

**NOI OPȚIUNI PRIVIND MATERIALUL
LEMNOS PENTRU FERESTRE – UN
STUDIU COMPARATIV PRIVIND
ABSORBȚIA DE APĂ ȘI UMFLAREA**

**NEW MATERIAL OPTIONS FOR WOODEN
WINDOWS - A COMPARATIVE STUDY ON
WATER ABSORPTION / ADSORPTION
AND SWELLING**

Maria Cristina TIMAR

Prof.dr.ing. – Universitatea Transilvania din Brașov – Facultatea Ingineria Lemnului
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brașov, Romania
E-mail: cristinatimar@unitbv.ro

Emanuela BELDEAN

Șef lucr.dr.ing. – Universitatea Transilvania din Brașov – Facultatea Ingineria Lemnului
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brașov, Romania
E-mail: ebeldean@unitbv.ro

Rezumat:

Lucrarea prezintă o parte dintr-un studiu privind determinarea și compararea comportamentului față de apă a unor specii indigene și exotice folosite în mod curent la o scară mai mare sau mai mică în producția de ferestre din lemn. Lemnul acetilat, respectiv sortimentul comercial Accoya, un nou material reprezentând lemn ameliorat prin modificarea chimică, a fost inclus în acest studiu pentru comparare, ca o posibilă alternativă ecologică la materialul lemnos și tehnologiile actuale de tratare. Au fost determinați coeficienții totali de umflare pe direcțiile radială și tangențială și absorbția de apă în teste de laborator de imersie și higroscopicitate pentru 4 specii indigene: brad (*Abies alba*), pin silvestru (*Pinus sylvestris*), larice (*Larix decidua*), stejar (*Quercus robur*) și 3 specii exotice amazoniene, nou promovate pe piața europeană: Ochoo (*Hura crepitans* L.), Cambara (*Erismia uncinatum* W.), Yesquero (*Cariniana estrellensis*), comparativ cu Accoya. Rezultatele demonstrează o higroscopicitate redusă și o stabilitate dimensională mai bună pentru Accoya comparativ cu toate speciile indigene și exotice testate.

Cuvinte cheie: lemn; absorbție de apă; umflare; acetilare; Accoya; specii exotice și indigene.

INTRODUCERE

Lemnul, unul dintre primele materiale utilizate de om, cu o istorie îndelungată în cultura și civilizația omenirii, continuă să fie un material modern, provenit din resurse regenerabile, cu aplicații diferite în condiții de interior și exterior, pentru care o durată de viață extinsă și conservarea aspectului estetic, a integrității fizice și proprietăților mecanice, precum și funcționalitatea produselor respective sunt cerințe importante.

Totuși, este știut faptul că degradarea lemnului apare în diferite condiții de utilizare, precum în exterior, neacoperit, deasupra solului, sub acțiunea directă a factorilor de mediu, ceea ce corespunde clasei de utilizare 3. De aceea, sunt necesare

Abstract:

This paper presents part of a research aiming at determining and comparing the water behaviour of some indigene and exotic wood species currently used at a larger or more reduced scale in the production of wooden windows. Acetylated wood, namely the commercial Accoya, a novel wooden material improved by chemical modification, was included in this study for comparison, as a possible future ecological alternative to the current employed wooden materials and treating technologies. The total swelling coefficients on the radial and tangential direction and the water absorption / adsorption in immersion and hygroscopticity laboratory tests for 4 indigene wood species: fir (*Abies alba*), pine (*Pinus sylvestris*), larch (*Larix decidua*), oak (*Quercus robur*) and 3 exotic Amazonian wood species newly promoted in the European market: Ochoo (*Hura crepitans* L.), Cambara (*Erismia uncinatum* W.), Yesquero (*Cariniana estrellensis*), wood were determined comparatively to Accoya. The results prove the reduced hygroscopticity and better dimensional stability of Accoya wood compared to the all the tested indigene and exotic wood species.

Key words: wood, water absorption / adsorption; swelling, acetylation; Accoya; exotic and indigene species.

INTRODUCTION

Wood, one of the first materials used by man, with a long history in the human culture and civilisation, continues to be a modern ecological material from renewable resources with very different interior and exterior applications were an extended service life and conservation of aesthetical appearance, physical integrity and mechanical properties, alongside the functionality of the respective wooden product are important requirements.

However, it is well known that wood degradation occurs under different service life conditions, such as in outdoor, non-covered, above ground applications of wood under the direct action of climatic factors,

procedee de tratare adecvate, complexe, care să includă protecția urmată de acoperirea cu materiale de finisare pentru exterior, rezistente la UV și apă. Totuși, acțiunea cumulată a agenților biologici, în special a ciupercilor de discolorare, mucegai și putregai, împreună cu radiațiile UV, apa din precipitații și continua variație a umidității atmosferice, determină o degradare complexă, interdependentă a lemnului și materialelor de acoperire (Timar ș.a. 2008).

Ferestrele și obloanele reprezintă produse finite din lemn importante pentru clasa de utilizare 3. Din păcate, lemnul tinde să piardă poziția sa pe piață pentru aceste aplicații tradiționale în favoarea plasticului și metalelor ușoare (aluminiiu). Acest lucru se datorează operațiilor de întreținere, care constau în curățare, șlefuire, chituire și refinisarea suprafețelor din lemn, care trebuie făcute frecvent, în mod uzual la fiecare 3-5 ani (Timar 2003, http://www.apar.it/English/pdfs/Manual_Wood_engl.pdf).

Principalul motiv pentru înlocuirea lemnului cu plastice sau metal este reducerea semnificativă a activităților de întreținere pentru aceste materiale rezistente la apă și la biodegradare și care nu necesită finisare ulterioară. Totuși, îmbătrânirea naturală a acestor materiale (în special PVC) în 20-30 ani, costurile pentru reciclarea acestora, impactul asupra mediului înconjurător, precum și obținerea lor din resurse neregenerabile, din ce în ce mai reduse, nu pot fi neglijate într-o abordare corectă în spiritul dezvoltării durabile (http://www.ironwoods.com/ironwoods_woods_vs_plastics.html).

De aceea lemnul trebuie să rămână soluția sustenabilă pentru ferestre și alte aplicații în clasa de utilizare 3 (<http://www.swedishtimberproducts.co.uk/index.php>). În această privință, s-au dezvoltat pe plan mondial noi concepte și tratamente menite să crească durata de viață a produselor din lemn în condiții adverse de mediu, inclusiv clasa de utilizare 3, precum modificarea chimică a lemnului, tratamentele termice la temperaturi ridicate, tratamentele cu rășini, alături de protecția clasică și finisarea cu produse acceptate din punct de vedere ecologic (Militz și Hill 2005; Hill ș.a. 2007, Van Acker și Peek 2008).

