OBȚINUTE DIN FURNIRE CU ȘI FĂRĂ DENSIFICARE

În acest capitol sunt prezentate cercetările experimentale efectuate în echipe mixte de cercetare româno-ucrainene, prin două burse obținute de autor, respectiv Bursa Universității Transilvania din Brașov 2016 și un stagiu STSM prin COST Action FP1407 în 2018, desfășurate la Universitatea Națională Forestieră din Ucraina (UNFU) din Lviv, alături de o altă colaborare reușită dintre Facultatea DMIL și UNFU, desfășurată la Universitatea Transilvania din Brașov în 2018. Capitolul cuprinde cercetări experimentale privind proprietățile placajelor obținute din furnire densificate, nedensificate și mixte, din specii repede crescătoare, cum sunt arin negru și mesteacăn, dar și fag.

2.1. Aspecte generale privind densificarea lemnului și a furnirelor

Densificarea lemnului este una dintre metodele folosite pentru modificarea proprietăților acestuia. Obiectivul principal al densificării lemnului este realizarea unui material cu o densitate crescută și implicit proprietăți îmbunătățite, precum rezistența, duritatea, rezistența la abraziune și durabilitatea, pe lângă a-i păstra estetica și valoarea comercială (Cabral ș.a. 2022). Procesul de densificare presupune comprimarea materialului în presă la cald. Se poate desfășura fie într-un sistem deschis folosind temperatură și presiune, fără nici un control al umidității mediului (se numește densificare termo-mecanică TM), fie într-un sistem închis care utilizează temperatură, abur și presiune în condiții de mediu controlate (se numește densificare termo-hidro-mecanică THM). Procesul de densificare a lemnului poate avea loc fie în direcția longitudinală, fie în direcția transversală a epruvetei de lemn. În ceea ce privește direcția transversală, densificarea poate fi aplicată în direcție radială sau tangențială. Cu toate acestea, densificarea în direcția radială a fost utilizată pe scară largă în ultimele decenii (Neyses 2019). Densificarea lemnului se poate referi la comprimarea completă a grosimii piesei de lemn sau numai a celulelor stratului de suprafață. S-a demonstrat că procesul de densificare la suprafață poate reduce timpul necesar etapei de compresiune și alte tratamente suplimentare, pentru a reduce costurile de producție și energie (Rautkari ș.a. 2011). Ca urmare a densificării are loc un efect de memorare a formei care este produs prin acumularea și eliberarea tensiunilor interne în lemnul densificat și poate fi un proces de lungă durată. Revenirea elastică este o recuperare elastică a deformării atunci când sarcina de compresiune este îndepărtată. În general, densificarea se aplică speciilor lemnoase repede crescătoare cu densitate scăzută. O metodă de selectare a celor mai potrivite specii de lemn pentru

densificarea la suprafață a fost dezvoltată recent, confirmând rezultatele unor studii anterioare efectuate asupra pinului silvestru, molidului și plopului (Neyses și Sandberg 1015). Compresiunea termică aplicată lemnului și efectele asupra proprietăților acestuia au fost studiate anterior (Navi și Girardet 2000; Kamke 2006; Barielli și Kamke 2010; Candan ș.a. 2013; Rautkari ș.a. 2013; Tu ș.a. 2014). Duritatea și încovoierea lemnului au fost evaluate pe larg. S-a demonstrat că rezistența la forfecare în direcția fibrelor ar putea fi crescută de mai mult de zece ori odată cu aplicarea unui tratament THM (Navi și Girardet 2000). Rezultatele obținute de Kutnar (2008) au confirmat constatările inițiale ale lui Kamke (2006), legate de încovoierea lemnului, ale cărui proprietăți au crescut în mod egal cu creșterea în densitate prin densificare. Rautkari a raportat o creștere de două ori a durității după densificarea aplicată lemnului de pin silvestru de diferite grosimi (Rautkari ș.a. 2013). Folosind aceeași metodă și un post-tratament hidro-termic pe molid, studiul realizat de Kariz a dus la o creștere mai puțin pronunțată a durității, dar aproape similară cu cea la încovoiere în cazul densificării de suprafață (Kariz ș.a. 2017).

Literatura de specialitate oferă câteva informații despre structura și proprietățile furnirelor densificate, atât în sisteme deschise, cât și în cele închise (Bekhta 2003; Bekhta și Marutzky 2007; Bekhta ș.a. 2009; Diouf ș.a. 2011; Bekhta ș.a. 2012; Fang ș.a. 2012; Arruda și Del Menezzi 2013; Antikainen ș.a. 2014; Bekhta ș.a. 2017; Salca ș.a. 2020). Au fost de asemenea efectuate și combinații cu alte tratamente, cum ar fi uscarea sau tratamentul termic în ulei (Antikainen ș.a. 2014). În ceea ce privește densificarea TM, Bekhta a dezvoltat un brevet pentru producția de placaj din furnir densificat în sistem deschis (Bekhta 2003). Placajul și alte produse laminate sunt înlocuitori de lemn masiv în diverse aplicații.

În zilele noastre există un interes deosebit pentru furnirele densificate în producerea unor astfel de compozite (Diouf ș.a. 2011; Bekhta ș.a. 2017). Aceste produse prezintă o bună stabilitate dimensională și rezistențe mai mari, pot avea dimensiuni mari și prezintă un aspect plăcut. Pe lângă aceste avantaje, au un dezavantaj cauzat de cantitatea de adeziv utilizat pentru fabricarea lor. Dar atunci când se utilizează furnire densificate, se poate aplica un consum specific mai mic de adeziv (Bekhta și Marutzky 2007; Salca ș.a. 2020). Un furnir densificat poate fi realizat la presiuni și temperaturi mai scăzute și aplicate pentru o durată mai scurtă decât în cazul lemnului masiv (Bekhta 2003). Pe lângă rezistența, duritatea și durabilitatea lor crescută, furnirele densificate prezintă și alte proprietăți îmbunătățite, cum ar fi o culoare închisă foarte atractivă, o suprafață netedă, luciu îmbunătățit, umectabilitate și conductivitate termică mai mare (Bekhta ș.a. 2014a, 2014b, 2014c).

Din literatura de specialitate, s-a obținut o sinteză a modificărilor survenite în urma densificării furnirelor. O selecție a acestora este prezentată în Tabelul 1 din secțiunea următoare, cu referire la modificări în grosime, pierdere de masă, densitate, raport de compresie, structura lemnului, calitatea suprafeței, luciu și culoare.

2.2. Influența densificării asupra proprietăților furnirelor de arin negru și mesteacăn

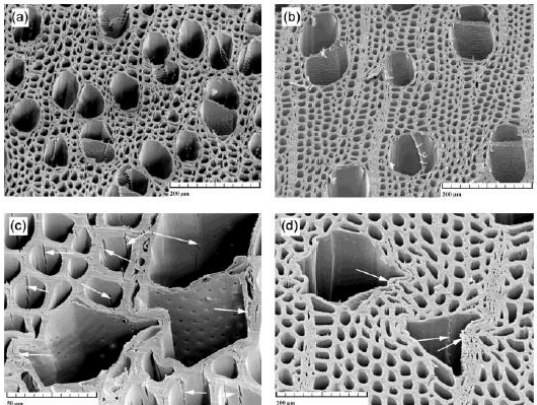
Arinul negru (*Alnus glutinosa* Gaertn.) și mesteacănul (*Betula verrucosa* Ehrh.) sunt specii repede crescătoare, cu aspect plăcut, de culoare deschisă, având proprietăți de prelucrabilitate aproape similare. Lemnul masiv al acestor specii este folosit mai ales pentru tâmplărie, mic mobilier și saune. Pe lângă utilizarea la fabricarea mobilei, furnirul acestor specii este folosit și pentru diferite materiale compozite pe bază de lemn (Bekhta ș.a. 2017; Salca 2019). Aceste furnire au fost debitate industrial prin derulare și supuse densificării TM cu ajutorul temperaturii (150°C) și presiunii aplicate (de la 4 la 12 MPa) timp de 4 min (în sistem deschis) pentru îmbunătățirea proprietăților lor dar și pentru a produce placaj și alte materiale laminate. O selecție de articole publicate pe această temă este folosită pentru a evidenția proprietățile furnirelor după densificare (Bekhta ș.a. 2014a, 2014b, 2014c; Bekhta ș.a. 2017). Deși studiile menționate au folosit diferite temperaturi, temperatura de densificare de 150°C a fost selectată datorită obținerii celor mai bune proprietăți mecanice și de încliere ale placajelor produse din furnire astfel densificate.

Tabelul 1. Modificări survenite prin densificarea furnirelor (Salca și Bekhta 2021)

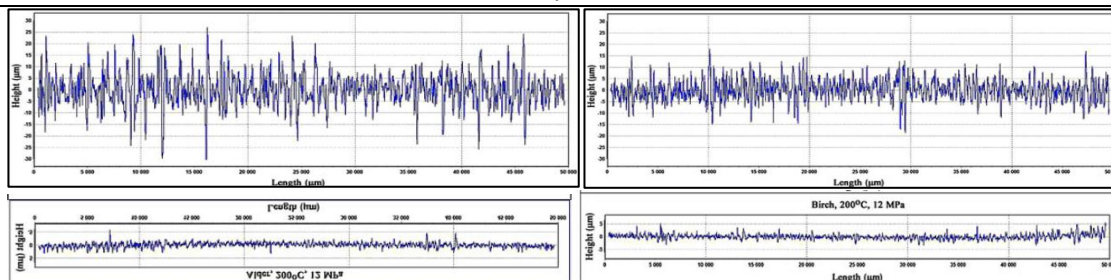
Nr. crt.	Proprietatea	Descriere
1	Modificări de grosime (TC), %	Toate aceste modificări respectă aceeași tendință, în cazul furnirelor de arin au fost mai pronunțate decât pentru mesteacăn datorită densității speciei. Cu cât presiunea de densificare aplicată este mai mare, cu atât modificările sunt mai accentuate.
2	Pierdere de masă (ML), %	Pierderea de masă a fost mai puțin afectată de presiunea de compresiune deoarece temperatura aplicată nu a fost foarte ridicată. Vaporizarea substanțelor extractibile are loc
3	Modificări de densitate (DC), %	la temperaturi mai mari de 150°C (Oliverira ș.a. 2010). Pierderea de apă și modificările chimice minore, care au loc în timpul densificării, pot explica pierderile mici de masă. Datorită densității sale scăzute, arinul a fost mai densificat decât mesteacănul. Densitatea crește odată cu
4	Raport de compresie (CR), %	temperatura și presiunea aplicate (Rautkari ș.a. 2013). Densitatea furnirelor densificate crește cu creșterea raportului de compresie.

Exemplificare: Tendințele și intervalele de variație ale acestor proprietăți pentru furnire densificate la 150°C (Bekhta ș.a. 2017)

Continuare tabel pe pagina următoare

Specia / Densitate inițială	Proprietatea Modificări survenite	Interval de variație pentru presiunea 4- 12 MPa	Tendința												
Arin negru/ 468 kg/m ³	TC, %	De la -14.9 la -47.5	descrescătoare												
	ML, %	De la 3.5 la 4.2	relativ constantă												
	DC, %	De la 15 la 84	crescătoare												
	CR, %	De la 14.9 la 47.5	crescătoare												
Densitatea crește de la 539 la 864 kg/m ³															
Mesteacăn/ 625 kg/m ³	TC, %	De la -11.3 la -28.5	descrescătoare												
	ML, %	De la 4.3 la 4.4.	relativ constantă												
	DC, %	De la 6.8 la 34.1	crescătoare												
	CR, %	De la 11.3 la 28.5	crescătoare												
Densitatea crește de la 667 la 838 kg/m ³															
5	Microstructură	Furnirele densificate la temperaturi și presiuni mari prezintă multe fisuri în pereții celulari; volumul de goluri este redus. Când presiunea crește, vasele sunt supuse deformării, dimensiunile lor se reduc și ele se prăbușesc, influențând proprietățile fizico-mecanice ale furnirelor. Săgețile albe indică fisurile produse.	 <p>Imagini SEM arin (a, c) și mesteacăn (b, d) înainte și după densificare (Bekhta ș.a.2017)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Specia</th> <th>control</th> <th>P=8 MPa</th> <th>P=12 MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arin</td> <td>85.97</td> <td>51.71</td> <td>28.50</td> </tr> <tr> <td>Mesteacăn</td> <td>106.71</td> <td>74.93</td> <td>59.54</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dimensiunile vaselor (μm) furnirelor de arin și mesteacăn înainte și după densificarea la 150°C / 8 și 12 MPa (Bekhta ș.a.2017)</p>	Specia	control	P=8 MPa	P=12 MPa	Arin	85.97	51.71	28.50	Mesteacăn	106.71	74.93	59.54
Specia	control	P=8 MPa	P=12 MPa												
Arin	85.97	51.71	28.50												
Mesteacăn	106.71	74.93	59.54												
6	Calitatea suprafeței	Densificarea modifică rugozitatea suprafeței furnirelor. Placajul produs din furnire densificate, având suprafețele netede, necesită un consum specific redus de adeziv și prezintă rezistențe mecanice la forfecare mai bune (Bekhta și Marutzky 2007; Bekhta ș.a. 2012). Mai mult de atât, proprietățile de finisare sunt îmbunătățite prin folosirea furnirelor cu rugozitate mică pentru producerea compozitelor pe bază de lemn (Bekhta ș.a. 2018a, 2018b). Rugozitatea acestora depinde de regimul de densificare (Bekhta ș.a. 2012). Presiunea influențează puternic microstructura furnirului, densitatea acestuia crește, în timp ce													

temperatura produce un efect puternic asupra rugozității suprafeței. Astfel că, pentru a obține o anumită calitate a suprafeței, se impune densificarea la o temperatură ridicată.



Exemplificare: Profilul de rugozitate înainte și după densificare pentru arin (stânga) și mesteacăn (dreapta) (Bekhta ș.a. 2014a)

Specia	Tip furnir și interval de presiune pentru densificare	Ra, μm	Rz, μm
Arin	control	5.12	25.22
	De la 4 la 12 MPa	1.10-0.80	6.26-4.45
Mesteacăn	control	3.44	17.15
	De la 4 la 12 MPa	1.27-0.81	6.68-4.69

Exemplificare: Variația parametrilor de rugozitate, Ra și Rz în funcție de regimul de densificare ($150^\circ\text{C} / 4$ to 12 MPa) (Bekhta ș.a. 2014a)

7	Luciu	Luciul prezintă valori diferite pe cele două direcții de măsurare (paralel și perpendicular pe fibre), iar acest lucru își găsește explicația în structura anatomică și neregularitățile de la suprafața furnirelor. Prin comparație cu furnirele de control, cele densificate prezintă valori crescute ale luciului odată cu creșterea presiunii de densificare (Bekhta ș.a. 2014b), deoarece există o împrăștiere mai redusă a luminii în cazul furnirelor cu suprafețe mai netede. Densificarea păstrează textura furnirelor vizibilă.
8	Culoare	Furnirele își pierd luminozitatea prin densificare. Aceste schimbări sunt accelerate de regimurile mai intense de densificare (Bekhta ș.a. 2014c). Prin densificare furnirul de mesteacăn tinde să devină mai roșiatic, în timp ce cel de arin prezintă ușoare tendințe către verzui. Componenta de culoare roșu-verde este corelată cu conținutul de substanțe extractibile; s-a semnalat o dependență directă între creșterea acestor valori la mesteacăn și descreșterea lor la arin (Bekhta ș.a. 2014c). Componenta de culoare galben-verde este guvernată de foto-chimia constituenților lemnului, în special lignina și derivatele ei, cum sunt <i>quinone</i> și <i>stilbene</i> . Aceste valori descresc pentru arin și cresc la mesteacăn odată cu creșterea temperaturii de densificare. Presiunea are un efect nesemnificativ asupra modificărilor de culoare.



Exemplificare: Modificările de culoare ale furnirelor după densificare la 150°C și 200°C și presiuni de 4, 8 and 12 MPa (Bekhta ș.a. 2014c)

Combinăția de temperatură și presiune aplicată furnirelor îmbunătățește atât proprietățile placajului dar și rezistența încleierii (Bekhta ș.a. 2020). Există un mare interes pentru reducerea consumului specific de adeziv pentru fabricarea produselor pe bază de lemn (Bekhta ș.a. 2020). S-a constatat că densificarea furnirelor înainte de fabricarea placajului, împreună cu o presiune mai mică, produc un astfel de rezultat (Bekhta ș.a. 2012; Bekhta și Salca 2018). În studii anterioare, furnire de diferite grosimi au fost supuse densificării (TM) pentru a produce placaje mixte (Bekhta ș.a. 2012; Li ș.a. 2014; Bekhta și Salca 2018).

2.3. Cercetări experimentale privind evoluția temperaturii în pachetul de furnire densificate și nedensificate la presarea la cald și influența densificării furnirelor asupra proprietăților placajului

Cercetările experimentale din această secțiune de capitol s-au desfășurat la Universitatea Națională Forestieră din Ucraina (UNFU) din Lviv, în echipă mixtă de cercetare româno-ucraineană, sub coordonarea Departamentului de Compozite, Celuloză și Hârtie din Universitatea UNFU, ducând la îndeplinire obiectivele planului de cercetare, dar și a criteriilor de performanță impuse prin Bursa Universității Transilvania, obținută de autor în 2016.

Placajul și alte materiale pe bază de furnire se află într-o strânsă competiție cu alte produse compozite, cum sunt panourile OSB (Paajanen și Kairi 2012). Placajul poate fi utilizat pentru diferite aplicații în fabricarea mobilei, instrumente muzicale, mijloace de transport, ambalaje, echipamente sportive și în construcții. Producția de placaj are încă nevoie de optimizare la nivel industrial pentru a obține cea mai bună eficiență pe linie de producție. Presarea la cald este una dintre cele mai importante operații în fabricarea compozitelor pe bază de lemn, inclusiv pentru placaj. În timpul acestei operații, structura și calitatea produsului finit sunt definitivare.

Parametrii cheie ai presării placajului la cald, cei care determină calitatea acestuia și costul de fabricare, sunt temperatura de presare, timpul de presare, presiunea aplicată, consumul specific de adeziv și umiditatea furnirelor (Li ș.a. 2014). Din rațiuni economice, temperatura și timpul de presare trebuie să fie cât mai reduse posibil, iar timpul scurt de presare trebuie să producă eficiență maximă, dar să și permită întărirea adezivului. Temperatura necesară întăririi adezivului fenol-formaldehidic (PF) este de aproximativ 100°C. Temperatura de presare este astfel ajustată încât, în timpul presării la cald, adezivul să fie cât mai repede încălzit la o temperatură de cel puțin 100°C. O astfel de abordare are semnificație mai ales pentru presarea placajului de grosime mare. Cele mai multe studii în domeniul transferului de căldură și de masă au fost efectuate pentru presarea la cald a panourilor din așchii și fibre de lemn. Densitatea vizată, grosimea panoului, temperatura de presare și umiditatea reprezintă factorii de influență în procesul de presare la cald (Carvalho ș.a. 2001). Transferul de căldură prin evaporarea umidității de la suprafața furnirului și migrarea spre miezul placajului se realizează mai greu decât în cazul plăcilor din așchii de lemn. A fost oferită o soluție de reducere a timpului de presare a placajului prin injecție de abur (Jokerst și Geimer 1994). Rata transferului de căldură a fost influențată de variabilele de proces. Panourile de placaj astfel obținute au prezentat pierderi de masă majore. Acestea au fost evidențiate mai ales în cazul furnirelor cu rugozitate mai mare. O presiune mai mare este necesară pentru obținerea unui contact fidel de-a lungul liniei de încliere (Shi ș.a. 2006). Incizia furnirelor odată cu injecția cu abur au fost aplicate de Troughton și Lum (2020). S-a determinat o reducere de 32% a timpului de presare pentru placajul (13 straturi) de 40 mm, prin comparație cu tehnologia standard de fabricare, în timp ce pentru un produs similar de tip LVL, nu s-a găsit nici o influență semnificativă asupra timpului de presare (Dai ș.a. 2003). Densificarea preliminară a furnirelor reprezintă o altă metodă eficientă pentru reducerea timpului de presare în fabricarea placajului (Kurowska ș.a. 2010). Tehnicile de compresiune a lemnului au fost folosite pentru diferite aplicații. S-a raportat o creștere a conductivității termice a lemnului de cedru japonez densificat (Asako ș.a. 2002). Furnirele pot fi uscate și densificate simultan, procesul având eficiență la fabricarea placajului, pentru reducerea consumului de energie electrică și a timpului de presare (Antikainen ș.a. 2014). Literatura de specialitate oferă studii limitate asupra acestui subiect (Bekhta și Marutzky 2007; Bekhta ș.a. 2009; Bekhta ș.a. 2012). Rezultatele unor studii anterioare sugerează unele avantaje ale utilizării mai eficiente a adezivului pe linia de fabricație a placajului și a panourilor de tip LVL. În urma aplicării densificării termo-mecanice a foilor de furnir, înainte de aplicarea adezivului, pot fi obținute produse cu proprietăți îmbunătățite (Bekhta și Marutzky 2007; Bekhta ș.a. 2009; Bekhta ș.a. 2012). Astfel că, sub-procesul de densificare termo-mecanică a furnirelor ar trebui inclus în procesul de fabricare a produselor pe bază de furnir înainte de aplicarea adezivului (Bekhta 2003). Aceasta ar facilita nu doar creșterea calității furnirelor (rugozitatea) dar și rezistența la forfecare a produsului, pe lângă

reducerea consumului specific de materiale de finisare în etapa de finisare a placajului. Studiile anterioare au dovedit că furnirul densificat are proprietăți mai bune de conductivitate termică decât furnirul nedensificat (Bekhta ș.a. 2009; Bekhta ș.a. 2012). Pachetul de furnire densificate poate fi încălzit mai repede pentru producerea placajului, cu rezultat imediat în scăderea timpului de presare. Mai mult de atât, evoluția temperaturii în pachet în timpul presării la cald este importantă pentru procesele chimice și fizice care contribuie la încheierea furnirelor, iar la final, pentru proprietățile fizico-mecanice ale placajului. Astfel că, această informație este necesară în alegerea regimului optim de presare a placajului produs din furnire densificate. Temperatura și timpul de aplicare sunt factori importanți în procesul de întărire a adezivului; efectul temperaturii reținute de furnir și distribuția acesteia poate avea un impact important asupra durabilității încheierii. Așadar, informațiile despre modificările de temperatură din interiorul pachetului de furnire, în timpul presării la cald, contribuie la creșterea calității placajului obținut. Literatura de specialitate nu furnizează date despre aceste aspecte. Așadar, obiectivul prezentului sub-capitol este de a evalua influența densificării furnirelor și a numărului de straturi de furnir asupra proprietăților placajelor și asupra temperaturii din interiorul pachetului de furnire, la presarea la cald a placajelor realizate din furnire densificate și nedensificate (Salca și Bekhta 2016, 2018a 2018b, 2019, 2021, 2021a; Bekhta și Salca 2018; Salca ș.a. 2020; Bekhta, Salca ș.a. 2020). Pentru acest studiu s-au folosit furnire de mesteacăn (*Betula verrucosa* Ehrh.) de 1.5 mm grosime de la Compania ODEK LLC din Ucraina, având dimensiunile de 300x300 mm² și umiditatea de 6.6% (Fig. 1).



Fig. 1. Furnire de mesteacăn (stânga) și laboratorul de testare de la UNFU (dreapta)

Procesul de densificare a fost aplicat fiecărei foi de furnir în parte, folosind o presă de laborator, la temperatura de 150°C, o presiune constantă de 3 MPa, timp de 1 min (Fig. 2). Pentru testele de laborator au fost densificate 210 foi de furnir și alte 210 foi au fost păstrate ca foi de control. Umiditatea furnirelor a fost de 3.8%. S-au pregătit pachete de furnire pentru producerea în condiții de laborator a placajelor de 3, 5, 7, 9 și 11 straturi (Fig. 3), aplicându-se un regim constant de presare pentru fiecare categorie (Tabel 2). Pentru fiecare tip de placaj au fost

realizate câte 3 plăci din furnire nedensificate și densificate, rezultând un total de 30 plăci, din care s-au prelevat 450 de epruvete pentru testul la forfecare.



Fig. 2. Pregătirea pentru densificarea individuală a furnirelor (a) și temperatura aplicată (b)

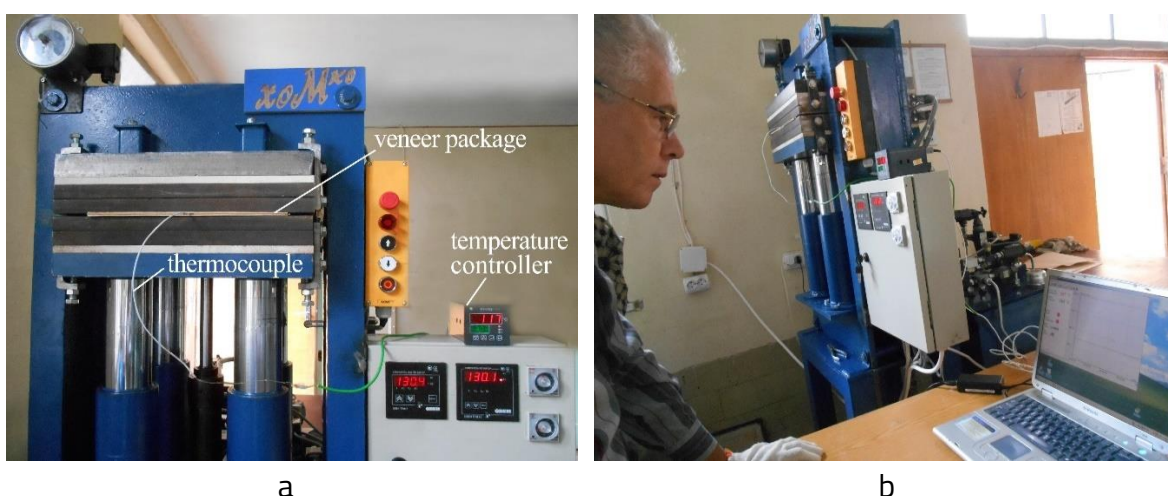


Fig. 3. Presarea pachetului de furnire (a) măsurarea temperaturii în stratul de miez (b)

Tabelul 2. Regimul de presare pentru placaje (Salca și Bekhta 2018)

Parametri de presare	
Consum specific de adeziv, g/m ²	150
Presiunea, MPa	1.8
Temperatura, °C	130
Timpul de presare, s	
• Placaj cu 3 - straturi	300
• Placaj cu 5- straturi	420
• Placaj cu 7- straturi	480
• Placaj cu 9- straturi	540
• Placaj cu 11- straturi	600

Presiunea a fost redusă continuu la 0 MPa în timpul ultimilor 30s ale ciclului de presare

Pentru fabricarea placajelor s-a folosit adeziv fenol-formaldehidic (PF) cu conținut solid de 42% și vâscozitatea de 120 s, la un consum specific de 150 g/m², aplicat manual. S-au format pachete atât din furnire densificate cât și din cele nedensificate (Fig. 4). Furnirele au fost orientate perpendicular, strat după strat, iar înainte de teste, toate furnirele la fel ca și placajele obținute au fost conditionate timp de o săptămână la temperatura de 20±2°C și umiditatea relativă a aerului de 65±5%.



Fig. 4. Măsurarea consumului specific de adeziv (a) și configurarea pachetului de furnire (b)

Trei măsurători de temperatură s-au efectuat în mijlocul fiecărui tip de pachet de furnire densificate și nedensificate (Fig. 5), cu și fără adeziv.

Un termocuplu conectat la echipament și la calculator a fost inserat în foaia de mijloc de furnir a fiecărui pachet de furnire. Datele au fost înregistrate la secundă din momentul contactului suprafeței furnirului cu presiunea și până la atingerea timpului specific de presare.



Fig. 5. Pregătirea foilor de furnir pentru placajul cu 3 straturi; decuparea zonei pentru inserarea termocuplului în stratul de mijloc

Procesul de încălzire a pachetului de furnire, cu și fără adeziv, s-a desfășurat diferit în funcție de tipul de furnir (densificat sau nu) și de numărul de straturi, în strânsă legătură cu consumul

specific de adeziv și umiditatea furnirelor. Tabelul 3 indică timpul necesar atingerii temperaturii de 100°C în interiorul pachetului/placajului, pentru fiecare categorie de produs. Rezultatele distribuției temperaturii în interiorul plăcilor sunt prezentate în Fig. 6 și Fig. 7.

Tabelul 3. Timpul necesar stratului de miez al placajului să atingă temperatura de 100 °C (Salca și Bekhta 2018)

Număr de straturi	Timp pentru atingerea temperaturii de 100 °C (s)			
	Furnire nedensificate (ND)		Furnire densificate (D)	
	Cu adeziv (A)	Fără adeziv (WA)	Cu adeziv (A)	Fără adeziv (WA)
3	48	34	39	28
5	98	66	94	69
7	221	118	158	118
9	281	185	248	156
11	412	269	407	238

Evoluția temperaturii miezului placajului poate fi împărțită în trei etape: în prima etapă, temperatura este constantă pentru un interval de 30 s, până când platanul intră în contact cu furnirul de suprafață; etapa a doua se referă la creșterea rapidă a temperaturii miezului datorită fluxului convectiv de căldură; în etapa a treia temperatura rămâne practic constantă în timpul vaporizării umidității (Fig. 6, 7).

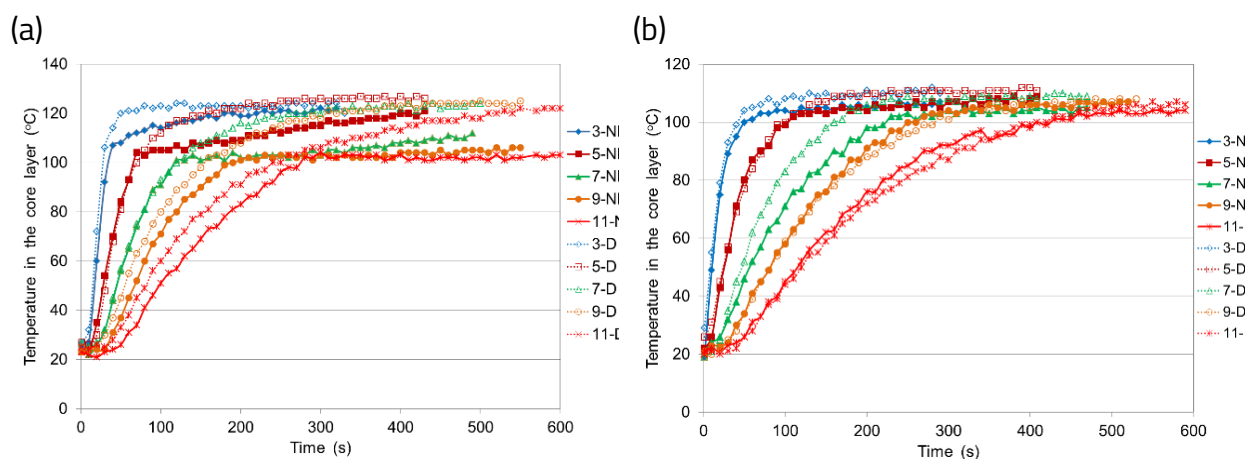


Fig. 6. Temperatura miezului placajului obținut din furnire nedensificate și densificate fără aplicare de adeziv (a) și prin încleiere cu adeziv PF (b): 3, 5, 7, 9, 11 straturi; ND-furnir nedensificat; D-furnir densificat (Salca și Bekhta 2018)

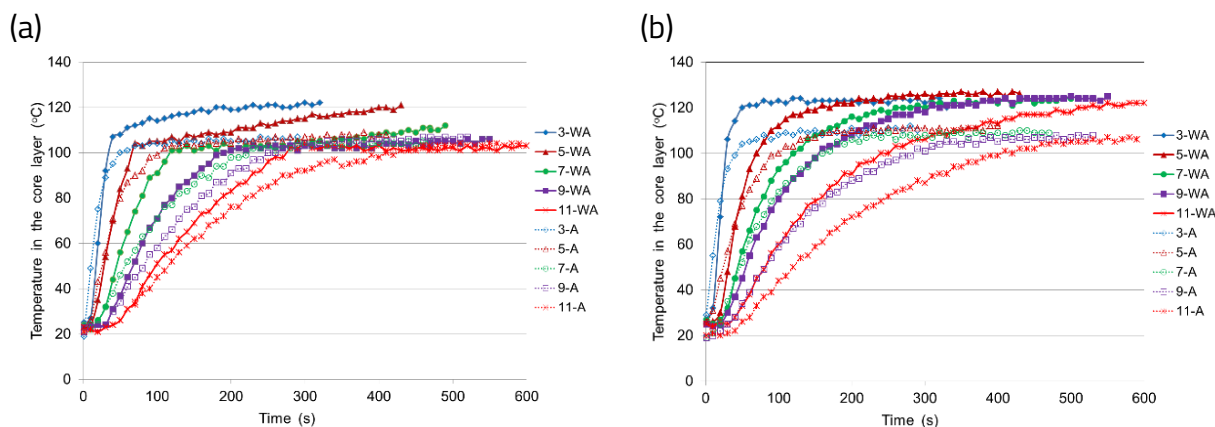


Fig. 7. Temperatura miezului placajului obținut din furnire nedensificate (a) și densificate (b) încleiate cu adeziv PF și fără adeziv; 3, 5, 7, 9, 11 straturi; WA-fără adeziv; A- cu adeziv (Salca și Bekhta 2018)

Placajul realizat din furnire densificate a fost mai rapid încălzit prin comparație cu cel produs din furnire nedensificate. Aceasta confirmă că furnirul densificat, care are o densitate mai mare și o umiditate mai scăzută, prezintă o bună conductivitate termică. Este necesar un interval mai lung de timp pentru atingerea temperaturii de 100°C în interiorul structurii pachetului de furnire, atunci când se folosește adeziv, din cauza umidității crescute a pachetului. Odată cu adăugarea adezivului, umiditatea structurii crește. Adezivii fenol-formaldehidici sunt sensibili la umiditatea furnirelor. O umiditate crescută va extinde timpul de presare și rata transferului de căldură va scădea odată cu ridicarea umidității pachetului de furnire. La temperatura de 100°C, o parte din umiditate se transformă în vapori, care umplu toate spațiile din lemn și dintre foile de furnir (Bekhta et al 2020). În cazul placajelor cu mai mult de 7 straturi (7, 9, 11 straturi) temperatura de presare de 130°C nu a fost suficient de mare pentru a elimina rapid umiditatea. Pentru astfel de structuri este necesar un timp mai îndelungat pentru evaporarea umidității. Temperatura miezului placajului depinde de numărul de straturi de furnir. Rata de transfer de căldură a fost redusă în aceste situații.

Utilizarea furnirelor densificate permite, așadar, o încălzire mai rapidă la o temperatură dată și prin consecință, timpul de presare se va reduce, mai ales la placajele de grosime mare, având efecte pozitive în descreșterea costurilor de producție și creșterea productivității. Rezultatele sunt comentate detaliat în lucrarea publicată de autor în 2018 (Salca și Bekhta 2018).

