

**INVESTIGAREA EXPERIMENTALĂ A
PĂTRUNDERII UNOR PRODUSE DE
CONSOLIDARE ÎN LEMN**
Partea 1: Metodologie generală și tehnici
microscopice

**AN INVESTIGATION OF CONSOLIDANTS
PENETRATION IN WOOD**
Part 1: General Methodology and
Microscopy

Maria Cristina TIMAR

Prof. dr. ing. - Universitatea Transilvania din Brașov - Facultatea de Ingineria Lemnului
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr.29, 500036 Brașov România
Tel/Fax: 0040 268 415315. E-mail: cristinatimar@unitbv.ro

Adriana TUDUCE TRĂISTARU

Drd. ing.- Universitatea Transilvania din Brașov - Facultatea de Ingineria Lemnului
E-mail: adrianatuduce@gmail.com

Mihaela POROJAN

Șef lucrări dr.ing.- Universitatea Transilvania din Brașov - Facultatea de Ingineria Lemnului
E-mail: mporojan@unitbv.ro

Lidia GURĂU

Conf. dr. ing.- Universitatea Transilvania din Brașov - Facultatea de Ingineria Lemnului
E-mail: lidiagurau@unitbv.ro

Rezumat:

Consolidarea prin impregnare cu compuși polimerici naturali și sintetici în soluție a lemnului degradat și fragilizat este una din cele mai importante operații în conservarea activă a obiectelor din lemn cu valoare culturală. Eficacitatea unui tratament de consolidare depinde în mare parte de retenția de consolidant, adâncimea de pătrundere și distribuția uniformă a acestuia, aspecte ce pot fi cumulate în termenul de grad de impregnare și sunt influențate de numeroși și diverși factori.

Obiectivul prezentei lucrări a fost de a testa unele posibilități practice de caracterizare a gradului de impregnare atins în tratamente de consolidare cu soluții de Paraloid B72, un polimer sintetic frecvent utilizat, și cu ceruri (ceară de albine și parafine modificate, aplicate ca topituri sau în combinație cu ulei de in) folosind tehnici simple de investigare, respectiv microscopia optică asociată cu un mod original de pregătire a probelor. În acest scop au fost utilizate epruvete din lemn sănătos de molid (*Picea abies* Mill) care au fost impregnate prin imersie de scurtă durată. Examinarea în lumină transmisă (TLM) a micro-sectiunilor transversale și în lumină reflectată (RLM) a blocurilor din lemn, au permis vizualizarea produselor de consolidare și a distribuției acestora în structura lemnului: consolidanții cu conținut mare în corp solid (cerurile) au fost mai ușor de vizualizat, umplând parțial lumenele celulare, față de consolidantul Paraloid B72, soluție diluată ce nu a umplut lumenele, zona tratată evidențiindu-se doar prin luciu și reflectanță crescută (luminozitate).

Pentru a aprecia obiectiv retenția și pătrunderea consolidanților în lemn a fost utilizată metoda ImageJ, un soft de procesare și prelucrare a imaginii astfel că au putut fi realizate unele estimări cantitative ale variației gradului de impregnare pe adâncimea de pătrundere.

Cuvinte cheie: consolidarea lemnului, adâncime de pătrundere, microscopie optică, polimeri sintetici, ceruri, Image J (procesare micrografii).

Abstract:

Consolidation of degraded and frail wood by impregnation with synthetic and natural polymeric compounds in solution is one of the most important operations of active conservation of wooden cultural heritage. The effectiveness of such a treatment depends essentially on the consolidant retention, penetration and uniformity of distribution, aspects that could be cumulated in the term of impregnation level and practically influenced by many and various factors.

The purpose of this work was to look at some practical possibilities of characterising the impregnation level achieved in some consolidation treatments with different solutions of a frequently employed synthetic polymer (Paraloid B72) and waxes (bee wax and modified paraffins as melts or in combination with linseed oil) using a simple optical microscopy technique in conjunction with an original method of samples preparation. For this purpose were used small samples of sound, not degraded spruce (*Picea abies* Mill), which were impregnated by short time immersion. The examination in transmitted light (TLM) of the cross-cut micro sections and in reflected light (RLM) of the wooden blocks allowed the visualisation of the consolidation products and their distribution in the wood structure, but this was easier for the consolidants with high solids content (waxes), which partly filled the lumens, and much more difficult and relative in the case of the diluted Paraloid solutions which did not fill the lumens but only impart a very shiny, highly reflective aspect of the treated areas.