Acetilarea lemnului este un proces de modificare chimică bazat pe reacția grupelor -OH hidrofile din lemn cu anhidrida acetică, ele fiind înlocuite cu grupări acetat hidrofobe cu volum mai mare. Acetilarea induce un proces de umflare permanentă a membranei celulare și o reducere a higroscopicității, modificări ce determină ameliorarea proprietăților lemnului concretizată în: higroscopicitate redusă, stabilitate dimensională mărită, rezistență la biodegradare, rezistență îmbunătățită la factorii de mediu și o mai bună performanță în timp a peliculelor de finisare (Rowell 1984, 1991, Timar 2003). Lemnul masiv acetilat este un sortiment de lemn ameliorat prin modificare chimică, proces care a urmat cu succes toți pașii de la formularea principiului de bază

corresponding to the biological use class 3 (UC 3). Adequate complex treating procedures that should include preservation followed by coating with adequate UV and water resistant finishing materials for exterior use are, therefore, necessary. However, the cumulative action of the biological agents, especially staining, mould and decay fungi, acting together with UV radiation, rainwater, and an almost continuous variation of the relative atmospheric humidity, determine a complex, inter-dependant degradation of both wood and coatings (Timar *et al* 2008).

Windows and shutters represent important wooden commodities in the use class 3. Unfortunately, wood tends to lose its market position to plastics and light metals (i.e. aluminium) for this traditional application. This is mainly because of the maintenance operations, consisting in cleaning, sanding, stopping and re-finishing of the wooden surfaces, needed to be done quite frequently, usually every 3 – 5 years, (Timar 2003, http://www.apar.it/English/pdfs/Manual_Wood_engl.pdf).

The significant reduction of maintenance activities for these biological and water resistant materials (plastics, aluminium), which do not require further coating, is the main reason for this trend. However, the natural aging of these materials (especially PVC) in 20-30 years, as well as the costs and environmental impact of their recycling, alongside their obtainment from non-renewable resources can not be neglected in a correct sustainable approach (http://www.ironwoods.com/ironwoods_woods_vs_plastics.html).

That is why wood should remain a sustainable solution for windows and other applications in the UC 3 (<http://www.swedishtimberproducts.co.uk/index.php>). With this respect new concepts and treatments meant to increase the service life of wooden products in adverse conditions including the use class 3, such as chemical modification of wood, heat treatments, resin treatments alongside classical wood preservation and coating with environmentally acceptable products are being developed worldwide (Militz and Hill 2005; Hill *et al* 2007, Van Acker and Peek 2008).

Wood acetylation is a process of chemical modification based on the reaction of hydrophilic hydroxyl groups from wood with acetic anhydride, so that they are replaced by larger volume hydrophobic acetate groups. A permanent cell wall swelling phenomenon and a reduced hygroscopicity count for the improved properties of the resulting acetylated wood: reduced hygroscopicity, better dimensional stability, biological resistance, improved weathering resistance and better performance of coatings (Rowell 1984, 1991, Timar 2003). Acetylated solid wood is a sort of wood improved by chemical modification that succeeded successfully all the steps from the basic principle idea (going back to the 1940s), to the laboratory successful research leading

(încă din anii 1940), la cercetări de laborator conducând la tehnologii simplificate, apoi la cercetări în stație pilot până la aplicarea practică pe scară industrială (Kollmann și Cote 1968, Rowell 2006, 2009). Acest succes a fost posibil printr-o activitate de cercetare internațională îndelungată, într-un consorțiu cuprinzând institute de cercetare, universități de prestigiu și parteneri industriali, activitate susținută și promovată în faza de testare și implementare a produsului de o largă comunitate științifică prin diferite proiecte europene precum Network on Wood Modification (NWM) (Militz și Lande 2009).

Accoya[®] este denumirea comercială a lemnului acetilat (*Pinus radiata*) produs actualmente de firma Titan Wood Limited în Olanda (<http://www.accoya.com/index.asp>, <http://www.titanwood.com/index.asp>). Lemnul acetilat este un material cu o stabilitate dimensională remarcabilă, higroscopicitate redusă și durabilitate ridicată, calități care îl recomandă pentru diferite utilizări în exterior precum ferestrele (www.coedderwen.co.uk, www.bswaccoya.co.uk). Totuși, acest material este relativ nou și puțin cunoscut pe piață în general și foarte probabil aproape necunoscut producătorilor din România.

O altă abordare recentă în producția de ferestre este utilizarea unor specii noi, mai puțin utilizate sau cunoscute provenite din exploatarea forestiere sustenabile, incluzând, pe lângă speciile repede crescătoare, și specii exotice din pădurile amazoniene. Aceste specii sunt promovate de Amazonian Center for Sustainable Forest Enterprise CADEFOR (Centro Amazonico de Desarrollo Forestal). Aceasta este o organizație non-profit din Santa Cruz, Bolivia fondată să asiste sectorul forestier privat amazonian și comunitățile indigene locale, pentru a-și realiza potențialul maxim pe piață de export certificată, posibil prin baza de resurse forestiere bogate, politici favorabile de mediu și obligația unui management forestier durabil (<http://www.cadefor.org/en/cadefor/cadefor.php>).

Unele dintre aceste specii exotice din pădurile amazoniene au fost recent introduse pe piața europeană și utilizate pentru diverse aplicații, inclusiv producția de ferestre din lemn. Aceste specii sunt mai puțin cunoscute în Europa de către cercetători și producători, informațiile științifice disponibile despre structura și proprietățile lor fiind limitate în principal la fișele de caracterizare elaborate de către CADEFOR (www.cadefor.org/en/especies/ficha.php).

Lucrarea de față prezintă o parte dintr-un studiu mai amplu privind determinarea și compararea comportamentului față de apă a unor specii indigene și exotice folosite actualmente la o scară mai mare sau mai mică în producția de ferestre din lemn. Lemnul acetilat, respectiv sortimentul comercial *Accoya*, a fost inclus în acest studiu pentru comparare, ca o posibilă alternativă ecologică la materialele lemnoase utilizate și tehnologiile actuale de tratare. În cadrul cercetărilor experimentale

to simplified technologies, then to the pilot scale application and finally to the industrial production (Kollmann and Cote 1968, Rowell 2006, 2009). An international, long-time research effort within a consortium of well known research and industrial partners from Europe sustained and promoted in the testing and implementation phase by a larger scientific community through different EU projects, such as the Network on Wood Modification (NWM), made this possible (Militz and Lande 2009).

Accoya[®] is the trade name of the acetylated wood (*Radiata pine - Pinus radiata*) produced currently by Titan Wood Limited in the Netherlands (<http://www.accoya.com/index.asp>, <http://www.titanwood.com/index.asp>). Acetylated wood is a material with a remarkable dimensional stability, reduced hygroscopicity and increased durability, qualities that qualifies it for different outdoors utilisations including windows (www.coedderwen.co.uk, www.bswaccoya.co.uk). However, this material is relatively new and less known on the market in general and, most likely, almost unknown to the Romanian wood processors.