Rezistența la forfecare

Rezistența la forfecare a fost determinată cu respectarea standardelor EN 314-1 și EN 314-2 pentru placaj clasa 2 de încleiere (pentru condiții umede). Epruvetele au fost condiționate timp de o săptămână în laborator, înainte de debitarea a 10 epruvete pe tip de placaj, cu

dimensiunile de 100 mm× 25 mm (suprafață de înclieiere de 25 mm× 25 mm). Acestea au fost imersate în apă fiartă timp de 6 h, apoi răcite în apă la temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ pentru 1h înainte de efectuarea testelor. Analiza de varianță ANOVA a fost aplicată pentru a studia efectul tipului de placaj asupra rezistenței la forfecare, pentru un interval de încredere de 0.95. Valorile rezistenței la forfecare a epruvetelor de placaj (Tabel 4) produs din furnire nedensificate și densificate au fost de aproape două ori mai mari decât cele recomandate (1.0 MPa) de standardul EN 34-2 (clasa 2, condiții umede). Aceste rezultate au fost oarecum contradictorii cu cele obținute anterior în alte studii (Bekhta și Marutzky 2007; Bekhta ș.a. 2009; Bekhta ș.a. 2012; Bekhta ș.a. 2017), când rezistența la forfecare a placajului din furnire densificate a fost mai mare decât cea a placajului din furnire nedensificate. Aceste valori, însă, au fost obținute pentru placaje produse din furnire densificate, dar în regimuri de presare cu parametri diminuați. Pe când în prezentul studiu s-au folosit aceiași parametri de regim pentru ambele categorii de placaje (din furnire densificate și nedensificate). Odată ce suprafața furnirelor densificate prezintă o rugozitate mică (Bekhta ș.a. 2014a), același consum specific de adeziv, folosit și pentru furnirele nedensificate, pare a fi necorespunzător. Apare tendința de îngroșare a stratului de adeziv și totodată scăderea rezistenței la forfecare. Prin această îngroșare, rezistența înclieierii scade; sunt generate tensiuni interne mari în timpul contragerii adezivului prin întărire, ceea ce poate duce la rezistențe la forfecare mici.

Tabelul 4. Rezistența la forfecare a placajelor obținute din furnire nedensificate și densificate (valorile din paranteză reprezintă deviația standard) (Salca și Bekhta 2018)

Tip de placaj	Rezistența la forfecare (MPa) a placajului și numărul de straturi de furnir				
	3	5	7	9	11
Placaj din furnire nedensificate (control)	1.88 (0.27) ^a	1.83 (0.24) ^a	2.03 (0.27) ^a	1.96 (0.47) ^a	2.35 (0.28) ^b
Placaj din furnire densificate	1.89 (0.27) ^a	2.43 (0.36) ^b	1.92 (0.23) ^a	2.15 (0.33) ^a	1.81 (0.27) ^a

Note: Litere diferite denotă o diferență semnificativă. Mediile urmate de aceeași literă nu diferă statistic de celelalte ($p \leq 0.05$).

Tabelul 5. Analiza factorială a rezistenței la forfecare a placajelor (Salca și Bekhta 2018)

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Tip placaj (TP)	0.036	1	0.036	0.397	0.530 ^{NS}
Număr de straturi de furnir (NVL)	1.024	4	0.256	2.815	0.028
TP × NVL	4.288	4	1.072	11.793	0.000

NS: nesemnificativ.

Analiza de varianță ANOVA (Tabel 5) a arătat că tipul de placaj nu influențează semnificativ rezistența la forfecare a placajului produs la același regim de presare. Prin folosirea furnirelor densificate pentru placaj, pe lângă reducerea consumului de adeziv, nu intervine nici un alt compromis privind proprietățile mecanice ale produsului, inclusiv legat de rezistența la forfecare, ale cărei valori sunt aliniate cerințelor standardului specific placajului (Bekhta și Marutzky 2007; Bekhta ș.a. 2012). În concluzie, furnirele densificate de mesteacăn pot fi o alegere excelentă în fabricarea placajului destinat construcțiilor, fiind un material cu proprietăți îmbunătățite și costuri reduse, prin comparație cu placajul fabricat în mod tradițional.

2.4. Cercetări experimentale privind proprietățile placajelor obținute din straturi alternante de furnire densificate și nedensificate din specii lemnoase repede crescătoare.

Cercetările experimentale din această secțiune de capitol s-au desfășurat tot la Universitatea Națională Forestieră din Ucraina (UNFU) din Lviv, în echipă mixtă de cercetare româno-ucraineană, sub coordonarea Departamentului de Compozite, Celuloză și Hârtie din Universitatea UNFU, ducând la îndeplinire obiectivele planului de cercetare, dar și a criteriilor de performanță impuse prin misiunea științifică de tip STSM finanțată de COST Action FP 1407 în 2018.

Există un interes crescut pentru fabricarea produselor pe bază de lemn prin utilizarea unui consum de adeziv redus, tocmai pentru a le conferi acestora statutul de *produse prietenoase cu mediul* (Bekhta ș.a. 2020). Studiile efectuate anterior au arătat că densificarea furnirelor înaintea presării placajului a condus la reducerea cu 40% a consumului de adeziv și a presiunii de regim, odată cu îmbunătățirea proprietăților mecanice ale produsului finit, în mod special a rezistenței la forfecare (Bekhta ș.a. 2012; Bekhta și Salca 2018; Bekhta ș.a. 2018). S-au utilizat furnire termo-densificate, având una sau două grosimi de debitare, mai mult pentru producerea placajelor cu structură uniformă sau doar cu straturile de exterior densificate (Diouf ș.a. 2011; Li ș.a. 2014; Bekhta ș.a. 2012; Bekhta ș.a. 2018; Bekhta ș.a. 2020). În literatura de specialitate sunt rare sau absente informațiile despre proprietățile placajelor fabricate din combinații de furnire densificate și nedensificate în aceeași structură de pachet. Astfel că, obiectivul acestui studiu a fost evaluarea proprietăților placajelor obținute din straturi alternante de furnire densificate și nedensificate.

Pentru aceste experimente s-au folosit furnire de mesteacăn (*Betula verrucosa* Ehrh.) și arin negru (*Alnus glutinosa* L.), debitate industrial prin derulare la Compania ODEK din Ucraina. Furnirele au avut grosimea de 1.5 mm și o umiditate de 7.4%. Au fost pregătite 140 de epruvete de furnir cu dimensiunile de 330x300 mm². Procesul de densificare a furnirelor s-a efectuat în condiții de laborator, s-a aplicat o presiune de 2 MPa timp de 3 minute la trei niveluri de temperatură, respectiv de 150 °C, 180 °C și 210 °C. Umiditatea furnirelor densificate a fost

de 2.2%. Panourile de placaj de 5 straturi au fost produse tot în condiții de laborator, cu aceeași presă utilizată pentru densificarea furnirelor. Trei categorii de placaj (N-din furnire nedensificate/n, D-din furnire densificate/d și M-din furnire mixte/d-n-d-n-d) au fost produse din fiecare specie, fiecare tip de placaj având stabilit consumul specific de adeziv (Tabelul 6). De obicei, în practica industrială, consumul specific de adeziv variază între 110 și 150 g/m², în conformitate cu recomandările producătorului. În prezentul studiu, aceste consumuri au fost reduse cu 50% față de valorile recomandate. Au fost presate câte două panouri din fiecare tip de placaj, pentru fiecare specie. Presiunea a fost redusă continuu la 0 MPa pentru ultimele 60s ale ciclului de presare. Pentru producerea placajelor s-a folosit rășină ureo-formaldehidică (UF), având următoarele caracteristici: greutate specifică=1.28 g/m³, conținut de substanță solidă=65 ± 2%, pH = 7.5 ± 0.5, vâscozitate=1000–2500 mPa s la 20 °C. Adezivul pentru înclierea placajului s-a preparat cu rășina UF, caolin/material de umplutură, soluție NH₄Cl 20% ca întăritor și apă distilată. Acesta a fost aplicat manual utilizând o rolă. Furnirele au fost orientate perpendicular, strat după strat, pentru fiecare structură de placaj. Înainte de orice test sau etapă de proces, atât furnirele densificate, cât și cele nedensificate, la fel ca și structurile de placaj produse au fost condiționate timp de o săptămână la temperatura de 20 ± 2 °C și umiditatea relativă a aerului de 65 ± 5%.

Tabelul 6. Regimul de presare al placajelor (Salca ș.a. 2020)

Specia	Tip placaj pe specie	Codificare:		Consum specific adeziv, g/m ²	Presiune MPa	Temperatură °C	Timp presare s
		Temperatura de densificare și simbol placaj	Variabil				
				Regim constant			
					1.8	130	270 + 60
Arin/ Mesteacăn	Placaj din furnire nedensificate	0	N	80			
	Placaj din furnire densificate și temperatura de densificare	150 180 210	D	60			
	Placaj din furnire densificate și nedensificate și temperatura de densificare	150 180 210	M	70			



S-au evaluat următoarele proprietăți ale epruvetelor de placaj: densitatea și raportul de compresie; rezistența la încovoiere și modulul de elasticitate la încovoiere; rezistența la forfecare. Densitatea placajelor a fost determinată conform standardului EN 323, iar raportul de compresie CR_p s-a calculat cu formula:

$$CR_p = (T_v - T_p) / T_v \times 100 (\%) \quad (1)$$

unde T_v reprezintă grosimea totală a furnirelor (mm) și T_p este grosimea panoului.

Tabelul 7 prezintă valorile densităților, alături de grosime și raportul de compresie pentru toate tipurile de placaje produse. Datorită diferențelor de densitate dintre cele două specii lemnoase, valorile densităților placajelor realizate din mesteacăn sunt mai mari decât cele ale placajelor realizate din arin negru. Valorile grosimii placajelor, indiferent de tip, au fost mai mici decât valorile maxime permise stipulate de standardul EN 315 pentru furnire subțiri, în limita intervalului de 5.66–7.24 mm.

Tabelul 7. Caracteristicile placajelor obținute (Salca ș.a. 2020)

Temperatura de densificare și tipul de placaj	0	150	180	210	150	180	210	
	N	D	D	D	M	M	M	
Arin	Grosimea, mm	6.98 (0.18) *	6.84 (0.11)	6.74 (0.05)	6.48 (0.20)	6.80 (0.06)	6.79 (0.02)	6.50 (0.14)
	Raport compresie, %	11.1	5.0	3.7	0.3	8.8	7.5	7.7
	Densitate, kg/m ³	607.4 (23.2)	608.9 (28.5)	619.9 (2.1)	637.3 (19.1)	607.1 (23.8)	615.0 (21.1)	623.8 (14.5)
Mesteacăn	Grosimea, mm	7.03 (0.05)	6.96 (0.04)	6.76 (0.13)	6.72 (0.13)	7.06 (0.15)	6.86 (0.12)	6.83 (0.07)
	Raport compresie, %	10.4	3.3	3.4	1.2	5.4	6.5	5.4
	Densitate, kg/m ³	747.0 (20.5)	807.9 (6.4)	809.3 (13.8)	828.2 (7.1)	766.8 (4.7)	769.8 (31.1)	805.3 (27.4)

* numerele din paranteze reprezintă valori ale deviației standard

Rezistența la încovoiere (MOR) și modulul de elasticitate la încovoiere (MOE) au fost determinate în baza standardului EN 310 pentru fiecare tip de placaj. Pentru teste s-a utilizat mașina de testare universală SEIDNER (Form + Test SEIDNER D-7940 Riedlingen West Germany) din dotarea laboratorului. Rezultatele reprezintă mediile a câte zece epruvete pentru fiecare tip de placaj. Graficele din Fig. 8 și Fig. 9 prezintă aceste rezultate (MOR și MOE) pentru 95% interval de încredere. După cum era și de așteptat, odată cu creșterea densității, valorile MOR și MOE ale epruvetelor de placaj au crescut (Fig. 10). Valorile rezistențelor sunt influențate de densitatea epruvetelor. În ceea ce privește densitatea și rezistența la încovoiere,

s-au observat foarte mici diferențe în cazul placajelor tip D și M pentru ambele specii lemnoase în studiu. Stratul exterior densificat al placajului este responsabil de rezistențele la încovoiere. Odată cu creșterea temperaturii de densificare s-a observat o descreștere graduală a rezistențelor la încovoiere a placajelor din furnire densificate pentru ambele specii lemnoase. Într-un studiu anterior, placajele mixte realizate din furnire densificate și nedensificate au prezentat o reducere a valorilor MOR prin comparație cu placajele din furnire densificate (Bekhta ș.a. 2020). Toate valorile obținute în acest studiu, pentru toate categoriile de placaj au fost mai mari decât valorile limită ale placajelor structurale.

Rezistența la forfecare a placajelor a fost determinată conform standardelor EN 314-1 și EN 314-2 pentru placaje clasa 1 (condiții uscate). Epruvetele au fost imersate în apă la temperatura de 20 ± 3 °C pentru 24 h. Rezultatele reprezintă media a 20 de epruvete pentru fiecare categorie de placaj.

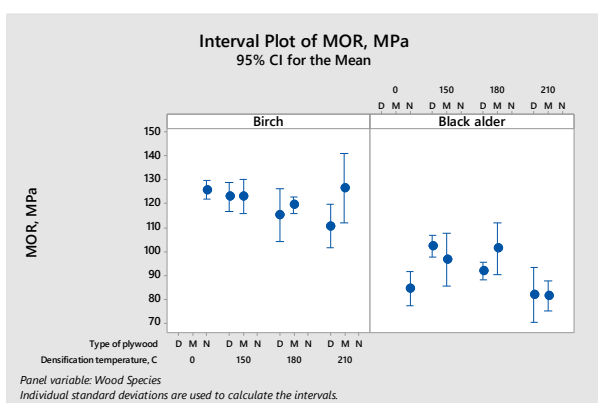


Fig. 8. Variația MOR pentru placajele de arin și mesteacăn în funcție de temperatura de densificare a furnirelor și tipul de placaj; D-cu furnire densificate, N-cu furnire nedensificate, M-mixt (Salca ș.a. 2020)

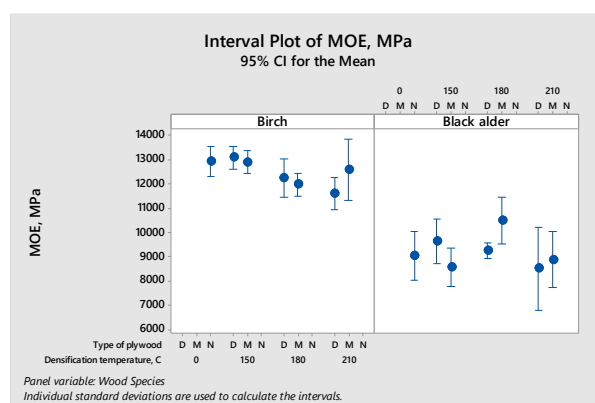
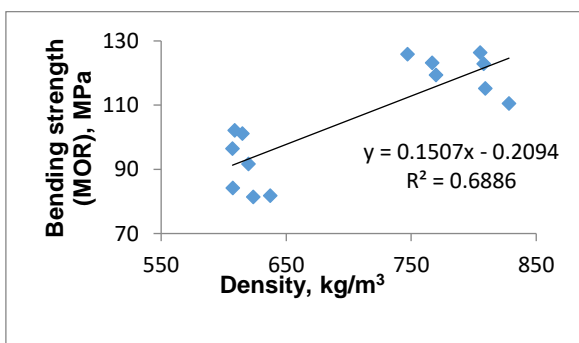
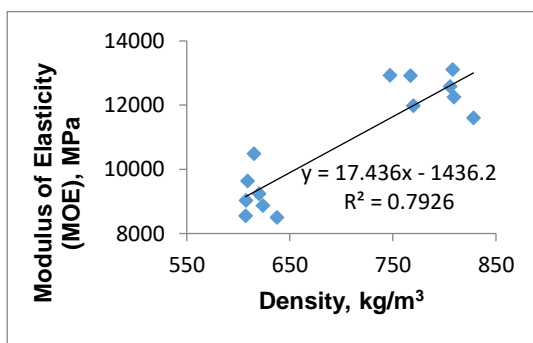


Fig. 9. Variația MOE pentru placajele de arin și mesteacăn în funcție de temperatura de densificare a furnirelor și tipul de placaj; D-cu furnire densificate, N-cu furnire nedensificate, M-mixt (Salca ș.a. 2020)



a



b

Fig. 10. Corelația dintre MOR (a) , MOE (b) și densitatea placajelor (Salca ș.a.2020)

Valorile medii ale rezistenței la forfecare ale epruvetelor de placaj au fost peste limita de 1 MPa indicată de standardul EN 314-2. Toate placajele produse în acest studiu au prezentat valori satisfăcătoare ale încheierii pentru a fi utilizate ulterior în condiții de interior (Fig. 11) Referitor la placajele de tip D și M, rezistențele la forfecare au fost mai mari la placajul de mesteacăn decât la cel de arin, considerând aceeași structură de placaj. Densificarea furnirelor generează suprafețe mai netede, ceea ce conduce la îmbunătățirea proprietăților la forfecare a stratului de adeziv (Bekhta și Sedliacik 2019). În cazul acestor furnire netede consumul de adeziv este mai mic decât cel pentru furnirele nedensificate, astfel că produsul final îndeplinește cerințele standardizate pentru placaje (Bekhta și Sedliacik 2019). Se pare că o mai bună rezistență a încheierii placajelor tip M, prin comparație cu cele de tip D, se datorează miezului acestora format din furnire n-d-n, care acționează precum un strat compact de adeziv. Consumul specific de 70 g/m², comparat cu cel de 60 g/m² folosit pentru placaje de tip D, a produs o bună încheiere a stratului exterior densificat. Odată cu creșterea temperaturii de densificare a furnirelor, rezistențele la forfecare ale placajelor au prezentat valori reduse gradual.

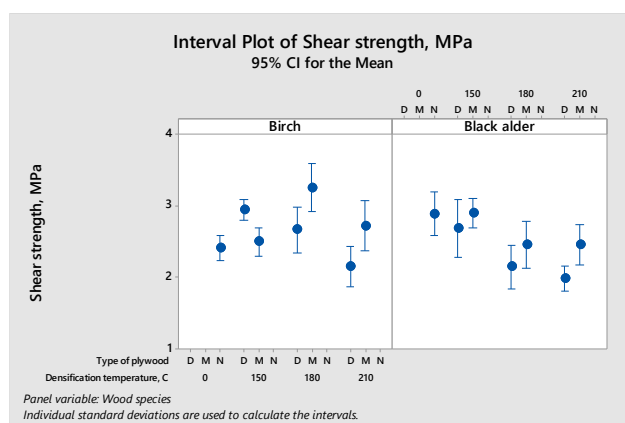


Fig. 11. Variația rezistenței la forfecare a placajelor de arin și mesteacăn în funcție de temperatura de densificare a furnirelor și tipul de placaj; D-cu furnire densificate, N-cu furnire nedensificate, M-mixt (Salca ș.a. 2020)

Analiza multifactorială ANOVA (Tabelul 8) a arătat că specia lemnoasă și temperatura de densificare a furnirelor, alături de efectul lor cumulativ, pot fi considerate statistic reprezentative pentru proprietățile mecanice analizate ($p \leq 0.05$), în timp ce tipul de placaj are o semnificație redusă. Temperatura de densificare a fost semnificativă pentru rezistența la încovoiere (MOR) la 90% CI ($p \leq 0.1$), iar specia lemnoasă nu este un factor semnificativ pentru forfecare. Aceste rezultate sunt în acord cu cele prezentate anterior în acest studiu (Salca ș.a.2020). Pentru a avea placaje cu performanțe mecanice (rezistența la încovoiere și modulul de elasticitate la încovoiere; rezistența la forfecare) regimul de tratare trebuie optimizat (Tabel 9). În baza rezultatelor acestui studiu, s-a constatat că, pentru ambele specii lemnoase, densificarea furnirelor aplicată la 150°C a generat cele mai bune rezultate pentru rezistențele

mecanice ale placajelor de tip D și M, aceste placaje fiind produse cu consumuri mici de adeziv, de 60 și 80 g/m². Pentru a obține aceste performanțe ale rezistențelor mecanice nu este necesar un nivel de temperatură mai mare de 150 °C pentru densificarea furnirelor înainte de fabricarea placajelor (Fig. 12).

Toate tipurile de placaje din acest studiu au fost produse folosind consumuri specifice mici de adeziv și au prezentat proprietăți acceptate pentru utilizarea lor la interior. O astfel de abordare în fabricarea placajului poate duce la emisii joase de compuși toxici și costul produsului final se poate reduce. Pe de altă parte, datorită rugozității lor scăzute, furnirele densificate nu necesită șlefuire iar culoarea lor atractivă permite folosirea produselor de finisare transparente.

Tabelul 8. Analiza multifactorială ANOVA pentru proprietățile mecanice (Specia = A; Temperatura de densificare = B). (Salca ș.a.2020)

One-Way ANOVA Response	Source	Degrees of Freedom (DF)	Adjusted Sums of Squares (Adj SS)	Adjusted Means Squares (Adj MS)	F-Value	p-Value
Rezistența la încovoiere (MOR), MPa	A	1	30,315	30,314.7	199.16	0.000
	B	3	2538	846.1	5.56	0.001
	A*B	3	2361	787.0	5.17	0.002
Modulul de elasticitate la încovoiere (MOE), MPa	A	1	363,249,244	363,249,244	213.91	0.000
	B	3	11,208,650	3,736,217	2.20	0.091
	A*B	3	16,538,180	5,512,727	3.25	0.024
Rezistența la forfecare (SS), MPa	A	1	0.427	0.4272	1.05	0.306
	B	3	7.929	2.6431	6.52	0.000
	A*B	3	10.358	3.4526	8.52	0.000

Tabelul 9. Optimizare de răspuns între specii pentru valori maxime ale rezistențelor placajelor (Salca ș.a.2020)

Soluția	Temperatura de densificare, °C	Specia	Tip placaj	Proprietatea	Coeficient	
1	154.286	Birch	M	MOE, MPa	0.765479	
				Fit		12,830.8
				MOR, MPa		127.384
				Shear strength, MPa	0.569985	
				Fit		

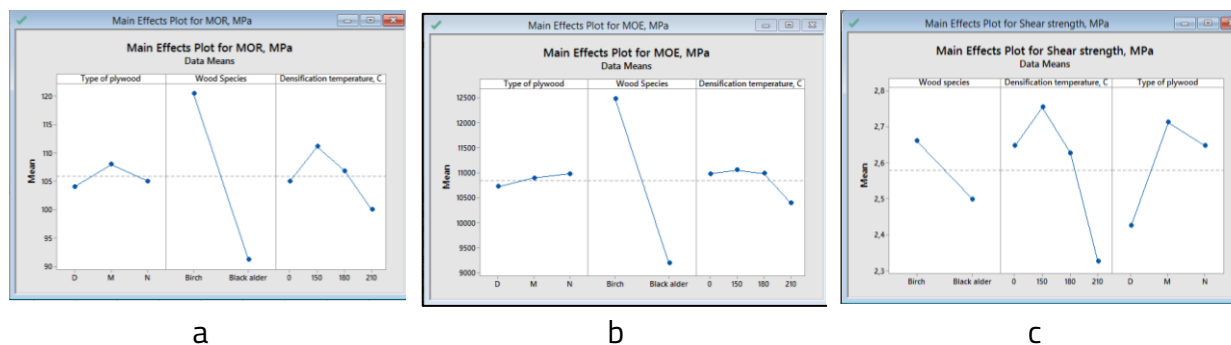


Fig. 12. Efectele principale ale variabilelor asupra rezistențelor placajelor: MOR (a), MOE (b), rezistența la forfecare (c) (Salca ș.a.2020)

2.5. Cercetări experimentale privind proprietățile placajelor obținute din combinații de furnire densificate și nedensificate, de grosimi diferite, asociate în aceeași structură

O altă cercetare prin colaborare în echipă mixtă, efectuată la Facultatea DMIL a UNITBv în 2018, a avut ca obiectiv evaluarea proprietăților fizico-mecanice ale placajelor în funcție de grosimea furnirelor folosite, combinații de diferite grosimi de furnir, la fel ca și suprapunerea furnirelor densificate și nedensificate în aceeași structură de pachet și consumul specific de adeziv pentru înclieirea furnirelor. Experimentul este amplu detaliat în lucrarea publicată în 2020 (Bekhta ș.a. 2020).

În acest studiu placajele au fost realizate din furnire de fag debitate prin derulare, de grosimi diferite, respectiv de 1.25 mm și 2.5 mm. Furnirele au fost supuse densificării, iar placajele, a câte 5 straturi, au fost produse folosind adeziv ureo-formaldehidic. Un total de 11 tipuri de placaj au fost realizate din furnire nedensificate, densificate sau din combinații ale acestora, cu cele două grosimi de furnir menționate anterior și utilizând două consumuri specifice de adeziv, de 110 și 180 g/m², după cum se prezintă în Tabelul 10. Rezultatele obținute sunt prezentate în Figurile 13-18 (Bekhta ș.a. 2020).

Calitatea suprafețelor furnirelor a fost îmbunătățită datorită densificării. Proprietățile mecanice ale placajului realizat din furnire subțiri au fost superioare celor determinate pentru placajele realizate din furnire cu grosime mai mare. Acest aspect este evidențiat la ambele categorii de furnire, densificate și nedensificate. Valorile rezistenței la încovoiere MOR (II) = 116.56–193.86 MPa și MOR (I) = 57.53–96.60 MPa ale tuturor panourilor au depășit de câteva ori valorile permise prin standardul EN 13353, respectiv 32 MPa pentru MOR (II) și 5 MPa pentru MOR (I). Valorile rezistenței înclieirii 1.51–3.22 MPa ale tuturor panourilor, cu excepția placajelor realizate din furnire nedensificate (0.77 MPa) cu consum specific mai mic de adeziv, au depășit valoarea minimă permisă de standardul EN 314-2, de 1 MPa.

Utilizarea furnirelor densificate a condus la creșterea performanței mecanice a placajului, dar a influențat negativ umflarea în grosime și absorbția de apă a panourilor. Este total neadecvat a se aplica un nivel ridicat de presiune pentru obținerea unor performanțe mecanice de încovoiere, înclieiere și stabilitate dimensională.

Tabelul 10. Categoriile de placaj (Bekhta ș.a. 2020)

Panel type	Description of veneer and adhesive spread rate to manufacture panel	Construction
A	Conventional (non-densified) veneer, thickness of veneer 1.25 mm, UF spread rate 180 g/m ²	1.25-1.25-1.25-1.25-1.25 ¹
B	Conventional (non-densified) veneer, thickness of veneer 2.5 mm, UF spread rate 180 g/m ²	2.5-2.5-2.5-2.5-2.5
C	Densified veneer, thickness of veneer 1.25 mm, UF spread rate 180 g/m ²	1.25-1.25-1.25-1.25-1.25
D	Densified veneer, thickness of veneer 2.5 mm, UF spread rate 180 g/m ²	2.5-2.5-2.5-2.5-2.5
E	Face and bottom layers of panel samples from densified veneer with thickness 1.25 mm and core layers from densified veneer with thickness 2.5 mm, UF spread rate 180 g/m ²	1.25-2.5-2.5-2.5-1.25
F	Face and bottom layers of panel samples from non-densified veneer with thickness 1.25 mm and core layers from non-densified veneer with thickness 2.5 mm, UF spread rate 180 g/m ²	1.25-2.5-2.5-2.5-1.25
G	Face and bottom layers of panel samples from densified veneer with thickness 1.25 mm and core layers from non-densified veneer with thickness 2.5 mm, UF spread rate 180 g/m ²	1.25-2.5-2.5-2.5-1.25
H	Conventional (non-densified) veneer, thickness of veneer 1.25 mm, UF spread rate 110 g/m ²	1.25-1.25-1.25-1.25-1.25
K	Densified veneer, thickness of veneer 1.25 mm, UF spread rate 110 g/m ²	1.25-1.25-1.25-1.25-1.25
L	Conventional (non-densified) veneer, thickness of veneer 2.5 mm, UF spread rate 110 g/m ²	2.5-2.5-2.5-2.5-2.5
M	Densified veneer, thickness of veneer 2.5 mm, UF spread rate 110 g/m ²	2.5-2.5-2.5-2.5-2.5

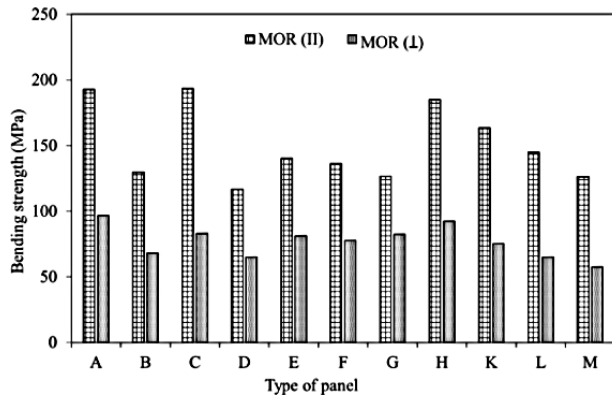


Fig. 13. Rezistența la încovoiere (MOR) a placajelor (Bekhta ș.a. 2020)

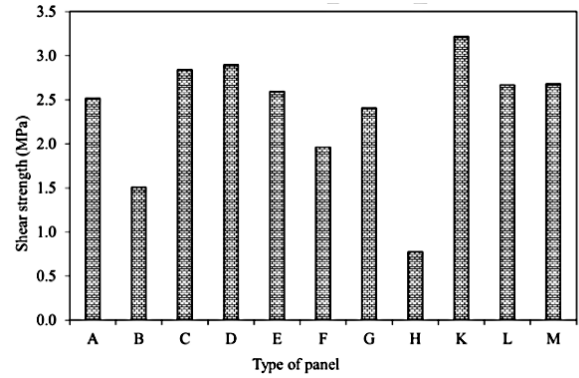


Fig. 14. Rezistența la forfecare a placajelor (Bekhta ș.a. 2020)

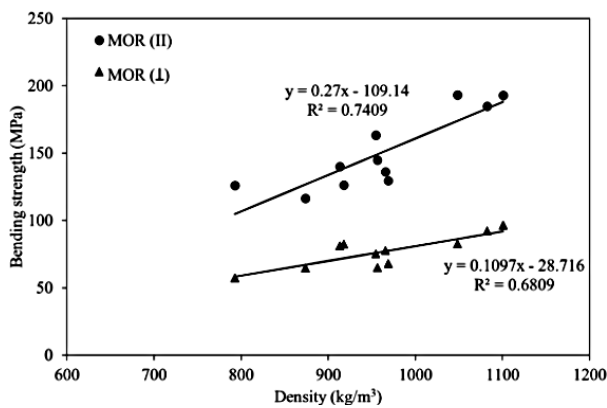


Fig. 15. Dependența dintre rezistența la încovoiere (MOR) și densitatea placajelor (Bekhta ș.a. 2020)

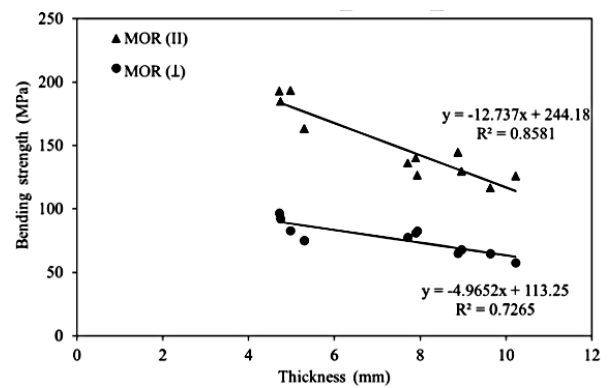


Fig. 16. Dependența dintre rezistența la încovoiere (MOR) și grosimea placajelor (Bekhta ș.a. 2020)



Fig. 17. Modul de rupere la forfecare: a-placaje tip A-G, K-M; b-placaje tip H (Bekhta ș.a. 2020)

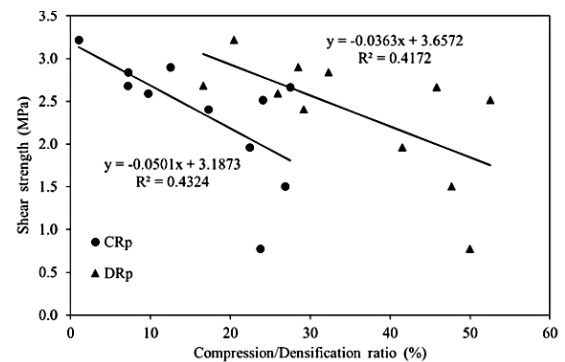


Fig. 18. Dependența dintre rezistența la forfecare și raportul de compresie/densificare a placajelor (Bekhta ș.a. 2020)

Din cercetarea efectuată s-au desprins următoarele concluzii punctuale:

- Calitatea suprafeței furnirelor este îmbunătățită datorită densificării aplicate.
- Furnirul mai dens a fost mai neted decât furnirul de densitate mai mică, iar furnirul mai gros a fost mai rugos decât cel subțire.
- Grosimile tuturor tipurilor de placaj au fost mai mici decât cele admise de standardul EN 315.
- Reducerea consumului specific de adeziv cu 40% nu a condus la degradarea rezistenței la încovoiere, panourile de tip K realizate din furnire densificate reprezintă o excepție.
- Furnirele mai subțiri au prezentat o mai bună încliere și rezistență la încovoiere prin comparație cu furnirele mai groase, care duc la deteriorarea proprietăților de încovoiere. În unele configurații, în special prin folosirea de furnire subțiri și groase, poate fi un avantaj utilizarea de furnire subțiri pentru față (strat exterior) și furnire groase pentru straturile de interior ale placajului.
- Densificarea furnirelor a condus la îmbunătățirea rezistenței la încliere a placajului. Rezistența la forfecare a placajului realizat din furnire densificate a fost mai mare decât cea a placajului din furnire nedensificate. Dealtfel, placajul realizat din furnire nedensificate a prezentat o stabilitate dimensională mai bună.
- Aplicarea unei presiuni mari de regim la fabricarea placajului este neadecvată, deoarece conduce la deteriorarea calității suprafeței placajului, pierderi de grosime și masă, în consecință conduce la supra consum de materie primă, slăbește rezistența la încovoiere și duritatea placajului.
- Astfel că, principala sarcină la fabricarea placajului este de a asigura performanță la încovoiere și încliere, minimizând pierderile de grosime și evitând supra-densificarea.

2.6. Concluzii

Furnirele densificate pot fi o alegere excelentă în fabricarea placajului destinat construcțiilor, fiind un material cu proprietăți îmbunătățite și costuri reduse, prin comparație cu placajul fabricat în mod tradițional. O astfel de abordare în fabricarea placajului poate duce la emisii joase de compuși toxici și totodată, costul produsului final se poate reduce. Pe de altă parte, datorită rugozității lor scăzute, furnirele densificate nu necesită șlefuire iar culoarea lor atractivă permite folosirea produselor de finisare transparente.

Diseminare

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: 1 capitol de carte, 3 articole ISI, 5 lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale.

Capitol de carte

1. **SALCA E.A., BEKHTA P.** (2021). Effects of Thermo-Mechanical Densification Applied to Veneers of Fast-Growing Species to Produce Value-Added Plywood Panels. Book Chapter in: Cutting-edge Research in Agricultural Sciences, Vol.9, p.161-177, ISBN 978-93-90888-75-7 (print), ISBN 978-93-90888-83-2 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/cras/v9/8628D.
 - Capitolul este indexat în Google Scholar
 - Capitolul are 1 citare ISI

Articole ISI

1. BEKHTA, P., **SALCA, E.A.** (2018). Influence of veneer densification on the shear strength and temperature behavior inside the plywood during hot press, **Construction and Building Materials** 162, 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.161>
 - Articolul are IF 3.169/2017
 - Articolul are 22 citări în Web of science
2. BEKHTA, P., **SALCA, E.A.**, LUNGULEASA, A. (2020). Some properties of plywood panels manufactured from combinations of thermally densified and non-densified veneers of different thickness in one structure. **Journal of Building Engineering**, 29, 101116, DOI: 10.1016/j.jobbe.2019.101116
 - Articolul are IF 3.379/2020
 - Articolul are 24 citări în Web of science
3. **SALCA, E.A.**, BEKHTA, P., SEBLII, Y. (2020). The effect of veneer densification temperature and wood species on the plywood properties made from alternate layers of densified and non-densified veneers, **Forests**, 11(6), 700, DOI:10.3390/f11060700
 - Articolul are IF 2.221/2020
 - Articolul are 14 citări în Web of science

Lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale

1. **SALCA, E.A., BEKHTA, P.** (2016). Influence of veneer densification upon the process of plywood production. In: Book of Abstracts of the 13th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium "Bio-Based composites for a sustainable future", Concepcion, Chile, 13-15 November 2016, p.98.