In order to objectively appreciate the retention and penetration of consolidants into wood the method using ImageJ, a useful image processing software, was used to process the micrographs so that some quantitative estimations of the variation of the impregnation level with the penetration depth were obtained.

Key words: wood consolidation, penetration, optical microscopy, synthetic polymers, waxes, Image J (micrographs processing).

INTRODUCERE

Consolidarea prin impregnare a lemnului degradat și fragilizat este una din cele mai importante operații în conservarea activă a obiectelor din lemn cu valoare culturală. Majoritatea obiectelor vechi din lemn prezintă infestare activă sau degradare biologică mai veche cauzată de insecte și/sau ciuperci, acestea afectând grav integritatea structurală și, în consecință, proprietățile fizice și rezistențele mecanice ale lemnului chiar până la stadiul de pre-colaps, supraviețuirea elementului/ obiectului fiind în pericol. O conservare efectivă a obiectelor din lemn implică atât o bioprotecție adecvată (curativă și/sau preventivă) cât și un tratament de consolidare a lemnului fragilizat (refacerea coeziunii interne și redarea rezistențelor mecanice), acesta din urmă fiind esențial pentru a menține un maxim de elemente originale, conform principiului autenticității, un principiu de bază în conservare (Unger și Unger 1994, Unger și alții 2001, Timar 2003, Sandu 2008, Unger 2009).

Materialul de consolidare trebuie să confere obiectului tratat suficientă rezistență mecanică precum și să asigure coeziune structurii dezbinată, calități cumulate de compușii organici cu masă moleculară mare ce sunt utilizați în acest scop. Din categoria acestor compuși fac parte rășinile naturale, uleiurile, cerurile, adezivii colagenici, polimerii sintetici termoplastici și termorigizi. În funcție de materialele utilizate la impregnare, se pot distinge trei tipuri de tehnologii de consolidare: consolidarea cu polimeri termoplastici și rășini în soluție; consolidarea cu monomeri urmați de polimerizare *in situ* și consolidarea cu rășini termorigide cu sau fără solvent (Wang și Schniewind 1985, Unger și Unger 1994, Unger ș.a 2001, Timar 2003).

În mod curent, consolidarea cu polimeri sintetici termoplastici în soluție este metoda uzuală folosită practic de diferite laboratoare deoarece metoda cumulează avantajul unei tehnologii facile cu cel al reversibilității (Drcova și Kucerova, Caretti și Dei 2003), polimerul fixat în lemn rămânând solubil în solventul original și putând fi la nevoie, cel puțin teoretic, extras. În prezent, *reversibilitatea potențială, compatibilitatea și posibilitatea de re-tratare* sunt condiții impuse consolidanților (Unger 2009).

Totuși, aceasta metodă nu este cea mai eficientă în privința gradului de impregnare cu polimeri și a efectelor de consolidare. Din aceste puncte de vedere, celelalte două variante sunt mai eficiente, însă prezintă unele dezavantaje. Consolidarea cu rășini termorigide nu este deloc reversibilă, în timp ce consolidarea cu monomeri ce polimerizează *in situ* este greu de realizat, presupune echipamente speciale și conferă obiectului consolidat un aspect de plastic din cauza cantității mari de polimer formată nu numai în interiorul lemnului ci și pe suprafața acestuia (Unger ș.a 2001, Timar 2003).

Eficacitatea unui tratament de consolidare depinde fundamental de cantitatea de consolidant rămasă în materialul / obiectul de consolidat, numită și retenția

INTRODUCTION

Consolidation of degraded and frail wood by impregnation is one of the most important operations of active conservation of wooden cultural heritage. This is because most often old wooden objects present evidence of active infestation or historical biological degradation by insects and/or fungi, which can seriously affect the structural integrity and, consequently, the physical properties and mechanical resistances of wood up to a pre-collapse stage, so that the survival of that element /object is in danger. An effective wood conservation implies both adequate preservation (remedial and/or preventive biocide treatments) and consolidation of the frail wood (regaining of internal cohesion and mechanical strength), this being essential in order to maintain a maximum amount of original elements as required by the authenticity principle, a basic principle of conservation (Unger and Unger 1994, Unger et al 2001, Timar 2003, Sandu 2008, Unger 2009).

The consolidation material should impart sufficient strength to the consolidated object while also ensuring some cohesion of the disrupted structure, so that high molecular weight organic compounds are employed. These include natural resins, oils, waxes, collagen glues and synthetic thermoplastic or thermosetting polymers. Depending on the materials used for impregnation three variants of consolidation technologies can be distinguished: consolidation with thermoplastic polymers and resins in solution; consolidation with monomers followed by *in situ* polymerisation and consolidation with thermosetting resins with or without solvent (Wang and Schniewind 1985, Unger and Unger 1994, Unger et al 2001, Timar 2003).