Another sustainable approach in the production of windows is the employment of new, less used or known wood species from sustainable forestry, including, alongside fast growing species, exotic wood species from the Amazonian forests. These wood species are promoted by the Amazonian Center for Sustainable Forest Enterprise CADEFOR (Centro Amazonico de Desarrollo Forestal). This is a service-based non-profit organisation located in Santa Cruz, Bolivia founded to assist the Bolivian \ Amazonian private forest sector and local \ indigenous communities to achieve their full potential in the certified export market afforded by their rich forest resource base, favourable environmental policy and commitment to sustainable forest management (<http://www.cadefor.org/en/cadefor/cadefor.php>).

Some of these exotic wood species from the Amazonian forests are being currently introduced onto the European market and used for different applications including the production of wooden windows. These species are less known in Europe for the scientists and the industrial processors, the available scientific information on their structure and properties being rather limited to some characterization sheets elaborated by CADEFOR (www.cadefor.org/en/especies/ficha.php).

This paper presents part of a research aiming at determining and comparing the water behaviour of some indigene and exotic wood species currently used at a larger or more reduced scale in the production of wooden windows. Acetylated wood, namely commercial *Accoya*, was included in this study for comparison and as a possible future alternative to the current employed wooden materials and treating technologies. The total swelling coefficients on the radial and tangential direction and the water absorption / adsorption in immersion and hygroscopicity laboratory tests, properties important

prezentate s-au determinat coeficienții totali de umflare pe direcțiile radială și tangențială și absorbția de apă, în teste de imersie și higroscopicitate, pentru 4 specii indigene și 3 specii exotice comparativ cu *Accoya*.

MATERIALE ȘI METODĂ

În acest studiu experimental s-au utilizat: *Accoya* (lemn de *Radiata pine* acetilat) de la Titan wood, patru specii indigene relativ frecvent utilizate în producția de ferestre: brad (*Abies alba*), pin (*Pinus sylvestris*), larice (*Larix decidua*), stejar (*Quercus robur*) și trei specii exotice din pădurile amazoniene, recent introduse la o scară mai redusă în producția de ferestre de pe piața europeană: Ochoo (*Hura crepitans* L.), Cambara (*Erisma uncinatum* W.) și Yesquero (*Cariniana estrellensis*). În Tabelul 1 este dată o listă a speciilor utilizate, cu coduri și câteva date din literatură privind proprietățile fizice, durabilitatea naturală și impregnabilitatea.

in the behaviour and fiability of windows and protective coatings, were determined for 4 indigene and 3 exotic wood species comparatively to *Accoya wood*.

MATERIALS AND METHODS

Accoya wood (acetylated *Radiata pine*) from Titan wood, four indigene wood species relative frequently used for the production of windows: fir (*Abies alba*), pine (*Pinus sylvestris*), larch (*Larix decidua*), oak (*Quercus robur*) and three exotic wood species from the Amazonian forests, recently introduced at a low scale in the production of windows for the European market: Ochoo (*Hura crepitans* L.), Cambara (*Erisma uncinatum* W.) and Yesquero (*Cariniana estrellensis*) were included in this research. A list of the wooden species this paper is referring to with their given codes and some available literature data on some of their physical properties, natural durability and impregnability are presented in Table 1.

Tabelul 1 / Table 1

Specii lemnoase utilizate în teste și date din literatură privind proprietățile lor / Wood species used in the tests and some literature data on their properties

Nr.c rt.	Specii lemnoase / Wood species	Cod / Code	Densitate la U=12-15% / Density at 12- 15% MC [g/cm ³]	Coeficienți totali de contragere / Total shrinkage coefficients		Coeficienți totali de umflare (calculați) / Total swelling coefficients (calculated)		Durabilitate / Permeabilitate Durability / Permeability (see Note)
				Ra	Tg	Ra	Tg	
0	Radiata pine (<i>Pinus radiata</i>)	-	0.45 - 0.58	1.9...2.7	3.5...5.5	1.9...2.7	3.6...5.8	*4-5F, SH, SH _A , S _T /2-3H, 1S
1	Accoya wood ¹ (Acetylated <i>Radiata</i> <i>pine</i>)	Ac	-	0.8	1.5	-	-	¹ Foarte durabil, 1F/ ¹ Very durable, 1F
2	Fir ² (<i>Abies alba</i> Mill)	B	0.35 - 0.45 - 0.75	2.9...3.8	7.2...7.6	2.9...3.9	7.7...8.2	*4F, SH _H , SH _A , S _T / 2-3 H; 2v S
3	Pine ² (<i>Pinus sylvestris</i>)	P	0.33 - 0.52 - 0.89	3.3...4.5	7.5...8.7	3.4...4.7	8.1...9.5	*3-4F, SH, S _A , S _T / 3-4 H; 1S
4	Larch ² (<i>Larix decidua</i>)	L	0.44 - 0.59 - 0.85	3.3...4.3	7.8...10.4	3.4...4.4	8.4...11.6	*3-4F, SH, S _A , S _T / 4 H; 2v S
5	Oak ² (<i>Quercus robur</i>)	S	0.43 - 0.69 - 0.96	4...4.6	7.8...10	4.1-4.8	8.4...11.1	*2F, S _A , M _T / 4 H; 1 S
6	Ochoo ³ (<i>Hura crepitans</i> L.)	EX1_ O	0.55	3.9	5.7	4.05	6.04	³ Durabilitate redușă, susceptibil la albăstreală / Destul de permeabil/ ³ Low durability, susceptible to blue stain/ Rather permeable
7	Cambara ³ (<i>Erisma uncinatum</i> W.)	EX2_ C	0.57	4.2	9.1	4.38	10.01	³ Durabilitate redușă / Permeabil ⁵ Low durability Permeable
8	Yesquero ³ (<i>Cariniana estrellensis</i>)	EX3_ Y	0.68	4.4	7.2	4.60	7.75	- ⁵ Permeable

Note: Literature data from EN 350/2 (natural durability and impregnability)* and the following references:

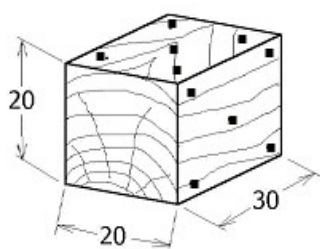
¹ http://www.accoya.com/pdf/Web_PDF_brochure.pdf

² Wagenfuhr, Holzatlas, 2000, <http://www.fachbuch-leipzig.hanser.de>

³ www.cadefor.org/en/especies/ficha.php

Materialul lemnos condiționat la 20-23°C și 50-55% umiditate relativă a fost prelucrat cu atenție în piese de mici dimensiuni cu fețe plane și dimensiuni de (20 × 20 × 30) mm pe cele trei direcții fundamentale (radial -Ra, tangential -Tg și longitudinal - L), având inelele anuale din secțiunea transversală paralele cu fețele tangențiale. Fiecare epruvetă a fost codificată (specia și numărul) și marcată în 5 puncte de măsurare pe o față tangențială și una radială, după cum se observă în Fig. 1. Aceste puncte au fost utilizate pentru a determina dimensiunile epruvetelor pe direcțiile Ra și Tg ca medie a 5 măsurări, cu precizie de 0.01 mm.

