



**Universitatea  
Transilvania  
din Brașov**

# **TEZĂ DE ABILITARE**

## **REZUMAT**

**Titlu: EVALUAREA CALITĂȚII SUPRAFETELOR DIN  
LEMN ȘI COMPOZITELOR PE BAZĂ DE LEMN**

**Domeniul: INGINERIE FORESTIERĂ**

**Autor: Conf. Dr. Ing. Lidia GURĂU**

**Universitatea: Universitatea Transilvania din Brașov**

**BRAȘOV, 2019**

## REZUMAT

**Evaluarea calității suprafețelor din lemn**, ca expresie a stării suprafețelor, caracterizată prin neregularități și devieri de la suprafața nominală, a constituit o provocare pentru cercetare, încă din anii '80 și a rămas și în prezent un subiect în continuă dezbateră, datorită faptului că lemnul este un material eterogen, conținând, în comparație cu materiale omogene, precum metalul, o serie particulară de neregularități (cavități) generate de anatomia lemnului și specifice fiecărei specii. Anatomia lemnului face dificilă atât măsurarea datelor de pe suprafață, cât și evaluarea datelor măsurate și exprimarea numerică obiectivă a calității suprafeței, fie că este vorba despre rugozitatea suprafeței generată de prelucrare sau tratamente aplicate lemnului sau alte neregularități precum ondulații, erori de formă, defecte ale suprafeței sau alte tipuri de neregularități. Metodele și recomandările oferite în standardele generale, privind **măsurarea și evaluarea calității suprafeței**, adică **metrologia suprafețelor**, nu se aplică bine la suprafețele din lemn, generând erori imprevizibile și valori nerealiste privind calitatea suprafeței. Rapoartele științifice privind calitatea suprafeței lemnului sunt numeroase și, în general, cercetătorii au utilizat standardele și recomandările pentru metrologie existente, fără a testa adecvarea lor pentru un material eterogen ca lemnul și fără a căuta un consens. Acest lucru face că rapoartele de calitate a suprafeței să fie nesigure și dificil de comparat.

Subiectul cercetării științifice, prezentată în această teză de abilitare, "**Surface quality evaluation of wood and wood based composites**", „**Evaluarea calității suprafețelor din lemn și a compozitelor pe bază de lemn**", a fost inspirat de faptul, recunoscut, că **nu există un set de recomandări unanim acceptate** privind metrologia suprafețelor din lemn sau a compozitelor pe bază de lemn, autoarea propunându-și să găsească răspunsuri și soluții la această problemă. Primele cercetări în această direcție, au fost inițiate prin doctoratul desfășurat în Marea Britanie "**The roughness of sanded wood surfaces**" / "**Rugozitatea suprafețelor șlefuite din lemn**" finalizat prin acordarea diplomei de "doctor în științe", de către **Universitatea Brunel, în 2004**. Doctoratul în Marea Britanie a fost echivalat în 2005 de către Ministerul Educației, Cercetării și Tineretului. Cercetările tezei de doctorat au vizat diverse aspecte ale metrologiei suprafețelor din lemn, privind atât măsurarea, cât și evaluarea calității în cazul particular al suprafețelor șlefuite din lemn masiv. Astfel, au fost analizate aspecte ale măsurării suprafețelor cu diverse instrumente de măsurare, aspecte legate de cele mai adecvate filtre pentru rugozitate, dar și de posibilitatea de a separa anatomia de celelalte neregularități ale lemnului, autoarea dezvoltând metode proprii de analiză. Plecând de la aceste cercetări inițiale, studiul a fost aprofundat de către autoare, timp de 15 ani (2005-2019) după finalizarea doctoratului, urmărindu-se testarea fiecărui aspect, în detaliu, al metrologiei suprafeței și adecvarea la cele mai recente comunicări științifice pentru **definirea și validarea prin diseminare în circuitul științific a unei metode originale aplicabilă pentru metrologia suprafețelor din lemn și compozitelor pe bază de lemn**.