2. **SALCA, E.A., BEKHTA, P.** (2018a). Evaluation of shear strength of plywood produced from densified birch veneers. In: Proceedings of The Fourteenth Pacific Rim Bio-Based Composite Symposium, BIOCOMP 2018, 29-31 October 2018, Makassar, Indonesia, p.119-122.
3. **SALCA, E.A., BEKHTA, P.** (2018b). Properties of multi-layer plywood made from combinations of densified and non-densified veneers in one structure. In: Book of Abstracts of the COST Action FP1407 Final Conference "Living with modified wood", 12-13 December 2018, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-7299-280-9, p.84-85.
4. **SALCA, E.A., BEKHTA, P.** (2019). Selected properties of plywood manufactured from alternate layers of densified and non-densified alder veneers. Poster presented at IUFRO 2019, Curitiba, Brasil, 29 September-5 October 2019.
5. **SALCA, E.A., BEKHTA, P.** (2021a). Some mechanical properties of mixed plywood made of birch veneers with and without densification. In: Book of Abstracts of the 15th Pacific Rim Bio-Based Symposium, BIOCOMP 2020-21, Wood-Based Panels for New Climate Change, 29 Sept-1 Oct, 2021, HICO, Gyeongju, Rep. of Korea, Hybrid Meeting Format.

CAPITOLUL 3. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND FINISAREA LEMNULUI

În acest capitol sunt prezentate cercetările experimentale efectuate în echipe mixte de cercetare româno-poloneze, prin Bursa Universității Transilvania din Brașov 2015, obținută de autor și desfășurată la Universitatea din Poznan și Compania Remmers din Polonia.

Capitolul cuprinde cercetări experimentale privind proprietățile de finisare ale lemnului de arin negru în funcție de calitatea suprafeței șlefuite, produsul de finisare, sistemul de finisare și diferite teste de încercare a peliculelor de finisare.

3.1. Aspecte generale privind finisarea suprafețelor de lemn masiv

Industria mobilei este în continuă dezvoltare și diversificare, conducând spre implementarea unei anumite schimbări de strategie, de la un model de afaceri tradițional la un model bazat pe generarea de valoare. O astfel de abordare a fost susținută de avantajul competitiv al produselor calitative, inovatoare și ecologice (Salca ș.a. 2017). Mobilierul fabricat din materiale pe bază de lemn este utilizat în mod obișnuit pe piață, dar mobilierul din lemn masiv își păstrează încă popularitatea. Sunt preferate speciile deschise la culoare, dar nu exclusiv. În comparație cu compozitele, atribute precum fiabilitatea, respectarea mediului, aspectul plăcut și valoarea sunt folosite pentru a descrie lemnul masiv (Marschner ș.a. 2005). Arinul negru (*Alnus glutinosa L.*) este una dintre cele mai promițătoare specii repede crescătoare și o specie de importanță majoră a ecosistemelor riverane din Europa. Pe lângă beneficiile speciei în ceea ce privește filtrarea și epurarea apelor, stabilizarea malurilor râului, arinul negru are potențial și pentru producția de cherestea (Salca 2019). Arinul negru este o specie cu pori împrăștiați, cunoscută mai ales pentru utilizările sale tradiționale. Datorită prelucrabilității, proprietăților și aspectului său, lemnul de arin negru poate fi un material potrivit pentru fabricarea mobilei. Proprietățile generale de prelucrare, cum sunt despicarea, strunjirea, cioplirea, profilarea, găurirea, șlefuirea, înclieirea, colorarea și finisarea influențează utilizarea eficientă a acestei specii (Salca 2019). O prezentare generală a proprietăților de finisare ale lemnului de arin negru este abordată în continuare.

Finisarea este una dintre cele mai utilizate metode de prelucrare a suprafeței lemnoase, finisarea se aplică pentru protecția suprafeței, pentru îmbunătățirea proprietăților acesteia și totodată pentru a extinde ciclul de viață al produsului finit. Prima impresie pe care o lasă un produs va influența cumpărătorul; mobilierul trebuie să prezinte o anumită estetică. Finisarea unei suprafețe din lemn presupune o succesiune de operații specifice: pregătirea suprafeței, aplicarea materialului de finisare și prelucrarea peliculei după întărirea acesteia, pentru a-i

conferi produsului caracteristici estetice și de calitate (Salca ș.a. 2016, 2016a, 2017, 2017a, 2018; Salca 2022). Există materiale de finisare transparente, care lasă vizibilă textura lemnului și materiale opace de finisare, care fac posibilă colorarea suprafețelor, fără evidențierea texturii lemnului. În funcție de gradul de umplere a porilor lemnului cu material de finisare, finisarea transparentă se poate executa în trei moduri: finisare cu pori deschiși, semi-deschiși sau finisare cu pori închiși. Clasificarea generală a materialelor folosite pentru finisare este prezentată în Tabelul 1.

Tabelul 1. Clasificarea generală a materialelor utilizate în procesul de finisare a lemnului (Salca 2022)

Categoria de materiale	Tipul de material		Observații și exemple
Materiale pentru pregătirea suportului lemnos	Emery paper, corundum, acetonă, oxalic acid		Pentru curățare chimică sau mecanică
	Perhidrol, peroxid sau alți agenți Baițuri, substanțe colorante		Pentru albirea suprafeței În cazul în care sunt cerute suprafețe colorate
Materiale de finisare	Finisaj transparent	Grunduri transparente	Cu sau fără culoare
		Lacuri transparente	Lucioase sau mate; ±colorate
	Finisaj opac	Materiale fluide	Grunduri, baițuri, substanțe colorante
		Materiale solide	Filme, folii sintetice
Materiale de finisare a peliculelor după întărire	Hârtie abrazivă		
	Lichid de lustruire		
	Ceară		
	Egalizator		

În funcție de dimensiunile și forma elementului de finisat, la fel ca și de natura materialelor folosite, materialele de finisare pot fi aplicate prin diferite tehnici, cum sunt: finisare prin turnare, pulverizare, imersie, aplicare cu rolă, pensulare, etc. Tehnologia de finisare a unei piese de lemn include anumite operații care sunt, de obicei, efectuate pe o linie tehnologică de finisare.

În cele mai multe cazuri, suprafața lemnului este șlefuită, iar apoi acesteia i se aplică pe rând materiale de finisare, grund, lac ori vopsea. După fiecare aplicare se alocă un timp de uscare a peliculei, se folosesc tunele de aer sau cu radiații UV/IR, apoi piesele sunt condiționate (20°C și 40-50% RH) pentru câteva ore într-un mediu controlat și fără praf.

3.2. Pregătirea suprafețelor lemnoase pentru finisare.

Șlefuirea este considerată o operație importantă înainte de finisarea la fabricarea mobilei. Pentru a implementa optimizarea fabricației, două criterii trebuie simultan îndeplinite, respectiv obținerea celei mai bune calități a suprafeței și performanța procesului de tăiere (Varasquim ș.a. 2012). Sunt câțiva factori ai interacțiunii lemn-mașină-sculă care influențează calitatea suprafeței prin procesul de prelucrare la șlefuire, inclusiv proprietățile speciei, densitatea, umiditatea, la fel ca și următorii parametri de prelucrare, respectiv presiunea, viteza benzii abrazive, viteza de avans, adâncimea de prelucrare, direcția de prelucrare față de fibre, granulația benzii abrazive (Gurau și Irlle 2017; Sandak ș.a. 2017), forța de tăiere și puterea consumată (Varanda ș.a. 2010). Un proces de șlefuire începe cu o granulație mare iar apoi sunt aplicate granulații fine pentru fazele finale de finisare, pentru a obține un substrat omogen necesar aplicărilor ulterioare (Jaic ș.a. 2014). Fibrele lemnului se pot ridica și răsuci în timpul șlefuirilor și umezirilor, dar o șlefuire adecvată poate reduce aceste efecte (Landry ș.a. 2013). Pentru experimentele prezentate în acest capitol s-au utilizat scânduri rindeluite de arin negru, care au fost debitate în epruvete la dimensiunile de 300 mm × 6 mm × 95 mm (Fig.1 a). Densitatea epruvetelor a fost de 520 kg/m³ iar umiditatea acestora de 8%. Înainte de pregătirea suprafețelor prin șlefuire, epruvetele au fost condiționate la temperatura de 20 ± 2 °C și umiditatea relativă a aerului de 50% ± 5%.



a



b

Fig. 1. Stivă de arin negru (a); Mașina de șlefuit cu bandă lată tip Timesavers (b)

Șlefuirea epruvetelor s-a efectuat în condiții industriale cu o mașină de șlefuit cu bandă lată (Fig.1b), ale cărei caracteristici tehnice sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Caracteristici tehnice ale mașinii de șlefuit Timesavers (Salca ș.a. 2017)

Dimensiuni bandă abrazivă, mm	Viteza de șlefuire, m/s	Presiunea, bar	Viteza de avans, m/min
1900x1130	16	4.5	4-20

Epruvetele au fost supuse șlefuirii de calibrare cu granulația 60, iar ca și granulații finale de șlefuire au fost selectate granulațiile 150 și 180. S-au aplicat un număr de 8 programe de șlefuire, obținute prin combinarea a 5 granulații (granule de corindon), respectiv de 80, 100, 120, 150 și 180. Programele de șlefuire sunt prezentate în Tabelul 3. Operația de calibrare și fiecare program de șlefuire s-au efectuat cu același regim de șlefuire, respectiv cu viteza de avans de 12 m/min și adâncimea de șlefuire de 0.3 mm.

Tabelul 3. Programe de șlefuire (Salca ș.a. 2016, 2017)

Granulația finală	Secvența de șlefuire după calibrarea cu granulația 60			
150	80, 150	100, 150	120, 150	150
180	80, 180	100, 180	120, 180	150, 180

Rugozitatea suprafețelor

Rugozitatea suprafețelor șlefuite a fost determinată cu ajutorul echipamentului MicroProf FRT (Fig. 2). Au fost înregistrați următorii parametri de rugozitate: Rk-parametrul de apreciere a rugozității de prelucrare și Rpk-parametrul de apreciere a fibrei ridicate din ISO 13565-2, precum și Ra-deviația medie aritmetică după ISO 4287. Parametrul de apreciere a rugozității anatomice Rvk a fost exclus din analiză deoarece rugozitatea anatomică nu a fost eliminată (Gurau ș.a. 2005). Toți parametrii au fost mășurați în modul 2D, perpendicular pe direcția de șlefuire. Parametrii de scanare setați au fost:

- Lungime de evaluare 50 mm,
- Lungime de bază 2.5 mm,
- Rezoluție 5 μm,
- Viteză de scanare 750 μm/s,
- Puncte scanate pe linie 10,000.

Softul echipamentului aplică automat un filtru Gaussian tuturor datelor înregistrate. S-au efectuat măsurători de rugozitate pentru toate epruvetele, la încheierea fiecărui program de șlefuire, înainte de etapa de finisare. Rezultatele sunt prezentate în Tabelul 4.

S-a constatat că valorile de rugozitate ale epruvetelor au descrescut gradual pentru fiecare secvență de șlefuire odată ce granulația intermediară de șlefuire s-a mărit.

Speciile lemnoase cu densitate mică prezintă scămoșări ale suprafețelor prin comparație cu cele cu densitate mare (Gurau ș.a. 2005). Mai mult, o suprafață tangențială poate conține zone mai largi sau mai înguste de lemn timpuriu și târziu (Gurau ș.a. 2005). La aceeași granulație, speciile de foioase prezintă o mai bună calitate a suprafețelor prin comparație cu cele de rășinoase. Rugozitatea suprafeței lemnului este invers proporțională cu densitatea acestuia, ceea ce joacă un rol mult mai important decât anatomia speciei (Gurau ș.a. 2005).

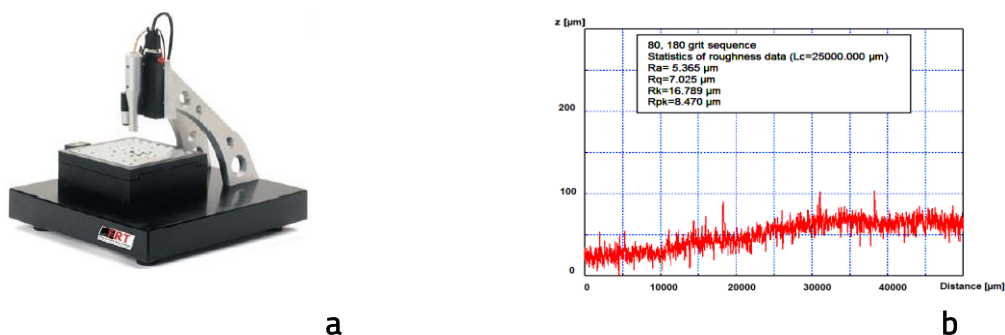
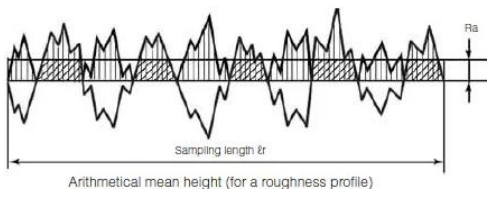
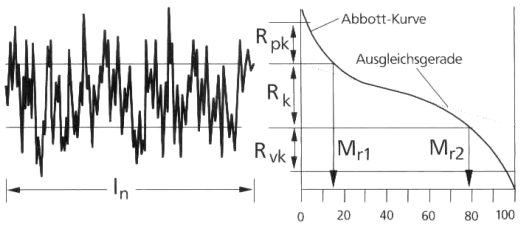


Fig. 2. MicroProf FRT (a); profil tipic de rugozitate a suprafeței (Salca ș.a.2016)

Tabelul 4. Rugozitatea suprafețelor șlefuite (Salca ș.a. 2016, 2017)

Secvența de șlefuire după calibrare	R_a (μm)	R_k (μm)	R_{pk} (μm)	Parametrul de rugozitate
80, 150	6.0 (0.4) *	18.1 (1.4)	10.4 (2.8)	R_a – medie aritmetică 
100, 150	6.03 (0.8)	18.6 (2.2)	8.5 (2.3)	
120, 150	6.1 (0.6)	18.4 (1.3)	10.7 (3.3)	
150	6.2 (0.9)	19.4 (2.4)	9.1 (3.5)	Familia R_k – curba Abbott 
80, 180	7.1 (2.0)	20.8 (5.7)	10.3 (2.7)	
100, 180	5.8 (0.9)	17.3 (2.1)	10.1 (3.1)	
120, 180	5.6 (0.8)	16.5 (2.1)	9.6 (2.9)	
150, 180	5.0 (0.2)	15.5 (0.8)	7.4 (0.9)	

* Numerele din paranteze reprezintă valori ale deviației standard

S-a demonstrat că direcția fibrelor lemnului nu este semnificativă pentru granulații de 60, 80 și 100, dar devine semnificativă pentru granulații peste 120 (Gurau și Irle 2017). Un strat rugos la suprafața lemnului se produce prin șlefuirea cu granulații de 60 și 80; țesutul lemnos este forțat să intre în cavități și produce obstrucția acestora. Ca rezultat, la viteze de avans mici, celulele lemnoase care rămân netăiate sunt îndoite și generează o mai bună rugozitate, în timp ce, la viteze mari de avans, se formează vârfuri. Acestea sunt atenuate prin aplicarea unor granulații fine la viteze de avans mici (Gurau ș.a. 2005). În practică, aceste suprafețe sunt supuse unor șlefuiuri succesive cu granulații de 100, 120, 150 sau 180, în funcție de destinația elementelor și de sistemul de finisare ales (Salca ș.a. 2017).

3.3. Cercetări experimentale privind influența calității suprafeței, a sistemului și materialelor de finisare asupra proprietăților suprafețelor lemnoase finisate

Industria finisării lemnului se confruntă în prezent cu influența reglementărilor de mediu și există un accent clar pe sistemele pe bază de apă, cu conținut ridicat de substanțe solide, finisarea în UV și cu pulbere. Reglementările VOC (Compuși organici volatili) sunt aplicate pentru finisarea cu materiale peliculogene de interior, cărora li se cere rezistență la abraziune și agenți chimici, dar și un efect de luciu ridicat (Philipp 2010). În cazul lucrărilor din lemn pentru exterior, accentul se pune pe durabilitate și protecție împotriva umidității, luminii solare și atacului microbiologic (Evans ș.a. 2015, Nejad ș.a. 2017, Bulian ș.a. 2017). Există mai multe studii privind finisarea cu lacuri celulozice, pe bază de solvenți sau pe bază de apă, care au fost aplicate pe diferite materiale lemnoase (Budakci ș.a. 2012, Ugolino și Hernandez 2017). Acestea sunt utilizate în mod obișnuit pentru mobilierul de interior, în timp ce pentru zonele umede, cum ar fi dulapurile de bucătărie și baie, s-au folosit materiale melaminate, însă se așteaptă aplicarea produselor de finisare UV și pe bază de apă în locul acestora (Philipp 2010). Finisajele pe bază de apă și tehnologiile cu UV sunt considerate soluții eficiente și totodată eco-tehnologii alternative pentru operațiunile de finisare a lemnului (Gurleyen ș.a. 2017). Finisajele pe bază de apă oferă multe beneficii, cum ar fi reducerea emisiilor de solvenți, costuri mai mici ale materialelor, non-toxicitate, ușurință în aplicare și un luciu îmbunătățit. Uneori fibra ridicată apărută poate îngreuna și limita aplicarea acestor produse (Landry ș.a. 2013). Finisajele pe bază de stiren/poliester și cele acrilice sunt utilizate în principal ca straturi de finisare finale UV. Ele oferă avantaje considerabile față de sistemele convenționale, cum ar fi emisii scăzute de VOC, întărire rapidă, umezire superioară, manipulare imediată și deșeuri minime. Cu toate acestea, costurile ridicate ale materiilor prime și echipamentelor pot reprezenta o problemă pentru companiile mici (Salca ș.a. 2016).

Caracteristicile celor două produse de finisare utilizate în acest studiu, respectiv lac UV 100% (A) și lac pe bază de apă (B), sunt prezentate în Tabelul 5.

Epruvetele au fost finisate în condiții de laborator la Compania REMMERS din Polonia, folosind două metode de aplicare diferite și cele două produse de finisare menționate anterior (Tabelul 6). Epruvetele au fost finisate în două straturi, respectiv stratul inițial și cel final. S-a aplicat o șlefuire ușoară cu granulația 220 între cele două finisări, pentru a elimina fibrele ridicate și a obține o suprafață netedă. Praful produs a fost îndepărtat cu o perie fină (Salca ș.a 2016, 2017).

Tabelul 5. Caracteristicile produselor de finisare (Salca ș.a. 2017)

Cod produs	Tip de lac	VOC-EU, g/L	Densitatea (g/cm ³), 20 °C	Vâscozitate convențională (s), 20 °C [DIN 53211]	Solvenți organici (%)	Conținut solid (%)
A	UV acrilic	55.2	1.229	42	6.5	93.5
B	Pe bază de apă	55.2	1.024	65	5.4	27.9

Pentru pulverizarea celor două produse de finisare s-a utilizat un pistol de pulverizat (0.25 bar), cu un consum specific de 120 g/m² (Fig. 3a). Un sistem de aplicare cu rolă tip RK Control Coater s-a folosit exclusiv pentru produsul de finisare UV 100%, la o viteză de avans de 4 m/min (Fig.3b). Pentru întinderea peliculei umede de 24 μm și 6 μm s-au folosit cele două bare ale echipamentului (Salca ș.a. 2016). Pentru un mic grup de epruvete s-a aplicat doar un strat de produs UV 100% (1A), tocmai pentru a evalua și compara performanța finisării. Uscarea peliculelor s-a efectuat separat în funcție de produsul de finisare aplicat. Epruvetele finisate prin pulverizare cu produsul de finisare pe bază de apă au fost uscate în laborator la temperatura de 20 °C și umiditate relativă a aerului de 40% RH, pentru ambele faze de finisare, în timp ce epruvetele finisate cu produsul UV 100% (aplicat prin pulverizare și cu rolă) au fost uscate într-o unitate de uscare UV tip UVC-250x2 (viteza benzii 20 m/min și lampă cu mercur 120W/cm) (Fig. 3 c). Planul experimental de finisare este prezentat în Tabelul 6.

Există o relație echilibrată între substratul lemnos, materialul de finisare și sistemul său de aplicare, pentru a obține proprietăți de performanță ale produsului finit (William și Feist 1994). În cele ce urmează vor fi evaluate proprietățile de finisare ale epruvetelor, respectiv aderența la suport a materialului de finisare și luciul suprafeței finisate, în funcție de sistemul și materialul de finisare, corelate cu pregătirea suprafeței lemnului prin șlefuire.

Tabelul 6. Planul experimental de finisare (Salca ș.a.2016)

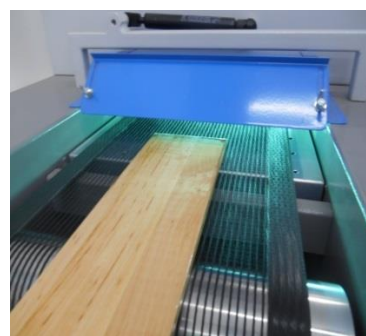
Sistemul de finisare	Pulverizare		Cu rolă
	Pistol de pulverizare		RK Control Coater
Produs de finisare	A	Lac UV100% UV	
	B	Lac pe bază de apă	
Aplicare în 2 straturi – șlefuire cu granulație 220 între straturi			
Sistem de finisare			
Pulverizare A	Pulverizare B	Rolă 1 strat (1A)	Rolă (A)



a



b



c

Fig. 3. Pistol de pulverizare (a); RK control coater (b); unitate de uscare peliculă UV 250x2 (c)
(Salca ș.a 2016, 2017)

Aderența la suport a materialelor de finisare

Pregătirea suprafeței prin diverse operații de prelucrare influențează proprietățile de finisare și calitatea produsului finit (William și Feist 1994). O suprafață rugoasă produce o creștere a zonei de interferență mecanică dintre pelicologen și lemn, în timp ce aderența la suport este redusă prin creșterea umidității de echilibru a lemnului (Sonmez ș.a 2011). O aderență mai slabă în condiții de umiditate poate rezulta din captarea umidității de către pelicologen, umflare și proprietăți higroscopice (De Meier ș.a. 1998). Lacul nitrocelulozic a prezentat o aderență mai bună în cazul lemnului de fag decât în cazul lemnului de rășinoase, iar lacul pe bază de apă a prezentat, în general, o aderență mai scăzută decât lacul pe bază de solvent (Demirci ș.a. 2013, Ozdemir și Hiziroglu 2015).

Măsurarea aderenței la suport s-a efectuat în condiții de laborator (temperatura de 20°C și umiditatea relativă a aerului de 40% RH), cu ajutorul unui aparat hidraulic de tip PosiTest-AT care măsoară solicitarea necesară pentru a desprinde de suport pelicula de finisare, prin tracțiune pe direcție perpendiculară față de substratul lemnos, la viteză constantă, conform ISO 4624. S-a utilizat un adeziv silan-epoxidic cu două componente, de tip Jowat 690.00, pentru a încheia pe suprafețele finisate pionii de metal de 20 mm diametru (Fig. 4).

După o săptămână s-au prelucrat incizii în jurul pionilor metalici, pentru a preveni eventuale desprinderi în vecinătatea ariei de testare. Aderența a fost înregistrată direct în MPa de softul echipamentului de testare PosiTest. S-au efectuat câte cinci măsurători pe fiecare epruvetă finisată.



Fig. 4. Echipament de testare tip PosiTest (a); pionii încleiați pe epruvete (b)(Salca ș.a.2016)

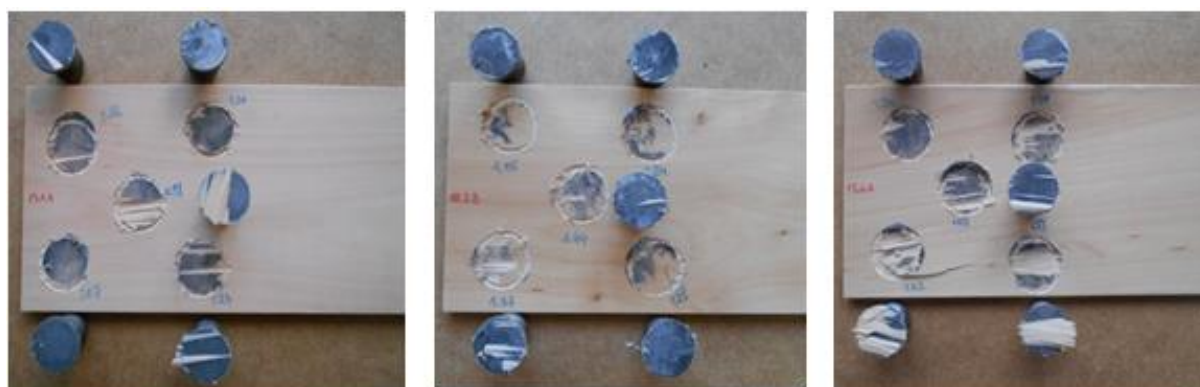
Tabelul 7 prezintă rezultatele testului de aderență la suport, în funcție de programul de șlefuire anterior aplicat și tipul de pelicologen, pentru epruvetele finisate prin pulverizare. Defectul de slabă coeziune pentru lemnul de arin provine din structura acestuia distinctă. Vasele lemnului de arin sunt uniform împrăștiate pe secțiunea transversală și structura lui permite o bună penetrare a lacului în capilare. Fibră ridicată produce creșterea rugozității, afectând și caracteristicile de umectare, în schimb, o bună umectare generează proprietăți bune ale finisajului (Wulf ș.a. 1997). Figura 5 prezintă defectele apărute atât în stratul lemnos cât și în stratul pelicologen; delaminarea dintre adeziv și pelicologen a fost rar observată. S-au găsit diferențe mici de aderență prin compararea celor două produse pelicologene studiate.

Tabelul 7. Valori medii ale aderenței în funcție de programul de șlefuire inițial și tipul de lac (Salca ș.a 2017)

Secvența de șlefuire după calibrare	Tip de lac	Aderența (MPa)
80, 150	A	1.41 (0.02)*
	B	1.20 (0.01)
100, 150	A	1.29 (0.1)
	B	1.24 (0.01)
120, 150	A	1.22 (0.01)
	B	1.22 (0.2)
150	A	1.39 (0.1)
	B	1.43 (0.1)

* Numerele din paranteze reprezintă valori ale deviației standard

Epruvetele finisate cu pelicologen UV 100% prin aplicare cu rolă au prezentat valori similare ale aderenței la suport, aproximativ 1.30 MPa pentru primele două programe de șlefuire inițiale (Fig. 6). O diferență de aderență de 23.97% a fost semnalată între aceste programe și granulațiile mai fine aplicate ulterior, respectiv de 150, 180. Secvențele de șlefuire inițială cu granulații fine au produs o aderență scăzută. O variație similară s-a observat și în cazul aplicării unui singur strat de pelicologen UV 100% (Salca ș.a 2016). Epruvetele finisate cu pelicologen UV 100% aplicat cu rolă au prezentat o mai mare aderență decât epruvetele finisate prin pulverizarea aceluiași produs de finisare. Aplicarea cu rolă produce un strat pelicologen mai uniform și consistent, care influențează semnificativ calitatea suprafeței finisate, ducând la o aderență mai bună (Arnold 2010). Aceasta se datorează preciziei sistemului cu rolă prin comparație cu metoda prin pulverizare aplicată manual. Pelicologenul pe bază de apă aplicat prin pulverizare a generat suprafețe finisate, având o aderență mai bună la suport decât suprafețele finisate cu UV 100% utilizând același sistem de aplicare. În cazul materialului pelicologen pe bază de apă, care se întărește prin coalescență, picăturile acestuia se atrag și se adună odată ce apa se evaporă (Cakicier ș.a.2011, Budakci ș.a.2012). Astfel că, prin aplicarea acestui produs pe bază de apă, rugozitatea suprafeței a crescut, aria de contact fizic crește și în acest fel aderența la suport este mai bună (Vitosyte ș.a. 2012, Landry ș.a.2013).



120,180 grit seq. / spraying A

100,180 grit seq. / spraying B

120,180 grit seq. / roller A

Fig. 5. Delaminarea în funcție de sistemul de finisare și pregătirea inițială a suprafeței (Salca ș.a.2016)

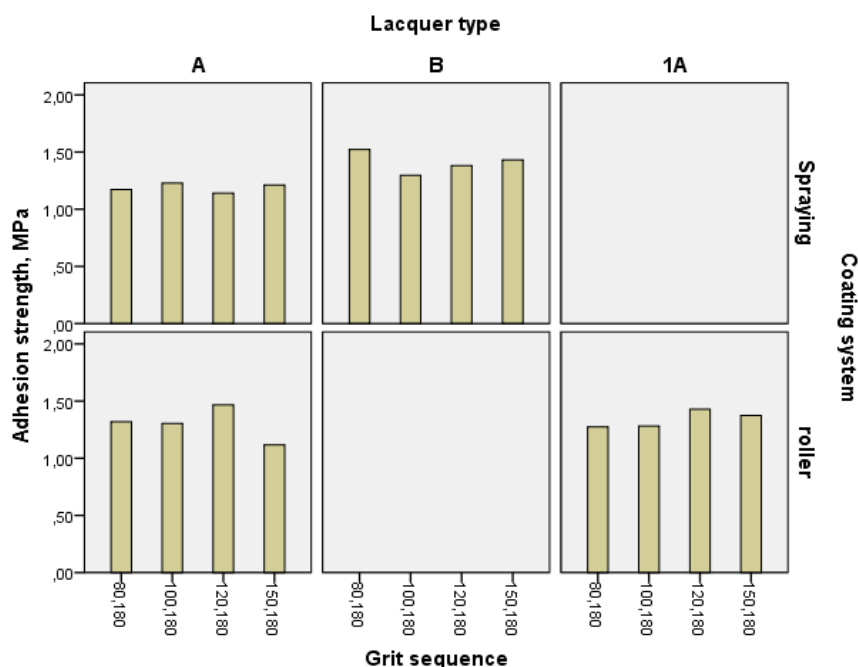


Fig. 6. Variația aderenței în funcție de sistemul de finisare și pregătirea inițială a suprafeței prin șlefuire (granulație finală 180) (Salca ș.a.2016)

Luciul suprafețelor finisate

Prin luciul oricărei suprafețe se evaluează calitatea ca rezultat al reflexiei luminii incidente provenite din diferite direcții (Ged ș.a. 2010, Vardi ș.a. 2010). Suprafețele cu un luciu înalt sunt cerute în industria mobilei, însă și luciul mat prezintă importanță pe piață. O imagine reflexivă de structură a produselor compozite cu luciu înalt a fost dezvoltată ca metodă alternativă pentru a descrie percepția umană vizuală asupra luciului (Ettwein ș.a. 2017). Cu toate acestea, studii recente au evidențiat senzațiile de confort oferite atât de suprafețele finisate, cât și de cele nefinisate ale produselor din lemn (Ikey ș.a. 2017). Luciul și culoarea, pe lângă textura vizibilă a lemnului, reprezintă proprietăți estetice importante care influențează alegerea oricărui cumpărător de mobilă. Mai mulți factori, inclusiv specia lemnoasă, rugozitatea suprafeței, compoziția chimică a lacului, sistemul de finisare, numărul de straturi, unghiul luminii incidente și direcția de măsurare a luciului influențează calitatea luciului produsului finit din lemn (Salca ș.a.2016, 2017). Diametrele vaselor la foioase și traheidelor la rășinoase, care formează lemnul timpuriu și cel târziu nu sunt identice. Rugozitatea celor două zone ale unui inel anual diferă în aceleași condiții de prelucrare și apar unele reflexii neregulate (Csanady ș.a.2015). Calitatea suprafeței influențează luciul lemnului (Bekhta ș.a. 2014b). O anumită corelație poate exista între luciul suprafeței și rugozitatea în dependență de granulația utilizată la șlefuire (Salca ș.a. 2017).

Fig. 7 prezintă principalele efecte ale programului de șlefuire inițial și tipul de peliculogen asupra luciului suprafețelor finisate prin pulverizare, folosind cele două produse peliculogene.

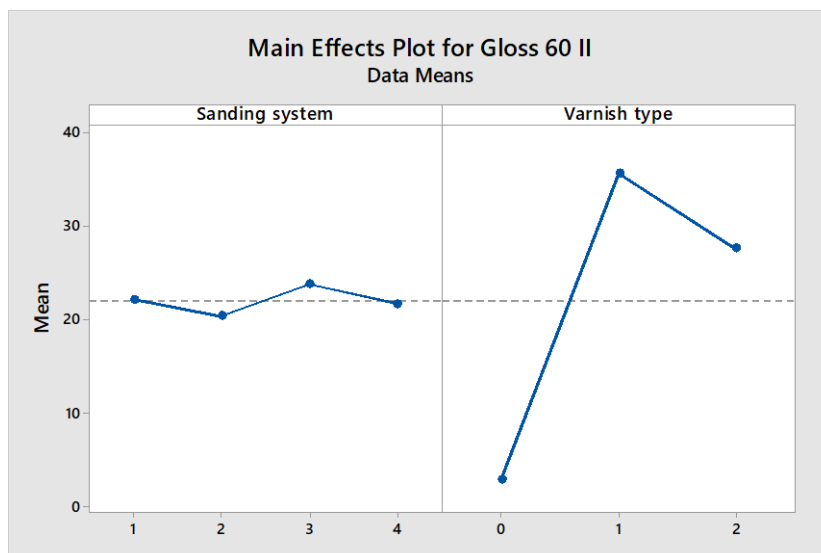


Fig. 7. Principalele efecte ale programului de șlefuire inițial (1= granulațiile 60, 80, 150; 2= granulațiile 60, 100, 120, 150; 3= granulațiile 60, 120, 150; 4= granulațiile 60, 150) și tipului de pelicologen (1=lac UV100%; 2=lac pe bază de apă) asupra luciului (la geometria de 60°) suprafețelor finisate prin pulverizare (Salca 2022)

Diferite finisaje transparente cu rășini pot modifica proprietățile de reflexie ale suprafețelor în funcție de grosimea pelicologenului aplicat (Csanady ș.a. 2015). Finisajele transparente păstrează culoarea naturală a lemnului și îi îmbunătățesc luciul. Cu toate acestea, ele au o stabilitate redusă în timp, în comparație cu cea a finisajelor pigmentate, care sunt mai puțin afectate de lumina soarelui (Cogulet ș.a. 2018). Se pot atinge diferite niveluri de luciu în funcție de tipul de lac și sistemul de aplicare al acestuia (Salca ș.a. 2016, 2017). După cum s-a constatat anterior, un lac UV aplicat cu un sistem de role produce suprafețe cu un luciu mai mare decât atunci când lacul este aplicat prin pulverizare (Fig. 8). Așa cum era de așteptat, granulația mai fină a condus la îmbunătățirea luciului suprafeței. Această tendință a fost observată pentru ambele sisteme de finisare atunci când a fost folosit lac UV. La aplicarea prin pulverizare, ambele lacuri au generat suprafețe cu luciu similar, s-au observat doar câteva mici diferențe (Fig. 8). În cazul lacului UV, pelicula este mai întărită datorită influenței energiei UV, în comparație cu tipul de lac pe bază de apă, ceea ce explică diferențele de luciu (Salca ș.a. 2016). S-a raportat că lacurile pe bază de apă afectează negativ rugozitatea suprafeței, diminuând luciul suprafeței finisate (Salca 2022). Luciul lacurilor pe bază de apă, nitrocelulozice și poliuretanică a fost deja studiat (Bila ș.a. 2020). Straturile succesive de finisare și lustruire ar putea contribui, de asemenea, la obținerea unor suprafețe cu un luciu mai înalt.