The wooden material conditioned at 20-23°C and 50-55 % RH was carefully processed into small test samples with smoothly planned faces with dimensions of (20 × 20 × 30) mm on the three fundamental directions (radial -Ra, tangential -Tg and longitudinal - L), having the annual rings in the cross-section parallel to the two tangential faces. The test samples were then coded (species code and number) and 5 measuring points were marked, as shown in Fig. 1, on one tangential and one radial face of each test sample. These points were used for determining the dimensions of the samples on the Ra and Tg directions as the average of 5 measurements with precision of 0.01 mm.



a.



b.



c.

Fig. 1.

Aspecte metodologice / Methodological aspects:

a - forma și dimensiunile epruvetelor de încercare / form and dimensions of test samples; b - dispozitiv de măsurare / measuring device; c - aspectul unor probe după testul de higroscopicitate / aspect of some test samples after the hygroscopicity test.

Pentru experimentări s-au pregătit câte 20 de epruvete din fiecare specie care au fost împărțite în 2 grupe. Epruvetele numerotate de la 1-10 au fost folosite pentru determinarea coeficienților totali de umflare pe direcție radială și tangențială (α_{Ra} , α_{Tg} in %) și absorbției de apă (WA_{72} , %) printr-un test de imersie totală în apă de 72h la 20°C. Epruvetele numerotate de la 11-20 au fost folosite într-un test de higroscopicitate în două etape. Pentru acest scop probele aduse la stare anhidră prin uscare în etuvă la $103 \pm 2^\circ\text{C}$ au fost cântărite și măsurate și apoi puse într-o cameră climatică la $20 \pm 2^\circ\text{C}$ și $30 \pm 2\%$ umiditate relativă, unde au fost păstrate până au ajuns la umiditatea de echilibru (EMC 30, %). Cântăririle periodice ale probelor (la 24 h pentru primele 3 zile și apoi la intervale de 7 zile) au arătat că starea de echilibru a fost atinsă după 28 zile. După această perioadă condițiile din camera climatică au fost schimbate la $20 \pm 2^\circ\text{C}$ și $90 \pm 2\%$ umiditate relativă, testul continuând în mod similar în noile condiții de umiditate relativă (RH 90%) până s-a atins nouă stare de echilibru (EMC 90, %) după alte 28 zile. În acest moment testul s-a considerat terminat iar probele au fost măsurate din nou pentru a calcula coeficienții parțiali de umflare $\alpha_{0-90,Ra}$, $\alpha_{0-90,Tg}$ in %. Datele rezultate din cântăririle periodice au fost folosite pentru a trasa diagramele comparative ale absorbției de apă în testul de higroscopicitate pentru

A number of 20 test samples were prepared for each of the wood species and were divided into 2 groups. The samples numbered 1-10 were used for determining the total swelling coefficients on the radial and tangential directions. (α_{Ra} , α_{Tg} in %) and the water absorption (WA_{72} , %) after a total water immersion test of 72h at 20°C. The samples numbered 11-20 were used in a two steps hygroscopicity test. For this purpose the test samples brought in anhydrous state by drying in an air circulating oven at $103 \pm 2^\circ\text{C}$ were weighed and measured and then placed in a climatic chamber at $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and $30 \pm 2\%$ RH, where were kept until the corresponding equilibrium moisture content (EMC 30, %) was reached. The periodical weighting of the samples (every 24 h for the first 3 days and then at 7 days intervals) showed that equilibrium was reached in 28 days. After this period the conditions in the climatic chamber were changed to $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and $90 \pm 2\%$ RH, the test being continued similarly under these new conditions until a new equilibrium state under the new relative humidity conditions (EMC 90, %) was reached (after another 28 days). At this point the test was considered finished and the test pieces were measured again in order to calculate the partial swelling coefficients $\alpha_{0-90,Ra}$, $\alpha_{0-90,Tg}$ in %. The data from the periodical weighting of samples served to draw comparative diagrams of water adsorption

speciile considerate.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Rezultatele din testul de imersie totală în apă sunt ilustrate grafic în Fig.2. Este evident că lemnul acetilat *Accoya* este mult mai stabil dimensional decât celelalte specii testate având coeficienții totali de umflare cei mai mici de 0.83 % pe direcție radială și 1.45% direcție tangențială, ceea ce corespunde unui coeficient de anizotropie (raport între umflarea tangențială și cea radială) de 1.75. Aceste valori sunt în concordanță cu cele prezentate de producător: contragere tangențială totală 1.5% și contragere radială totală 0.8% (http://www.accoya.com/pdf/Web_PDF_brochure.pdf).

Coeficienții de umflare totală ai speciilor indigene au variat între ~4 -5% pe direcție radială și ~8 - 10% pe direcție tangențială, în timp ce coeficienții de anizotropie, ϵ , calculați ca raport între umflarea tangențială și cea radială au avut valori în jur de 2, ceea ce este uzual, exceptând lemnul de pin pentru care această valoare a fost mai scăzută (1.66).

Rezultatele pentru cele trei specii exotice testate nu au fost foarte diferite: coeficienții de umflare totală au variat între 3.90 - 5.30% pe direcție radială și ~ 6 - 10.2 % pe direcție tangențială. Totuși, la speciile Ochoo (*Hura crepitans* L.) și Yesquero (*Cariniana estrellensis*) anizotropia umflării a fost mai redusă, valorile coeficienților de umflare radială și tangențială fiind mult mai apropiate (4.6 și 6.0 pentru Ochoo și 3,28 și 4,98 pentru Yesquero), corespunzând unor valori ϵ de 1.29 și respectiv 1.57. Coeficientul de anizotropie pentru Cambara (*Erismia uncinatum* W.) a fost mai apropiat de valoarea uzuală de 2 ($\epsilon = 1,93$). Trebuie subliniat în acest context că, pe lângă coeficienți de umflare totală cât mai reduși, un coeficient de anizotropie redus este considerat ca un indicator calitativ favorabil pentru materialul lemnos pentru ferestre.