Prin urmare, scopul cercetării autoarei, efectuate în perioada 2005-2019, cu un accent în intervalul 2005-2014, a fost să dezvolte, să testeze în detaliu și să disemineze o metodă de metrologie a suprafețelor adecvată pentru lemn (material structurat în capitolul 1) și să o utilizeze în continuare, în perioada 2014-2019, pentru o evaluare obiectivă a calității suprafeței lemnului și a compozitelor pe bază de lemn (capitolul 2). În paralel, în perioada 2006-2016, autoarea a abordat și o altă direcție de cercetare, despre o resursă ignorată, resursa lemnoasă secundară, calitatea și potențialul acesteia pentru aplicații/produse cu valoare adăugată (capitolul 3), în timp ce o a treia direcție de cercetare, desfășurată în perioada 2009-2015, urma să exploreze, pentru prima dată, potențialul utilizării unui software de prelucrare a imaginii-ImageJ, în evaluarea diferitelor aspecte ale morfologiei suprafeței lemnului (capitolul 4).

**Capitolul 1** s-a axat pe diversele componente ale metrologiei suprafețelor din lemn prezentând cercetări despre problemele asociate în cazul evaluării calității suprafețelor din lemn și soluțiile

posibile, oferind la final un set de recomandări privind cele mai bune practici de măsurare și evaluare a calității/rugozității suprafeței (este menționată de-a lungul tezei de abilitare ca fiind „**metoda metrologiei pentru suprafețe din lemn**”). Este pentru prima dată că se propune o metodă de metrologie pentru suprafețele din lemn cu scopul de a unifica viitoarele abordări în acest domeniu și de a face ca rezultatele obținute de diferiți cercetători să fie obiective și comparabile. Aceste secvențe de operații recomandate de metoda metrologiei suprafețelor din lemn, dacă sunt automatizate într-un software dedicat, pot servi pentru optimizarea regimurilor de prelucrare în aplicațiile industriale. În capitolul 1, metoda de evaluare a calității a fost testată pe suprafețe de stejar, fag și molid șlefuite cu diferite granulații.

Rezultatele cercetării din capitolul 1 au fost diseminate, **ca prim autor, în 28 de publicații (dintre care 10 lucrări în ISI Web of Science, 2 capitole de carte în edituri internaționale)** și au fost recunoscute prin **138 citări în ISI Web of Science**. Informații detaliate privind diseminarea rezultatelor sunt prezentate la finalul capitolului 1.

**Capitolul 2.** Odată stabilită o metodă privind măsurarea și evaluarea calității suprafețelor din lemn, aceasta a oferit posibilități multiple de a aplica aceste cunoștințe în diverse domenii și pentru diverse materiale și nu se limitează la acestea. Metoda metrologiei suprafețelor din lemn a fost utilizată, în acest capitol, pentru a evalua calitatea suprafeței lemnului, apoi a lemnului modificat prin diferite tratamente termice, suprafața lemnului modificată cu plasmă sau modificată prin gravare cu laser. Mai departe, studiul a fost extins pentru panouri pe bază de lemn, sub formă de MDF și PAL, dar și pentru compozite din lemn-plastic (WPC). Analiza a fost completă, s-a bazat pe metoda de metrologie propusă și, în acest fel, s-au observat multiple aspecte ale calității suprafeței, care nu au fost discutate în publicațiile anterioare din literatura de specialitate.

Prin cercetare, s-a putut vedea *efectul celor două zone de creștere a lemnului, lemn timpuriu și lemn târziu, la măsurarea calității suprafeței*. O concluzie importantă a fost aceea că suprafețele măsurate ar trebui să conțină și lemn timpuriu și lemn târziu, pentru a fi relevante pentru evaluarea calității suprafeței lemnului. *Studiile efectuate la rindeluirea, frezarea și șlefuirea lemnului de fag modificat termic* au arătat că tratarea termică la temperaturi de 200 ° C crește rugozitatea suprafeței în comparație cu lemnul netratat și acest efect devine mai pronunțat la o creștere a duratei tratamentului. Un alt tip de tratament al lemnului, cercetat în acest capitol, și efectele sale asupra lemnului, inclusiv cele asupra calității suprafeței lemnului, a fost cel reprezentat de **tehnica patentată EDS** (prin afumare a lemnului), ca parte a unui **contract internațional** la care **autoarea a fost coordonator**, “**Experimental research regarding the characteristics of beech (*Fagus japonica*) heat treated by EDS technology**”/ „**Cercetări experimentale privind caracteristicile lemnului de fag (*Fagus japonica*) tratat termic prin tehnologia EDS**” (nr. 15826 / 2016-2017) și încheiat între Universitatea Transilvania din Brașov și Laboratorul EDS-Japonia. S-a observat, printre altele, o tendință benefică a tratamentului de a omogeniza proprietățile lemnului. Studiile asupra *efectului gravării lemnului cu laser, primul de acest fel din literatura de specialitate*, pe suprafețe de fag și paltin, au arătat că rugozitatea suprafeței a crescut liniar cu puterea laserului și a scăzut după o corelație logaritmică cu viteza de scanare. Curbele de corelație dintre rugozitatea suprafeței și modificarea culorii lemnului pot fi utilizate când se aleg parametrii de gravare cu laser (putere, viteză de scanare) astfel încât să se obțină modificarea de culoare dorită cu o rugozitate minimă a suprafeței. Cercetarea privind *calitatea suprafeței lemnului după modificare cu plasmă* a fost un bun exemplu de cercetare interdisciplinară în care rezultatele s-au coroborat pentru o mai bună înțelegere a morfologiei suprafeței și a comportamentului materialului. *Metoda de metrologie a suprafeței a fost aplicată în continuare la panouri pe bază de lemn și la compozite lemn-plastic*. Determinarea rugozității suprafeței pentru aceste materiale este importantă atunci când panourile sunt utilizate ca substrat pentru acoperiri, cum ar fi hârtie melaminică subțire sau, în cazul compozitelor lemn-plastic, suprafețele trebuie să fie netede pentru a permite o finisare directă.