Currently, consolidation with thermoplastic synthetic polymers in solution seems to be the most often employed variant in practical applications by different laboratories (Drcova and Kucerova, Caretti and Dei 2003) as it cumulates the advantage of a simple technique with that of the reversibility (the polymer fixed in wood remains soluble in the original solvent and could be, theoretically at least, extracted back if necessary). Potential *reversibility, compatibility* and *re-treatability* are conditions imposed nowadays to the consolidants (Unger 2009).

However, this is not the most efficient procedure in terms of degree of impregnation with polymer and consequent consolidating effects. The other two variants can be more efficient in this respect, but they have their own drawbacks. Consolidation with thermosetting resins is not reversible at all, whilst consolidation with *in situ* polymerising monomers is difficult to achieve, requires special equipments while conferring also a too plastic like aspect to the consolidated object due to the high amount of polymer formed not only inside the wood but also on the surface (Unger et al 2001, Timar 2003).

The effectiveness of a consolidation process depends ultimately on the amount on solid consolidant remained into the material/object to consolidate, also known as consolidant retention,

de consolidant, adâncimea de pătrundere, uniformitatea distribuției (aspecte ce ar putea fi cumulate sub termenul de *grad de impregnare*) și în mod evident de proprietățile mecanice ale consolidantului solid (polimer). Gradul de impregnare va depinde de o serie de factori ce țin de materialul de consolidare (polimer), solventul utilizat la prepararea soluției de impregnare, concentrația și vâscozitatea soluției, permeabilitatea materialului lemnos ce va fi consolidat, tehnica de «impregnare» utilizată (pensulare, injectare, imersie, impregnare în vid, altele) și alți parametri de tratare precum durata și temperatura (Wang și Schniewind 1985, Unger și Unger 1994, Unger ș.a 2001, Timar 2003, Formakalidis 2006).

Toate aceste aspecte trebuie minuțios examinate în corelație cu natura artefactului atunci când se alege un tratament de consolidare adecvat, o atenție specială trebuind acordată tipului de finisaj.

O metodologie practică care să indice gradul de impregnare atins prin variante diferite de tratare pe epruvete test ar fi ideală pentru alegerea rațională a unui tratament adecvat care să fie aplicat practic pe un obiect real valoros și / sau dezvoltarea și testarea de noi materiale și tehnologii de consolidare a lemnului și altor materiale (Feretti 1993, Formakalidis 2006, Bugani ș.a 2008).

Metodele de investigare nedistructive ce utilizează razele X (radiografia clasică, computer-tomografia RCT, tomografia cu radiații sincrotron și micro-tomografia), neutronii (radiografia cu neutroni) sau ultrasunetele sunt metodele preferate în domeniul conservării (Lehmann ș.a 2005, Favaro ș.a 2007, Bugani ș.a 2008, Van del Bulcke ș.a 2009). Acestea nu sunt însă întotdeauna accesibile, astfel că alte metode precum microscopia și tehnicile spectroscopice, deși distructive, sunt utilizate cu condiția prelevării și pregătirii corespunzătoare a unor probe relevante (Derick ș.a 1999, Feretti 1993, Caretti și Dei 2003, Favaro ș.a 2007, Sawyer ș.a 2007).

OBIECTIVELE CERCETĂRII

Lucrarea de față a vizat testarea unor posibilități practice de caracterizare a gradului de impregnare obținut în tratamente de consolidare a lemnului cu soluții de polimeri și ceruri utilizând metode de investigare relativ simple. Aceasta abordare a luat în considerare atât estimări cantitative globale ale cantității de consolidant rămasă în lemn cât și investigații calitative microscopice și spectroscopice (FTIR) a pătrunderii și distribuției acestuia în lemn. În acest scop s-au utilizat probe mici de lemn sănătos nedegradat de molid (*Picea abies* Mill) care au fost impregnate prin imersie de scurtă durată în diferite soluții /amestecuri de consolidare.

Prezenta lucrare tratează metodologia generală și microscopia optică, în timp ce investigațiile FTIR vor fi prezentate într-o lucrare viitoare.