Absorbția de apă după testul de imersie totală în apă 72 h la 20°C a fost diferită pentru speciile studiate, după cum se observă în Fig. 2 (jos). Stejarul (*Quercus robur*) și Cambara (*Erismia uncinatum* W.) au avut cele mai mici valori ale absorbției de apă (~35-37 %). *Accoya*, bradul, pinul, laricele și Ochoo au avut absorbții de apă medii (~61-77 %), în timp ce Yequerro a absorbit circa 143 % apă față de starea inițială absolut uscată. Aceste diferențe în caracterul hidrofili și permeabilitate între speciile investigate sunt de așteptat ca și consecințe ale caracteristicilor specifice anatomice și chimice ce le diferențiază.

dynamic in the hygroscopicity test for the considered wood species.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the total water immersion test are illustrated by the graphs in Fig.2. It is obvious that *Accoya* wood is much more dimensionally stable than the other wood species tested having the lowest total swelling coefficients of 0.83 % on the radial direction and 1.45% on the tangential direction, corresponding to a coefficient of anisotropy (ratio between tangential and radial swelling) of 1.75. These values are in very good accordance with the data presented by the producer: tangential total shrinkage 1.5% and radial total shrinkage 0.8% (http://www.accoya.com/pdf/Web_PDF_brochure.pdf).

The total swelling coefficients of the indigene species tested varied in the range of ~4 -5% on the radial direction and ~8 - 10% on the tangential direction, while the coefficients of anisotropy, ϵ , calculated as the ratio between tangential and radial swelling were around the value of 2, which is usual, excepting the pine wood for which this was lower (1.66).

The results for the three tested exotic species were not very different: the total swelling coefficients varied between 3.90 - 5.30% for the radial direction and ~ 6 - 10.2 % for the tangential direction. However, Ochoo (*Hura crepitans* L.) and Yesquero (*Cariniana estrellensis*) demonstrated a reduced anisotropy of swelling, the radial and tangential swelling coefficients being much closer (4.6 and 6.0 for Ochoo and 3,28 and 4,98 for Yesquero), corresponding to ϵ values of 1.29 and 1.57 respectively. The anisotropy coefficient for Cambara (*Erismia uncinatum* W.) was close to the usual value of 2 ($\epsilon = 1,93$). It has to be highlighted in this context that, alongside reduced total swelling coefficients, a reduced coefficient of anisotropy is seen as a quality for the wooden material for windows.

The water absorption after the total water immersion test of 72 h at 20°C was different for the studied wood species as shown in Fig. 2 (bottom). Oak (*Quercus robur*) and Cambara (*Erismia uncinatum* W.) presented the lowest water absorption values (~35-37 %). *Accoya*, fir, pine, larch and Ochoo gave medium water absorptions (~61-77 %), whilst Yequerro absorbed around 143 % water reported to the initial oven dry state. These differences in terms of hydrophilic character and permeability between the investigated wooden species are an expectable consequence of their specific anatomical and chemical features.

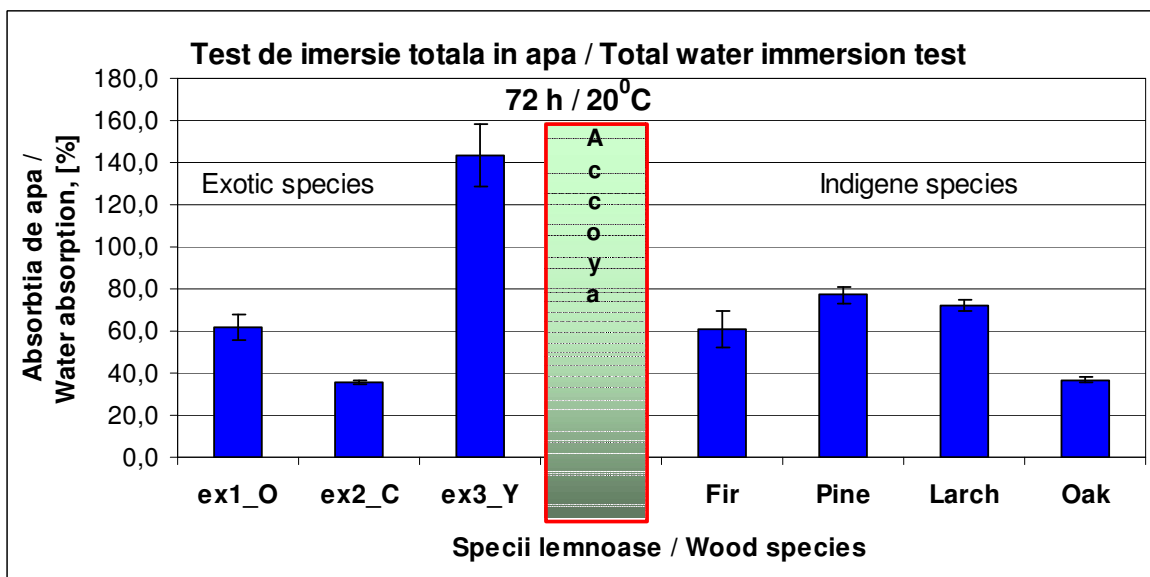
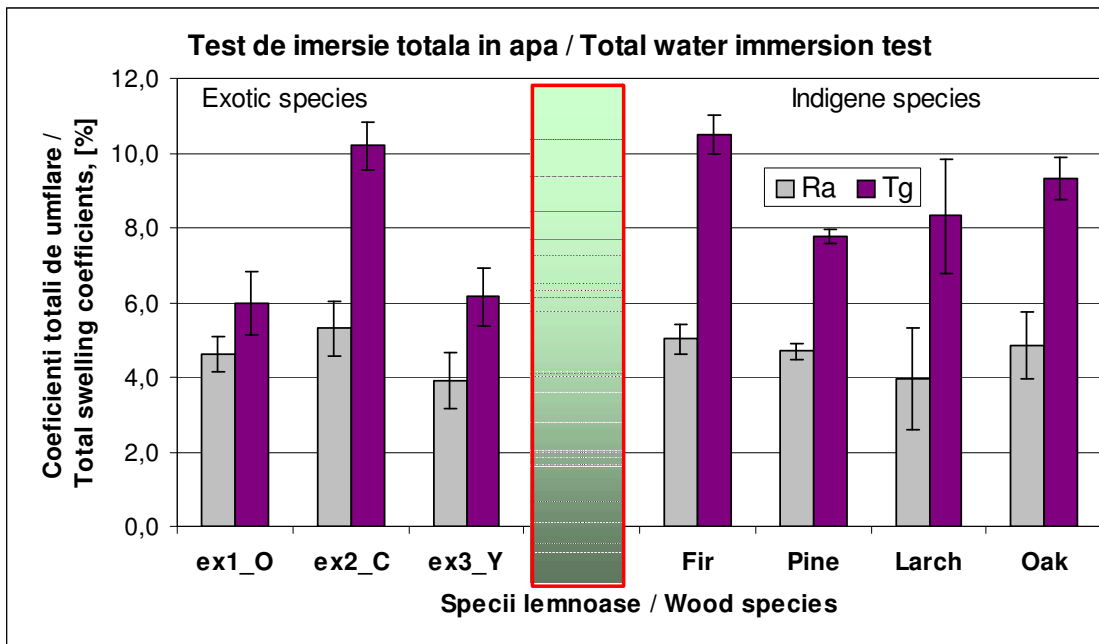


Fig. 2.