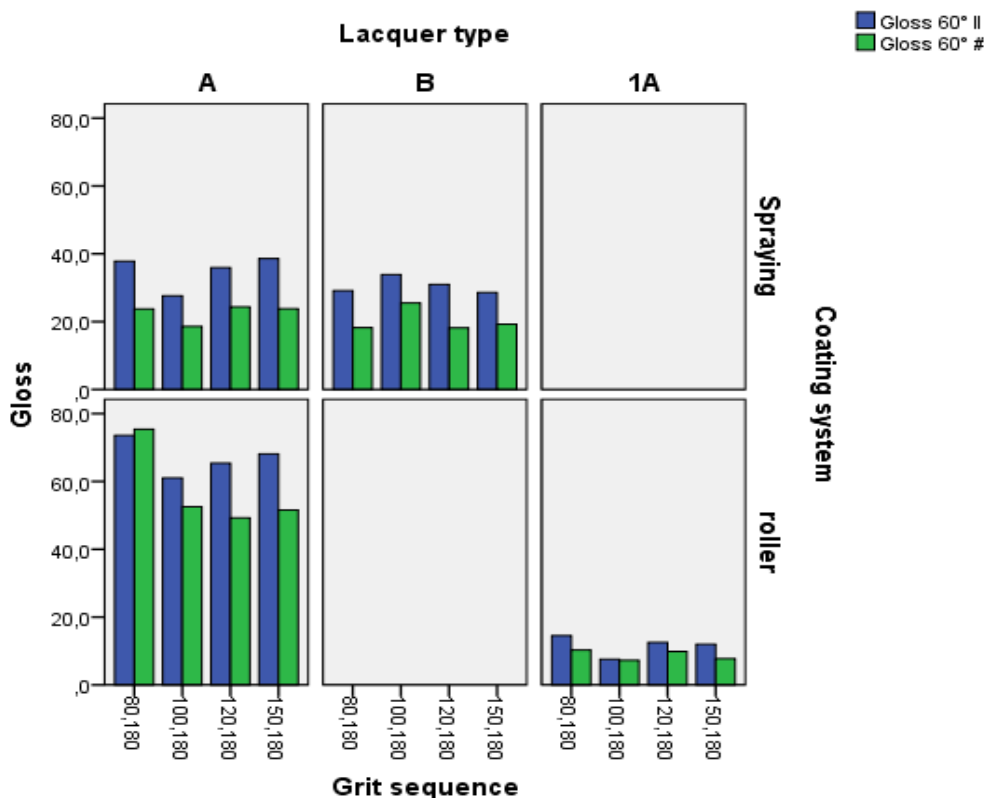


Fig. 8. Variația luciului (la geometria de 60°) suprafețelor în funcție de sistemul de finisare și pregătirea inițială a suprafeței prin șlefuire (A= lac UV 100% și B= lac pe bază de apă) (Salca ș.a.2016)

3.4. Cercetări experimentale privind luciul suprafețelor finisate supuse unor teste de încercare a peliculelor de finisare

Luciul epruvetelor finisate prin pulverizare cu cele două produse pelicologene și expuse unor teste de încercare a peliculelor de finisare (rezistența la surse fierbinți uscate și îmbătrânire artificială) va fi evaluat în cele ce urmează. Tabelul 8 prezintă design-ul studiului experimental.

Tabelul 8. Planul experimental (Salca ș.a. 2021)

Specia lemnoasă	Arin negru
Dimensiunile epruvetelor (mm) L = 300; R = 6; T = 95	
	Densitatea 520 kg/m ³ Umiditatea 8 % Condiționare 7 zile înaintea oricărui test

Prelucrare:

Epruvetele rindeluite au fost șlefuite cu hârtie abrazivă (granule de oxid de aluminiu) cu granulația 100 și 150

Sistem de aplicare prin pulverizare

Produse de finisare și metodă de întărire

A2: lac UV100%
–2 straturi
B2: lac pe bază de apă
–2 straturi

Șlefuire fină cu granulație 220 între straturi



Șlefuire paralelă cu fibrele lemnului cu mașină portabilă FESTOOL ETS 125.

S-au determinat: grosimea filmului uscat de $90 \pm 5 \mu\text{m}$ pentru lacul UV și $30 \pm 5 \mu\text{m}$ pentru lacul pe bază de apă. Cele două produse pelicologene și sistemele lor de întărire au fost descrise anterior.

Test termic uscat la 70°C



Testare 20 min în baza EN 12722. Diametrul dispozitivului a fost mai mic de 70 mm.

Îmbătrânire artificială



Expunere sub unghi de 45° la UV + IR. S-a utilizat o lampă - quartz lamp VT-800/ 740 W . Radiația s-a aplicat la distanța de 40 cm timp de $\frac{1}{2}$, 1, 4, 8 ore.

Rezistența la lichide reci



Testare cu 4 lichide reci:
-apă, parafină lichidă – aplicare 24h
- alcool 48% și cafea-aplicare 6h conform EN 12720.

Luciul epruvetelor de control și finisate a fost determinat cu ajutorul echipamentului de măsurare PICO GLOSS 503 prezentat în Fig. 9. Măsurarea luciului s-a efectuat la geometria de 20° , 60° și 85° , atât în direcție paralelă dar și perpendiculară pe fibrele lemnului. S-au înregistrat câte cinci măsurători pe fiecare epruvetă, pentru fiecare geometrie standardizată, conform ISO 2813. Procedura s-a aplicat înainte și după efectuarea testelor.



Fig. 9. PICO GLOSS 503 (Salca ș.a.2021)

Direcția de măsurare a luciului față de fibrele lemnului a influențat luciul suprafețelor lemnoase (Csanady ș.a.2015). Proprietățile de reflexie ale unei suprafețe depind de unghiul luminii incidente. Există trei unghiuri de măsurare standardizate, așa cum a fost anterior precizat. În general, geometria de 60° este recomandată pentru suprafețele lemnoase, însă aceasta oferă informații limitate. Măsurători comparative pe aceeași suprafață folosind diferite geometrii și corelații de lucru între geometrii, pot ajuta și înlesni evaluarea suprafeței mai bine. Difuzarea luminii incidente depinde puternic de direcția de măsurare a luciului în raport cu fibrele lemnului; luciul paralel este mai pronunțat decât luciul perpendicular (Csanady ș.a. 2015, Salca ș.a. 2016). Luciul la geometriile de 20° , 60° și 85° a fost determinat pentru toate epruvetele, prin respectarea celor două direcții de măsurare. Variațiile de lucru pentru epruvetele de control și cele finisate sunt prezentate în Fig. 10. Tipul de lac și diferențele lor structurale au influențat luciul suprafețelor finisate (Pelit ș.a. 2015). Luciul suprafețelor finisate cu lacul UV, pentru ambele direcții de măsurare, a fost mai mare decât luciul obținut pentru suprafețele finisate cu lacul pe bază de apă. După cum era de așteptat, finisarea cu lac UV a produs un strat peliculogen compact datorită influenței energiei UV, prin comparație cu lacul pe bază de apă (Salca ș.a.2016). Direcția de măsurare a luciului la un unghi de 20° nu a influențat valorile de lucru ale aceluiași tip de epruvetă și lac, în timp ce în cazul luciului la geometriile de 60° și 85° , valorile luciului obținute prin măsurare în lungul fibrelor lemnului au fost mai mari decât cele măsurate perpendicular pe fibre.

Valoarea luciului măsurat paralel cu fibrele lemnului la geometria de 60° a crescut după finisare de la 2,95 la 34,87 unități de lucru (GU) în cazul lacului UV, în timp ce suprafețele finisate cu lac pe bază de apă au atins un lucru de 27,21 GU. Pentru geometria de 85° nu au existat diferențe mari între cele două peliculogene, considerând aceeași direcție de măsurare a luciului. Sonmez și colab. (2011) au raportat că lacul pe bază de apă a produs diminuarea luciului suprafeței finisate a lemnului. Rezultate similare au fost raportate într-un studiu anterior pentru epruvete de fag (Slabejova ș.a. 2016). Pentru a obține cele mai bune interpretări și pentru a da relevanță diversității rezultatelor, se pot folosi corelații între geometriile luciului. Astfel de corelații (Figurile 11-13) prezintă interes aplicativ în fabricarea mobilei (Csanady ș.a. 2015). Tabelul 9 prezintă ecuațiile de regresie pentru corelațiile aplicate luciului. Au fost evidențiate corelații strânse pentru lucru la geometria de 20° cu 60° , respectiv 60° cu 85° . O corelație moderată a fost observată între lucru la geometria de 20° cu 85° (R -sq = 0.6). Aceste rezultate sunt susținute și de coeficienții Pearson. Corelația bună poate fi explicată de unghiurile de incidență utilizate. S-au semnalat doar mici diferențe între citirile luciului la suprafața epruvetelor finisate cu cele două peliculogene, pe fiecare direcție de măsurare, așa cum se arată în Fig. 11. S-a constatat că citirile de lucru la geometria de 20° sunt practic aceleași în ambele direcții (Salca ș.a.2021). Luciul măsurat în lungul fibrelor lemnului și perpendicular pe acestea, pentru epruvetele finisate cu lacul UV a variat într-o

gamă largă, corespunzând gradului de luciu mătăsos (25-40 GU), în timp ce lacul pe bază de apă a produs un luciu măsurat perpendicular pe fibre de tipul mat mătăsos (15-25 GU), dar intens mătăsos paralel cu fibrele lemnului (Fig. 11 și 13). Citirile luciului măsurat perpendicular pe fibrele lemnului s-au modificat într-un interval mai restrâns și au fost mult mai mici decât cele măsurate în direcție paralelă cu fibrele lemnului, pentru fiecare tip de lac (Salca ș.a.2021). Literatura de specialitate oferă informații despre corelațiile de luciu, în principal pentru mobilierul finisat cu ulei sau ceară sau pentru pardoselile tratate cu rășină transparentă cu luciu înalt. Un dulap vechi furniruit cu stejar, finisat cu un strat subțire de lac transparent a prezentat un luciu în gama de mat mătăsos (15-25 GU), în timp ce un dulap vechi Biedermeier, lustruit cu șelac în mai multe straturi, a prezentat un grad de luciu înalt (70-100 GU)(Csanady ș.a. 2015).

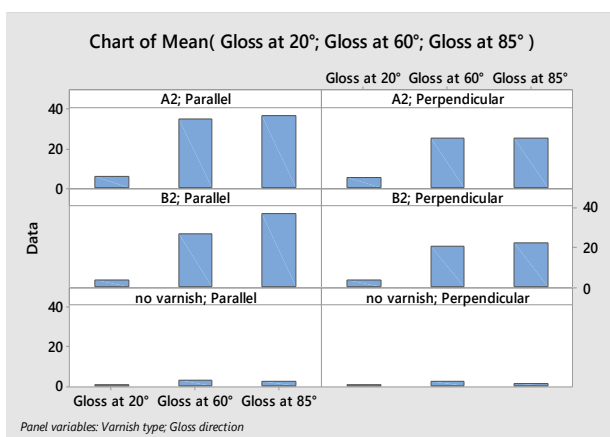


Fig. 10. Variația luciului suprafețelor finisate în funcție de unghiul de incidență, direcția de măsurare și tipul de lac (A2: lac UV100%, B2: lac pe bază de apă) (Salca ș.a. 2021)

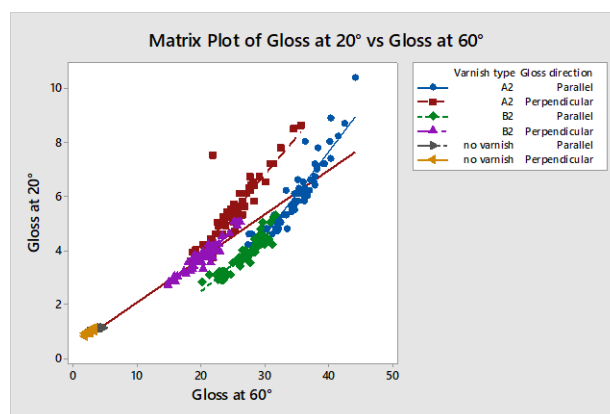


Fig. 11. Corelația luciului la 20° și 60° (A2: lac UV100%, B2: lac pe bază de apă) (Salca ș.a. 2021)

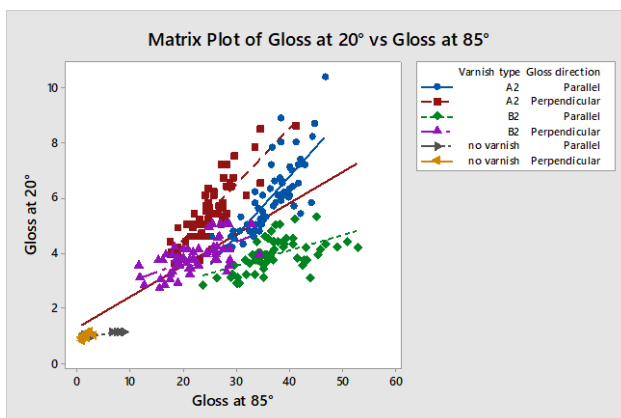


Fig. 12. Corelația luciului la 20° și 85° (A2: lac UV100%, B2: lac pe bază de apă) (Salca ș.a. 2021)

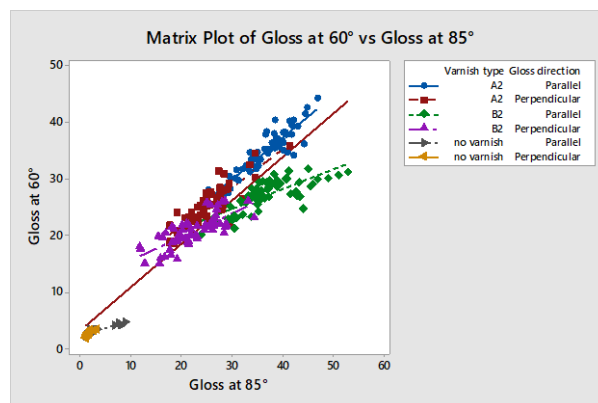


Fig. 13. Corelația luciului la 60° și 85° (A2: lac UV100%, B2: lac pe bază de apă) (Salca ș.a. 2021)

Optimizarea răspunsului pentru gradul de luciuri în funcție de tipul de lac și direcția de măsurare a luciului suprafețelor finisate este prezentată în Tabelul 10. Așa cum s-a constatat deja anterior, lacul UV a produs cea mai bună valoare a luciului atunci când a fost măsurat paralel cu fibrele lemnului.

Rezistența epruvetelor la surse fierbinți uscate

Rezistența epruvetelor la surse fierbinți uscate a fost efectuată pentru a evalua efectul produs de contactul suprafeței finisate cu un obiect fierbinte, încălzit la o temperatură de 70°C. Rezultatele testului termic au arătat că temperatura ridicată aplicată pe suprafața finisată a influențat luciul acestuia (Fig. 14). În general, s-a observat o creștere mică sau chiar nesemnificativă a valorilor luciului la geometria de 20° pentru epruvetele finisate cu cele două peliculogene comparativ cu epruvetele testate. Luciul măsurat paralel cu fibrele lemnului, la geometria de 60° și 85°, pentru epruvetele finisate cu lac UV, a fost puternic influențat de testul termic, prin comparație cu epruvetele finisate cu lac pe bază de apă. În ceea ce privește luciul măsurat perpendicular pe fibrele lemnului, la un unghi de 85°, același test a produs o creștere a luciului în același interval, pentru cele două tipuri de lacuri. Testul termic a produs un luciuri ridicat în cazul rășinii poliuretanică (Saeed ș.a.2013), în timp ce prin finisarea cu pulbere, s-a obținut un luciuri mai scăzut (Lee ș.a.2003).

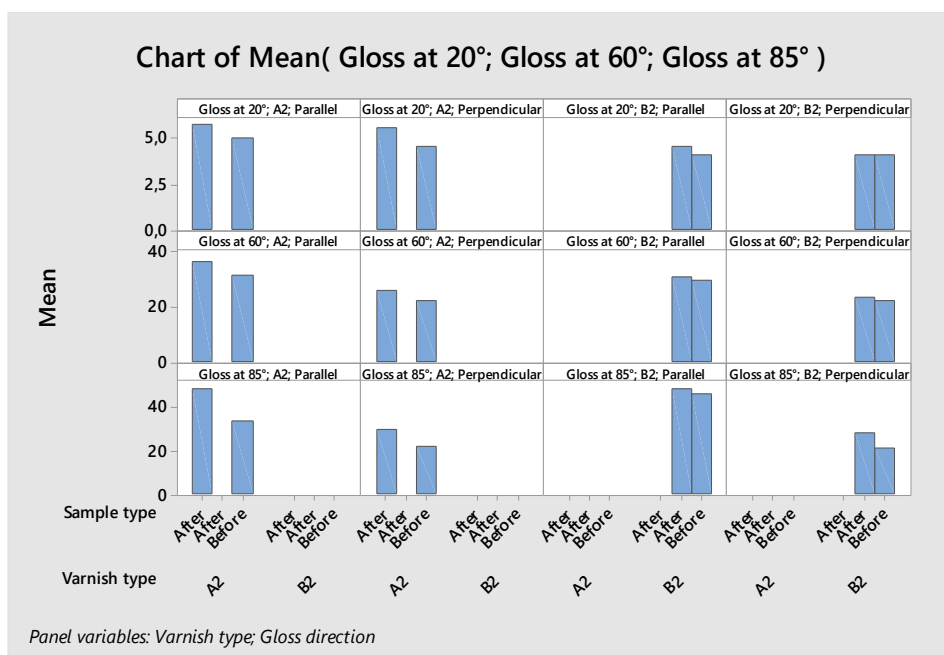


Fig. 14. Variația luciului epruvetelor finisate înainte și după testul termic în funcție de unghiul de incidență, direcția de măsurare și tipul de lac (A2: lac UV100%, B2: lac pe bază de apă) (Salca ș.a.2021)

Tabelul 9. Ecuțiile de regresie pentru corelațiile luciului (Salca ș.a. 2021)

No.	Corelația	R-sq, %	Ecuția	Coeficient Pearson
1	Luciul la 20° și luciul la 60°	83.7	Luciul la 20° = 0.4365 + 0.1627 luciul la 60°	0.915
2	Luciul la 20° și luciul la 85°	60.7	Luciul la 20° = 1.287 + 0.1128 luciul la 85°	0.779
3	Luciul la 60° și luciul la 85°	88.4	Luciul la 60° = 3.401 + 0.7658 luciul la 85°	0.940

Tabelul 10. Răspuns de optimizare pentru luciul la 85°, 60° și 20° (Salca ș.a. 2021)

Soluția	Tip lac	Direcție luci	Luciul la 20°	Luciul la 60°	Luciul la 85°	Coeficient
1	A2	paralel	5.9	33.4	36.5	0.648015

Tabelul 11. Aprecierea rezistenței la lichide reci (Salca ș.a. 2021)

Lichide reci	Timp, h	Tip lac	Scală 1–5	Descriere
Parafină	24 h	A2 B2	4	Ușoară modificare la nivelul stratului de finisare, vizibilă doar sub lumina reflectată
Apă		A2 B2	4	
Alcool (48%)	6 h	A2 B2	1	Defect sever pe suprafața finisată
Cafea		A2 B2	4	Ușoară modificare la nivelul stratului de finisare, vizibilă doar sub lumina reflectată

1—defect sever, 2 și 3—urme ușoare, 4—modificări ușoare, 5—fără modificări vizibile.

Luciul suprafețelor finisate după îmbătrânirea artificială

Lemnul expus la exterior se degradează din cauza fotodegradării ligninei și, într-o oarecare măsură, a hemicelulozelor (Kubovski și Kacik 2013). Schimbările de culoare și luciul, precum și fisurile care apar la suprafață în timpul expunerii la condiții de mediu limitează utilizarea lemnului (Liu ș.a. 2019). Aceste modificări apar după câteva ore de expunere accelerată sau după câteva zile de expunere naturală (Muller ș.a. 2003). Conținutul de lignină din lemnul de rășinoase variază între 25-35% și constă în mare parte din unități de *guaiacil*, în timp ce lemnul de foioase are un conținut de lignină de 15-28%, constituită în principal din unități de *guaiacil*

și *siringil* (Lourenco și Pereira 2017). S-a demonstrat că lemnul de foioase suferă o degradare mai rapidă decât cel de rășinoase. Structura de *siringil* din lemnul de foioase se degradează mai repede decât structurile *guaiacil* din lemnul de rășinoase (Pandey 2005). Testele de expunere la condiții de mediu, cele de expunere accelerată și cele care simulează condițiile naturale s-au dovedit foarte utile în industria de protecție a lemnului (Kropat ș.a. 2020). Atunci când sunt utilizate în interior, produsele din lemn sunt supuse la radiații UV mai puțin intense decât atunci când sunt utilizate în exterior (Kudela și Kubovsky 2016). S-a observat o degradare lentă a stratului de finisare prin modificări ale luciului și culorii suprafeței finisate, pe lângă apariția unor fisuri fine la suprafață (Irmouli ș.a. 2012). Într-un studiu anterior, s-a dovedit că cele mai relevante schimbări de culoare ale epruvetelor finisate din lemn de fag au fost generate în primele 100 de ore de expunere la teste de îmbătrânire artificială (Kudela și Kubovsky 2016). Efectele de întârziere asupra fotodegradării suprafeței pot fi obținute cu agenți de protecție împotriva radiațiilor UV. Panek și colab. (2020) au arătat că luciul suprafețelor expuse a scăzut odată cu timpul de expunere la radiații. Variația luciului epruvetelor finisate, înainte și după îmbătrânirea artificială, pentru cele două direcții de măsurare, este prezentată în Fig. 15. Direcția de măsurare a luciului și timpul de expunere la radiații nu au avut aproape nici o influență asupra valorilor luciului la geometria de 20°. Cu toate acestea, au existat mici diferențe de luciul între cele două produse de finisare. Valorile luciului înregistrate la geometria de 60° și 85° în direcție paralelă cu fibrele lemnului, pentru epruvetele finisate, au arătat o alternanță de scădere și creștere odată cu creșterea timpului de expunere la radiații. Luciul măsurat perpendicular pe fibrele lemnului a fost aproape constant după o oră de expunere la radiație, iar apoi a scăzut pentru următoarele 8 ore de expunere.

În general, luciul stratului de finisare a scăzut odată cu timpul de expunere la radiații, prezicând degradarea stratului de suprafață (Panek ș.a. 2020, Salca ș.a. 2021). Într-un studiu anterior, Irmouli și colab. (2012) au estimat degradarea suprafeței prin cuantificarea fisurilor la nivelul stratului de suprafață. În studiul de față, nu au fost găsite fisuri de suprafață. Constatările acestui test sunt similare cu rezultatele determinate în două studii anterioare (Demirci ș.a. 2013, Pelit ș.a. 2015). Temperatura joacă un rol important în degradarea moleculelor de lac de la suprafață. Totodată, modificările de suprafață se datorează nu numai modificărilor în stratul de finisare, ci și în suportul lemnos (Demirci ș.a. 2013). Kudela și Kubovsky (2016) au găsit cea mai bună stabilitate a culorii după îmbătrânire, în cazul epruvetelor de fag, înainte de finisarea cu peliculogen cu filtru UV. Un alt studiu a arătat că expunerea accelerată la UV a epruvetelor finisate de fag și molid a produs o degradare semnificativă a stratului de finisare pe bază de ulei, prin comparație cu finisajul acrilic (Panek ș.a. 2020). Valorile reduse ale luciului sunt de obicei asociate cu modificări de micro-rugozitate ale suprafeței și cu diferite formule ale peliculogenelor folosite (Hererra ș.a. 2018).

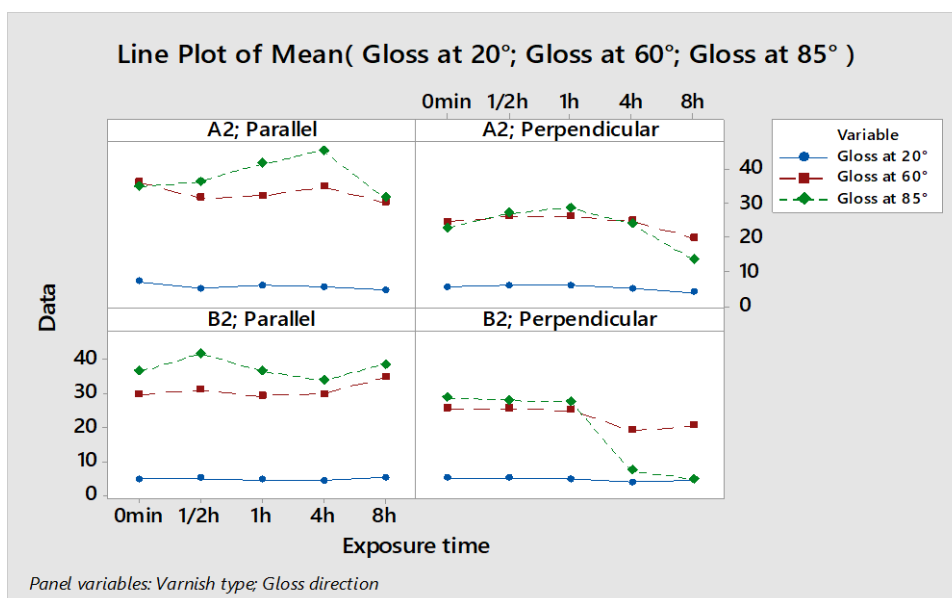


Fig. 15. Variația luciului epruvetelor finisate înainte și după îmbătrânirea artificială (A2: lac UV100%, B2: lac pe bază de apă) (Salca ș.a. 2021)

Rezistența la lichide reci

Rezistența stratului de finisare la diferite substanțe chimice a fost studiată anterior pentru pardoseli din lemn. Acestea sunt elementele cele mai expuse la interior, alături de unele părți vizibile orizontale ale mobilierului (Nejad ș.a. 2013, Pavlic ș.a. 2021, Vidholdova ș.a. 2021). Pentru a evalua rezistența la substanțe chimice a finisajelor aplicate materialelor lignocelulozice, în mod obișnuit, se folosește o scală de evaluare, inclusă în standardele și procedurile de testare (Pavlic ș.a. 2021). Uleiurile îmbunătățesc aspectul natural al lemnului, dar au rezistență limitată la diferite substanțe chimice (Vidholdova ș.a. 2021). Nu au fost observate diferențe majore în ceea ce privește rezistența la lichide reci a parchetului de stejar finisat diferit, cum ar fi rezistența la cafea, etanol, vin roșu, apă sau ulei de parafină. S-a constatat că rezistența la lichide reci depinde de proprietățile stratului de finisare final utilizat (Pavlic ș.a. 2021).

În acest studiu, rezistența la substanțe chimice a suprafețelor finisate a fost determinată prin utilizarea a patru tipuri de lichide reci: parafină, apă, alcool și cafea. Lichidele reci folosite în gospodărie au lăsat urme atât vizibile, cât și mai puțin vizibile pe suprafețele testate. S-a observat că alcoolul a fost cel mai puternic agent deoarece a produs deteriorarea suprafeței foarte rapid, în timp ce cafeaua, parafina și apa nu au produs prea multe schimbări, așa cum se arată în Tabelul 11. Rezultatele rezistenței la testele chimice sunt similare cu rezultatele altor studii din literatură pentru suprafețele din lemn finisate cu lacuri UV și pe bază de apă. În studii anterioare, Nejad și colab. (2013) au arătat că substanțele chimice de uz casnic, inclusiv ulei

vegetal, ketchup și muștar, au generat creșterea luciului epruvetelor din paltin și fag tratate termic și finisate cu ulei.

3.5. Concluzii

1. Rezultatele acestui studiu au arătat o relație echilibrată între pregătirea substratului, materialul de finisare și sistemul său de aplicare. Fiecare granulație fină pentru etapa de șlefuire a contribuit la scăderea treptată a rugozității suprafeței, ceea ce a influențat și mai mult performanța generală a finisării (Salca ș.a. 2016, Hazir și Koc 2019, Hazir ș.a. 2020).
2. Din punct de vedere al aderenței la suport a materialului de finisare, epruvetele finisate cu lac UV cu rolă de aplicare au prezentat o aderență mai mare decât epruvetele finisate prin pulverizare cu același produs. Lacul pe bază de apă prin pulverizare a generat suprafețe care au prezentat o aderență mai bună la suport a lacului decât suprafețele finisate cu lac UV prin același sistem de aplicare (Salca ș.a. 2016).
3. Tipurile de lac și diferențele lor structurale au influențat luciul epruvetelor finisate. În general, s-a observat că granulațiile mai fine au sporit luciul suprafeței. Sistemul cu role de aplicare în cazul lacului UV a generat suprafețe cu luciul mai mare decât în cazul epruvetelor finisate cu același produs prin pulverizare. Valorile luciului măsurat perpendicular pe fibrele lemnului au fost mai mici decât cele înregistrate paralel cu fibrele lemnului, pentru fiecare tip de lac. Cele două tipuri de lac au produs un luciul în gama de luciul mătăsos și mat (Salca ș.a. 2016, 2017, 2021).
4. Testul termic la temperatură ridicată aplicată pe suprafața lemnului finisat a influențat luciul suprafeței. Luciul la geometriile de 60° și 85°, măsurat paralel cu fibrele lemnului, pentru epruvetele finisate cu lac UV, a fost puternic influențat de testul termic, prin comparație cu epruvetele finisate cu lac pe bază de apă. Valorile luciului au scăzut odată cu timpul de expunere la îmbătrânirea artificială, prezicând degradarea stratului de finisare. Nu au fost observate fisuri ale stratului de finisare. Lichidele reci folosite în gospodărie au lăsat urme atât vizibile, cât și mai puțin vizibile pe suprafețele testate. S-a constatat că alcoolul este cel mai puternic agent deoarece a produs deteriorarea suprafeței foarte rapid (Salca ș.a. 2021).
5. Rezultatele acestui studiu ar putea avea aplicații practice în industria mobilei, pentru producerea de mobilier cu destinații speciale de interior.

Diseminare

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: 1 capitol de carte, 4 articole ISI, 1 lucrare Proceedings ISI, 2 lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale.

Capitol de carte:

SALCA E.A. (2022). Selected Coating Properties of Black Alder Wood as a Function of Surface Preparation, Varnish Type, Coating System and Exposure Conditions. Book Chapter in: Recent Trends in Chemical and Material Sciences, Vol.5, p.69-90, ISBN 978-93-5547-420-9 (print), ISBN 978-93-5547-425-4 (ebook), **BP INTERNATIONAL (BOOKPI)**. DOI: 10.9734/bpi/rtcams/v5/2305C.

- Capitolul este indexat în Google Scholar
- Capitolul are 1 citare ISI

Articole ISI

1. **SALCA, E.A., KRYSTOFIAK, T., LIS, B., MAZELA, B., PROSZYK, S.** (2016). Some coating properties of black alder wood as function of varnish type and applications method, **BioResources** 11(3), 7580-7594. DOI:10.15376/biores.11.3.7580-7594.
 - Articolul are IF 1.334/2016
 - Articolul are 22 citări în Web of science
2. **SALCA, E.A., KRYSTOFIAK, T., LIS, B.** (2017). Evaluation of selected properties of alder wood as functions of sanding and coating, **Coatings** 7(10), 176. doi:10.3390/coatings7100176
 - Articolul are IF 2.175/2017
 - Articolul are 24 citări în Web of science
3. **SALCA, E.A.** (2019). Black Alder (*Alnus glutinosa* L.) – A resource for value-added products in furniture industry under European screening, **Current Forestry Reports** 5(1), 41-54. DOI: 10.1007/s40725-019-00086-3
 - Articolul are IF 4.972/2019
 - Articolul are 15 citări în Web of Science
4. **SALCA, E.A, KRYSTOFIAK, T., LIS, B., HIZIROGLU, S.** (2021). Glossiness evaluation of coated wood surfaces as function of varnish type and exposure to different conditions, **Coatings**, 11(5), 558. DOI:10.3390/coatings11050558.
 - Articolul are IF 3.230/2021
 - Articolul are 13 citări în Web of Science

Lucrare în Proceedings ISI

1. **SALCA, E.A.**, KRYSTOFIAK, T., and LIS, B. (2018). Glossiness of coated alder wood after artificial aging. In: Proceedings of the 8th Hardwood Conference, Sopron, Hungary, 25-26 Oct 2018, p.149-150.

Lucrări în Proceedings la Conferințe Internaționale

1. **SALCA, E.A.**, KRYSTOFIAK, T., LIS, B. (2016a). Adhesion strength and glossiness of coated surfaces made of alder wood as function of their surface roughness. In: Book of Abstracts of the HYGROTHERMAL PERFORMANCE OF BUILDINGS AND THEIR MATERIALS Joint Conference: COST Action FP 1303 „Performance bio-based building materials” & DURAWOOD Project „Superior bio-friendly systems for enhanced wood durability”, Poznan, Poland, 30-31 August 2016, p.31-32.
2. **SALCA, E.A.**, KRYSTOFIAK, T., LIS, B. (2017a). Some aesthetic decorative features of varnished products. In: Book of Abstracts of the COST Action FP 1303 Workshop „Design, Application and Aesthetics of biobased building materials” Sofia, Bulgaria 28th February – 1st March 2017, ISBN 978-619-160-758-7, p.43-44.

CAPITOLUL 4. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND PANOURILE PE BAZĂ DE LEMN

În acest capitol sunt prezentate cercetările experimentale efectuate în echipe mixte de cercetare cu cercetători din SUA, Ucraina și de la Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere din cadrul Universității Transilvania din Brașov. Capitolul cuprinde cercetări experimentale privind proprietățile panourilor melaminate expuse în condiții de umiditate ridicată, ale compozitelor din lemn și paie și ale plăcilor tip OSB în funcție de materia primă utilizată.

4.1. Aspecte generale privind panourile pe bază de lemn

Panourile pe bază de lemn sunt produse concepute pentru a îndeplini cerințe specifice de calitate și performanță. Aceste produse pot fi realizate în diferite grosimi și dimensiuni și pot prezenta diferite grade de durabilitate, ele pot fi găsite într-o gamă variată de aplicații (Tudor ș.a. 2018). Panourile pe bază de lemn sunt produse în care lemnul este prezent sub formă de așchii, furnire sau fibre, acestea au fost dezvoltate inițial pentru a fi utilizate pentru panouri utilitare cu proprietăți uniforme. Patru categorii de panouri sunt de obicei recunoscute în cadrul acestui grup de materiale, respectiv: placaj-inclusiv panel (Categoria A); plăci din așchii de lemn și alte combinații cu așchii de lemn (Categoria B); plăci OSB (Categoria C); plăci din fibre de lemn-inclusiv MDF (Categoria D). Aceste panouri sunt produse versatile cu o mare varietate de utilizări finale, sunt produse majore pentru fabricarea de mobilier și amenajarea interioară a spațiilor de locuit. Ele pot imita textura originală a lemnului și pot oferi proprietăți mecanice comparabile sau chiar mai bune. Deși au o istorie lungă de optimizare continuă, mai este încă loc pentru o continuare a dezvoltării acestora (Panel Guide 2014 version 4.1).