Pentru a evalua și compara obiectiv pătrunderea consolidanților în lemn pe baza imaginilor microscopice, s-a folosit metoda ImageJ. ImageJ este un soft de procesare a imaginii foarte eficient în determinarea marginilor unor caracteristici

the depth of penetration, uniformity of distribution (aspects that could be cumulated under the term of *impregnation level*) and obviously the physical and mechanical properties of the solid consolidant (polymer). The impregnation level will depend on several factors related to the consolidating material (polymer), the solvent used for preparing the solution for impregnation, the concentration and viscosity of the solution, the permeability of the wooden material to consolidate, the «impregnation» technique applied (brushing, injection, immersion, vacuum impregnation, other) and other treating parameters such as time and temperature (Wang and Schniewind 1985, Unger and Unger 1994, Unger et al 2001, Timar 2003, Formakalidis 2006).

All these aspects have to be carefully examined in correlation with the nature of the artefact when trying to select an adequate consolidation treatment; a special attention should be addressed to the type of finish.

A practical methodology to give indications on the actual impregnation level achieved for different treating variants applied on test specimens would be of great importance for a rational decision on the treatment to be practically applied on a real valuable artefact and /or for developing and testing new products and procedures of wood and other materials consolidation (Feretti 1993, Formakalidis 2006, Bugani et al 2008).

Non-destructive investigation methods employing X rays (classical radiography, Roentgen Computer Tomography –RCT, Synchrotron Radiation Tomography and micro-tomography), neutrons (neutron radiography) or ultrasounds are preferred (Lehmann et al 2005, Favaro et al 2007, Bugani et al 2008, Van del Bulcke et al 2009). However, these are not always ready available so that other methods such as microscopic and spectroscopic techniques, though destructive, are employed, provided that relevant samples are extracted and adequately prepared (Derick et al 1999, Feretti 1993, Caretti and Dei 2003, Favaro et al 2007, Sawyer et al 2007).

RESEARCH OBJECTIVES

The purpose of this work was to look at some practical possibilities of characterising the impregnation level achieved in some consolidation treatments with solutions of polymers and waxes employing relatively simple and ready available methods. This approach considered both quantitative global estimations of the amount of consolidating material remained in wood and qualitative microscopic and spectroscopic (FTIR) investigations on the penetration and distribution of the consolidating material into wood. For this purpose were used small samples of sound, not degraded spruce (*Picea abies* Mill) which were impregnated by short time immersion in different consolidation solutions / mixtures. The current paper deals with the general methodology and optical microscopy, while the FTIR investigations will be presented within the next issue.

In order to objectively assess and compare the

structurale de interes, pentru calcularea ariei acestor elemente, a proporției acestora și alte măsurători utile (<http://en.wikipedia.org/wiki/ImageJ>). Această metodă a fost testată anterior dovedindu-se aplicabilă pentru secțiuni microscopice de lemn de către Gurău ș.a (2010).

MATERIALE ȘI METODE

Produse de consolidare și epruvete

În acest studiu au fost utilizate epruvete mici din lemn sănătos și diverse produse de consolidare. Epruvetele de lemn au fost blocuri paralelipipedice din molid (*Picea abies* Mill) cu dimensiuni de (10x10x15)mm pe direcțiile radială, tangențială și longitudinală, debitate din lemn sănătos, condiționate la 20°C și umiditate atmosferică de 50-55%, rindeluite pe fețele longitudinale și șlefuite cu hârtie abrazivă cu granulația 150 înainte de tratare.

Produsele de consolidare au fost Paraloid B72 (copolimerul acrilic cel mai frecvent utilizat în conservarea lemnului dar și a altor materiale), ceară de albine și două tipuri de parafine modificate cu ceară. Uleiul de in a fost utilizat ca și diluant al cerii de albine. Produsele de consolidare, compoziția și codurile soluțiilor / amestecurilor de tratare (menținute și pentru tratarea epruvetelor din lemn) sunt sistematizate în Tabelul 1.

penetration of consolidants in wood based on the microscopic images, the method using ImageJ was used in this paper. ImageJ is an image processing software for determining edges of features that are of interest, calculating their area, proportion and other useful measurements (<http://en.wikipedia.org/wiki/ImageJ>). This was tested and found applicable on wood micro slides by Gurău et al. (2010).

MATERIALS AND METHODS

Consolidation Products and Wooden Samples

Small sound wooden samples and different consolidation products were employed in this study. The wooden samples were parallelepiped blocks of spruce wood (*Picea abies* Mill) with dimensions of (10x10x15)mm on the radial, tangential and longitudinal directions, respectively, cut from sound wood, conditioned at 20°C and 50-55% RH, planned on the longitudinal faces and sanded with 150 grit size before treatment.