Rezultatele cercetării din capitolul 2 au fost diseminate, în **14 publicații (9 articole în ISI Web of knowledge)**, la care se poate adăuga contribuția autoarei la un studiu doctoral pe lemn tratat termic, ca membră a comisiei de îndrumare, și la un al doilea studiu de doctorat privind efectul laserului asupra lemnului, în calitate de consultant privind calitatea suprafeței. Informații detaliate privind diseminarea rezultatelor sunt prezentate la finalul capitolului 2. **Contribuția științifică a fost în calitate de „autor principal” sau “autor corespondent” pentru marea majoritate a acestor publicații.**

**Capitolul 3** a cuprins o altă direcție de cercetare, *despre resursa lemnoasă secundară (crengi, lemn din operații de rărituri forestiere, lemn juvenil versus lemn matur), cu scopul de a găsi aplicații și de a adăuga valoare acestei resurse ignorate.* Au fost create tipuri de panouri din lemn cu o estetică deosebită, realizate din lemn din crengi sau lemn din trunchiuri subtiri tăiate transversal pentru a crește valoarea acestei resurse. Cercetările privind caracteristicile și proprietățile materiei prime au fost completate cu cercetarea privind proprietățile fizice și mecanice ale panourilor, precum și cu investigații privind calitatea suprafeței panourilor respective după șlefuire. Această cercetare a făcut parte dintr-un **proiect finanțat de CNCIS (Consiliul Național al Cercetării Științifice în Învățământul Superior) tip A 450/2006: „Eco-concepție și eco-tehnologie pentru mobilier și alte produse din lemn obținute din resurse naturale secundare” (2006-2008)**, unde autoarea a fost membră activă. Pentru realizarea cercetării privind resursa lemnoasă secundară, *autoarea și-a folosit experiența în microscopie a lemnului, precum și în interpretarea proprietăților fizice și mecanice ale lemnului. Cercetarea a fost completată cu evaluarea calității suprafeței panourilor nou create din resurse lemnoase secundare.*

Rezultatele cercetării din capitolul 3 au fost diseminate, în **32 de publicații (6 articole în ISI Web of knowledge)**, **3 brevete** în calitate de coautor, în ISI Web of Knowledge, la care se poate adăuga **contribuția la două studii doctorale** asupra resurselor secundare din lemn, ca membră a comisiei de îndrumare de doctorat. Informații detaliate privind diseminarea rezultatelor sunt prezentate la finalul capitolului 3. **Contribuția științifică a fost în calitate de „autor principal” sau “autor corespondent” pentru marea majoritate a acestor publicații.**