În acest capitol sunt abordate proprietăți ale plăcilor din așchii de lemn (PAL), plăcilor din așchii de lemn orientate tip OSB și plăcilor din fibre de lemn de densitate medie (MDF) supuse unor tratamente și condiții de expunere diferite (Kozak ș.a. 2016; Bekhta, Salca ș.a. 2018; Salca și Hiziroglu 2019; Dumitrașcu s.a. 2020; Salca 2023b). Plăcile din așchii de lemn se obțin prin presarea la cald a particulelor de lemn de diferite dimensiuni (așchii de lemn, rumeguș) sau a altor materiale lignocelulozice sub formă de particule (in, cânepă, trestie de zahăr, paie), amestecate cu lianți speciali (PanelGuide 4.1 2014). Tipul de particule determină tipul panoului. Caracteristicile fizice și mecanice ale plăcilor din așchii de lemn depind atât de natura lemnului, cât și de natura și caracteristicile adezivului, de prepararea și distribuția particulelor în structura plăcii. Cu cât particulele sunt mai fine, cu atât plăcile sunt mai omogene și izotrope. În funcție de structură, există plăci din așchii de lemn omogene și plăci stratificate (3 sau 5

straturi). Pe lângă plăcile standard, alte tipuri de plăci din aşchii de lemn și clasificarea lor sunt prezentate în Tabelul 1 (PanelGuide Version 4.1. 2014, Mantanis ș.a. 2018).

Tabelul 1. Clase tehnice pentru plăci tip PAL și OSB

Tipul de placă	Descriere
<p>PAL Standard - 7 clase EN 312: 2010</p> <p>P1: Plăci pentru utilizare generală în mediu uscat</p> <p>P2: Plăci pentru utilizare la interior în mediu uscat</p> <p>P3: Plăci neportante pentru utilizare în mediu uscat</p> <p>P4: Plăci portante pentru utilizare în mediu uscat</p> <p>P5: Plăci portante pentru utilizare în mediu umed</p> <p>P6: Plăci cu rezistență mare pentru utilizare în mediu uscat</p> <p>P7: Plăci cu rezistență mare pentru utilizare în mediu umed.</p>	<p>Plăcile sunt obținute din aşchii de lemn (molid, pin sau brad și foioase-mesteacăn), care sunt pregătite într-un tocător mecanic.</p> <p>Sunt preferate rășinoasele deoarece acestea se taie mai ușor. Vasele prezente la speciile de foioase conferă aşchii o suprafață rugoasă. Și resursele reciclabile pot fi încorporate în aceste plăci. Se folosesc rășini sintetice, cum sunt ureo-formaldehidice UF, melamino-ureo-formaldehidice MUF, deși cele fenol-formaldehidice PF și metilen diizocianatul PMDI sunt încă folosite de către unii producători.</p> <p>Densitățile tipice sunt de la 600 kg/m³ la 680 kg/m³.</p> <p>Plăcile de PAL sunt folosite pentru o gamă largă de aplicații la mobilier și în construcții.</p>
<p>OSB- 4 clase</p> <p>EN 300: 2006 (EN 300)</p> <p>OSB/1 –Plăci neportante pentru utilizare în mediu uscat</p> <p>OSB/2 - Plăci portante pentru utilizare în mediu uscat</p> <p>OSB/3 - Plăci portante pentru utilizare în mediu umed</p> <p>OSB/4 –Plăci portante pentru utilizare în mediu umed</p>	<p>Plăcile constau din aşchii lungi, late și subțiri încleiate cu o rășină sintetică. Aşchiile late (molid, pin, paltin) sunt tăiate tangențial din bușteni decojiți poziționați longitudinal în fața cuțitelor rotative. Se folosesc trei mari categorii de adezivi pentru producția de plăci OSB: fenol-formaldehidici PF, izocianați MDI sau PMDI și melamino-ureo-formaldehidici MUF. Placa de OSB este compusă din trei straturi, cu aşchiile straturilor exterioare aliniate paralel cu axa longitudinală a plăcii și linia de producție. Aşchiile din stratul de miez sunt mai scurte și pot fi aleator orientate sau la unghi de 90° față de cele din straturile de față.</p> <p>Densitățile tipice sunt de la 600 kg/m³ la 680 kg/m³</p> <p>Datorită structurii suprapuse și compoziției sale, placa de OSB este în principal un panou pentru construcții, fiind folosit pentru pardoseli, acoperișuri plane, pereți și ambalaje.</p>
<p>Plăci tip Waferboards</p>	<p>Sunt produse din aşchii plane, pătrate, mari, folosind diferiți adezivi. Straturile nu sunt orientate, ceea ce facilitează fabricarea plăcilor. Au aspect decorativ.</p>

Plăci tip Flakeboards

Sunt produse prin înclieirea fâșiilor subțiri de lemn cu rășină și aplicarea unei presiuni extreme. Rezultatul este o placă de lemn sintetic, care nu se va deforma ca lemnul tăiat natural. Suprafața este compactă și decorativă. De obicei sunt folosite rășini PF, iar panourile sunt folosite pentru lambriurile exterioare ale caselor din lemn.

Plăcile din fibre de lemn sunt clasificate în funcție de densitatea lor și de caracteristicile lor de suprafață, așa cum sunt prezentate în Tabelul 2 (Toemen ș.a. 2010). După caracteristicile suprafeței, plăcile din fibre de lemn pot fi melaminate, emailate (cu aspect lucios sau opac, netede sau cu desene imprimate) sau lăcuite. Un tip special de placă este placa acustică, produsă în culoarea naturală a lemnului sau acoperită cu pastă mecanică. Există două tehnologii generale în industria de fabricare a plăcilor din fibre de lemn, cum ar fi procedeul umed și procedeul uscat. Pentru primul proces, transportul materialului fibros și formarea covorului se realizează ambele cu ajutorul apei. Tehnica este utilizată pe scară largă deși consumă cantități mari de apă și din acest motiv ridică probleme financiare legate de apa reziduală. Un alt neajuns al procedurii se referă la caracteristicile plăcilor obținute: grosime limitată, o singură suprafață netedă, proprietăți modeste pentru utilizare în condiții umede. Procedeul uscat folosește aer pentru a transporta fibrele și a forma covorul. Această tehnică este mai ecologică, dar necesită echipamente mai complexe. Plăcile MDF sunt produse exclusiv prin proces uscat. În acest caz, este necesară o cantitate similară de rășini ca și în cazul plăcilor aglomerate din așchii de lemn. Se obțin astfel plăci cu performanțe ridicate (rezistență la încovoiere bună, umflare în grosime redusă, suprafețe netede) într-o gamă largă de grosimi (1,8-40 mm). Placa MDF este compusă din fibre fine ligno-celulozice (lemn sau plante), combinate cu rășină sintetică (UF, MUF sau rășini fenolice și PMDI) care sub presiune și temperatură formează panouri. Definiția MDF este furnizată de EN 316. Principalele clase tehnice ale plăcilor MDF sunt: de uz general, condiții uscate (MDF); uz general, condiții umede (MDF.H); Portant, condiții uscate (MDF.LA); Portant, condiții umede (MDF.HLS). Cerințele minime pentru aceste panouri sunt specificate în EN 622-5.

Table 2. Clasificarea plăcilor din fibre de lemn

Plăci din fibre de lemn					
Tipul de proces	Procedeul umed		Procedeul uscat		
Densitatea produsului determină tipul de placă					
Tip placă și densitate, kg/m ³	PFL poros <400	PFL dur >800	Light MDF <500	High HDF >800	MDF 500-800

4.2. Cercetări experimentale privind proprietățile panourilor melaminate expuse în condiții de umiditate ridicată

Cercetările experimentale din această secțiune de capitol s-au desfășurat la Oklahoma State University, prin Bursa Universității Transilvania din Brașov 2018, obținută de autor. Sunt prezentate proprietățile panourilor melaminate după expunerea acestora în condiții de umiditate ridicată.

Plăcile din așchii de lemn și cele tip MDF sunt încă preferate în zilele noastre lemnului masiv în fabricarea mobilei, mai ales pentru costul lor redus și proprietățile lor de finisare (Kandelbauer și Teischinger 2009, Papadopoulou ș.a. 2011, Ulker 2018). Pentru a menține un echilibru între calitate și costuri reduse, producătorii pot folosi panouri cu densitate mai mare sau cu grosime mai mare, precum și rășini de înaltă calitate. Compozitele pe bază de lemn sunt materiale higroscopice care își schimbă proprietățile în funcție de umiditate. În timpul prelucrării și utilizării, astfel de compozite sunt expuse la diferite schimbări de temperatură și umiditate relativă a aerului, care afectează direct proprietățile panoului, cum ar fi grosimea, rugozitatea suprafeței, proprietățile termice și mecanice, precum și emisiile de formaldehidă (Hiziroglu și Suzuki 2009, Kulman ș.a. 2017). Astfel, echilibrul panoului este perturbat și pot apărea abateri de la planeitatea inițială, afectând performanța globală a produsului final (Kandelbauer și Teischinger 2009). Aceste plăci sunt utilizate în mod obișnuit în industria mobilei, ele prezintă suprafețe decorative și durabile (Kalaycioglu și Hiziroglu 2006, Kandelbauer ș.a. 2010). Hârtiile decorative impregnate cu rășină sunt folosite pentru a produce plăci laminate la presiune joasă presiune (LPL), cât și la presiune înaltă (HPL). Temperatura și presiunea activează rășina din hârtia impregnată creând înclierea cu substratul (Kandelbauer și Teischinger 2009, Martins ș.a. 2015). Aceste hârtii au o greutate între 40 și 150 g/m² și pot fi fabricate din hârtie sintetică pe bază de celuloză sau polimeri (Nemli și Usta 2004). Panourile decorative prezintă o rezistență scăzută la impact, dar au alte beneficii cheie, cum ar fi costul scăzut, disponibilitatea pentru utilizare, întreținerea ușoară și disponibilitatea într-o varietate de culori și finisaje, împreună cu o gamă de grosimi pentru a se potrivi aplicațiilor rezidențiale și comerciale (Istek ș.a. 2010, Bardak ș.a. 2011). Aceste hârtii impregnate întârzie eliberarea formaldehidei, reduc absorbția umidității și au o rezistență sporită la abraziune și la expunerea la factorii de mediu (Nemli 2008, Rusu ș.a. 2018). Calitatea suprafeței panourilor laminate este determinată de dimensiunea particulelor de lemn sau a fibrelor de la stratul de suprafață. Așa-numitul efect telegrafic se datorează rugozității substratului care pătrunde în stratul de acoperire. Condițiile de umiditate scăzută nu afectează nici o proprietate a acestora, dar în cazul expunerii la umiditate ridicată, rugozitatea suprafeței se va deteriora (Hiziroglu și Suzuki 2009, Ulker 2018, Salca 2023b).

Controlul temperaturii și umidității relative a aerului (RH) dintr-o locuință este sănătos, atât pentru locuitori, cât și pentru mobilierul din interior. Prin urmare, este important să se cuantifice efectul modificărilor umidității relative a aerului (RH) de-a lungul unei perioade de timp, asupra proprietăților panourilor laminate, pentru a avea o mai bună înțelegere a comportamentului lor în timpul utilizării. Există un potențial mare pentru producția de mobilă în România, inclusiv pentru mobilierul laminat, care este susținut de lucrările ample de construcții rezidențiale (FRD Center Market Publication).




În această secțiune de capitol sunt evaluate rugozitatea și duritatea suprafeței panourilor melaminate, expuse la două niveluri de umiditate relativă a aerului (RH), respectiv de 65% și 95%. Concluziile acestui studiu pot fi utile pentru a îmbunătăți procesul de producție al acestor panouri și de a le extinde durata de viață în produsul finit (Salca și Hiziroglu 2019).

Pentru experimente s-au folosit epruvete din plăci din fibre de lemn de densitate medie (MDF) și plăci din așchii de lemn (PAL/PB) fabricate în România. Pentru a considera produsele diverse prezente pe piață, epruvetele din PAL au fost furnizate de două companii diferite. Majoritatea plăcilor de tip PAL/PB și MDF sunt fabricate folosind adezivi pe bază de formaldehidă, și anume ureo-formaldehidici și fenol-formaldehidici, care au costuri reduse și conferă proprietăți fizice și mecanice excelente. Un total de 40 de epruvete au fost tăiate la dimensiunile de 95 × 95 mm. Epruvetele au fost împărțite în patru grupe. Unele au fost supuse acoperirii cu hârtie impregnată cu melamină. Epruvetele (melaminate și cele în stare brută) au fost expuse la condiții umede timp de una și două săptămâni (Tabelul 3).

Au fost testate și probe de control pentru fiecare tip de produs în condițiile de expunere stabilite. Înainte de orice test, toate epruvetele au fost condiționate timp de o săptămână într-o cameră de climatizare cu temperatura de 20 °C și o umiditate relativă a aerului de 65%. Densitatea acestora a fost calculată prin măsurarea dimensiunilor și a masei cu o precizie de 0,01 mm și, respectiv, de 0,01 g. Tabelul 3 prezintă caracteristicile epruvetelor compozite și planul experimental. Software-ul Minitab 17.3.1 a fost utilizat pentru a prelucra toate datele și pentru a compila reprezentările grafice pentru un interval de încredere (IC) de 95% pentru valorile medii. În acest studiu, starea epruvetelor înainte de expunere se referă la starea lor atunci când sunt păstrate în condiții de laborator (20°C și 65% RH).

Tabelul 3. Planul experimental (Salca și Hiziroglu 2019)

Tip de placă	PAL (PB)		MDF	
	Grosime, mm	Densitate, kg/m ³	Grosime, mm	Densitate, kg/m ³
	16	780	5	836
Număr epruvete	20		20	
Dimensiuni	95 x 95 mm		95 x 95 mm	

Categoria și numărul de epruvete	Brut-10 control -2	Melaminat-10 Expunere 1 săpt.-4	Brut-10 Expunere 1 săpt.-4	Melaminat-10 Expunere 2 săpt.-4
Proprietatea de evaluat	Rugozitatea suprafețelor		Duritatea Janka	
Echipament	 Roughness tester of SRT 6200 type		 Comten Universal Testing Machine	
Epruvete melaminate și brute înainte și după testare				

Un total de 20 de epruvete, câte 10 pentru fiecare tip, au fost acoperite cu hârtie decorativă pe bază de melamină (120 g/m^2). Hârtia decorativă a fost aplicată pe ambele suprafețe ale epruvetelor și supusă presării la un regim de $2,1 \text{ MPa}$ și 165°C , timp de 75 de secunde, folosind o presă Carver de laborator. Opt epruvete din fiecare categorie și tip de panouri compozite au fost plasate într-o cameră la o umiditate relativă a aerului de 95%, unde au fost păstrate timp de una și două săptămâni. Două epruvete din fiecare categorie au fost păstrate ca probe martor, în condiții de laborator (20°C și 65%RH).

Rugozitatea suprafețelor epruvetelor

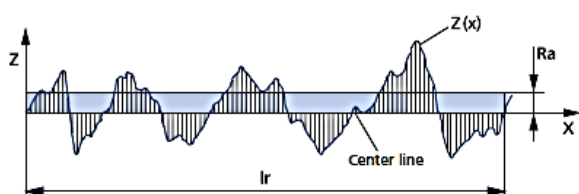
Rugozitatea suprafeței tuturor epruvetelor a fost determinată înainte și după expunerea lor la condiții umede. Conform ISO 4287, doi parametri de rugozitate, și anume rugozitatea medie (R_a) și media înălțimilor (R_z), au fost determinați din informațiile digitale obținute de la suprafața fiecărei epruvete. Un tester portabil de tip SRT 6200, echipat cu un palpator cu diamant cu raza de $10 \mu\text{m}$ și un unghi la vârf de 90° , a fost utilizat pentru măsurarea rugozității, așa cum este ilustrat în Tabelul 4. Au fost efectuate opt măsurători, câte patru pe fiecare parte a fiecărei epruvete, la o viteză constantă de 1 mm/s , pe o lungime de evaluare de 15 mm și cut-off de 2.5 mm . Calibrarea profilometrului a fost verificată la fiecare 50 de măsurători, folosind o placă de referință standard cu R_a de $1.75 \mu\text{m}$. Rezultatele măsurătorilor de rugozitate ale suprafețelor testate și diferențele de masă, în funcție de condițiile de expunere, sunt prezentate în Tabelele 4 și 5. Epruvetele din PAL/PB au fost furnizate de două companii

diferite și, prin urmare, au fost înregistrate unele diferențe în valorile rugozității suprafețelor înainte de expunerea lor la umiditate.

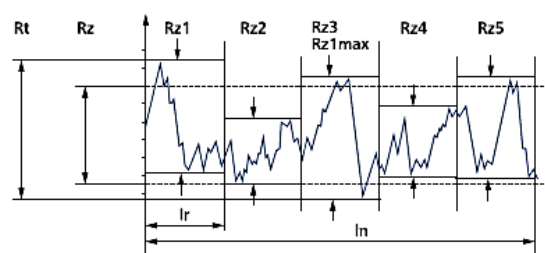
Tabelul 4. Valorile medii de rugozitate ale epruvetelor înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hiziroglu 2019)

Tip de placă		MDF		PB		
Timp de expunere/ Parametru de rugozitate	Categoria/ Status	Brut	Melaminat	Brut	Melaminat	
1 săptămână	R_a , μm	Înainte	6.48 (0.7) *	0.32 (0.11)	8.64 (1.3)	0.30 (0.14)
		După expunere	6.75 (0.7)	0.31 (0.11)	8.75 (1.3)	0.32 (0.11)
	R_z , μm	Înainte	18.34 (2.0)	0.93 (0.32)	24.46 (3.8)	0.85 (0.41)
		După expunere	19.11 (2.09)	0.89 (0.31)	24.77 (3.77)	0.93 (0.31)
2 săptămâni	R_a , μm	Înainte	6.62 (0.71)	0.36 (0.13)	7.17 (0.91)	0.31 (0.21)
		După expunere	8.11 (0.98)	0.34 (0.11)	7.42 (1.12)	0.41 (0.37)
	R_z , μm	Înainte	18.74 (2.02)	1.03 (0.37)	20.31 (2.58)	0.91 (0.62)
		După expunere	22.98 (2.77)	0.97 (0.31)	20.98 (3.18)	1.18 (1.06)

Reprezentarea parametrilor de rugozitate ISO 4287



R_a – rugozitatea medie aritmetică



R_z – rugozitatea media înălțimilor

* Numerele din paranteze reprezintă valori ale deviației standard

Graficele realizate cu 95% CI, pentru valorile medii ale parametrilor de rugozitate, pentru epruvetele în stare brută și melaminate, sunt prezentate în Figurile 1-4. După cum era de așteptat, cei doi parametri de rugozitate ai suprafețelor în stare brută au crescut ca urmare a expunerii la umiditate, așa cum se poate observa în Fig. 1 și 2. Cu toate acestea, modificări foarte mici ale parametrilor de rugozitate au fost observate după o săptămână de expunere la 95%RH. În cazul epruvetelor de MDF în stare brută, două săptămâni de expunere la umiditate

au afectat semnificativ rugozitatea suprafețelor. Creșteri ale parametrilor de rugozitate corespunzătoare cu 22,50% pentru Ra și 22,40% pentru Rz au fost observate pentru epruvetele de MDF brut, după două săptămâni de expunere, prin comparație cu diferențele irelevante de rugozitate pentru PAL/PB brut, respectiv de 3,48% și 3,29%.

Într-un studiu anterior s-au găsit valori similare în ceea ce privește calitatea suprafețelor de PAL/PB brut din aşchii de cedru, expus la diferite niveluri de umiditate relativă a aerului, timp de 10 zile (Ulker 2018). În acest studiu, valorile Ra au variat de la 8,24 la 10,99 μm , pentru o creștere de umiditate relativă de la 60% la 95% RH. În cazul epruvetelor melaminate, s-au înregistrat mici modificări în ceea ce privește calitatea suprafeței, atât pentru epruvetele expuse, cât și pentru cele de control, prin comparație cu exemplarele brute, așa cum se arată în Fig. 3 și 4. O astfel de diferență se poate datora stratului melaminat care protejează împotriva umidității. Rugozitatea epruvetelor MDF melaminate nu s-a modificat în timpul expunerii la umiditate. Valori medii foarte similare ale Ra și Rz au fost determinate pentru ambele perioade de expunere. Totuși, considerând valorile mediane ale lui Ra și Rz, s-a observat că rugozitatea suprafețelor a crescut ușor după două săptămâni de expunere, așa cum indică valorile celor doi parametri, modificându-se de la 0,31 la 0,32 μm și respectiv de la 0,88 la 0,90 μm . Hiziroglu și Suzuki (2009) au arătat că epruvetele de MDF melaminat produs din lemn de sugi și hinoki au prezentat o creștere a valorilor Ra de la 0,61 la 1,25 μm , după expunerea la 55% și 93%RH timp de trei luni.

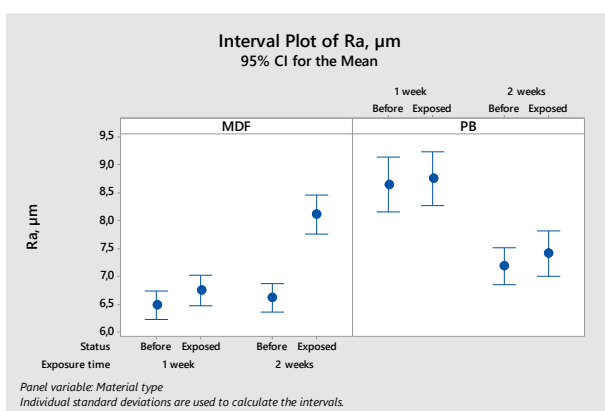


Fig.1. Variația valorilor medii de rugozitate Ra pentru epruvetele brute de MDF și PAL (PB), înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hiziroglu 2019)

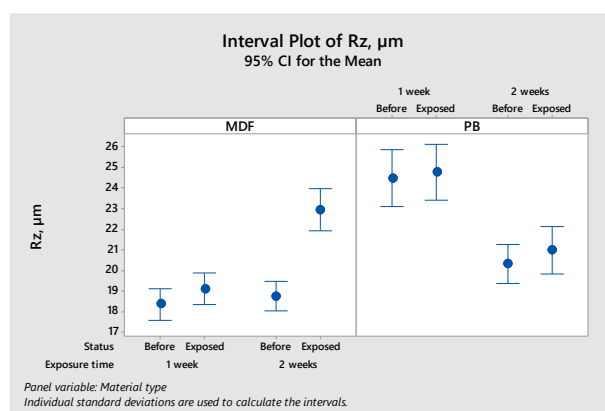


Fig. 2. Variația valorilor medii de rugozitate Rz pentru epruvetele brute de MDF și PAL (PB), înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hiziroglu 2019)

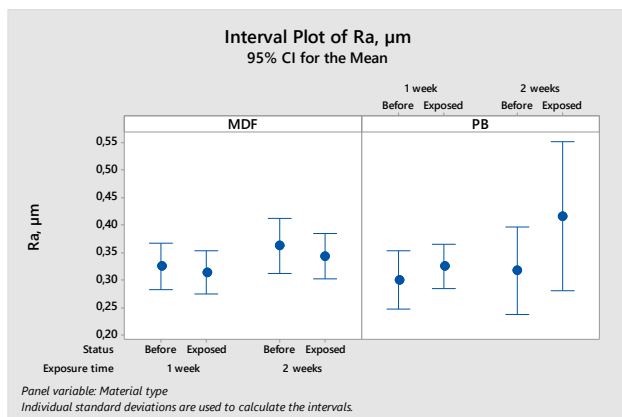


Fig. 3. Variația valorilor medii de rugozitate Ra pentru epruvetele melaminate de MDF și PAL (PB), înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hiziroglu 2019)

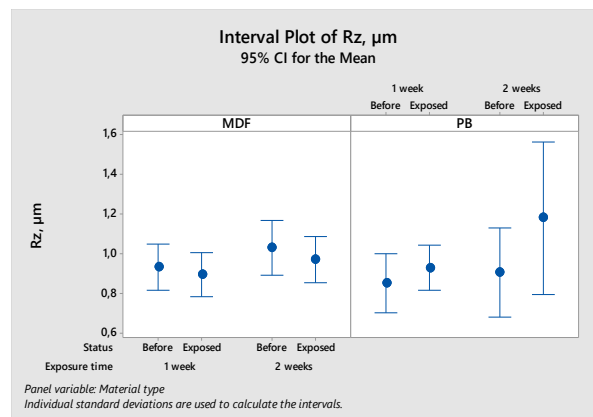


Fig. 4. Variația valorilor medii de rugozitate Rz pentru epruvetele melaminate de MDF și PAL (PB), înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hiziroglu 2019)

Rezultatele au arătat că toate valorile rugozității suprafețelor de PAL/PB melaminat au crescut după ambele expuneri la mediul umed de 95%RH. Cu toate acestea, o săptămână de expunere a produs mici modificări ale calității suprafețelor acestor panouri, iar Ra și Rz au crescut cu 6,6% și respectiv 9,4%. Două săptămâni de expunere au influențat mult mai mult rezultatele rugozității, după cum arată creșterea Ra și Rz cu 32,2% și respectiv 29,6%. Hiziroglu și Suzuki (2009) au obținut modificări semnificative în valorile rugozității pentru epruvetele de PAL melaminat din lemn de sugi și hinoki, Ra variind de la 0,68 la 1,5 μm .

Tabelul 5. Modificările de masa ale epruvetelor după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hiziroglu 2019)

Tip placă/Categoria	MDF		PAL (PB)	
	Brut	Melaminat	Brut	Melaminat
Modificarea de masă/Timp expunere				
Modificarea de masă, %	După 1 săpt.	5.98	4.02	2.25
	După 2 săpt.	10.67	5.33	7.38

În ceea ce privește modificarea de masă, s-a constatat o creștere a raportului odată cu creșterea timpului de expunere pentru toate cele patru categorii de epruvete (Tabelul 5). Procentul a fost mai mare pentru epruvetele brute în comparație cu cele melaminate, pentru aceeași expunere. Epruvetele de PAL/PB au fost mai rezistente decât cele din MDF. Epruvetele din MDF brut expuse la umiditate timp de două săptămâni au fost caracterizate de cel mai mare procent de schimbare de masă de 10.67%.

Duritatea epruvetelor

Pentru măsurarea durității Janka s-a utilizat o mașină de testare universală de tip Comten. S-au efectuat patru măsurători (în pounds forță- Lbf, iar 1 Lbf reprezintă 0.45359237 kgf), două pe fiecare parte a fiecărei epruvete de PAL/PB brut și melaminat, înainte și după expunerea la umiditate. Duritatea epruvetelor de MDF nu a putut fi determinată din cauza grosimii lor. O sferă mică de oțel cu diametrul de 11,2 mm a fost introdusă pe jumătate la suprafața epruvetei, așa cum este ilustrat în Tabelul 3. Valorile medii ale durității suprafețelor de PAL/PB brut și melaminat sunt prezentate în Tabelul 6. Figurile 5 și 6 prezintă diagramele la 95%CI, pentru valorile medii ale durității epruvetelor testate de PAL/PB brute și melaminate.

Tabelul 6. Valorile medii ale durității epruvetelor de PAL (PB) înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hiziroglu 2019)

Tip placă		PAL (PB)		
Timp expunere/Duritate Janka	Categoria/Status	Brut	Melaminat	
1 săpt.	HJ, Lbf	Înainte	796.1 (76.30) *	931.3 (48.90)
		După expunere	576.0 (61.40)	748.94 (25.91)
2 săpt.	HJ, Lbf	Înainte	757.8 (67.70)	938.75 (36.12)
		După expunere	562.0 (44.00)	653.56 (29.71)

* Numerele din paranteze reprezintă valori ale deviației standard

Expunerea epruvetelor de PAL/PB la umiditate relativă ridicată a condus la o duritate Janka mai redusă a suprafețelor. Duritatea epruvetelor brute a fost redusă cu 27,64% și 25,83% după o săptămână și, respectiv, două săptămâni de expunere. Acest rezultat arată că perioada de expunere nu a avut nici o influență asupra durității lor (Fig. 5). Valorile inițiale ale durității medii au aparținut intervalului de la 796,12 până la 757,75 Lbf, iar după o săptămână și două săptămâni de expunere, acestea au fost reduse la 576 și respectiv 562 Lbf. Epruvetele melaminate au prezentat valori de duritate mai mari decât cele brute (Fig. 6). Acest lucru ar putea fi atribuit fragilității foliei melaminate. Cu toate acestea, duritatea acestora a fost redusă cu 19,58% și 30,38% după o săptămână și respectiv, două săptămâni de expunere la 95% RH. Au fost raportate valori în același interval pentru epruvete din PAL melaminat din lemn de sugi și hinoki (Hiziroglu și Suzuki 2009). Pentru epruvete din PAL melaminat din lemn de cedru și expuse la niveluri de umiditate de 60% și 95%RH, s-au găsit valori de duritate relativ scăzute, de la 440 până la 375 Lbf, diferite de valorile obținute în acest studiu. Astfel de diferențe se datorează configurației panourilor cu un singur strat de așchii (Hiziroglu și Suzuki 2009). Rezultatele acestei lucrări sunt în concordanță cu cele din literatura de specialitate privind epruvetele de MDF brute și melaminate, din diferite specii și expuse la diferite niveluri de umiditate relativă (Hiziroglu și Suzuki 2009, Ulker 2018). Proprietățile acestora s-au modificat în funcție de expunerea la umiditate, iar aceasta este legată de natura higroscopică a lemnului și a materialelor pe bază de lemn. Odată ce umiditatea a pătruns în epruvete, chiar și pentru

un timp scurt de expunere, degradarea acestora a fost inevitabilă, rezultând modificări atât ale caracteristicilor fizice, cât și ale proprietăților mecanice.

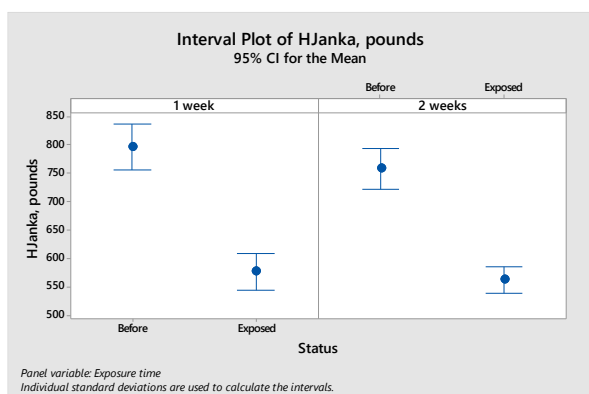


Fig. 5. Variația valorilor durității Janka pentru epruvetele brute de PAL (PB), înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hizirolu 2019)

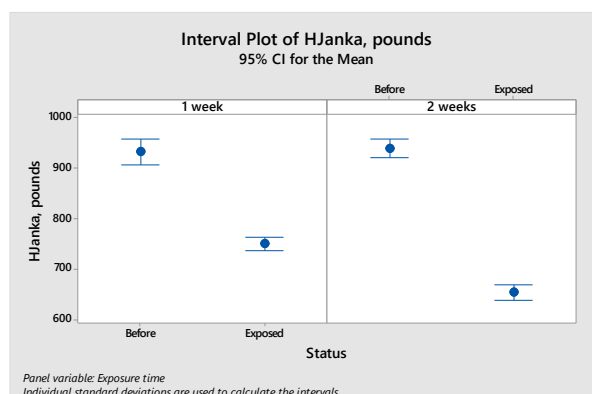


Fig. 6. Variația valorilor durității Janka pentru epruvetele melaminatate de PAL (PB), înainte și după expunerea la condiții de umiditate (Salca și Hizirolu 2019)

Analiza SEM a epruvetelor

Suprafața epruvetelor melaminatate a fost examinată folosind tehnica SEM. Probe mici cu dimensiuni de 10 x 5 mm au fost tăiate din epruvetele de control și cele expuse la umiditate. Au fost puse sub vid și acoperite cu o peliculă subțire de aur folosind un dispozitiv de pulverizare ionică, înainte ca microfotografiile suprafețelor să fie capturate cu un dispozitiv SEM de tip FEI Quanta600 F. La expunerea la un nivel ridicat de RH%, este de așteptat să aibă loc o anumită desprindere a melaminei de substrat. Fig. 7 prezintă microfotografiile SEM ale epruvetelor melaminatate expuse timp de două săptămâni la 95%RH. Epruvetele testate în acest studiu nu au arătat nici o delaminare ca urmare a expunerii la umiditate ridicată.

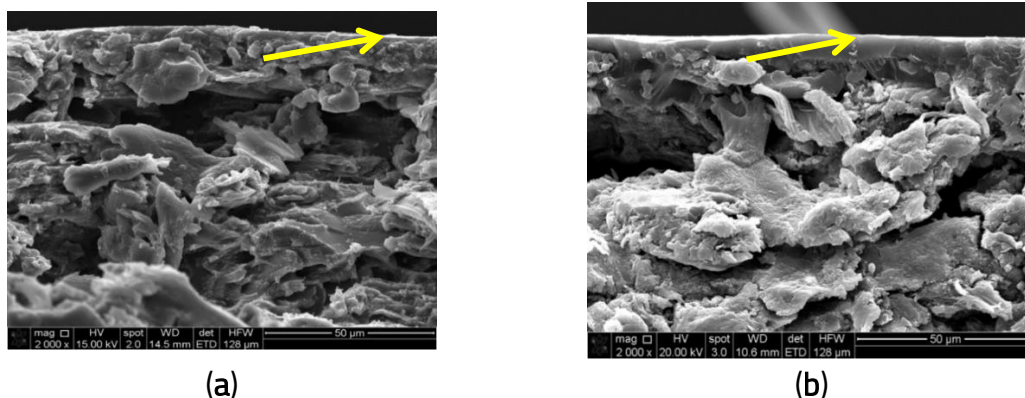


Fig. 7. Microfotografiile SEM ale epruvetelor melaminatate expuse la condiții de umiditate: (a) MDF; (b) PAL (PB); (săgețile indică granița dintre melamină și substrat) (Salca și Hizirolu 2019)

În acest studiu, metoda palpatorului a fost utilizată pentru a determina fluctuațiile rugozității suprafeței compozitelor melaminate și în stare brută. Calitatea suprafețelor epruvetelor de PAL/PB și MDF a fost influențată de ridicarea nivelului de umiditate relativă RH și a timpului de expunere. Epruvetele de MDF în stare brută au prezentat suprafețe mai rugoase după două săptămâni de expunere la condiții umede, comparativ cu epruvetele de PAL/PB în stare brută. Calitatea suprafeței epruvetelor melaminate de MDF nu s-a schimbat mult după expunerea la umiditate, în timp ce în cazul PAL-ului melaminat s-au observat unele diferențe în ceea ce privește rugozitatea suprafețelor. În ceea ce privește modificarea de masă, s-a constatat o creștere a raportului odată cu creșterea timpului de expunere pentru toate cele patru categorii de epruvete. Procentul a fost mai mare pentru epruvetele brute în comparație cu cele melaminate, pentru aceeași expunere. Cele din PAL au fost mai rezistente la schimbarea masei decât cele din MDF. Epruvetele din PAL melaminat au prezentat valori de duritate mai mari decât cele în stare brută datorită foliei de melamină. Ridicarea umidității RH% a influențat negativ valorile generale de duritate ale epruvetelor de PAL. Nu s-a constatat nici o delaminare a foliei de melamină sau a stratului superficial ca urmare a expunerii la umiditate ridicată.