Comportamentul comparativ al speciilor lemnoase testate în test de imersie totală în apă: coeficienți totali de umflare (sus) și absorbție de apă (jos) / The comparative behaviour of the tested wood species in a total water immersion test: total swelling coefficients (top) and water absorption (bottom)

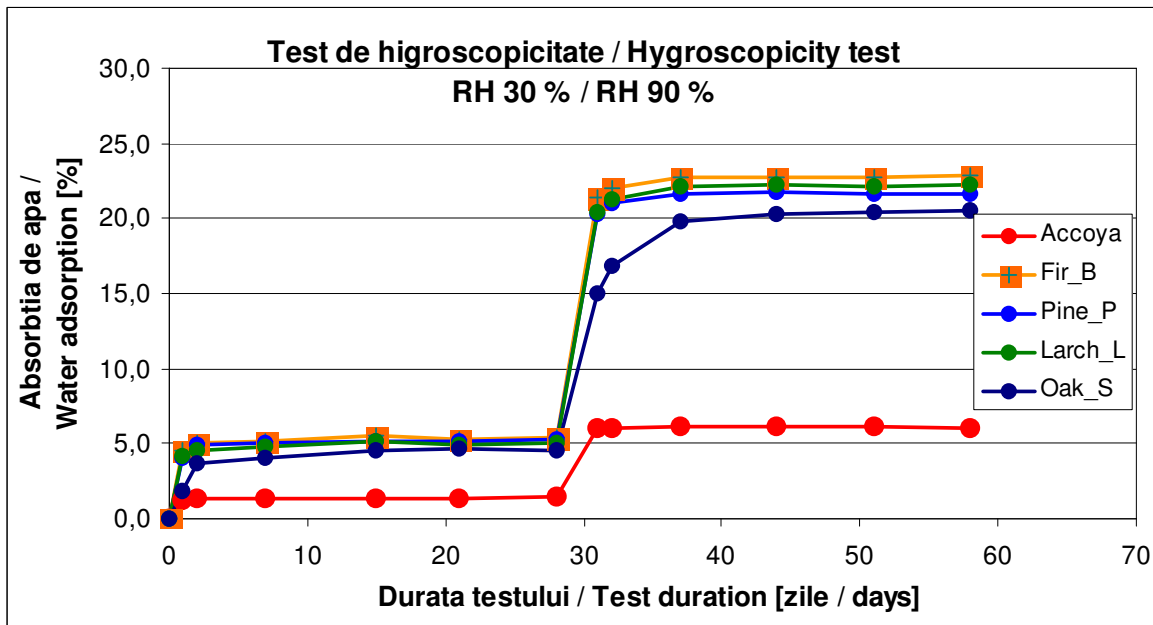
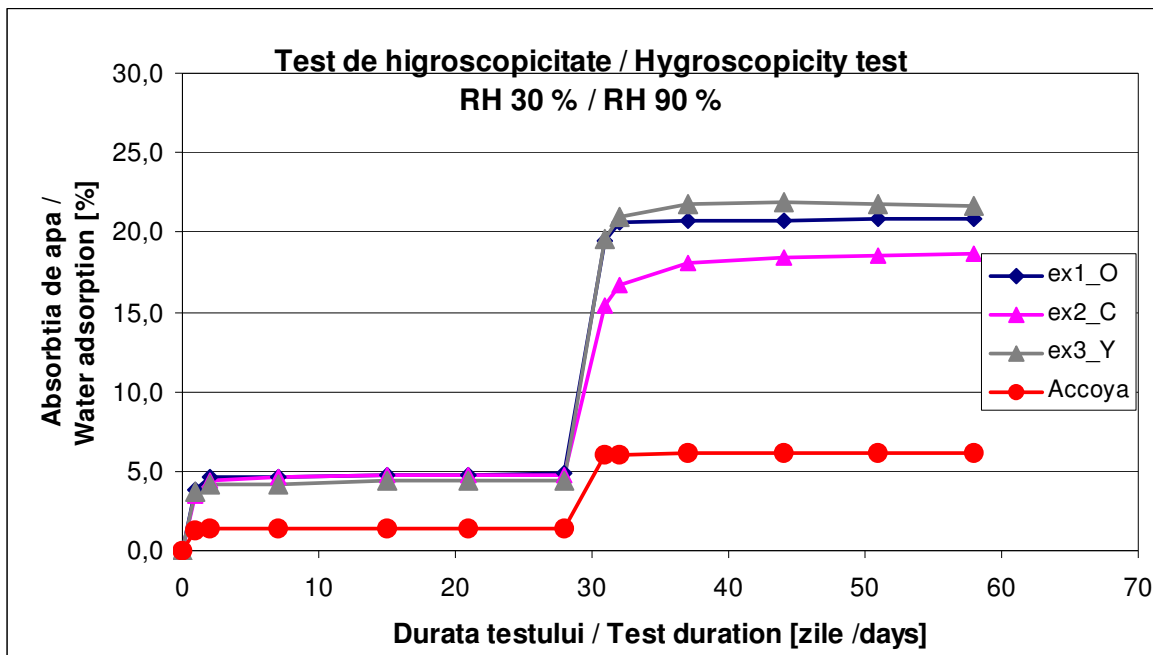


Fig. 3.

Dinamica absorbției de apă în cele două etape ale testului de higroscopicitate: Accoya comparativ cu speciile exotice (sus) și cele indigene (jos) / The dynamic of water adsorption in the two step hygroscopicity test: Accoya wood compared to exotic species (upper) and common indigene wood species (bottom)

Diferențele de higroscopicitate și dinamica absorbției de vapori de apă între speciile studiate au fost foarte bine reflectate în testul de higroscopicitate în două etape, după cum se observă în diagramele din Fig.3. Forma generală a curbelor ilustrează caracterul higroscopic al materialului lemnos și cele două etape ale testului. Atunci când materialul lemnos anhidru a fost introdus în camera climatică la umiditate relativă de 30% a apărut o absorbție rapidă de vapori de apă în prima zi și apoi mult mai redusă până când s-a atins o stare de echilibru corespunzătoare unei umidități atmosferice relative de 30% (EMC 30, %). Când condițiile din camera climatică s-au schimbat prin creșterea umidității relative la 90%, probele au absorbit din nou foarte rapid apă din atmosferă și au evoluat apoi mai lent în acest sens până la o nouă stare de echilibru, corespunzătoare unei umidități atmosferice relative de 90% (EMC 90, %).