The consolidation products were Paraloid B72 (an acrylic copolymer which is practically the most often used in the conservation of wood and other materials), bee wax and two types of wax modified paraffins. Drying linseed oil was used as a diluent of bee wax. The consolidation products and the composition and codes of the treating solutions/mixtures (also employed for the treated wood samples) are summarised in Table 1.

Tabelul 1 / Table 1

Produse de consolidare, compoziția amestecurilor de tratare și coduri / Consolidation products, composition of treating mixtures and codes

Produsul de consolidare / Consolidation product	Caracteristici / Characteristics	Preparare pentru utilizare / Preparation for utilisation		Cod / Code
		Soluție/Amestec / Solution / Mixture	Concentrație / Concentration	
Paraloid B72	Granule, transparent, Incolor / Granules, transparent, colourless	Soluție în toluen / Solution in toluene	50 g/l	C1
		Soluție în toluen / Solution in toluene	100 g/l	C2
		Soluție în etanol / acetonă (1/1, v/v) / Solution in ethanol / acetone (1/1, v/v)	50 g/l	C3
Ceară de albine/ Bee wax	Solid, culoare galbenă / punct de topire ~60°C / Solid, yellow, melting point ~60°C	Topitură / Melt	100 %	CA
		Topitură / Ulei de in Amestec 1 / 1 (w/w) / Melt / linseed oil Mixture 1/1 (w/w)	50 %*	CA_U
Parafină histologică PHG / Paraffin wax PHG	Granule, punct de topire ~54-58°C / Granules, melting point ~54-58°C	Topitură / Melt	100 %	PHG
Parafină histologică bloc PHB / Paraffin wax PHB	Solid, transparent, punct de topire ~54-58°C / Solid, translucent, melting point ~54-58°C	Topitură / Melt	100 %	PHB

* Concentrația de 50 % se referă la faza de preparare; conținutul real de substanță uscată al amestecului ar trebui să fie mai mare fiind utilizat ulei de in sicativ /
* The concentration of 50 % refers to the preparation phase; the real solids content of the mixture allowed to dry should be much higher as a drying oil was employed.

Epruvetele din lemn au fost inițial cântărite și măsurate, tratate prin imersie totală timp de 15 minute în soluțiile / amestecurile de consolidare, sugativate ușor pentru îndepărtarea produsului în exces, cântărite pentru a calcula consumul de soluție / produs de tratare (Csp, în g/m²) și apoi lăsate la uscat în laborator în condiții normale de temperatură și umiditate atmosferică (aproximativ 20°C și 50-55% umiditate relativă). Tratamentul de imersie a fost realizat la temperatura camerei (20°C) în cazul Paraloidului B72 (soluțiile C1, C2, C3) și pe baie de apă la aproximativ 80°C pentru produsele tip ceară și parafină (CA, CA_U, PHG, PHB). Probele astfel tratate au fost cântărite periodic până la atingerea unei mase constante, calculându-se creșterea procentuală de masă (WPG, în %) în urma tratării. Pentru fiecare produs de consolidare au fost tratate câte trei epruvete, alte trei epruvete fiind păstrate ca și probe martor.

Influența tratamentului de consolidare asupra absorbției de apă în lemn a fost de asemenea determinată, aceasta fiind considerată o dovadă indirectă a pătrunderii consolidanților în lemn. Determinarea s-a realizat prin imersarea totală în apă distilată a probelor la temperatura camerei, probele fiind cântărite după 2h și apoi după 24h pentru a calcula valorile absorbției de apă după aceste intervale de timp (WA2, WA24, %).

Investigarea microscopică a probelor

În investigarea microscopică a pătrunderii consolidanților în lemn s-a utilizat un stereomicroscop de tipul OPTIKA SZM2 echipat cu o cameră video PRO CAM 3, capabil de a opera în transmisie (TLM) și reflexie (RLM). Pentru a avea o imagine a penetrării și distribuției consolidantului în lemn, s-au tăiat cu microtomul o serie de secțiuni microscopice transversale cu grosime de 30-60μm. În acest scop probele de lemn au fost în prealabil plastificate prin imersie în apă la temperatura camerei pentru 48h, iar fața transversală a fost îndreptată prin tăiere cu microtomul pentru a obține o suprafață netedă (1-2 tăieturi de 30-60μm, adică în medie 100μm). Aceste micro-secțiuni au fost colectate cu o pensulă și montate pe lamele microscopice cu apă distilată, câte trei secțiuni consecutive pe o lamelă, codificate după cum urmează: (1.1, 1.2, 1.3), (2.1, 2.2, 2.3), (3.1, 3.2, 3.3), astfel că fiecare secțiune corespunde unei anumite adâncimi pe direcție longitudinală (vezi Fig. 1).