**Capitolul 4** reprezintă o abordare originală a evaluării suprafețelor prin utilizarea unui **software de prelucrare a imaginii -ImageJ**, disponibil gratuit pe internet, dezvoltat la “the National Institutes of Health” din Statele Unite ale Americii. *Autoarea a experimentat acest software în cazul suprafețelor din lemn și compozitelor pe bază de lemn și a reușit să găsească aplicații utile și originale.* Una dintre aplicațiile ImageJ a fost *evaluarea calității suprafeței panourilor pe bază de lemn (PAL) după prelucrarea prin gaurire.* ImageJ a fost folosit și ca instrument ajutător pentru *identificarea speciilor, din probe detașate din structura diferitelor obiecte supuse restaurării.* O aplicație similară a ImageJ a fost utilizată pentru *evaluarea caracteristicilor microscopice ale unui material mai puțin cunoscut, resursa lemnoasă secundară*, în comparație cu lemnul din trunchi. ImageJ a fost utilizat, deoarece oferă o metodă cantitativă obiectivă de separare, măsurare și prelucrare statistică a datelor măsurate, pentru anumite caracteristici anatomice de interes. O altă aplicație a ImageJ a fost aceea de *a evalua adâncimea de pătrundere în lemn a substanțelor de consolidare a lemnului*, pentru a evalua calitatea acestei operații. Ultimele trei aplicații au fost **realizate de autoare în cadrul proiectului CNCIS PN2 Idei 856 / 2009- „Dezvoltarea și implementarea unei metodologii avansate de cercetare științifică pentru restaurare și conservare sustenabilă a lemnului (mobilierului) si ecodesign”**, unde autoarea a fost membră activă.

Rezultatele cercetării din capitolul 4 au fost diseminate în **23 de publicații (2 lucrări în ISI Web of Knowledge)**, la care se poate adăuga contribuția la un studiu doctoral privind microscopia resursei secundare din lemn, ca membră a comisiei de îndrumare de doctorat. Informații detaliate privind diseminarea rezultatelor sunt prezentate la finalul capitolului 4.

**Contribuția științifică a fost în calitate de „autor principal” sau “autor corespondent” pentru marea majoritate a acestor publicații.**

***Cercetări în desfășurare și cercetări viitoare***

Autoarea acestei teze de abilitare **coordonează, în calitate de partener UTBv, două proiecte internaționale finanțate de către UE, care sunt în derulare în acest moment.** Acestea vor contribui la dezvoltarea activităților de cercetare și academice ale autoarei privind creativitatea, materialele și tehnologiile inovative pentru mobilier. Acestea sunt:

- ❑ DITRAMA – “Digital transformation manager: leading companies in Furniture value chain to implement their digital transformation strategy”/ “Managerul transformării digitale: conducând companii din domeniul mobilierului, pentru a-și implementa strategia de transformare digitală”, PN: 601011-EPP-1-2018-1-ES-EPPKA2-SSA, cu 12 parteneri din 8 țări europene, **valoare totală: 994094 euro; partea UTBv: 46175 euro.** Perioada de desfășurare: **01/01/2019-31/12/2021**
- ❑ FACET- “Furniture sector Avant-garde Creativity and Entrepreneurship Training”/ “Sectorul mobilierului. Formare avansată în creativitate și antreprenoriat”, PN: 2018-1-IT01-KA202-006734, cu 8 parteneri, din 6 țări europene, **valoare totală: 324163 euro; partea UTBv: 25342 euro.** Perioada de desfășurare: **01/11/2018-04/30/2021**

***În privința cercetărilor științifice viitoare, posibilitățile sunt nelimitate.*** Calitatea suprafeței rămâne un subiect de interes pentru orice material pe bază pe lemn, orice tip de prelucrare, orice proces de tratare sau modificare a lemnului. De asemenea, este deschis cercetării interdisciplinare, unde lemnul se combină cu alte materiale. Cunoscând valorile obiective ale rugozității suprafeței și înțelegând morfologia suprafeței, procesele pot fi optimizate și costurile vor fi reduse. Studiile ulterioare nu vor avea în vedere numai calitatea suprafeței. Autoarea a dovedit abilități în cercetarea proprietăților fizice și mecanice ale lemnului, în microscopia lemnului, dar și în cercetarea lemnului tratat sau modificat, **cunoștințe care vor fi utilizate și dezvoltate în echipe de cercetare și vor genera studii de doctorat sub îndrumarea autoarei acestei teze de abilitare.**

Rezultatele tuturor cercetărilor, desfășurate de către autoare în perioada 2005-2019 au fost validate prin **156 de citări în ISI Web of Science-fără autocitări (h-index 7).** Cele mai importante sunt **29 de articole în ISI Web of Science (21 ca prim autor și 2 în calitate de autor corespondent)**, 2 capitole de carte, ca prim autor, în edituri internaționale (ISTE-Willy și Nova Science), 5 cărți-Ed. Transilvania Univ., 20 lucrări în reviste științifice indexate în baze de date internaționale (11 ca prim autor), 43 lucrări în conferințe internaționale (dintre care 7 în baze de date internaționale) și 3 brevete în ISI Web of Science-Derwent.