Din curbele pentru diferite specii lemnoase se poate observa clar că *Accoya* se situează întotdeauna în poziția cea mai de jos, ceea ce demonstrează higroscopicitatea sa redusă ca urmare a modificării chimice. Această curbă indică, de asemenea, o umiditate de echilibru redusă pentru acest tip de lemn ameliorat, respectiv EMC 30 = 1.42 % și EMC 90 = 6.08%, comparativ cu valorile EMC 30 variind între 4.44-5.44% și EMC 90 variind între 18.62-22.81%, înregistrate pentru celelalte specii exotice și indigene incluse în acest test.

În graficele din Fig. 4 (jos) sunt detaliate mai multe informații privind diferențele de higroscopicitate ale speciilor lemnoase testate, reflectate în valorile umidităților de echilibru corespunzătoare celor două condiții de umiditate atmosferică realizate în test (umiditate relativă de 30% și de 90 % la 20 °C). În Fig 4 (sus) sunt prezentate valorile coeficienților parțiali de umflare α_{0-90} pe direcție radială și tangențială, determinați la sfârșitul testului de higroscopicitate. Din nou este evidentă cea mai bună stabilitate dimensională a lemnului acetilat *Accoya* ($\alpha_{0-90,Ra} = 0.42 \pm 0.10$, $\alpha_{0-90,Tg} = 0.78 \pm 0.23$, $\epsilon = 1.86$) în comparație cu celelalte specii testate.

The differences in terms of hygroscopicity and dynamics of water vapours adsorption between the species were very well reflected in the two-step hygroscopicity test, as shown by the diagrams presented in Fig.3. The general shape of the curves illustrates the hygroscopic character of the wooden material and the two phases of the test. When the anhydrous material was introduced into the climatic chamber at RH 30% a rapid water adsorption occurred in the first days and then much slower until a first equilibrium stage corresponding to the equilibrium moisture content at RH 30% (EMC 30) was reached. When the conditions in the climatic chamber were changed by increasing the RH to 90%, the samples adsorbed again very rapidly water from the atmosphere and evolved then slower in this respect until a new equilibrium state, corresponding to EMC 90 was reached.

Looking at the curves for the different wood species, it can be very clearly observed the individualised lower position of the curve for *Accoya* wood, which proves its significantly reduced hygroscopicity as a consequence of chemical modification. This curve also indicates the reduced equilibrium moisture content for this type of improved wood, respectively EMC 30 = 1.42 % and EMC 90 = 6.08%, compared to values varying between 4.44-5.44% for EMC 30 and 18.62-22.81% for EMC 90 registered for the other exotic and indigene wood species included in this experiment.

More detailed information on the differences between the hygroscopicity of the tested wood species reflected in the values of the equilibrium moisture content reached in the two atmospheric conditions (RH 30% and RH 90 % at 20 °C) are presented in the column graph in Fig. 4 (bottom). The values of the partial swelling coefficients α_{0-90} on the radial and tangential direction, determined at the end of the hygroscopicity test are also presented Fig 4 (top). The best dimensional stability of *Accoya* wood ($\alpha_{0-90,Ra} = 0.42 \pm 0.10$, $\alpha_{0-90,Tg} = 0.78 \pm 0.23$, $\epsilon = 1.86$) compared to the other tested wood species is again obvious.

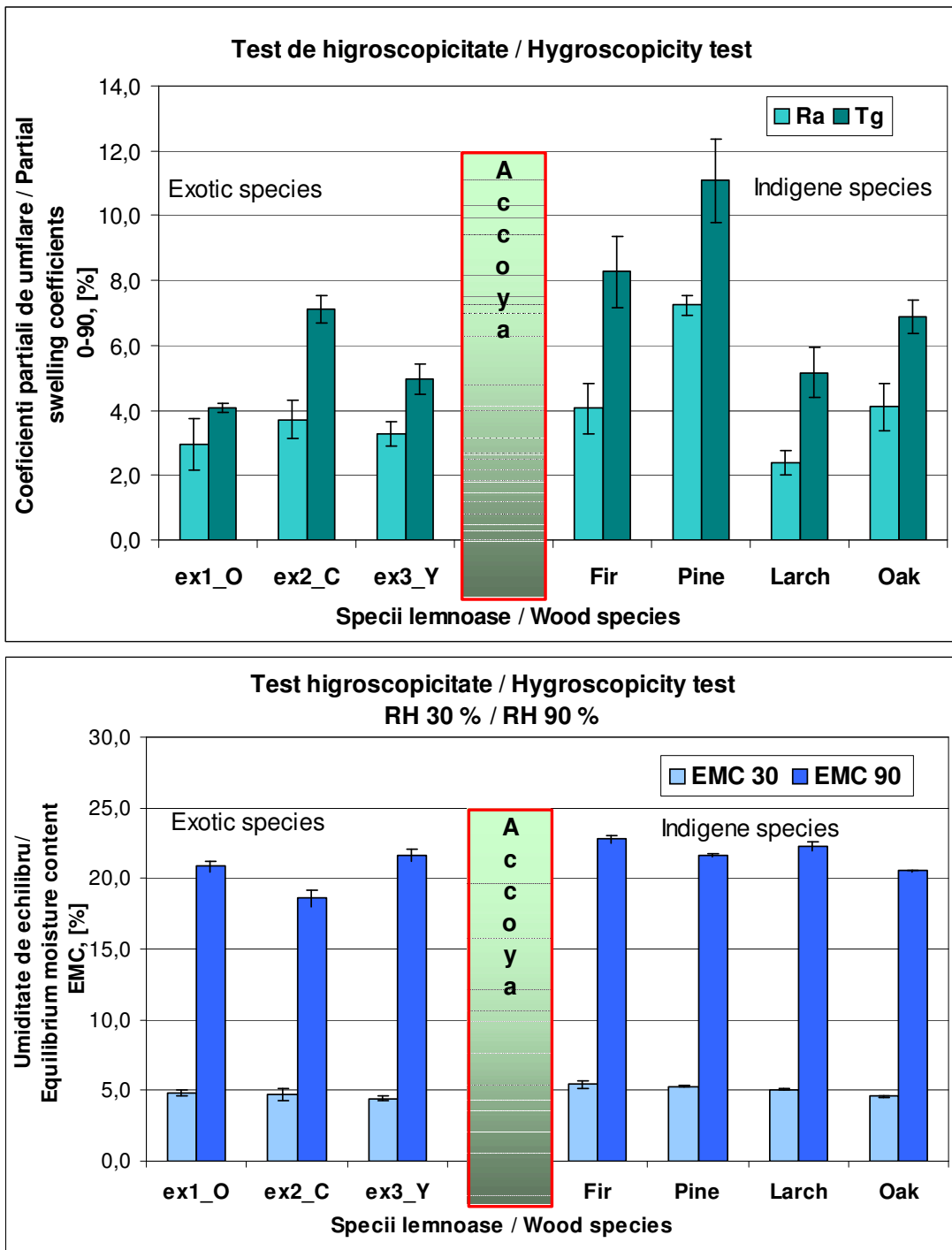


Fig. 4.