4.3. Cercetări experimentale privind proprietățile compozitelor din lemn și paie în funcție de tratamentul aplicat materiei prime înainte de fabricare

Cercetările experimentale din această secțiune de capitol s-au desfășurat la Universitatea Națională Forestieră din Ucraina, Lviv (UNFU), în echipă mixtă sub îndrumarea colaboratorilor din Departamentul de Compozite, Celuloză și Hârtie de la UNFU. În această secțiune sunt prezentate efectele unor tratamente aplicate materiei prime, asupra proprietăților compozitelor din așchii de lemn și paie de grâu.



Aspecte generale privind compozitele din așchii de lemn și paie

Un interes crescut a fost manifestat în ultimele decenii pentru materialele durabile, abordare care scoate la lumină utilizarea diferitelor deșeuri, precum deșeurile agricole/vegetale pentru producerea de noi materiale. Prin urmare, interesul în utilizarea materialului lemnos convențional pentru plăci din așchii de lemn s-a direcționat spre utilizarea resurselor regenerabile. Chiar și aici au existat limitări legate de lipsa cunoștințelor chimice și a proprietăților acestor agro-materiale. De-a lungul anilor, așchiile de lemn au fost înlocuite în producția de plăci cu particule obținute din plante anuale, cum ar fi: paie de grâu, paie de orez, frunze de ceai, așchii de nucă de cocos, in, cânepă, iută, bambus, trestie de zahăr, coajă de migdale, coajă de porumb, floarea soarelui și rapiță, pentru a numi doar câteva (Han ș.a. 1998, Papadopoulos și Hague 2003, Buquillon ș.a. 2004, Li ș.a. 2010). Paiele de grâu sunt încă unul

dintre cele mai abundente și ieftine deșeuri agricole din lume. Paiele de grâu au utilizări relativ restrânse: furaje, îngrășăminte, industria celulozei, nano-materiale și pentru bio-etanol, de asemenea, în piroliză, ardere și gazeificare. Din 2010, paiele sunt folosite pentru producerea de peleți și brichete (Geletukha ș.a. 2015). Există cantități mari de reziduuri de paie de grâu care sunt încă arse pe câmp, provocând probleme semnificative de mediu, pe lângă pierderea unei resurse valoroase (Bekhta ș.a. 2013). Fibrele din paie de grâu și lemn prezintă caracteristici morfologice și proprietăți mecanice diferite dar au o compoziție chimică similară, conținând celuloză (33,5-40%), hemiceluloză (21-26%), lignină (11-23%) și un conținut mai mic de cenușă și proteine (Khushbu ș.a. 2016). Conținutul ridicat de siliciu (4,5-5,5%) din paiele de grâu duce la un consum mare de energie și limitează durata de viață a echipamentului de zdrobire a paielor. Stratul superficial din ceară înrăutățește umezirea și înclierea, influențează negativ aderența dintre particule, reprezentând un obstacol major pentru producția de plăci din așchii de lemn. Calitatea înclierii particulelor poate fi îmbunătățită dacă se îndepărtează stratul de ceară, prin utilizarea unor procese fizice și chimice (Bekhta ș.a. 2011) sau prin folosirea de adezivi cu reactivitate mai mare în locul adezivului ureo-formaldehidic (UF) (Grigoriou 2000, Zhang ș.a. 2011). Deși prezintă unele dezavantaje, cum ar fi emisiile de formaldehidă, adezivul UF este încă cel mai economic pe piață, este ușor de produs, are costuri reduse, dar conferă o aderență scăzută cu particulele de paie. Însă înclierea paielor de grâu cu rășina UF poate fi îmbunătățită prin aplicarea mai multor tratamente, fie materiei prime, fie adezivului (Bekhta ș.a. 2011, Bekhta ș.a. 2013).

În această secțiune de capitol sunt prezentate efectele unor tratamente necostisitoare aplicate materiei prime, înainte de producerea plăcilor din așchii de lemn și paie de grâu. Pentru producerea panourilor experimentale din așchii și paie de grâu s-au folosit așchii de lemn furnizate de un producător local de plăci de PAL și paie de grâu de la fermele locale de lângă Lviv. Tulpinile paielor de grâu au fost tăiate, zdrobite și uscate la umiditatea de 4%, în timp ce așchiile de lemn s-au folosit așa cum au fost furnizate, apoi uscate separat la același conținut de umiditate. Pentru fabricarea plăcilor s-au utilizat: o rășină comercială ureo-formaldehidică (UF), cu un conținut solid de 65% și clorură de amoniu adăugată ca întăritor. S-a aplicat un regim de presare a plăcilor din lemn-paie, având temperatura de 170 °C și presiunea de 2,2 MPa, timp de 6 min. Panourile (300 x 300 mm) au fost produse având aceeași densitate țintă de 650 kg/m³. Panourile de control au fost produse fără tratamentul aplicat în prealabil materiei prime. Trei tratamente diferite au fost aplicate adezivului și materiei prime, înainte de fabricarea plăcilor, așa cum este prezentat în Tabelul 7. Înainte de debitarea epruvetelor, plăcile fabricate au fost păstrate în condiții de laborator, la temperatura de 20°C și umiditatea relativă a aerului de 65% RH, pentru a atinge umiditatea de echilibru. Rezistența la încovoiere statică (MOR) și rezistența la tracțiune perpendiculară pe suprafață (IB) au fost determinate conform standardelor specifice (BS EN 310, BS EN 319). Rezultatele testelor mecanice, pentru toate cazurile în studiu, sunt prezentate în Fig. 8 și 9.

Tabelul 7. Planul experimental (Bekhta ș.a. 2018)

Materia primă				
	Așchii de lemn		Paie de grâu	
Tip tratament	A		B	
	Rășină UF modificată cu etanol		Pre-tratament aplicat paielor prin fierbere	
Tip placă și grosime	Placă 3 straturi 16 mm		Placă 1 strat 19 mm	
Raport straturi			60% așchii lemn și 40% paie	
	20:60:20 (ext:int:ext)			
Tratament	Strat exterior: Așchii lemn + adeziv UF		45 min-fierbere în soluție de săpun 20% concentrație	
	Strat interior: Lemn și paie + UF modificat (10 unități de masa etanol la 100 unități de masă de rășină)		45 min fierbere în apă la 100°C	

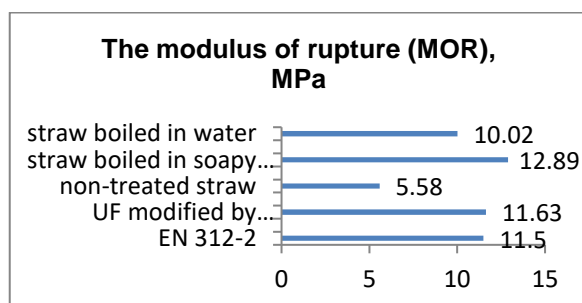


Fig. 8. Variația valorilor MOR ale compozitelor lemn-paie în funcție de tratamentul aplicat înainte de fabricare (Bekhta ș.a. 2018)

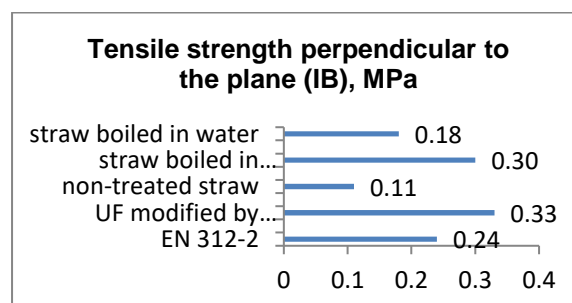


Fig. 9. Variația valorilor rezistenței la tracțiune perpendiculară pentru compozitele lemn-paie în funcție de tratamentul aplicat înainte de fabricare (Bekhta ș.a. 2018)

Rezultatele arată că plăcile din lemn-paie, înțeleite cu rășină modificată UF cu etanol, au prezentat proprietăți mecanice mai bune, prin comparație cu cerințele standardelor specifice (EN 312). Era de așteptat ca etanolul conținut de adeziv să dizolve stratul de ceară de pe paie, în timpul fabricării plăcilor. Prin urmare, s-a presupus că scade efectul hidrofobic al stratului de grăsime-ceară asupra interacțiunii adezivului cu particulele. În timpul etapei de presare, etanolul se evaporă din plăci împreună cu umiditatea (Kozak ș.a. 2016).

Ambele tipuri de plăci mixte, din particule de paie de grâu fierte într-o soluție de săpun și în apă, au prezentat valori crescute pentru MOR și IB, în comparație cu cele obținute pentru epruvetele martor. Tratamentele aplicate materiei prime au îmbunătățit proprietățile epruvetelor și un astfel de rezultat poate fi legat de dizolvarea siliciului din materia primă. Reducerea siliciului din particulele de paie poate influența pozitiv calitatea încleierii și distribuția adezivului pe particule. Referitor la cerințele standardelor EN 312, s-a dovedit că sunt îndeplinite doar de compozitele din particule de paie de grâu pre-tratate prin fierbere în soluție de săpun. Aceste cerințe standard nu au fost îndeplinite nici de plăcile de control și nici de cele din particule de paie fierte. Prin urmare, pre-tratarea particulelor de paie cu o soluție de săpun s-a dovedit a fi cea mai eficientă modalitate de a îmbunătăți proprietățile mecanice ale compozitelor lemn-paie, cum ar fi rezistența la tracțiune perpendiculară pe suprafață. Un astfel de rezultat poate fi explicat prin umectabilitatea îmbunătățită a suprafeței materiei prime și, în consecință, îmbunătățirea ulterioară a aderenței rășinii UF și a grupărilor hidroxil ale celulozei. Agenții activi de suprafață din soluția de săpun au contribuit la efectul puternic al soluției asupra încleierii particulelor (Bekhta ș.a. 2013).

Rezultate și concluzii similare privind potențialul unor astfel de plăci aglomerate din deșeuri agricole și așchii de lemn au fost obținute și de alți autori în domeniul compozitelor (Boquillon ș.a. 2004, Zhang ș.a. 2011).

Studiul a arătat că proprietățile mecanice ale plăcilor mixte (lemn-paie) încleiate cu adeziv de tip UF modificat cu etanol și ale celor obținute din paie pre-tratate prin fierbere în soluție de săpun au îndeplinit cerințele standard specifice plăcilor din așchii de lemn.

4.4. Cercetări experimentale privind proprietățile plăcilor de OSB în funcție de materia primă utilizată

Cercetările experimentale din această secțiune de capitol s-au desfășurat prin colaborarea cu colegii de la Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere din cadrul Universității Transilvania din Brașov. În această secțiune sunt evaluate proprietățile fizico-mecanice ale plăcilor OSB realizate 100% din aşchii din specii lemnoase individuale, specii repede crescătoare din țara noastră, și anume mesteacăn, salcie și plop, care pot înlocui rășinoasele sau amestecurile de specii lemnoase utilizate frecvent în producția de plăci OSB.

Plăcile din aşchii late de lemn orientate (OSB) sunt materiale de construcție, apărute ca înlocuitori pentru placaj și plăcile din aşchii de tip PAL (Toemen ș.a. 2010). Aceste plăci sunt produse pentru a îndeplini cerințele specifice legate de grosime, densitate, dimensiune, textură și rezistență mecanică. Aceste produse speciale sunt utilizate pe scară largă pentru aplicații structurale de interior și exterior (Barbuta ș.a. 2011, Barbuta ș.a.2012). Canada și SUA sunt cei mai mari producători de OSB, dețin aproximativ 85% din producția mondială. Producția de OSB a cunoscut o dezvoltare continuă în Europa datorită creșterii sectorului construcțiilor rezidențiale. O creștere moderată a fost raportată în 2017 în Germania, Franța, Spania și Polonia, dar o creștere semnificativă s-a produs începând cu 2019, atât în Rusia, cât și în Turcia, cu extindere în Europa Centrală și de Est (România și Ucraina) (Egger Report 2017). Până în 2020 era așteptată o creștere de aproximativ 28% a pieței OSB. România a fost cel mai mare exportator de OSB (231 milioane de euro) în UE între ianuarie și septembrie 2017. Companiile de producție Egger și Kronospan au făcut investiții mari în capacitățile lor de producție pentru plăcile OSB (GWMI 2017). Producătorii de OSB folosesc adezivi rezistenți la apă, cum ar fi izocianați (pMDI), rășini fenolice (fenol-formaldehidici-PF), melamino-ureo-fenol formaldehidici (MUPF) sau rășini ureo-melamino formaldehidici (UF-melamină). Liniile de producție din Europa folosesc adezivi pMDI cu aditivi în procente diferite, în special în stratul de miez (Mantanis ș.a. 2018). În comparație cu UF (62% conținut solid) la 7% și 13%, adezivii pMDI (100% conținut solid) la 4% și 6% conferă proprietăți superioare plăcilor (Papadopoulos 2006). Un sistem mixt de rășini PF și pMDI a fost utilizat pentru a produce plăci OSB din diferite specii, cum ar fi plop, lemn de cauciuc, arțar, pin, bambus și amestecuri de specii (Brochman ș.a.2004, Malanit și Laemsak 2007, Paredes ș.a. 2008, Ciobanu ș.a. 2014). Din cauza cererii mari pe piață, producătorii de OSB trebuie să găsească materie primă adecvată pentru producție. Așchiile late pentru plăci OSB sunt obținute în prezent numai din lemn recoltat și nu din lemn reciclat. În Europa de Est, dar și în Rusia, Turcia, America Latină (Brazilia și Chile) și Asia (China) sunt planificate investiții pentru utilizarea resurselor alternative, precum bambus, paie de orez sau chiar speciile native cu creștere rapidă, care pot dubla capacitățile de producție

existente (Febrianto ș.a. 2010, Hidayat ș.a. 2011, Sumadri și Suzuki 2014). Cercetările anterioare asupra lemnului juvenil au evidențiat proprietățile sale mecanice mai scăzute în comparație cu cele ale lemnului matur. Există diverse studii asupra lemnului juvenil provenit din diferite specii de pin și utilizarea acestuia pentru fabricarea OSB (Wu ș.a. 2005, Han ș.a. 2006). Alte studii au asociat cu succes costul scăzut al producției OSB cu performanța produsului, atunci când se utilizează lemn de mici dimensiuni ca materie primă pentru OSB (Del Menezzi și Tomaselli 2006, Mendez ș.a. 2012). În Europa, aproape toată producția de OSB folosește specii de rășinoase, precum pin și molid. Materia primă pentru producția de OSB poate proveni și din bușteni de foioase moi, ca alternativă la speciile rășinoase. Au fost efectuate studii asupra lemnului de plop, care este utilizat pe scară largă în UE (Beck ș.a. 2009, Akrami ș.a. 2014). Fagul, răspândit pe scară largă în Europa și folosit mai ales pentru producția de plăci din așchii de lemn, sau ca lemn de foc, a fost ulterior luat în considerare pentru fabricarea plăcilor OSB (Akrami ș.a. 2014). Barnes (2000) a propus un model integrat care a arătat că un produs OSB de înaltă performanță poate fi obținut prin controlul parametrilor procesului, evaluarea proprietăților materiilor prime, densitatea și conținutul de rășină, dimensiunea așchiilor și structura covorului de așchii. O placă OSB ideală a fost modelată de Sturzenbecher ș.a. (2010). Cei mai importanți parametri de influență ai plăcilor OSB sunt: proprietățile elastice ale speciilor lemnoase folosite, procentul lor în structură, orientarea așchiilor și profilul de densitate (Arnould ș.a. 2010). Performanța OSB depinde de proprietățile mecanice ale așchiilor late individuale, care pot fi conectate la comportamentul mecanic macroscopic al lemnului în sine (Han ș.a. 2006, Arnould ș.a. 2010). O astfel de abordare este prezentată de Dixon și colab. (Dixon ș.a. 2017), care au corelat proprietățile lemnului de bambus cu cele ale plăcilor OSB din așchii de bambus. Este necesară o monitorizare specifică a stocului de materie primă înainte de procesul de fabricație, pentru a-l trimite corect și eficient, fie la fabricarea plăcilor, fie spre bio-combustibili (Via ș.a. 2011).

Prezentul studiu se concentrează pe speciile repede crescătoare din România, și anume mesteacăn, salcie și plop, care pot înlocui speciile de rășinoase sau amestecurile de specii lemnoase utilizate frecvent în producția de plăci OSB. Studiul experimental a avut ca obiectiv evaluarea proprietăților fizico-mecanice ale acestor specii lemnoase, care influențează proprietățile plăcilor OSB realizate 100% din așchii late, debitate individual din fiecare specie în parte. Materia primă utilizată pentru acest studiu a fost furnizată de un producător local de OSB din Brașov, România. Pentru experimente au fost selectați bușteni subțiri de mesteacăn (*Betula pendula* Roth.), salcie (*Salix alba* L.) și plop (*Populus tremula* L.), având un conținut de umiditate (MC) în intervalul 60% până la 116%. Buștenii de calitate inferioară au respectat condițiile cerute pentru fabricarea OSB, așa cum se prezintă în Tabelul 8.

Tabelul 8. Cerințe impuse materiei prime pentru producerea plăcilor OSB (Dumitrascu ș.a. 2020)

Materia primă	Cerințe impuse	Defecte admisibile
Lemn de mici dimensiuni	<ul style="list-style-type: none"> - Minim 10 cm diametrul la capătul subțire; - Maxim 50 cm diametrul la capătul gros; - Lungime: 2 m; 2,5 m; 3 m; 3,5 m; 4 m; - Proaspăt tăiat; fără urme de nisip, pământ, gheață, metale sau alte impurități, fără putregai, fără defecte majore de formă. 	<ul style="list-style-type: none"> - O curbura max 10 cm/m; - noduri tăiate în lungul bușteanului

Materialul lemnos sub formă de lemn masiv și așchii late a fost pregătit la unitatea industrială. Tabelul 9 prezintă proprietățile fizico-mecanice selectate a fi evaluate, pentru lemn masiv și plăci OSB. Testele au fost efectuate cu scopul de a corela proprietățile speciilor lemnoase, în special proprietățile elastice ale lemnului, cu proprietățile plăcilor OSB produse individual din fiecare specie. Epruvetele de lemn au fost tăiate la dimensiuni standardizate pentru fiecare dintre proprietățile menționate. Acestea au fost uscate într-o etuvă la temperatura de 103°C, pentru a obține o umiditate de 10%. Înainte de orice test, epruvetele au fost condiționate la umiditatea relativă a aerului (RH) de 65%, la temperatura camerei de 20°C, timp de o săptămână. Metoda experimentală este prezentată în Tabelul 10. Așchiile au fost produse în condiții industriale, cu o mașină de despiciat de mare capacitate cu 52 de cuțite. Pot exista diferențe de structură și de diametre între bușteni. În timpul tăierii, planurile de rupere pot fi radiale sau tangențiale. După presare, toate plăcile au fost răcite timp de 48 h la temperatura camerei și înainte de orice test, pentru a obține umiditatea de 10% (MC), au fost condiționate timp de o săptămână la temperatura de 20 °C și umiditatea relativă a aerului de 65% RH.

Proprietățile fizico-mecanice ale lemnului masiv și ale plăcilor OSB au fost analizate statistic folosind software-ul Minitab 17 (Minitab LLC, State College, Pennsylvania, SUA). Analiza comparativă a fost aplicată pe baza diagramei de probabilitate cu un interval de încredere (IC) de 95%, s-au întocmit diagrame boxplot și cu intervale pentru a evidenția diferențele dintre speciile studiate.

Tabelul 9. Proprietăți fizico-mecanice ale materiei prime și ale plăcilor OSB (Dumitrascu ș.a. 2020)

Material	Proprietatea / Standard / Echipament-Metodă / Număr de epruvete			
	Densitate (kg/m ³)	Rezistența la încovoiere - MOR (N/mm ²)	Modul de Elasticitate la încovoiere- MOE (N/mm ²)	Coeziunea internă - IB (N/mm ²)
Lemn	ISO 13061			-
masiv	Metoda	Mașina Universală IB 600 (IMAL, Globus Group, San		-
	Gravimetrică	Damaso, Italy)		
	20	10	10	-
OSB	EN 323	EN 310 (major and minor axis)		EN 319
	Metoda	Mașina Universală IB 600		
	Gravimetrică			
	25	5+5	5+5	5

Tabelul 10. Planul experimental (Dumitrascu ș.a. 2020)

Dimensiunile așchiilor late			
Lungime, mm	Lățime, mm	Grosime, mm	
75-120	15-25	0.3-0.7	
Categoria de așchii late			
Pentru fețe	Pentru miez		
Uscarea așchiilor la 10% umiditate			
Etuvă laborator	Temperatura, °C	Timp, h	
	90	4	
Așchiile au fost amestecate cu adeziv pMDI (10%); fără ceară sau alți aditivi			
Tip adeziv	Vîscozitate la 25 °C, MPa	Densitate, g/cm ³	
LUPRANATE M20S	170-250	1.23	
Covor format manual – așchiile de mijloc perpendiculare pe straturile de suprafață (1:2:1)			
S-au folosit aproximativ 1.6 kg așchii pentru fiecare placă OSB.			
Regim de presare			
Presă de laborator	Temperatura, °C	Presiunea, MPa	Timp, min
Presă hidraulică-1 platan	180	3	8
1 placă OSB pentru fiecare specie de lemn – Total 3 plăci			
Specificații OSB			
Tip OSB	Densitate, kg/m ³	Dimensiuni, mm	
OSB/2 (plăci portante pentru utilizare în mediu uscat)	610	440 x 440 x 12	

Materia primă-lemn masiv-proprietăți fizico-mecanice

Pentru a analiza densitatea ca proprietate fizică a lemnului masiv, s-a aplicat graficul probabilității cu un interval de încredere (IC) de 95%, pentru fiecare specie lemnoasă studiată. Valorile densității lemnului au indicat valori mai mari pentru mesteacăn, prin comparație cu plop și salcie, pe baza analizei de regresie cu 95% CI (Fig. 10). Plopul și salcia au avut valori similare de densitate. Valoarea minimă în cazul densității mesteacănului este de 522 kg/m^3 , în timp ce valoarea maximă a fost de aproximativ 635 kg/m^3 . Plopul și salcia au fost clasificate ca specii de lemn ușor, cu densități cuprinse între 310 kg/m^3 și 550 kg/m^3 , în timp ce mesteacănul, mai dur, a prezentat valori de densitate în intervalul 560 kg/m^3 până la 650 kg/m^3 (Wagenfuhr 1996).

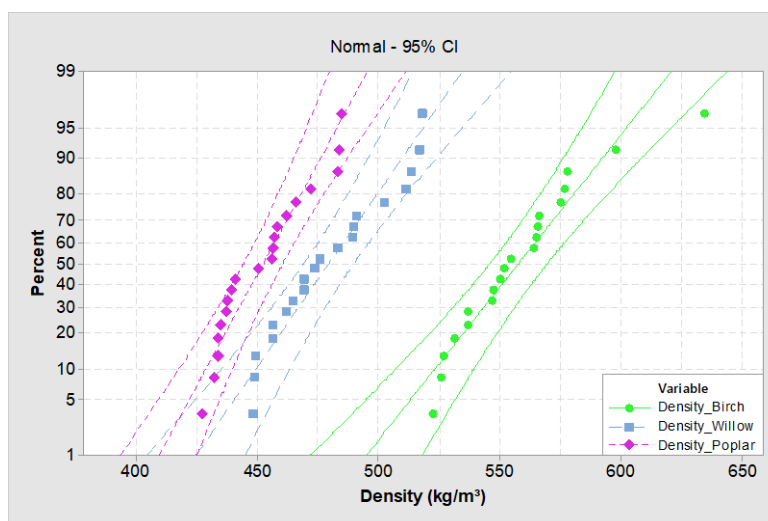


Fig. 10. Graficul de probabilitate pentru densitatea speciilor de lemn analizate (Dumitrascu ș.a. 2020)

Proprietățile mecanice ale lemnului masiv pentru cele trei specii studiate au fost rezistența la încovoiere statică (MOR) și modulul de elasticitate la încovoiere statică (MOE). Pentru a analiza distribuțiile datelor măsurate, s-a considerat valoarea mediană.

Graficele tip boxplot ale proprietăților fiecărei specii sunt reprezentate în Fig. 11 și 12. După cum era de așteptat, valorile MOR și MOE au scăzut treptat, odată cu densitatea speciei. Valori extrem de scăzute pentru MOR au fost înregistrate pentru mesteacăn și salcie (Fig.11). Cu toate acestea, specia de mesteacăn a prezentat o rezistență la încovoiere (MOR) (mediană = 78 N/mm^2) mai mare decât în cazul celorlalte specii. Mesteacănul a prezentat o valoare a modulului de elasticitate la încovoiere (MOE) superioară, cu o mediană de $6351,29 \text{ N/mm}^2$, în timp ce plopul a prezentat proprietăți elastice mai reduse. Analiza comparativă globală a indicat că mesteacănul și salcia au prezentat proprietăți fizico-mecanice superioare în

comparație cu plopul. Proprietățile mecanice au fost exprimate prin valori situate aproape de limita inferioară a intervalului recomandat în literatura de specialitate (Wagenfuhr 1996). Scăderea valorilor proprietăților mecanice a fost atribuită existenței nodurilor în lemn. Nodurile sunt încorporate ca porțiuni bazală a unei ramuri și fac lemnul inutil pentru anumite aplicații, îngreunează prelucrarea și reduc astfel calitatea lemnului. Cu toate acestea, conform cerințelor de materie primă prezentate în Tabelul 8, nodurile sunt acceptate pentru producerea de aşchii în fabricarea plăcilor OSB. Koman și colab. (2013) au raportat că o extindere a zonei nodurilor a dus la o scădere substanțială a valorilor MOE și MOR.

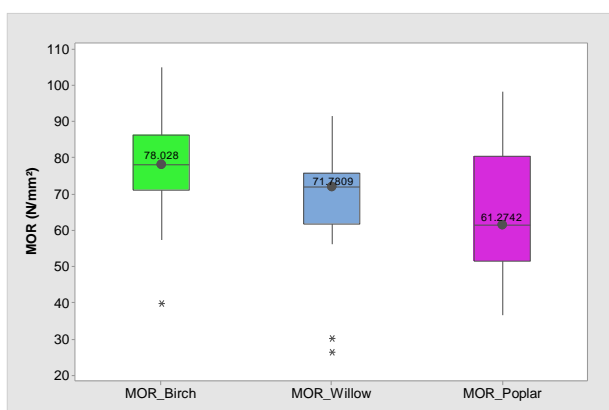


Fig. 11. Boxplot pentru valorile MOR obținute pentru speciile în studiu (Dumitrascu ș.a. 2020)

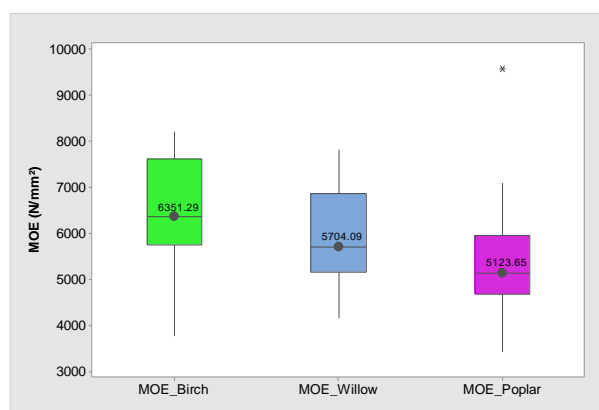


Fig. 12. Boxplot pentru valorile MOE obținute pentru speciile în studiu (Dumitrascu ș.a. 2020)

Proprietățile fizice și mecanice analizate pentru plăcile OSB sunt: densitatea, rezistența la încovoiere statică (MOR), modulul de elasticitate la încovoiere statică (MOE) și rezistența la tracțiune perpendiculară (IB). Valorile medii ale proprietăților selectate în comparație cu cerințele standard sunt prezentate în Tabelul 11. Rezultatele generale obținute pentru proprietățile OSB au îndeplinit standardul EN de cerințe minime pentru plăcile OSB/2, cu excepția MOE al plăcilor OSB produse din aşchii de plop. S-a efectuat o evaluare comparativă a proprietăților plăcilor OSB prin implementarea graficelor cu intervale cu 95% CI pentru valorile medii. Figurile 13 și 14 arată că plăcile OSB produse din aşchii de mesteacăn au prezentat cele mai mari valori medii dintre cele trei specii (MOR = 39,85 N/mm²; MOE = 5898,17 N/mm²). Valorile mediane MOR pentru toate cele trei specii au variat în același interval (mediana MOR max = 39,8579 N/mm², mediana MOR min = 35,3073 N/mm²).

Cu toate acestea, valoarea MOR a plăcilor OSB din plop a fost mai mare decât cea obținută pentru plăcile OSB din mesteacăn, chiar dacă cele două plăci prezintă mici diferențe de densitate.

Tabelul 11. Valorile medii ale proprietăților mecanice obținute pentru plăcile OSB din așchii de mesteacăn, salcie și plop (Dumitrascu ș.a. 2020)

Proprietatea plăcii OSB/2	EN 300 Cerințe Standard grosimi 10- 18 mm	OSB/mesteacăn 737.13 (kg/m ³)	OSB/salcie 689.71 (kg/m ³)	OSB/plop 727.19 (kg/m ³)
MOR-major axis (N/mm ²)	20	36.0	36.6	43.3
MOR-minor axis (N/mm ²)	10	33	35.3	18.2
MOE-major axis (N/mm ²)	3500	5665	4636	3147
MOE-major axis N/mm ²)	1400	4597	4543	2131
IB (N/mm ²)	0.32	1.05	1.33	1.28

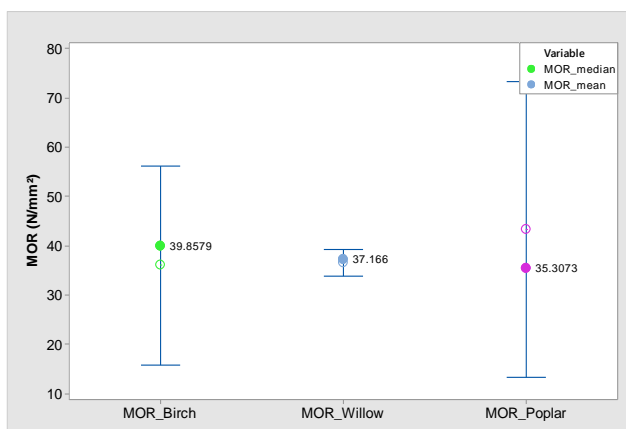


Fig. 13. Interval plot al valorilor MOR pentru plăcile OSB (Dumitrascu ș.a. 2020)

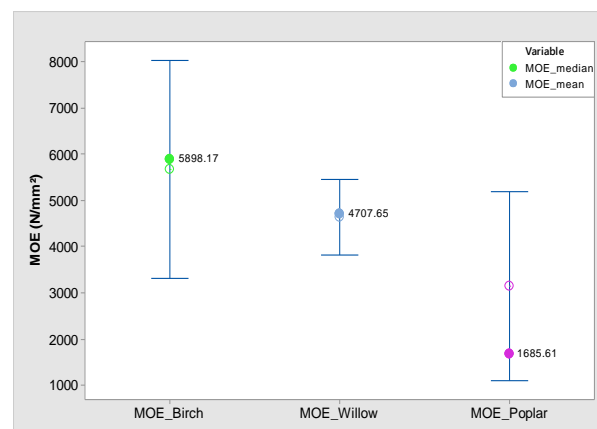


Fig. 14. Interval plot al valorilor MOE pentru plăcile OSB (Dumitrascu ș.a. 2020)

Beck și colab. (2009) au comparat impactul speciei asupra proprietăților plăcilor OSB din mesteacăn și plop. Rezultatele au arătat că rezistențele la încovoiere au fost mai mari pentru plăcile OSB de plop în comparație cu cele de mesteacăn. Akrami și colab. (2014) au găsit valori similare ale MOR pentru OSB produs 100% din așchii de plop (42,4 N/mm²), dar a fost observată o valoare MOE mai mare în comparație cu rezultatele studiului de față. Dintre cele trei tipuri de plăci, OSB-ul produs din așchii de plop a prezentat cea mai mică valoare medie pentru MOE de 3147 N/mm². Analiza comparativă a plăcilor OSB a indicat că placa din așchii de mesteacăn prezintă proprietăți elastice superioare prin comparație cu celelalte plăci. Valorile IB ale plăcilor OSB/2 studiate au variat de la 1,05 N/mm² în cazul OSB din mesteacăn până la 1,33 N/mm² pentru plăcile OSB din salcie. Nu s-au observat mari diferențe în ceea ce

privește IB pentru OSB din plop ($1,28 \text{ N/mm}^2$) în comparație cu OSB din salcie. Akrami și colab. (2014) au raportat o valoare mai mică a IB pentru plăcile OSB realizate cu 100% plop ($0,6 \text{ N/mm}^2$) la o densitate țintă OSB comparabilă de 710 kg/m^3 . Paredes și colab. (2008) au raportat rezultate similare pentru IB ($0,6 \text{ N/mm}^2$) în cazul OSB comercial obținut din așchii de arțar și folosind același adeziv de încleiere.

Rezultatele arată că toate cele trei specii lemnoase ar putea fi utilizate ca materie primă individuală în producția de plăci OSB. Cercetările din literatura de specialitate au arătat că proporția diferitelor specii în straturile de miez și de suprafață ale plăcilor OSB a dus la diferențe considerabile în proprietăților plăcilor OSB. Prin creșterea cantității de așchii de plop din stratul de miez, de la 40% la 75%, s-a observat o scădere a IB de la $0,99 \text{ N/mm}^2$ la $0,27 \text{ N/mm}^2$, în timp ce prin creșterea proporției de așchii de fag, s-a observat o tendință contrară (Akrami ș.a. 2014). Prin urmare, studii viitoare privind proprietățile OSB produse din amestecuri de specii, cu diferite proporții în straturile de miez și de suprafață, urmează să fie efectuate pentru a exploata disponibilitatea acestor specii repede crescătoare, pentru o mai bună valorificare a resursei lemnoase.

Toate proprietățile lemnului masiv luate în considerare în această lucrare au avut efecte pozitive asupra performanței plăcilor OSB. De exemplu, luând în considerare speciile de mesteacăn și salcie, valoarea MOR pentru mesteacăn a fost mai mare decât cea pentru salcie, ceea ce face posibilă creșterea MOR pentru OSB din mesteacăn în comparație cu OSB din salcie. Rezultatele generale ale proprietăților OSB ca 39 N/mm^2 pentru mesteacăn au îndeplinit cerințele EN 310 (1999) în cazul rezistenței la încovoiere și cerințele EN 319 (1993) (în cazul coeziunii interne) pentru plăcile OSB/2. Plopul a fost considerat cel mai defavorizat. Cu toate acestea, valoarea MOR a plăcii OSB din plop a fost mai mare decât cea obținută pentru placa OSB de mesteacăn, chiar și pentru mici diferențe de densitate. Prin urmare, rezultatele acestei lucrări experimentale pot fi aplicate industrial.

4.5. Concluzii

Rezultatele prezentate în acest capitol au aplicabilitate în îmbunătățirea tehnicilor de producție pentru fabricarea mobilei și pentru utilizarea ulterioară a panourilor compozite melaminate, ele arată potențialul deșeurilor agricole pentru fabricarea plăcilor mixte din așchii și paie de grâu și subliniază potențialul speciilor plop, salcie și mesteacăn ca materie primă individuală în producția de plăci OSB.

Diseminare

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: 1 capitol de carte, 2 articole ISI, 1 lucrare la Conferință Internațională, 1 articol BDI .