S-a considerat că în acest mod ar putea fi examinate pe fiecare lamelă/micro-secțiune adâncimile de pătrundere a consolidantului pe direcțiile radială și tangențială prin studierea zonelor de margine a secțiunii transversale, în timp ce pătrunderea pe direcție longitudinală ar putea fi analizată prin examinarea zonelor centrale a unei serii de secțiuni până când identificarea consolidantului nu mai este posibilă.

Grosimea de secționare (g , în μm) a micro-secțiunilor a fost constantă și specifică pentru fiecare probă în parte, fiind practic impusă de probă, respectiv gradul de plastifiere al acesteia ce a determinat ușurința sau dificultatea tăierii. Valorile

The wooden samples, initially measured and weighed, were treated by total immersion for 15 minutes into the consolidation solutions/mixtures, squeezed to remove the excess of product, weighed to calculate the solution/product uptake (Csp, in g/m²) and allowed to dry in the laboratory in normal conditions of temperature and RH (approximately 20°C and 50-55% RH). The immersion treatment was done at room temperature (20°C) for Paraloid B72 (solutions C1, C2, C3) and on a water bath at around 80°C for the wax and paraffin products (CA, CA_U, PHG, PHB). The treated samples were then weighed periodically until reaching a constant weight and the weight percent gain (WPG, in %) resulted from the consolidant retention was calculated at this point. Three replicate samples were prepared for each treating variant and a similar number of untreated samples were kept as controls.

The effect of the consolidation treatments applied on the water absorption in wood was also assessed as an indirect proof of the consolidants penetration in wood. This was achieved by a total immersion test, the samples being weighed after 2h and then 24h of immersion in distilled water at room temperature to calculate the corresponding water absorption values (WA2, WA24, %).

Microscopic Investigation of Samples

A stereomicroscope type OPTIKA SZM2 equipped with a PRO CAM 3 video-camera and possibilities of operating in transmission (TLM) and reflection (RLM) modes was employed to study the penetration of the consolidation products into wood. To have an image of penetration and distribution of the consolidant into wood a series of thin cross-sections of 30 - 60μm were cut with a microtome from the wooden samples previously plasticized by immersion in water at room temperature for 48h and trimmed with the microtome to get a clear cut surface (1-2 cuts of 30-60μm, which means in average 100μm). These micro sections were collected with a pinset and mounted with distilled water on microscopic slides as sets of three consequent sections coded accordingly: (1.1, 1.2, 1.3), (2.1, 2.2, 2.3), (3.1, 3.2, 3.3), so that each section corresponded to a certain depth on the longitudinal direction (Fig. 1).

It was thought that in this way the transverse penetration of the consolidant on the radial and tangential directions could be examined on each slide looking at the edge areas, while longitudinal penetration could be appreciated examining a central area of the successive sections until the presence of the consolidant could not be anymore detected.

The cutting thickness (g , in μm) of the micro sections was constant for a certain type of sample and was practically imposed by the sample itself, respectively the plasticization degree and the sample easiness/difficulty of cutting. The thickness values were 60 μm for the control samples M and the samples treated with Paraloid B72 in the variants C1, C2, 40 μm for the treated samples C3 and 30 μm for the rest of the samples, the ones treated with wax

grosimilor de tăiere au fost de 60 μ m pentru probele martor M și probele tratate cu Paraloid B72 cu soluțiile C1, C2 și 40 μ m pentru probele tratate cu C3, restul probelor, respectiv cele tratate cu produse pe bază de ceară: CA, CA_U, PHG și PHB, fiind secționare la 30 μ m.

O altă încercare de a avea o imagine globală a pătrunderii consolidantului în lemn pe direcțiile longitudinală și radială a fost realizată prin spintecarea probelor pe direcție longitudinal – radială, și examinarea probelor spintecate în lumină reflectată (RLM) pentru a vizualiza zonele limitrofe fețelor laterale și zona capătului transversal tratat și neîndreptat (Fig. 1).

type products: CA, CA_U, PHG, and PHB.

Another attempt was made to have a global image of the penetration of consolidant on the longitudinal and radial directions by further splitting the samples on longitudinal-radial direction and examining the samples in reflected light (RLM) to visualise the areas near the lateral faces and the cross-cut treated end not trimmed (Fig. 1).