Accoya vs. Specii exotice și indigene în testul de higroscopicitate în două etape (umiditate relativă 30% / 90%): coeficienți parțiali de umflare α_{0-90} (top) și umiditate de echilibru 30, 90 (jos) / Accoya vs. exotic and indigene wood species in a two step hygroscopicity test (RH 30% /RH 90%): partial swelling coefficients α_{0-90} (top) and equilibrium moisture content EMC 30, EMC 90 (bottom)

REZUMAT

Lemnul este o resursă valoroasă și sustenabilă ce trebuie să își mențină și consolideze poziția pe piață pentru aplicații tradiționale și moderne. Totuși,

CONCLUSIUNS

Wood is a valuable and sustainable resource that should keep and consolidate its place on the market in various traditional and novel applications. Adequate

pentru o bună performanță în timp a produselor din lemn se impun tratamente inițiale adecvate și măsuri de întreținere.

Producția de ferestre este un domeniu unde la ora actuală lemnul și plasticul sunt în competiție. În această privință, o stabilitate dimensională mai bună a materialelor lemnoase la variația umidității atmosferice sau contactul direct cu apa și reducerea absorbției de apă în stare de vapori sau lichidă sunt proprietăți cu efect pozitiv pentru a asigura o mai bună performanță în timp a ferestrelor și a straturilor de finisare.

În acest studiu au fost comparate patru specii comune indigene și trei specii exotice, nou introduse pe piața europeană, cu lemnul acetilat *Accoya*, în ceea ce privește umflarea și absorbția de apă în teste de imersie totală în apă și higroscopicitate.

Rezultatele au demonstrat o mai bună performanță a lemnului *Accoya* comparativ cu speciile indigene și exotice considerate ca rezultat al modificării chimice a polimerilor din membrana celulară. Prin urmare, acetilarea lemnului trebuie considerată o tehnologie alternativă de tratare pentru o performanță ridicată a produselor din lemn.

*Accoya*TM este rezultatul a peste 70 ani de cercetări și dezvoltare a acetilării lemnului, pornind de la ideea și experimentele inițiale, până la o tehnologie care a reușit să parcurgă cu succes toate etapele de la cercetare, de la laborator până la lansarea comercială a unui nou material lemnos cu performanțe deosebite și sustenabil, care deschide noi oportunități pentru producerea de ferestre din lemn cu durabilitate și performanță superioară față de alte materiale.

initial treatments and maintenance are, however, necessary for a good in time performance.

The production of windows is a field where wood and plastics are in competition nowadays. With this respect a better dimensional stability of the wooden material in response to the variation of atmospheric humidity or the direct water contact and a reduced water adsorption/absorption are properties favourable for a better in-time performance of wooden windows and protective coatings. Four commonly used indigene wooden species and three exotic species, newly introduced in the European market, were compared in this study with acetylated *Accoya* wood in terms of swelling and water uptake in total immersion and hygroscopicity tests.

The results proved the better performance of *Accoya* wood compared to the considered indigene and exotic species as a result of the chemical modification of the cell wall polymers. Wood acetylation should be considered, therefore, as an alternative treating technology for high performance wooden products.

*Accoya*TM is the result of more than 70 years of research and development on wood acetylation, from the first idea and initial experiments to a technology that succeeded from laboratory research to the commercial launch of a novel high performance, sustainable wooden material, which creates opportunities for joinery products that will very likely outlast and outperform others.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- HILL, C.A.S., JONES, D., MILITZ, H., ORMONDROYD, G.A. (Eds). (2007). Proceedings of The Third European Conference on Wood Modification, Cardiff, ISBN 184-220-096-8.
- KOLLMANN, F.P., COTE W.A. (1968). Principles of wood science and technology, vol.1, Solid wood, Springer Verlag, New York, 97-133.
- MILITZ, H., HILL, C. (Eds) (2005). Wood modification: Processes, Properties and Commercialisation., Proc. 2nd European Conference on Wood Modification, Goettingen.
- MILITZ, H., LANDE, S. (2009). Challenges in wood modification technology on the way to practical applications, Wood Material Science & Engineering, Vol. 1, pp. 23-29, ISSN 1748-0280 (electronic) 1748-0272 (paper).
- ROWELL, R.M. (1991). Chemical modification of wood. In: Hon and Shiraishi Ed. Wood and Cellulosic Chemistry, Marcel Dekker Inc., pp. 703-755.
- ROWELL, R.M. (2006). Acetylation of wood – Journey from analytical technique to commercial reality, Forest Products Journal, vol 56, no.9, pp. 4-12.
- ROWELL, R.M. Ed. (1984). The Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series, 207, Washington D.C., pp. 175-207.
- ROWELL, R.M., IBACH, R., MCSWEENEY, J., NILSSON, T. (2009). Understanding Decay Resistance, Dimensional Stability and Strength Changes in Heat Treated and Acetylated Wood. In: Proceedings of ECWM Stockholm, pp. 489-502, ISBN 978-91-86319-36-6.
- TIMAR, M.C., BELDEAN, E., ZELENIUC, O., LICA, D. (2008). Outcomes of a modified L-joint test in Romania – opportunities for a complex evaluation of the performance of wood in outdoor above ground conditions – In: Proceedings of COST Action E37 Final Conference, Bordeaux 2008, pp. 107-117. ISBN 9789080656505.
- TIMAR, M.C. (2003). Ameliorarea lemnului, Ed. Univ. Transilvania, Brasov, ISBN 973-635-141-6.
- VAN ACKER, J., PEEK, R.D. (Eds.) (2008). Socio-economic perspectives of treated wood for the common European market, Proceedings of COST E37 Final Conference, Bordeaux.

WAGENFUHR, R. (2000). Holzatlas, 5 Auflage, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. ISBN 3-446-21390-2.

http://www.apar.it/English/pdfs/Manual_Wood_engl.pdf

<http://www.accoya.com/index.asp>

<http://www.titanwood.com/index.asp>

www.coedderwen.co.uk

www.bswaccoya.co.uk

http://www.ironwoods.com/ironwoods_woods_vs_plastics.html

<http://www.swedishtimberproducts.co.uk/index.php>

www.cadefor.org/en/especies/ficha.php

www.tropix.cirad.fr/africa/acajou.pdf