Capitol de carte

1. **SALCA E.A.** (2023). Selected Properties of Wood-Based Panels as a Function of Raw Material, Applied Treatment and Exposure Conditions. Book Chapter in *Advanced Research in Biological Science*, Vol.2, p.41-73, ISBN 978-81-19491-40-7 (print), ISBN 978-81-19491-41-4 (ebook), **BP INTERNATIONAL (BOOKPI)**. DOI: 10.9734/bpi/arbs/v2/6188C.
 - **Capitolul este indexat în Google Scholar**

Articole ISI

1. **SALCA, E.A.**, HIZIROGLU, S. (2019). Hardness and roughness of overlaid wood composites exposed to a high-humidity environment, **Coatings**, 9(11), 711, DOI:10.3390/coatings9110711.
 - **Articolul are IF 2.436/2019**
 - **Articolul are 6 citări în Web of science**
2. DUMITRASCU, A.E., LUNGULEASA, A., **SALCA, E.A.**, CIOBANU, V.D. (2020). Evaluation of Selected Properties of Oriented Strand Board Made from Fast Growing Wood Species, **Bioresources** 15(1), 199-210. Doi: 10.15376/biores.15.1.199-210
 - **Articolul are IF 1.409/2020**
 - **Articolul are 7 citări în Web of science**

Lucrări în Proceedings la Conferințe Internationale

1. KOZAK, R., BEKHTA, P., **SALCA, E.A.** (2016). Wood-straw composites bonded with urea formaldehyde glue modified by ethanol. In: *Proceedings of the 13th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium "Bio-Based composites for a sustainable future"*, Concepcion, Chile, 13-15 November 2016, p.62-65.

Articol BDI

1. BEKHTA, P., **SALCA, E.A.**, KOZAK, R. (2018). Properties of wood-straw composites bonded with modified UF adhesive and pre-treated straw particles. **PROLigno**, vol 14, No.1, ONLINE ISSN 2069-7430, ISSN-L 1841-4737, p.37-41.
 - **Articolul are 3 citări în Google Scholar**

5. CONCLUZII FINALE

Cercetările prezentate în această lucrare vin să sublinieze importanța valorificării resursei lemnoase secundare în contextul dezvoltării durabile cu aplicabilitate în industria prelucrării lemnului și fabricarea mobilei. Rezultatele celor patru capitole prezentate subliniază, rând pe rând, potențialul de utilizare eficientă a resursei lemnoase locale în industria fabricării mobilei.

- Tratamentul termic aplicat lemnului masiv și furnirelor conferă modificări de culoare apreciate în industria mobilei și în lucrările de restaurare. Pierderile de rezistență datorate tratării termice pot fi limitate prin tehnici alternative modificate de tratament termic. Astfel, speciile lemnoase cu valoare comercială redusă, în urma tratamentului termic, pot fi utilizate eficient în domeniile în care anterior aveau potențial redus de utilizare. Tratamentul termic merită a fi considerat potrivit și aplicat pentru îmbunătățirea calității suprafeței lemnului, cu aplicații la mobilier, acolo unde suprafețele netede sunt ideale.
- Furnirele densificate pot fi o alegere excelentă în fabricarea placajului destinat construcțiilor, fiind un material cu proprietăți îmbunătățite prin comparație cu placajul fabricat în mod tradițional. Densificarea aplicată furnirelor înainte de fabricarea placajului poate duce la emisii joase de compuși toxici și totodată, costul produsului final se poate reduce. Pe de altă parte, datorită rugozității lor scăzute, furnirele densificate nu necesită șlefuire iar culoarea lor atractivă permite folosirea produselor de finisare transparente. Furnirele densificate au potențial de utilizare și în industria panourilor pe bază de lemn pentru fabricarea mobilei.
- Există o relație echilibrată între pregătirea substratului, materialul de finisare și sistemul său de aplicare. Tipurile de lac și diferențele lor structurale au influențat luciul epruvetelor finisate. Rezultatele acestui studiu pot fi aplicate în industria mobilei, pentru producerea de mobilier cu destinații speciale de interior.
- În ceea ce privește panourile pe bază de lemn, rezultatele cercetărilor prezentate au aplicabilitate în îmbunătățirea tehnicilor de producție pentru fabricarea mobilei și pentru utilizarea ulterioară a panourilor compozite melaminate, ele arată potențialul deșeurilor agricole pentru fabricarea plăcilor mixte din așchii și paie de grâu și subliniază potențialul speciilor plop, salcie și mesteacăn, ca materie primă individuală în producția de plăci OSB.

(B-II) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei**1. Evoluția în cariera profesională****1.1. Studii****Studii universitare/postuniversitare/doctorat**

1983-1988	Universitatea din Brașov, Facultatea de Industrializarea Lemnului, Diplomă de Inginer
2001-2006	Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de matematică și informatică, Studii postuniversitare de specializare – Informatică, Diploma de absolvire-specializare informatică
2003-2008	Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Industria Lemnului, Doctorat
2009	Titlul științific – Doctor (obținut în 13.01.2009) în Domeniul <i>Inginerie Industrială</i> , Teza: <i>Contribuții la optimizarea prelucrării lemnului de arin prin frezare și șlefuire în vederea valorificării în producția de mobilă</i> , conducător științific Prof. Dr. Ing. Ivan CISMARU

Alte specializări și calificări

1993	Gradul didactic DEFINITIVAT în învățământ, Grup Școlar Forestier Nehoiu
1994	Titularizare în învățământ – Grup Școlar Forestier Nehoiu
1999	Gradul didactic II în învățământ, Grup Școlar Forestier Nehoiu
1999-2000	Curs de reconversie profesională – specializarea informatică, Agenția Națională de Comunicații și Informatică, Centrul Teritorial de Instruire autorizat CPI, Intercomputer Class, Brașov
2002-2003	Specializare English for Technical and Business Purposes in Wood Industry-CECECOS, Universitatea Transilvania din Brașov
2003	Curs AUTOCAD 3D, CECECOS, Universitatea Transilvania din Brașov
2008	Certificat de competență lingvistică-Engleză, Universitatea Transilvania din Brașov

1.2. Experiență profesională și didactică

1988-1990	IFET Tg. Secuiesc, Covasna, inginer, responsabil cu activități de producție
1990-1999	Grup Școlar Forestier Nehoiu, Buzău, profesor inginer titular, activități didactice
1999-2001	Școala Generală nr. 13 Brașov, profesor inginer, educație tehnologică

2001-2004	Universitatea Transilvania din Braşov, Facultatea de Ingineria Lemnului, asistent universitar, activităţi didactice şi de cercetare
2004-2017	Universitatea Transilvania din Braşov, Facultatea de Ingineria Lemnului, Şef lucrări, activităţi didactice şi de cercetare
2017-prezent	Universitatea Transilvania din Braşov, Facultatea de Design de Mobilier şi Ingineria Lemnului, conferenţiar universitar, activităţi didactice şi de cercetare

Autorul a câştigat experienţă didactică în perioada 1990-2001, prin activitatea desfăşurată la catedră în sistemul de învăţământ preuniversitar. Această experienţă i-a fost ulterior de folos ca şi cadru didactic la Universitatea Transilvania din Braşov, unde activează începând din 2001.

Activităţi didactice desfăşurate

- Cursuri şi laboratoare predate de autor la Universitatea Transilvania din Braşov, Facultatea de Ingineria Lemnului/Facultatea de Design de Mobilier şi Ingineria Lemnului (denumire nouă din 2020-2021) în perioada 2001-2023, la următoarele Programe de studii: Ingineria prelucrării lemnului (IPL), Ingineria prelucrării lemnului în limba Engleză (IPL-EN), Ingineria prelucrării lemnului -cu frecvenţă redusă (IPL-IFR), Ingineria şi designul produselor finite din lemn (IDPFL), Eco-design de mobilier şi restaurare (EDMR), Structuri avansate din lemn şi tehnologii inovative (SALTI), Tehnologia construcţiilor din lemn (TCL).

2001-2007	<i>Wooden Structures for furniture</i> la Programul de studii de Licenţă IPL-EN an II
2010-prezent	<i>Structuri din lemn pentru mobilă</i> la Programul de studii de Licenţă IPL-IFR an II
2012-prezent	<i>Structuri din lemn pentru mobilă</i> la Programul de studii de Licenţă IDPFL şi IPL an II
2009-prezent	<i>Materiale tradiţionale şi moderne pentru mobilier</i> la Programul de studii de Masterat EDMR an I
2009-prezent	<i>Materiale tradiţionale în industria lemnului</i> la Programul de studii de Masterat SALTI an I
2010-2018	<i>Restaurare alte materiale</i> la Programul de studii de Masterat EDMR/II
2019-prezent	<i>Civilizaţia lemnului</i> la Programul de studii de Masterat EDMR an I
2023-2024	<i>Istoria construcţiilor din lemn</i> la Programul de studii de Masterat TLC/I

- În perioada 2009-2022 autorul a coordonat un număr de 13 lucrări de diplomă şi 16 lucrări de disertaţie la programele de studii IPL-EN, IPL-IFR, IPL, IDPFL, EDMR, SALTI, plus 1 lucrare de grad didactic I (2019).

-Autorul s-a implicat în activitatea de admitere la nivel de facultate în perioada 2003-2018, a fost coordonator al programului de studii în limba Engleză (IPL-EN) din 2017-2021, a coordonat platforma e-Learning pe facultate în 2009-2018 și este coordonator al programului Erasmus la nivel de facultate din 2012 până în prezent. Din Octombrie 2023 este coordonatorul programului de studii de licență IPL.

-Autorul a participat la 8 mobilități de predare în străinătate prin Programul Erasmus. Principalele motive pentru desfășurarea mobilităților didactice prin Erasmus au fost: acumularea de noi cunoștințe și competențe specifice activității didactice prin practică și exemple; îmbogățirea planurilor de învățământ cu noi cursuri sau module; dezvoltarea relațiilor academice; diseminarea propriilor rezultate; încurajarea mobilităților pentru studenți și cadre didactice.

Mobilități didactice prin Programul ERASMUS:

- Universitatea de Vest Ungaria, Sopron, Septembrie 2012
- Universitatea Karadeniz, Trabzon, Turkey, Mai 2013
- Universitatea din Kaunas, Kaunas, Lituania, Septembrie 2014
- Universitatea din Poznan, Poznan, Polonia, Februarie 2016
- Universitatea din Moscova, Rusia, Septembrie 2017
- Universitatea Karadeniz, Trabzon, Septembrie 2018
- Universitatea Oklahoma, Stillwater, SUA, Ianuarie 2019
- Universitatea din Jelgava, Latvia, Septembrie 2023

Aceste mobilități de predare au generat următoarele beneficii: dezvoltarea personală la nivel didactic și științific; aprofundarea de noi metode de predare; dezvoltarea competențelor de comunicare; întărirea relațiilor bilaterale; continuarea cooperării; creșterea numărului de mobilități; creșterea vizibilității internaționale; internaționalizarea universității și a facultății.

-Totodată, autorul a participat la 10 mobilități de instruire prin Programul Erasmus, care au fost posibilități excelente pentru dezvoltarea activității de internaționalizare a universității și a facultății; au facilitat deprinderea cu noi metode, căi și strategii; au permis realizarea de noi contacte pentru viitoare relații bilaterale în folosul comunității academice.

Mobilități de instruire prin Programul ERASMUS:

- Universitatea din Orleans, Orleans, Franța, Iunie 2013
- Universitatea din Nicosia, Nicosia, Cipru, Aprilie 2014
- Universitatea Okan, Istanbul, Turcia, Aprilie 2015
- Universitatea Aalto, Espoo, Finlanda, Octombrie 2015
- Universitatea Pardubice, Cehia, Aprilie 2017
- Universitatea Basilicata, Potenza, Italia, Februarie 2018

- Universitatea Thessaly, Grecia, Karditsa, Iunie 2019
- Universitatea Stellenbosch, Africa de Sud, Iulie 2022
- Universitatea din Zvolen, Slovacia, Septembrie 2022
- Universitatea din Sopron, Ungaria, Octombrie 2022

Participarea la aceste instruiri a generat următoarele beneficii: informații utile procesului de internaționalizare prin Erasmus; identificarea de noi oportunități pe care programul Erasmus le oferă pentru studenți și cadre didactice; identificarea de noi metode de motivare a studenților pentru mobilitate; identificarea de noi căi de recrutare și monitorizare a studenților Erasmus.

1.3. Dezvoltarea carierei de cercetare

-Cariera de cercetare a autorului a început la Universitatea Transilvania din Brașov prin participarea în calitate de membru în proiecte și contracte de cercetare:

2003	Proiect-Determinarea proprietatilor fizice si mecanice ale placajelor cu grosimi mari la SC PRODLEMN SA Reghin.
2006-2008	Proiect CEE Nr.191/2006 -Program MATNANTECH-CEEX-M1-C1-9153-2006-2008-Institutul de Chimie Macromoleculară P. Poni - Lignina- sursa de materii prime pentru combustibili neconvenționali, energie, produse chimice și materiale performante în condițiile dezvoltării durabile
2007	Contract CNCSIS cod 397 – Program tip A, având tema: Fenomene nanotehnologice la compozitele anizotrope realizate din lamele din lemn de diferite specii, destinate utilizărilor industriale (transporturi, construcții, industria lemnului, etc);
2012	Compozite biodegradabile cu inserții textile pentru produse ambientale ecologice – BIOCOMPTEX Parteneriate 72-200/2008
2012	Proiect DIDATEC Implementare TIC în procesul educațional universitar
2015	Proiect Novel learning approach for ERGOnomic Principles for deSiGNers working in the upholstery and sleep sectors by using Virtual Reality (ERGOSIGN), în cadrul programului ERASMUS+ KA2-Cooperation for Innovation and the Exchange of Good Strategic Partnership for Vocational Education and Training. 2015-1-RO01-KA202-015091

-Autorul a coordonat două proiecte în calitate de director/responsabil de proiect:

2013-2014	Grant Nr. 543- Cercetare post-doctorală-Fulbright Senior Award Scholarship la Universitatea Oklahoma SUA. Titlu Proiect: Evaluation of
-----------	--

- different wood species as function of heat treatment. Sursa de finanțare: Guvernul SUA și Guvernul României. Valoare totală de 10122 Euro. Rezultatele au fost diseminate în 1 capitol de carte în editură internațională, 1 articol ISI cu IF 3.171 și 4 lucrări la conferințe internaționale.
- 2017-2018 Temă de cercetare științifică prin competiție Nr. 2314/02.03.2017. Responsabil temă pe durata primului an de desfășurare. Titlu proiect: Cercetări privind stabilirea criteriilor de calcul a taxei de peiaj. Sursa de finanțare: RNP Romsilva. Valoare 100000 lei, din care 50000 lei în 2017. Rezultatele au fost diseminate în 1 articol Proceedings ISI.
- Autorul a efectuat 6 burse de cercetare de lungă și scurtă durată în echipa internațională, obținute prin competiție locală, națională și internațională. Criteriile de performanță ale fiecărei burse au fost îndeplinite cu succes de către autor.
- 2012 STSM sub COST Action FP1006, 19.03.2012-01.04.2012, la Norwegian Forest and Landscape Institute, As, Norway. Sursa de finanțare: COST Action FP1006, ECOST-STSM-FP1006-190312-015220. Raport prezentat la 1st Workshop Basics for Chemistry of Wood Surface Modification, Kuchl-Salzburg, Austria, April 25-27 2012. Rezultate diseminate în 1 articol ISI.
- 2014-2015 Invitation Fellowship-Programul ASIA BRIDGE, la Universitatea din Shizuoka, Shizuoka, Japonia, durata 2 luni. Rezultate diseminate în 1 capitol de carte în editură internațională, 1 articol ISI cu IF 1.268 și 5 lucrări la conferințe internaționale.
- 2015-2016 Bursa Universității Transilvania din Brașov 2015. Cercetarea s-a efectuat la Universitatea din Poznan. Sursa de finanțare: Universitatea Transilvania din Brașov Nr. 8536-22.07.2015. Rezultate diseminate în 1 capitol de carte în editură internațională, 4 articole ISI cu IF de la 1.334 la 3.230, 1 lucrare Proceedings ISI, 2 lucrări la conferințe internaționale.
- 2016-2017 Bursa Universității Transilvania din Brașov pentru mobilitate internațională 2016 – competiția a doua. Cercetarea s-a efectuat la Universitatea Ucraineană Națională Forestieră din Lviv, Ucraina. Sursa de finanțare: Universitatea Transilvania din Brașov 20.07.2016. Rezultate diseminate în 1 capitol de carte, 3 articole ISI cu IF de la 2.221 la 3.379, 5 lucrări la conferințe internaționale.
- 2018 STSM sub COST Action FP 1407, 03.09.2018-13.09.2018, Department of Wood-Based Composites, Cellulose & Paper la Ukrainian National

- Forestry University in Lviv, Ukraine; STSM Ref. nr. 41745. Raport prezentat la COST Action FP1407 Final Conference "Living with modified wood", 12-13 December 2018, Belgrade, Serbia.
- 2018 Bursa Universității Transilvania din Brașov 2018. Cercetarea s-a efectuat la Oklahoma State University, USA. Sursa de finanțare: Universitatea Transilvania din Brașov Nr. 42/06.06.2018. Rezultate diseminate în 1 capitol de carte ca singur autor, 1 articol ISI cu IF 2.436

-Autorul a fost membru activ în 4 Acțiuni COST (FP1006, FP0904, FP1303, FP1407)

- 2012-2015 COST Action FP1006 „Bringing new functions to wood through surface modification”.
- 2013-2014 COST Action FP0940 „Thermo-Hydro-Mechanical Wood Behaviour and Processing”.
- 2015-2018 COST Actions: FP1303 “Performance of Biobased building materials” și FP1407 “Understanding wood modification through an integrated scientific and environmental impact approach (MODWOODLIFE)”.

- Sub egida COST autorul a participat cu lucrări științifice în cadrul activităților organizate în România, Austria, Portugalia, Spania, Suedia, Finlanda, Norvegia, Grecia, Polonia, Cehia, Bulgaria, Croația și Serbia (workshop-uri și conferințe internaționale).

-Totodată, sub egida COST Actions, în perioada 2012-2017 autorul a participat la sesiuni de training pe diferite teme științifice organizate în Austria, Polonia, Belgia, Portugalia și UK, după cum urmează:

- 2012 *Training School for Vibrational spectroscopy, 23-24 April 2012, University of Applied Sciences, Salzburg, Campus Kuchl, Austria*
- 2013 *Training School - Finishing of the surfaces of thermally modified wood with UV lacquer products, 6-8 March 2013, Faculty of Wood Technology and Technical Centre of SHERWIN WILLIAMS Company, Poznan, Poland.*
- 2013 *Training School - X-ray tomography and service life prediction, 15-16 April 2013, Ghent University, Laboratory of Wood Technology, Ghent, Belgium*
- 2014 *Training School - Production and Characterisation of Decorative Laminates, Theory and practice, 5-7 March 2014, Porto and Viseu, Portugal.*
- 2017 *Training School - Service life of modified wood: Understanding Test Methodologies, 3 – 5 April, 2017, Bangor, Wales, UK*

Cunoștințele asimilate au fost folosite în cercetările efectuate ulterior, cercetări care stau la baza prezentei lucrări. Altele, alături de tehnici moderne de investigare, vor fi abordate în cercetările viitoare. Cu datele și elementele noi culese din interacțiunile acestor activități s-au putut completa suporturile de curs de la masterat realizându-se noi capitole de carte necesare în activitatea didactică.

2. Planuri de dezvoltare a carierei profesionale

2.1. Dezvoltare profesională didactică viitoare

- Completarea suporturilor de curs și laborator pentru disciplinele predate la specializările de Masterat de la Facultatea de Design de Mobilier și Ingineria Lemnului.
- Elaborarea unei monografii a speciei lemnoase *Alnus glutinosa*, având la bază teza de doctorat și teza de abilitare, prin completarea acestora cu date noi din literatura de specialitate.
- Întocmirea de material didactic pentru disciplina *Wooden Structures for Furniture- partea a doua*, pentru a veni în sprijinul studenților incoming Erasmus.
- Întocmirea suporturilor de curs la disciplinele de la noul program de masterat Tehnologia construcțiilor din lemn (TCL).

2.2. Dezvoltare profesională științifică viitoare

- Continuarea colaborărilor începute (cu SUA, Japonia, Polonia și Ucraina) și începerea unor noi colaborări cu cercetători din Chile, Taiwan și Coreea.
- Concretizarea acestor colaborări în publicații comune în jurnale internaționale cu IF.
- Extinderea colaborărilor prin Programul Erasmus.
- Continuarea colaborării cu Departamentul Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre de la Universitatea Transilvania din Brașov.
- Menținerea relațiilor de colaborare și cooperare existente și extinderea fluxurilor de mobilități și a schimburilor academice prin Erasmus și alte programe internaționale la Facultatea de Design de Mobilier și Ingineria Lemnului (DMIL), în beneficiul studenților, doctoranzilor și al cadrelor didactice.

(B-III) BIBLIOGRAFIE

- 1) Akgul M, Korkut S. The effect of heat treatment on some mechanical properties and colour in Scots pine and Uludag fir wood. *Int. J. Phys. Sci.* 2012; 7: 2854–2859.
- 2) Akrami A, Barbu MC, Fruhwald A. European hardwoods for reducing dependence on pine for oriented strand board. *Int. Wood Prod. J.* 2014; 5(3):133-135. DOI: 10.1179/2042645314Y.0000000073
- 3) Antikainen T, Paajanen O, Rautkari L, Kutnar A, Kamke FA, Hughes M. Simultaneous drying and densification of silver birch (*Betula pendula* L.) veneers: Analysis of morphology, thickness swelling, and density profile. *Wood Sci Technol.* 2014;48(2):325–336.
- 4) Arnold M. Planing and sanding of wood surfaces-effects on surface properties and coating performance. In: *Proceedings of the PRA's 7th International Wood Coatings Congress, Netherlands, Coating Technology Centre, Hampton, Middlesex, UK; 2010.*
- 5) Arnould O, Sturzenbecher R, Bardet S, Hofstetter K, Guibal D, Amusant N, Pizzi A. Mechanical potential of eco-OSB produced from durable and nondurable species and natural resins. *Holzforschung.* 2010; 64(6):791-798. DOI: 10.1515/HF.2010.116
- 6) Arruda L, Del Menezzi CHS. Effect of thermomechanical treatment on physical properties of wood veneers. *Int Wood Prod J.* 2013;4(4):217–224.
- 7) Asako YH, Kamikoga H, Nishimura H, Yamaguchi Y. Effective thermal conductivity of compressed woods. *Int. J. Heat Mass Transfer.* 2002; 45:2243–53.
- 8) Ates S, Akyildiz MH, Özdemir H, Gümüşkaya E. Technological and chemical properties of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood after heat treatment. *Rom. Biotechnol. Lett.* 2010; 15:4949-4958.
- 9) Bak M, Nemeth R. Changes in swelling properties and moisture uptake rate of oil-heat-treated poplar (*Populus x Euramericana* CV. *Pannonia*) wood. *BioRes.* 2012; 7(4): 5128-5137.
- 10) Barbuta C, Blanchet P, Cloutier A, Yadama V, Lowell E. OSB as substrate for engineered wood flooring. *Eur.J. Wood Wood Prod.* 2012; 70(1-3):37-43.
- 11) Barbuta C, Cloutier A, Blanchet P, Yadama V, Lowell E. Tailor made OSB for special application. *Eur.J. Wood Wood Prod.* 2011; 69(4): 511-519.
- 12) Bardak S, San B, Nemli G, Kirci H, Baharoglu M. The effect of decor paper properties and adhesive type on some properties of particleboard. *Int. J. Adhes. Adhes.* 2011; 31:412–415.
- 13) Barnes D. An integrated model of the effect of processing parameters on the strength properties of oriented strand wood products. *For. Prod. J.* 2000; 50(11):33-42.
- 14) Beck K, Cloutier A, Salenikovich A, Beauregard R. Effect of strand geometry and wood species on strandboard mechanical properties. *Wood Fiber Sci.* 2009; 41(3):267–278.

- 15) Bekhta P, Hiziroglu S, Shepelyuk O. Properties of plywood manufactured from compressed veneer as building material. *Mater Des.* 2009;30(4):947–953.
- 16) Bekhta P, Korkut S, Hiziroglu S. Effect of pretreatment of raw material on properties of particleboards panels made from wheat straw. *Bioresources.* 2013; 8(3): 4766-4774.
- 17) Bekhta P, Kozak R, Salabay R. Method of Wood-Straw Board Manufacturing. Patent of Ukraine №93159 dated 10.01.2011. Bulletin №1.
- 18) Bekhta P, Kozak R. Method of Straw Particles Gluing. Patent of Ukraine №94372 dated 26.04.2011. Bulletin №8.
- 19) Bekhta P, Krystofiak T, Proszczyk S, Lis B. Adhesion strength of thermally compressed and varnished wood (TCW) substrate. *Prog Org Coat.* 2018a; 125:331-338.
- 20) Bekhta P, Krystofiak T, Proszczyk S, Lis B. Surface gloss of lacquered medium density fibreboard panels veneered with thermally compressed birch wood. *Prog Org Coat.* 2018b;117:10-19.
- 21) Bekhta P, Marutzky R. Reduction of glue consumption in the plywood production by using previously compressed veneer. *Holz als Roh und Werkstoff.* 2007;65(1):87–88.
- 22) Bekhta P, Niemz P, Sedliacik J. Effect of prepressing of veneer on the glueability and properties of veneer-based products. *Eur J Wood Wood Prod.* 2012;70(1–3):99–106.
- 23) Bekhta P, Niemz P. Effect of high temperature on the change in colour, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung.* 2003; 57:539–546.
- 24) Bekhta P, Proszczyk S, Krystofiak T, Mamonova M, Pinkowski G, Lis B. Effect of thermomechanical densification on surface roughness of wood veneers. *Wood Mater Sci Eng.* 2014a;9(4):233-245.
- 25) Bekhta P, Proszczyk S, Krystofiak T, Sedliacik J, Novak I, Mamonova M. Effects of short-term thermomechanical densification on the structure and properties of wood veneers. *Wood Mater Sci Eng.* 2017;12(1):40-54.
- 26) Bekhta P, Proszczyk S, Krystofiak T. Colour in short-term thermo-mechanically densified veneer of various wood species. *Eur J of Wood Wood Prod.* 2014c;72(6):785-797.
- 27) Bekhta P, Proszczyk S, Lis B, Krystofiak T. Gloss of thermally densified alder (*Alnus glutinosa* Goertn.), beech (*Fagus sylvatica* L.), birch (*Betula verrucosa* Ehrh.), and pine (*Pinus sylvestris* L.) wood veneers. *Eur J of Wood Wood Prod.* 2014b;72(6):799-808.
- 28) Bekhta P, **Salca EA**, Kozak R. Properties of wood-straw composites bonded with modified UF adhesive and pre-treated straw particles. *PROLigno.* 2018; 14 (1): 37-41.
- 29) Bekhta P, **Salca EA**, Lunguleasa A. Some properties of plywood panels manufactured from combinations of thermally densified and non-densified veneers of different thickness in one structure. *J Build Eng.* 2020;29; ID101116.
- 30) Bekhta P, **Salca EA**. Influence of veneer densification on the shear strength and temperature behavior inside the plywood during hot press. *Constr. Build. Mater.* 2018; 162:20-26.

- 31) Bekhta PA. Method of the plywood production. Patent of Ukraine, No. 62787A dated 15.12.03. Bulletin 12. 2003; 2.
- 32) Bekhta, P.; Sedliacik, J. Environmetally-friendly high-density polyethylene-bonded plywood panels. *Polymers* 2019, 11, 1166.
- 33) Bekhta, P.; Sedliacik, J.; Jones, D. Effect of short-term thermomechanical densification of wood veneers on the properties of birch plywood. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 2018, 76, 549–562.
- 34) Bila NF, Trianoski R, Egas AF, Iwakiri S, Rocha MP. Evaluation of the quality of surface finish of messassa wood for three types of varnishes. *J Biotechnol Biodivers* 2020; 8:122–130.
- 35) Boquillon N, Elbez G, Schönfeld U. Properties of wheat straw particleboards bonded with diferent types of resin. *J. Wood Sci.* 2004; 50(3):230–235.
- 36) Brochmann J, Edwardson C, Shmulsky R. Influence of resin type and flake thickness on properties of OSB. *For. Prod. J.* 2004; 54(3):51-55.
- 37) BS EN 310:1993. Wood-based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European Committee for Standardization. Bruxelles.
- 38) BS EN 319:1993. Particleboards and fibreboards. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. European Committee for Standardization. Bruxelles.
- 39) Budakci M, İlçe A, Gürleyen T, Utar M. Determination of the Surface Roughness of Heat-Treated Wood Materials Planed by the Cutters of a Horizontal Milling Machine. *BioRes.* 2013; 8(3), 10.15376/biores.8.3.3189-3199.
- 40) Budakçı M, Sönmez A, Pelit H. The color changing effect of the moisture content of wood materials on water borne varnishes. *BioResources.* 2012; 7:5448–5459.
- 41) Bulian F, Collavini F, Matellon A. Investigating the Effects of Weathering on Wood Coatings. *FME Trans.* 2017; 45:405–411.
- 42) Cabral JP, Kafle B, Subhani M, Reiner J, Ashraf M. Densification of timber: a review on the process, material properties, and application. *J. Wood Sci.* 2022; 68(20):1-24.
- 43) Cakicier N, Korkut S, Sevim Korkut D. Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment. *BioResources.* 2011;6(2): 1648-1658.
- 44) Candan Z, Korkut S, Unsal O. Effect of thermal modification by hot pressing on performance properties of paulownia wood boards. *Ind Crops Prod.* 2013; 45:461–464.
- 45) Cao S, Cheng S, Cai J. (2022). Research progress and prospects of wood high-temperature heat treatment technology. *BioRes.* 2022; 17(2):3702-3717.
- 46) Carvalho L, Costa M, Costa C. Modeling rheology in the hot-pressing of MDF: Comparison of mechanical models. *Wood Fiber. Sci.* 2001; 33(3):395-411.
- 47) Chotikhun A, Kittijaruwattana J, Lee SH, Salca EA, Arsyad WO, Hadi YS, Neimsuwan

- T, Hiziroglu S. Characterization of plywood made from heat-treated rubberwood veneers bonded with melamine urea formaldehyde resin. *J. Wood Sci.* 2023;69(1):1-9.
- 48) Ciobanu VD, Zeleniuc O, Dumitrascu A-E, Lepadatescu B, Iancu B. The influence of speed and press factor on oriented strand board performance in continuous press. *BioRes.* 2014; 9(4): 6805-6816. DOI: 10.15376/biores.9.4.6805-6816
- 49) Cogulet A, Blanchet P, Landry V. The multifactorial aspect of wood weathering: A review based on a holistic approach of wood degradation protected by clear coating. *BioRes.* 2018;13: 2116–2138.
- 50) Csanady E, Magos E, Tolvaj L. Gloss of Colour Surfaces. In *Quality of Machined Wood Surfaces*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland. 2015;109–181. ISBN 978-3-319-22419-0.
- 51) Dai C, Troughton GE, Wang B. Development of a new incising technology for plywood/LVL production. Part 2. Effect of incising on LVL strength properties. *For. Prod. J.* 2003; 53 (11/12):99-102.
- 52) de Meijer M, Thurich K, Militz H. Comparative study on penetration characteristics of modern wood coatings. *Wood Sci Technol.* 1998; 32:347-365.
- 53) Del Menezzi CHS, Tomaselli I. Contact thermal post-treatment of oriented strand board to improve dimensional stability: a preliminary study. *Holz als Roh und Werkstoff.* 2006; 64:212-217.
- 54) Demirci Z, Sönmez A, Budakçı M. Effect of thermal ageing on the gloss and the adhesion strength of the wood varnish layers. *BioRes.* 2013;8(2):1852-1867.
- 55) Denes L, Lang E. Photodegradation of heat-treated hardwood veneers. *J. Photochem. Photobiol. B, Biol.* 2013; 118: 9-15.
- 56) DIN 53211 Testing of Paints, Varnishes and Similar Products. Determination of the Flow Time by the DIN 4 Cup; German Institute for Standardization: Berlin, Germany; 1974.
- 57) Diouf PN, Stevanovic T, Cloutier A, Fang CH, Blanchet P, Koubaa A, Mariotti N. Effects of thermohygro-mechanical densification on the surface characteristics of trembling aspen and hybrid poplar wood veneers. *Appl Surf Sci.* 2011;257(8):3558–3564.
- 58) Dixon PG, Malek S, Semple KE, Zhang PK, Smith GD, Gibson LJ. Multiscale modelling of moso bamboo oriented strand board. *BioResources.* 2017; 12(2):3166-3181. DOI: 10.15376/biores.12.2.3166-3181
- 59) Dumitrascu AE, Lunguleasa A, **Salca EA**, Ciobanu VD. Evaluation of selected properties of oriented strand board made of fast-growing wood species, *BioResources.*2020; 15(1):199-210. Doi:10.15376/biores.15.1.199-210
- 60) Egger GmbH (2017). Consolidated Financial Statements, Report 2016-2017, Egger GmbH, St. Johann in Tirol, Austria.
- 61) EN 12720. Furniture-Assessment of Surface Resistance to Cold Liquids; European Standardization Organizations: Brussels, Belgium; 2009.

- 62) EN 12722. Furniture-Assessment of Surface Resistance to Dry Heat; European Standardization Organizations: Brussels, Belgium; 2009.
- 63) EN 300. Oriented Strand Boards. Definitions, classification and specifications. European Committee for Standardization. Bruxelles, 2006.
- 64) EN 310. Wood-Based Panels—Determination of Modulus of Elasticity in Bending and of Bending Strength; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 1993.
- 65) EN 312. Particleboards- specifications. European Committee for Standardization. Bruxelles, 2010.
- 66) EN 314-1. *Plywood—Bonding Quality—Part 1: Test Methods*; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2004.
- 67) EN 314-2. *Plywood—Bonding Quality—Part 2: Requirements*; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 1993.
- 68) EN 315. *Plywood. Tolerances for Dimensions*; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2000.
- 69) EN 316. Wood fibre boards-Definition, classification and symbols. European Committee for Standardization. Bruxelles, 2009.
- 70) EN 323. Wood-based panels. Determination of density. European Committee for Standardization. Brussels, 1993.
- 71) EN 622-5. Fibreboards-specifications. Part 5: Requirements for dry process boards MDF. European Committee for Standardization. Bruxelles, 2009.
- 72) Esteves B, Pereira H. Quality assessment of heat treated wood by NIR spectroscopy. *Holz Roh Werkst.* 2008; 66 (5): 323-332.
- 73) Esteves MB, Pereira HM. Wood modification by heat treatment. A review. *BioRes* 2009; 4(1):370-404.
- 74) Ettwein F, Rohrer-Vanzo V, Langthaler G, Werner A, Stern T, Moser O, Leitner R, Regenfelder K. Consumer's perception of high gloss furniture: Instrumental gloss measurement versus visual gloss evaluation. *Eur J Wood Prod.* 2017; 75:1009-1016.
- 75) Evans PD, Haase JG, Shakri A, Seman BM, Kiguchi M. The Search for Durable Exterior Clear Coatings for Wood. *Coatings.* 2015; 5:830-864.
- 76) Fang CH, Mariotti N, Cloutier A, Koubaa A, Blanchet P. Densification of wood veneers by compression combined with heat and steam. *Eur J of Wood Wood Prod.* 2012;70(1-3):155-163.
- 77) Febrianto F, Hidayat W, Samosir TP, Lin HC, Soong HD. Effect of strand combination on dimensional stability and mechanical properties of oriented strand board made from tropical fast growing tree species. *J. Biol. Sci.* 2010; 10(3):267-272.
- 78) Ged G, Obein G, Silvestri Z, Rohellec J, Vienot F. Recognizing real materials from their glossy appearance. *J Vis.* 2010; 10:18.