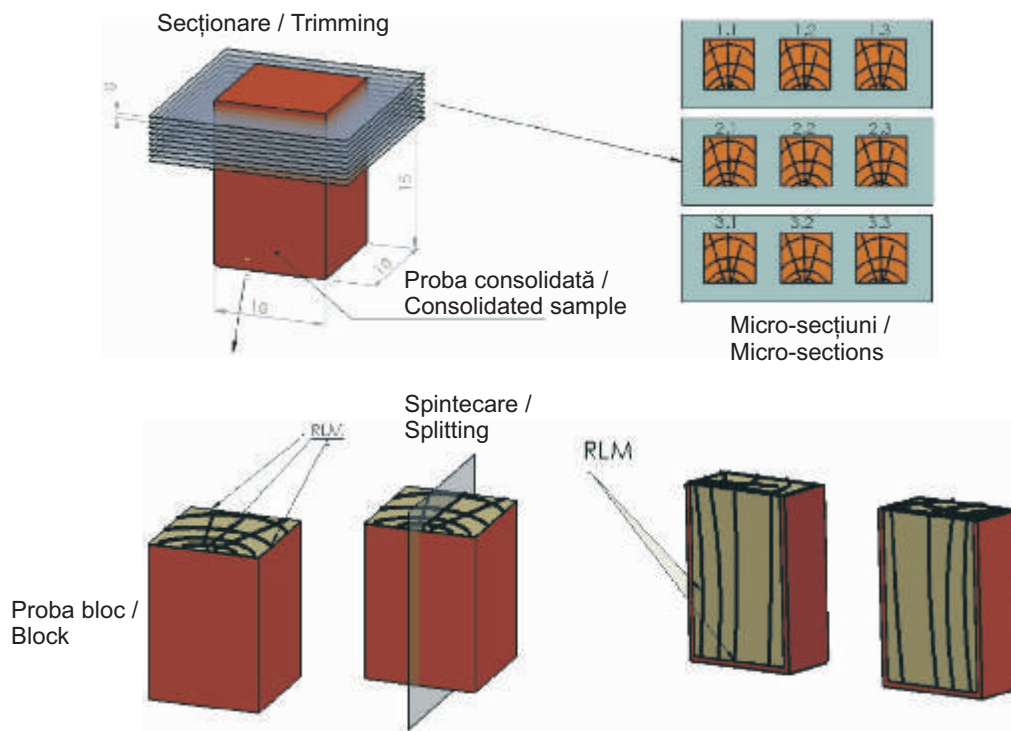


Fig. 1.

Probe și secțiuni investigate microscopic (micro-secțiuni transversale și spintecarea probei după secționare) / Test samples and sectioning for microscopic examination (cross-cut micro-sections and remaining of splitted blocks).

Pentru a evalua obiectiv și pentru a compara pătrunderea și retenția consolidanților în lemn printr-o altă metodă decât examinarea vizuală, imaginile microscopice ale micro-secțiunilor realizate la diferite adâncimi au fost analizate prin softul ImageJ. Softul identifică «obiectele» de interes, zonele impregnate cu consolidant în acest caz, selectează conturul și redă o imagine mască unde doar zonele de interes sunt păstrate. Împreună cu această imagine mască, softul oferă date numerice, sub forma unui tabel de măsurători, cu privire la zonele selecționate și măsurate precum: aria și perimetrul fiecărui obiect, aria totală și suprafața medie a obiectelor, procentul și numărul obiectelor identificate în imagine.

Ordinea operațiilor investigației este aceeași cu cea descrisă în detaliu de Gurău ș.a 2010. Pentru fiecare micro-secțiune s-a măsurat aria totală acoperită de substanța de consolidare și fracția din aria totală reprezentată de aceasta.

To objectively assess and compare the penetration and retention of consolidants in wood in a different way than by means of a visual examination, the micro slides taken at various depths were analysed with ImageJ. The software identifies objects of interest, as areas of consolidant in this case; it selects the contours and returns a mask image where only the objects (areas) of interest are kept. Together with the mask image it provides numerical data in a spreadsheet about the measured objects such as: area and perimeter of each object, total and average area of objects, percentage and number of objects detected in an image.

The sequence of operations was the same as those described in detail in Gurău et al 2010. For each micro slide was measured the total area covered by the substance and its area fraction.