- 79) Geletukha G, Zheliezna T, Haidai O. Country Summary Report of promising market segments for use of bioenergy. 2015; Horizon 2020 LCE 14, Kyiv p.46
- 80) Godinho D, Araujo SD, Quilho T, Diamantino T, Gomonho J. Thermally modified wood exposed to different weathering conditions. A review. *Forests*. 2021; 12(10):1400.
- 81) Gonzalez-Pena MM, Hale MDC. Colour in thermally modified wood of beech, Norway spruce and Scots pine. Part 1: colour evolution and colour changes. *Holzforschung*. 2009a; 63:385–393.
- 82) Gonzalez-Pena MM, Hale MDC. Colour in thermally modified wood of beech, Norway spruce and Scots pine. Part 2: property prediction from colour changes. *Holzforschung*. 2009b; 63:394–401.
- 83) Grigoriou A. Straw-wood composites bonded with various adhesive systems. *Wood Sci. Technol*. 2000; 34:355-365.
- 84) Gunduz G, Aydemir D, Karakas G. The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) wood and changes in physical properties. *Mater. Des*. 2009; 30: 4391–4395.
- 85) Guo F, Huang R, Lu J, Chen Z, Cao, Y. Evaluating the effect of heat-treating temperature and duration on selected wood properties using comprehensive cluster analysis. *J. Wood Sci*. 2014; 60:255-262.
- 86) Gurau L, Irle M. Surface Roughness Evaluation Methods for Wood Products: A Review. *Curr For Rep*. 2017; 3:119.
- 87) Gurau L, Mansfield H, Irle M. Processing Roughness of Sanded Wood Surfaces. *Holz Roh-Werkst*. 2005; 63:43–52.
- 88) Gurleyen L, Ayata U, Esteves B, Cakicier N. Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of Scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application. *Maderas Cienc Tecnol*. 2017; 19:213–224.
- 89) GWMI (2017).Romania tops EU OSB exports. (<https://www.globalwoodmarketsinfo.com/romania-tops-eu-osb-exports/>), Accessed on 28th July 2019.
- 90) Han G, Wu Q, Lu JZ. Selected properties of wood strand and oriented strandboard from small-diameter southern pine trees. *Wood Fiber Sci*. 2006; 38(4):621-632.
- 91) Han G, Zhang C, Zhang D, Umenura D, Kawai S. Upgrading of urea formaldehyde-bonded reed and wheat straw particleboards using silane coupling agents. *J. Wood Sci*. 1998; 44: 282-286.
- 92) Hazir E, Koc KH. Evaluation of wood surface coating performance using water based, solvent based and powder coating. *Maderas. Ciencia y tecnología*. 2019;21(4):467-80.

- 93) Hazir E, Koc KH, Baray SA, Esnaf S. Improvement of adhesion strength for wood-based material coating process using design of experiment methodology. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2020;78(2):301-12.
- 94) Herrera R, Sandak J, Robles E, Krystofiak T, Labidi J. Weathering resistance of thermally modified wood finished with coatings of diverse formulations. *Prog Org Coat*. 2018; 119:145–154.
- 95) Hidayat W, Sya'bani M, Purwawangsa H, Iswanto AH, Febrianto F. Effect of wood species and layer structure on physical and mechanical properties of strand board. *J. Trop. Wood Sci. Technol*. 2011; 9(2):134-140.
- 96) Hill C, Hughes M, Gudsell D. Environmental Impact of Wood Modification. *Coatings* 2021; 11(3):366.
- 97) Hill C. *Wood Modification—Chemical, Thermal and Other Processes*, Wiley Series in Renewable Resources, 2006; John Wiley & Sons, Ltd.
- 98) Hizirolu S, Suzuki S. Surface characteristics of overlaid wood composites. *J. Trop. For. Sci*. 2009; 21(3):272–276.
- 99) Hizirolu S. Surface roughness analysis of wood composites: a stylus method. *Forest Prod. J*. 1996; 46: 67-72.
- 100) Hu C, Jiang G, Xiao M, Zhou J, Yi X. Effects of heat treatment on water-soluble extractives and color changes of merbau heartwood. *J. Wood Sci*. 2012; 58:465-469.
- 101) Huang X, Kocaefe D, Kocaefe Y, Boluk Y, Krause C. Structural analysis of heat-treated birch (*Betula papyrifera*) surface during artificial weathering. *Appl. Surf. Sci*. 2013; 264: 117-127.
- 102) Ikey H, Song C, Miyazaki Y. Physiological effects of touching coated wood. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14:773.
- 103) Irmouli Y, George B, Merlin A. Artificial ageing of wood finishes monitored by IR analysis and color measurements. *J Appl. Polym Sci*. 2012; 124:1938–1946.
- 104) ISO 13061. Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2014.
- 105) ISO 13565–2 Geometrical Product Specification (GPS)—Surface Texture: PROFILE Method; Surfaces Having Stratified Functional Properties—Part 2: Height Characterization Using the Linear Material Ratio Curve. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland; 1996.
- 106) ISO 2813. Paints and Varnishes—Determination of Gloss Value at 20 Degrees, 60 Degrees and 85 Degrees; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland; 2014.

- 107) ISO 4287 Geometrical Product Specification (GPS)—Surface Texture: Profile Method—Terms, Definitions and Surface Texture Parameters; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland; 1998.
- 108) ISO 4624 Paints, Varnishes and Plastics. Pull-Off Test for Adhesion; German Institute for Standardization: Berlin, Germany; 2003.
- 109) ISO 7724-2. Paints and Varnishes. Colorimetry. Part 2: Colour measurement. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, p 6. 1984.
- 110) Istek A, Aydemir D, Aksu S. The effect of décor paper and resin type on the physical, mechanical, and surface quality properties of particleboards coated with impregnated décor papers. *BioResources* 2010; 5:1074–1083.
- 111) Jaic M, Palija T, Đorđević M. The Impact of Surface Preparation of Wood on the Adhesion of Certain Types of Coatings. *Zastita Mater.* 2014; 55:163–169.
- 112) Jirous-Rajkovic V, Micklecic J. Heat-treated wood as a substrate for coatings, weathering of heat-treated wood, and coating performance on heat-treated wood. *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2019; ID 8621486, 9 p.
- 113) Johansson D. Heat Treatment of Solid Wood. Effects on Absorption, Strength and Colour. Dissertation. Luleå University of Technology, LTU Skellefteå, Division of Wood Physics; 2008, 53: 1402-1544.
- 114) Jokerst R, Geimer R. Steam-assisted hot-pressing of construction plywood, *For. Prod. J.* 1994; 11-12:34-36.
- 115) Kalaycioglu H, Hiziroglu S. Evaluation of surface characteristics of laminated flooring. *Build. Environ.* 2006; 41:756–762.
- 116) Kamke FA. Densified radiate pine for structural composites. *Maderas-Cienc Tecnol.* 2006;8(2):83–92.
- 117) Kandelbauer A, Petek P, Medved S, Pizzi A, Teischinger A. On the performance of a melamine-urea formaldehyde resin for decorative paper coatings. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 2010; 68:63–75.
- 118) Kandelbauer A, Teischinger A. Dynamic mechanical properties of decorative papers impregnated with melamine formaldehyde resin. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 2009; 68(2):179–187.
- 119) Kariz M, Kuzman MK, Sernek M, Hughes M, Rautkari L, Kamke FA, Kutnar A. Influence of temperature of thermal treatment on surface densification of spruce. *Eur J Wood Wood Prod.* 2017;75(1):113-123.
- 120) Kasemsiri P, Hiziroglu S, Rimdusit S. Characterization of heat treated eastern redcedar (*Juniperus virginiana* L.). *J. Mater. Process. Technol.* 2012; 212: 1324-1330.
- 121) Khushbu G. Patel, Nirendra M. Misra, and Rakshith R. Shettigar, Preparation and Characterization of Silica Gel from Wheat Straw. *Int. J. Chem. Eng. Appl.* 2016; 7(5).
- 122) Kocaefe D, Poncsak S, Tang J, Bouazara M. Effect of heat treatment on the

mechanical properties of North American jack pine: thermogravimetric study. *J. Mater. Sci.* 2010; 45: 681-687.

123) Kocaefe D, Shi JL, Yang DQ, Bouazara M. Mechanical properties, dimensional stability, and mold resistance of heat-treated jack pine and aspen. *For. Prod. J.* 2008; 58(6):88-93.

124) Koman S, Feher S, Abraham J, Taschner R. Effect of knots on the bending strength and the modulus of elasticity of wood. *Wood Res.* 2013; 58(4):617-626.

125) Korkut DS, Guller B. The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. *Bioresour. Technol.* 2008; 99: 2846-2851.

126) Korkut DS, Korkut S, Bekar I, Budakçı M, Dilik T, Çakıcıer N. The Effects of Heat Treatment on the Physical Properties and Surface Roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) Wood. *Int. J. Mol. Sci.* 2008; 9: 1772-1783.

127) Korkut S, Hiziroglu S (2009) Effect of heat treatment on mechanical properties of hazelnut wood (*Corylus colurna* L). *Mater. Des.* 2009; 30(5):1853-1858.

128) Kozak R, Bekhta P, Salca EA. Wood-straw composites bonded with urea formaldehyde glue modified by ethanol. *Proceedings of the 13th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Concepcion, Chile.* 2016; 62-65.

129) Kropat M, Hubbe MA, Laleicke F. Natural, accelerated, and simulated weathering of wood: A review. *Bioresources.* 2020; 15:9998-10062.

130) Kubovski I, Kacik F. Changes of the wood surface colour induced by CO₂ laser and its durability after the xenon lamp exposure. *Wood Res.* 2013; 58:581-590.

131) Kudela J, Kubovsky I. Accelerated-aging-induced photo-degradation of beech wood surface treated with selected coating materials. *Acta Fac Xylo.* 2016; 58:27-36.

132) Kulman S, Boiko L, Pinchevska O, Sedliačik J. Durability of wood-based panels predicted using bending strength results from accelerated treatments. *Acta Fac. Xylogiæ Zvolen* 2017; 59(2):41-52.

133) Kurowska A, Borysiuk P, Maminski M, Zbiec M. Veneer densification as a tool for a shortening of plywood pressing time. *Drvna Industrija.* 2020; 61(3):193-196.

134) Kutnar A, Kamke FA, Sernek M. The mechanical properties of densified VTC wood relevant for structural composites. *Holz als Roh- und Werkstoff.* 2008;66(6):439-446.

135) Landry V, Blanchet P, Cormier LM. Water-based and solvent-based stains: Impact on the grain raising in yellow birch. *BioResources.* 2013; 8:1997-2009.

136) Lee SS, Koo JH, Lee SS, Chai SG, Lim J. CH. Gloss reduction in low temperature curable hybrid powder coatings. *Prog Org Coat.* 2003; 46:266-272.

137) Li H, Li C, Chen H, Zhang D, Zhang S, Li J. Effects of hot-pressing parameters on shear strength of plywood bonded with modified soy protein adhesives. *BioRes* 2014; 9(4):5858-5870.

- 138) Li W, Wang C, Zhang Y, Jia C, Gao C, Jin J. The influence of hot compression on the surface characteristics of poplar veneer. *BioRes.* 2014; 9:2808–2823.
- 139) Li XJ, Cai ZY, Winandy JE, Basta AH. Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries. *Bioresour. Technol.* 2010; 101(12):4662–4666.
- 140) Liu R, Zhu H, Li K, Yang Z. Comparison on the aging of woods exposed to natural sunlight and artificial Xenon Light. *Polymers.* 2019; 11:709.
- 141) Lourenco A, Pereira H. Compositional Variability of Lignin in Biomass. *Lignin-Trends and Applications.* Matheus Poletto, IntechOpen, 2017; DOI:10.5772/intechopen.71208.
- 142) Malanit P, Laemsak N. Effect of strand orientation on physical and mechanical properties of rubberwood oriented strandboard. *Walailak J. Sci. Tech.* 2007; 4(2):215–223.
- 143) Mantanis G, Athanassiadou E, Barbu MC, Wijnendaele K. (2018) Adhesive systems used in the European particleboard, MDF and OSB industries. *Wood Mater.Sci. Eng.* 2018;13(2):104–116.
- 144) Marschner SR, Westin SH, Arbree A, Moon JT. Measuring and modeling the appearance of finished wood. In *Proceedings of SIGGRAPH*, Los Angeles, CA, USA. 2005;727–734.
- 145) Martins JM, Almeida M, Coelho C, Ferra J, Carvalho LH. A New Methodology to Evaluate the Cure of Resin-Impregnated Paper for HPL. *J. Adhes.* 2015; 91(10):792–800.
- 146) Matsuo M, Umemura K, Kawai S. Kinetic analysis of color changes in keyaki (*Zelkova serrata*) and sugi (*Cryptomeria japonica*) wood during heat treatment. *J. Wood Sci.* 2014; 60:12–20.
- 147) Matsuo M, Umemura K, Kawai S. Kinetic analysis of colour changes in cellulose during heat treatment. *J. Wood Sci.* 2012; 58(2): 113–119.
- 148) Matsuo M, Yokoyama M, Umemura K, Gril J, Yano K, Kawai S. Color changes in wood during heating: Kinetic analysis by applying a time-temperature superposition method. *Applied Physics. A.* 2010; 99(1):1–6.
- 149) Matsuo M, Yokoyama M, Umemura K, Sugiyama J, Kawai S, et al. Aging of wood - Analysis of color changing during natural aging and heat treatment. *Holzforschung.* 2011; 65 (3):361–368.
- 150) Mburu F, Dumarcay S, Bocquet JF, Petrissans M, Gerardin P. Effect of chemical modifications caused by heat treatment on mechanical properties of *Grevillea robusta* wood. *Polym. Degrad. Stab.* 2008; 93:401–405.
- 151) McLaren K. The development of the CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) uniform colour-space and colour-difference formula. *J. Soc. Dye. Colour.* 1976; 92:338–341.
- 152) Mikalauskeiene V, Juodeikiene I. Influence of thermal treatment on the static bending strength of black alder. In: *Proceedings of the 8th Meeting of the Northern European network for Wood Science and Engineering*, WSE, Kaunas, Lithuania; 2012; p.143–150.

- 153) Militz H. Thermal treatment of wood: European processes and their background. In: The 33rd Annual Meeting, Proceedings. IRG/WP 02-40241, Cardiff, Wales; 2002,1–17.
- 154) Momohara I, Ohmura W, Kato H, Kubojima Y. Effect of High-Temperature Treatment on Wood Durability against the Brown-rot Fungus, *Fomitopsis palustris*, and the Termite, *Coptotermes formosanus*. In: Proceedings of the 8th International IUFRO Wood Drying Conference, Brasov, Romania; 2003; p.284-287.
- 155) Muller U, Ratzsch M, Schwanninger M, Steiner M, Zobi H. Yellowing and IR changes of spruce wood as a result of UV-irradiation. *J Photochem Photobiol B Biol.* 2003; 69:97–105.
- 156) Murata K, Watanabe Y, Nakano T. Effect of Thermal Treatment of Veneer on Formaldehyde Emission of Poplar Plywood. *Materials.* 2013; 6:410-420.
- 157) Navi P, Girardet F. Effects of thermo-hydromechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzforschung.* 2000;54(3):287–293.
- 158) Nejad M, Shafaghi R, Ali H, Cooper P. Coating performance on oil-heat treated wood for flooring. *BioResources.* 2013; 8:1881–1892.
- 159) Nejad M, Shafaghi R, Pershin L, Mostaghimi J, Cooper P. Thermal spray coating: A new way of protecting wood. *BioRes.* 2017; 12:143–156.
- 160) Nemeth R, Ott A, Takats P, Bak M. The effect of moisture content and drying temperature on the color of two poplars and Robinia wood. *BioRes.* 2013; 8(2):2074-2083.
- 161) Nemli G, Usta M. Influence of some manufacturing factors on the important quality properties of melamine-impregnated papers. *Build. Environ.* 2004; 39:567–570.
- 162) Nemli G. Factors affecting some quality properties of the decorative surface overlays. *J. Mater. Process. Technol.* 2008; 195:218–223.
- 163) Neyses B, Sandberg D. A new methodology to select hardwood species for wooden products. *Wood Mater Sci Eng.* 2015;10(4):344-352.
- 164) Neyses B. Surface densification of solid wood. Paving the way towards industrial implementation. PhD thesis. Lulea University of Technology, Sweden; 2019.
- 165) Oliveira RM, Brisolari A, Sales A, Gonçalves D. Wettability, shrinkage and color changes of *Araucaria angustifolia* after heating treatment. *Mater Res.* 2010;13(3):351–354.
- 166) Ormondroyd G, Spear M, Curling S. Modified wood: review of efficacy and service life testing. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials,* 2015; 168(4):187–203.
- 167) Ozdemir T, Hiziroglu S. Adhesion strength of cellulosic varnish coated wood species as function of their surface roughness. *Adv Mater Sci Eng;* 2015.
- 168) Paajanen O, Kairi M. Results from experiments with a new veneer contact drying technology, in: *Proceedings of the World Conference on Timber Engineering, Auckland.* 2012:46-52.

- 169) Pandey KK. Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. *Polym Degrad Stab.* 2005; 90:9–20.
- 170) Panek M, Simunkova K, Novak D, Dvorak O, Schonfelder O, Sedivka P, Kobeticova K. Caffeine and TiO₂ nanoparticles treatment of spruce and beech wood for increasing transparent coating resistance against UV-radiation and mould attacks. *Coatings.* 2020; 10:1141.
- 171) PanelGuide Version 4.1- Wood Panel Industries Federation, TRADA Technology Ltd, and the National Panel Products Division (a division of the Timber Trades Federation) 2014; ISBN 978-1-909594-21-0.
- 172) Papadopoulos A. Property comparisons and bonding efficiency of UF and pMDI bonded particleboards as affected by key process variables. *BioResources.* 2006; 1(2):201-208.
- 173) Papadopoulou E, Hatjiissaak A, Estrine B, Marinkovic S. Novel use of biomass derived alkyl-xylosides in wetting agent for paper impregnation suitable for the wood-based industry. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 201; 69:579–585.
- 174) Paredes JJ, Jara R, Shaler SM, van Heiningen A. Influence of hot water extraction on the physical and mechanical behavior of OSB. *For. Prod. J.* 2008; 58(12):56-62.
- 175) Pavlic M, Petric M, Zigon J. Interactions of coating and wood flooring surface system properties. *Coatings.* 2021; 11:91.
- 176) Pelit H, Budakci M, Sonmez A, Burudurlu E. Surface roughness and brightness of scots pine (*Pinus sylvestris*) applied with water-based varnish after densification and heat treatment. *J Wood Sci.* 2015; 61:586–594.
- 177) Philipp C. The future of wood coatings. *Eur Coat J.* 2010; 1:1–6.
- 178) Priadi T, Hiziroglu S. Characterization of heat-treated wood species. *Mater. Des.* 2013; 49: 575-582.
- 179) Rautkari L, Laine K, Kutnar A, Medved S, Hughes M. Hardness and density profile of surface densified and thermally modified Scots pine in relation to degree of densification. *J Mater Sci.* 2013; 48:2370–2375.
- 180) Rautkari L, Laine K, Laflin N, Hughes M. Surface modification of Scots pine: the effect of process parameters on the through thickness density profile. *J Mater Sci.* 2011;46(14):4780-4786.
- 181) Rusu C, Brodin M, Hausvik T, Hindersland L, Chinga-Carrasco G, Einarsrud A, Lein H. The Potential of Functionalized Ceramic Particles in Coatings for Improved Scratch Resistance. *Coatings* 2018; 8:224.
- 182) Saeed A, Shabir G. Synthesis of thermally stable high gloss water dispersible polyurethane/polyacrylate resins. *Prog Org Coat.* 2013; 76:1135–1143.
- 183) **Salca EA**, Hiziroglu S. Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment. *Mater. Des.* 2014; 62: 416-423.

- 184) **Salca EA**, Hizioglu S. Effect of heat treatment on surface roughness and hardness of black alder (*Alnus glutinosa* L.) wood. In: Book of Abstracts/Proceedings of ECWM7 Lisbon, Portugal, 10-12 March 2014a, ISBN 978-972-49-2267-6, p.53.
- 185) **Salca EA**, Hizioglu S. Evaluation of hardness and roughness of heat treated wood species. In: Book of Abstracts of Final COST Action FP0904 Conference, Skelleftea, Sweden, 19-21 May 2014b, ISBN 978-91-7439-0, p.38-39.
- 186) **Salca EA**. Overview upon discolorations caused by heat treatment applied to different assortments of black alder. In: Book of Abstracts of the Final COST FP1006 meeting "Advances in modified and functional bio-based surfaces" at the Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece, 7-9 April 2015, p. 81-83.
- 187) **Salca EA**, Kobori H, Inagaki T, Kojima Y, Suzuki S. Evaluation of heat-treated veneers of various wood species. In: Proceedings of ECWM8, Helsinki, Finland, 26-27 October 2015, p.83-87.
- 188) Kobori H, **Salca EA**, Inagaki T, Kojima Y, Suzuki S. Investigation of heat treatment on wood veneers by NIR spectroscopy. Poster presented at the 17th International Conference on Near Infrared Spectroscopy NIR 2015, Foz do iguassu, Brasil, 18-23 October 2015.
- 189) **Salca EA**, Kobori H, Inagaki T, Kojima Y, Suzuki S. Effect of heat treatment on colour changes of black alder and beech veneers. *J. Wood Sci.* 2016; 62:297–304.
- 190) **Salca E.A.**, Bekhta P. Influence of veneer densification upon the process of plywood production. In: Book of Abstracts of the 13th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium "Bio-Based composites for a sustainable future", Concepcion, Chile, 13-15 November 2016, p.98.
- 191) **Salca EA**, Kobori H, Inagaki T, Suzuki S, Hizioglu S. Evaluation of heat-treated black alder wood by FT-NIR. In: Book of Abstracts of the 2nd edition Workshop NIR & WOOD – SOUNDS GOOD! Application of NIR spectroscopy in wood science and technology, San Michele all'Adige (TN), Italy, 19-21 April 2016a, ISBN 978-88-941153-0-7 p.51-52.
- 192) **Salca EA**, Hizioglu S. Evaluation of hardness and of heat treated yellow poplar wood. In: Book of Abstracts of the COST Action FP1407 2nd Conference „Innovative production technologies and increased wood products recycling and reuse”, Brno, Czech Republic, 29-30 September 2016, ISBN 978-80-7509-429-2, p.85-86.
- 193) **Salca EA**, Krystofiak T, Lis B, Mazela B, Proszyk S. Some coating properties of black alder wood as function of varnish type and applications method. *BioRes.* 2016;11(3):7580-7594.
- 194) **Salca EA**, Krystofiak T, Lis B. Adhesion strength and glossiness of coated surfaces made of alder wood as function of their surface roughness. In: Book of Abstracts of the HYGROTHERMAL PERFORMANCE OF BUILDINGS AND THEIR MATERIALS Joint Conference: COST Action FP 1303 „Performance bio-based building materials” & DURAWOOD Project „Superior bio-friendly systems for enhanced wood durability”,

Poznan, Poland, 30-31 August 2016a, p.31-32.

195) **Salca EA**, Krystofiak T, Lis B. Evaluation of selected properties of alder wood as functions of sanding and coating. *Coatings*. 2017;7(10):176.

196) **Salca EA**, Krystofiak T, Lis B. Some aesthetic decorative features of varnished products. In: Book of Abstracts of the COST Action FP 1303 Workshop „ Design, Application and Aesthetics of biobased building materials” Sofia, Bulgaria 28th February – 1st March 2017a, ISBN 978-619-160-758-7, p.43-44.

197) **Salca EA**, Kobori H, Inagaki T, Suzuki S. Study on colour of heat-treated wood veneers. In: Proceedings of The 61st International Convention of Society of Wood Science and Technology and Japan Wood Research Society, 5-9 November 2018 – Nagoya, Japan, ISBN 978-0-981-7876-8-8, p.656-659.

198) **Salca EA**, Bekhta P. Evaluation of shear strength of plywood produced from densified birch veneers. In: Proceedings of The Fourteenth Pacific Rim Bio-Based Composite Symposium, BIOCOMP 2018a, 29-31 October 2018, Makassar, Indonesia, p.119-122.

199) **Salca EA**, Bekhta P. Properties of multi-layer plywood made from combinations of densified and non-densified veneers in one structure. In: Book of Abstracts of the COST Action FP1407 Final Conference “Living with modified wood”, 12-13 December 2018b, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-7299-280-9, p.84-85.

200) **Salca EA**, Krystofiak T, Lis B. Glossiness of coated alder wood after artificial aging. In: Proceedings of the 8th Hardwood Conference, Sopron, Hungary, 25-26 Oct 2018, p.149-150.

201) **Salca E.A**, Bekhta P. Selected properties of plywood manufactured from alternate layers of densified and non-densified alder veneers. Poster presented at IUFRO 2019, Curitiba, Brasil, 29 September-5 October 2019.

202) **Salca EA**, Hizioglu S. Hardness and roughness of overlaid wood composites exposed to a high-humidity environment. *Coatings*. 2019; 9(11):711, DOI:10.3390/coatings9110711.

203) **Salca EA**, Kobori H, Suzuki S, Saad S, Kojima Y. Colour changes of hinoki cypress veneer under heat treatment. In: Proceedings of the International Conference „Wood Science and Engineering in the Third Millennium”, Faculty of Wood Industry, Transilvania University of Brasov, 7-9 November 2019, ISSN 1843-2689, p. 625-628.

204) **Salca EA**. Black Alder (*Alnus glutinosa* L.) – A resource for value-added products in furniture industry under European screening. *Curr For Rep*. 2019;5(1):41-54.

205) **Salca EA**, Bekhta P, Seblii Y. The Effect of Veneer Densification Temperature and Wood Species on the Plywood Properties Made from Alternate Layers of Densified and Non-Densified Veneers. *Forests*. 2020;11(6):700.

206) **Salca EA**, Krystofiak T, Lis B, Hizioglu S. Glossiness evaluation of coated wood

surfaces as function of varnish type and exposure to different conditions. *Coatings*. 2021;11(5):558.

207) **Salca EA**, Bekhta P. Effects of Thermo-Mechanical Densification Applied to Veneers of Fast-Growing Species to Produce Value-Added Plywood Panels. Book Chapter in: *Cutting-edge Research in Agricultural Sciences*, 2021; 9: 161-177, ISBN 978-93-90888-75-7 (print), ISBN 978-93-90888-83-2 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/cras/v9/8628D.

208) **Salca E.A**, Bekhta P. Some mechanical properties of mixed plywood made of birch veneers with and without densification. In: *Book of Abstracts of the 15th Pacific Rim Bio-Based Symposium, BIOCOMP 2020-21, Wood-Based Panels for New Climate Change*, 29 Sept-1 Oct, 2021a, HICO, Gyeongju, Rep. of Korea, Hybrid Meeting Format.

209) **Salca EA**. Selected Coating Properties of Black Alder Wood as a Function of Surface Preparation, Varnish Type, Coating System and Exposure Conditions. Book Chapter in: *Recent Trends in Chemical and Material Sciences*, 2022; 5: 69-90, ISBN 978-93-5547-420-9 (print), ISBN 978-93-5547-425-4 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/rtcams/v5/2305C.

210) **Salca EA**. Effects of Heat Treatment Applied to Wood and Veneers of Various Wood Species. Book Chapter in *Advanced Research in Biological Science*, 2023a; 2: 74-101, ISBN 978-81-19491-40-7 (print), ISBN 978-81-19491-41-4 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/arbs/v2/6189C.

211) **Salca EA**. Selected Properties of Wood-Based Panels as a Function of Raw Material, Applied Treatment and Exposure Conditions. Book Chapter in *Advanced Research in Biological Science*, 2023b; 2: 41-73, ISBN 978-81-19491-40-7 (print), ISBN 978-81-19491-41-4 (ebook), BP INTERNATIONAL (BOOKPI). DOI: 10.9734/bpi/arbs/v2/6188C.

212) Sandak A, Sandak J, Zborowska M, Pradzynski W. Near infrared spectroscopy as a tool for archaeological wood characterization. *J. Archaeol. Sci.* 2010; 37:2093-2101.

213) Sandak J, Goli G, Cetera P, Sandak A, Cavalli A, Todaro L. Machinability of minor wooden species before and after modification with thermos-vacuum technology. *Materials*. 2017; 10:121.

214) Sandberg D, Kutnar A, Mantanis G. Wood modification technologies-a review. *iForest*, 2017; 10(6):895-908.

215) Sandoval-Torres S, Jomaa W, Marc F, Puiggali JR. Causes of color changes in wood during drying. *For. Stud. China*. 2010; 12(4):167-175.

216) Schwanninger M, Hinterstoisser B, Gierlinger N, Wimmer R, Hanger J. Application of Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy (FT-NIR) to thermally modified wood. *Holz Roh Werkst.* 2004; 62:483-485.

217) Schwanninger M, Rodrigues JC, Fackler K. A review of band assignments in near infrared spectra of wood and wood components. *J. Near Infrared Spectrosc.* 2011; 19:287-

308.

218) Shi S, Walker J. Primary Wood Processing. Chapter 11. Wood-based composites: Plywood and veneer-based products. Springer Netherlands. 2006; 391-426.

219) Slabejova G, Smidriakova M, Fekiac J. Gloss of transparent coating on beech wood surface. *Acta Fac Xylo.* 2016; 58:37-44.

220) Sönmez A, Budakçı M, Pelit H. The effect of the moisture content of wood on the layer performance of water-borne varnishes. *BioRes.* 2011; 6:3166-3177.

221) Stürzenbecher R, Hofstetter K, Schickhofer G, Eberhardsteiner J. Development of high-performance strand boards: Multiscale modeling of anisotropic elasticity. *Wood Sci. Technol.* 2010; 44(2):205-223.

222) Sumardi I, Suzuki S. Dimensional stability and mechanical properties of strandboard made from bamboo. *BioResources.* 2014; 9(1):1159-1167.

223) Sundqvist B, Karlsson O, Westermark U. Determination of formic-acid and acetic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hardness. *Wood Sci. Technol.* 2006; 40:549-561.

224) Tasdemir C, Hiziroglu S. Measurement of various properties of Southern pine and aspen as function of heat treatment. *Measurement* 2013; 49: 91-98.

225) Thompson D, Kozak R, Evans PD. Thermal Modification of Color in Red Alder Veneer. I. Effects of Temperature, Heating Time, and Wood Type. *Wood Fiber Sci.* 2005; 37: 653-661.

226) Todorovic N, Popovic Z, Milic G, Popadic R. Estimation of heat-treated beech wood properties by colour change. *BioRes.* 2012; 7:799-815.

227) Toemen H, Irle M, Sernek M. Wood-based panels-An introduction for specialists. Chapter 1: Wood-based panel technology, Brunel University Press, London, England, 2010:1-95, ISBN 978-1-902316-82-6.

228) Trade And Investment Opportunities In ROMANIA H1 2018, Available online: https://www.exportnz.org.nz/_data/assets/pdf_file/0005/146651/Market-Opportunities-in-Romania-H1-2018-FRD-Center.pdf. (accessed 23 August 2023)

229) Troughton GE, Lum C. Pilot plant evaluation of steam - injection pressing for LVL and plywood products. *For. Prod. J.* 2000; 50:25-28.

230) Tsuchikawa S, Kobori H. A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science and technology. *J. Wood Sci.* 2015; 61:213-220.

231) Tu D, Su X, Zhang T, Fan W, Zhou Q. Thermo-mechanical densification of *Populus tomentosa* var. *tomentosa* with low moisture content. *BioRes.* 2014;9(3):3846-3856.

232) Tudor EM, Barbu MC, Petutschnigg A, Reh R. Added-value for wood bark as a coating layer for flooring tiles. *J. Clean. Prod.* 2018; 170:1354-1360.

233) Ugulino B, Hernandez RE. Assessment of surface properties and solvent-borne coating performance of red oak wood produced by peripheral planning. *Eur J Wood Prod.*

2017; 75:581–593.

234) Ulker O. Surface roughness of composite panels as a quality control tool. *Materials* 2018; 11:407. doi:10.3390/ma11030407

235) Varanda LD, Alves MCS, Goncalves MTT, Santiago LFF. Influência das variáveis no lixamento tubular na qualidade das peças de *Eucalyptus grandis*. *CERNE Lavras*. 2010; 16:23–32.

236) Varasquim FMF, Alves MC, Goncalves MTT, Santiago LF, Souza AJD. Influence of belt speed, grit sizes and pressure on the sanding of *Eucalyptus grandis* wood. *CERNE Lavras*. 2012;18: 231–237.

237) Vardi J, Golan A, Levy D, Gilead I. Tracing sickle-blade levels of wear and discard patterns: A new sickle gloss quantification method. *J Archaeol Sci*. 2010; 37:1716–1724.

238) Via BK, Fasina O, Pan H. Assessment of pine biomass density through mid-infrared spectroscopy and multivariate modeling. *BioRes*. 2011; 6(1):807–822. DOI: 10.15376/biores.6.1.807-822

239) Vidholdova Z, Slabejova G, Smidriakova M. Quality of oil- and wax-based surface finishes on thermally modified oak wood. *Coatings*. 2021; 11:143.

240) Vitosyte J, Ukvalbergiene K, Keturakis G. The effects of surface roughness on adhesion strength of coated ash (*Fraxinus excelsior* L.) and birch (*Betula* L.) wood. *Mater Sci*. 2012;18(4): 347–351.

241) Wagenführ R. *Holzatlas* (4th Ed.). 1996; Carl Hanser Verlag, Leipzig.

242) Williams RS, Feist W C. Effect of pre-weathering, surface-roughness, and wood species on the performance of paint and stains. *J Coat Technol*. 1994; 66:109–121.

243) Wu Q, Cai Z, Lee JN. Tensile and dimensional properties of wood strands made from plantation southern pine lumber. *For. Prod. J*. 2005; 52(2):1–6.

244) Wulf M, Netuschil P, Hora G, Schmich P, Cammenga H.K. Investigation of the wetting characteristics of medium density fibreboards MDF by means of contact angle measurements. *Holz Roh-Werkst*. 1997; 55:331–335.

245) Yazaki Y, Collins PJ, McCombe B. Variations in hot water extractives content and density of commercial wood veneers from blackbutt (*Eucalyptus pilularis*). *Holzforschung*. 1994; 48:107–111.

246) Yildiz S, Yildiz UC, Tomak ED. The effects of natural weathering on the properties of heat-treated alder wood. *BioRes*. 2011; 6(3): 2504–2521.

247) Yokoyama M, Yano K, Fujiwara Y, Fujii Y, KAWAI S. Cutting Resistance of the Accelerated Aging Treated Hinoki Wood. *J. Mater. Sci*. 2006; 55(8): 772–776.

248) Zhang Y, Gu J, Tan H, Di M, Zhu L, Weng X. Straw based particleboard bonded with composite adhesives. *BioResources*. 2011; 6(1):464–476.

249) Zheng S, Chen M, Wu J, Xu J. Effect of heat treatment on properties and interfacial compatibility of poplar veneer/polyethylene film composite plywood. *Polymer Testing*.

2023; 122:108006.

250) Zivkovic V, Prsa I, Turkulin H, Sinkovic T, Jirou–Rajkovic V. Dimensional stability of heat- treated wood floorings. *Drvna Industrija*. 2008; 59(2):69-73.

251) *** 2017. Japan wood brand. Japan Wood-Products Export Association, Forestry Agency MAFF 28p.