REZULTATE ȘI DISCUȚII**Tratamentul probelor**

Tratarea epruvetelor de molid prin imersie de scurtă durată (15 min) în produsele utilizate a rezultat într-o creștere de masă, indicată de valorile WPG din Tabelul 2. Se poate observa că, după cum era de așteptat, în cazul Paraloidului aplicat în soluții diluate (50-100g/l) valorile WPG sunt mici (2.19 - 4.20%), valorile corespunzătoare fiind mult mai mari în cazul produselor pe bază de ceară și parafină (20.37 - 26.64 %) aplicate în stare de topitură (corp solid 100 %) sau diluate cu ulei de în siccativat.

Deși este de așteptat o influență a solventului asupra penetrabilității în lemn a produselor de consolidare, respectiv o penetrabilitate mai bună a solventilor puțin polari care sunt preferați în consolidare (Schniewind și Wang 1985, Formakalidis 2006), rezultatele obținute în cazul Paraloidului utilizat ca soluție în amestec de acetonă și etanol (solvent polar) au arătat o creștere în masă WPG dublă față de cazul soluțiilor de aceeași concentrație dar în toluen, solvent nepolar (C1 comparat cu C3)(Tabelul 2).

Faptul că o absorbție mai mare de soluție și retenție de consolidant au fost obținute în cazul solventilor polari (amestec etanol – acetonă – soluția C3) este o ipoteză ce trebuie verificată prin experimente ulterioare, iar problema în sine este una controversată în prezent. Spre exemplu, cercetătorii precum Schniewind și Wang (1985) au raportat ca și curioase și neașteptate rezultate în cadrul unor experimente de consolidare a lemnului fragilizat cu polimeri acrilici, inclusiv Paraloidul B72, când efectele de consolidare obținute (rezistențe mecanice) au fost mai bune în cazul utilizării unor solventi polari (Schniewind și Wang 1985).

Este foarte probabil, în opinia noastră, ca adâncimea de pătrundere să fie favorizată de solventii nepolari, în timp ce cantitatea de soluție absorbită, care în final duce la retenția de consolidant, să fie favorizată de solventii polari datorită interacțiunilor mai puternice cu suportul lemnos polar. Penetrabilitatea (adâncimea de pătrundere, distribuția) și absorbția (cantitatea) ar trebui înțelese și analizate în mod independent. Mai multe investigații se impun în acest domeniu pentru clarificare.

**Variante de tratare: creșterea în masă și influența asupra absorbției de apă /
Treating variants: weight increase and influence on the water absorption**

Produs de consolidare / Consolidation product	Cod / Code	Absorbție de soluție / amestec [g/m ²] / Solution / mixture uptake [g/m ²]	Lemn tratat / Treated wood		
			WPG [%]	Water absorption WA [%]	
				2 h	24 h
Paraloid B72	C1	125.40 ± 10.04	2.19	22.98	51.71
	C2	142.25 ± 20.78	3.79	16.68	40.54
	C3	224.55 ± 30.50	4.20	18.04	44.79
Ceară albă / Wax	CA	214.17 ± 36.39	26.64	1.56	12.89
	CA_U	183.07 ± 34.69	20.37	2.90	21.25
Parafină granule PHG/ Paraffin granules PHG	PHG	170.08 ± 32.31	23.32	5.27	22.79
Parafină bloc PHB / Paraffin PHB	PHB	198.18 ± 7.81	26.80	2.89	17.81
Proba martor / Control sample	-	-	-	41.18	57.26

RESULTS AND DISCUSSION**Samples Treatment**

The treatment of the spruce samples by short time immersion (15min) with the consolidation products employed resulted in a weight increase as reflected by the WPG values in Table 2. It can be observed that, as expectable, in the case of Paraloid applied as quite diluted solutions (50-100 g/l) the WPG values were small (2.19 - 4.20%), whilst much higher values of WPG (20.37 - 26.64%) were obtained for the wax and paraffin products used in molten state as such (100%) or diluted with drying linseed oil.

Though an influence of the carrier solvent is expectable with a better penetration into wood of the less polar solvents which are preferred for consolidation (Schniewind and Wang 1985, Formakalidis 2006), the results obtained in the case of the Paraloid used as solution in a mixture of acetone and ethanol (polar solvent) showing practically a value of WPG double than in the case of a solution of the same concentration in toluene which is non-polar (C3 compared to C1)(Table 2) indicate a totally different situation.

The fact that a higher absorption of solution and consolidant retention can be obtained in the case of the polar solvents (ethanol – acetone mixture -C3 solution) has to be verified by further experiments and is actually a matter under discussion. For instance, even Schniewind and Wang (1985) reported as curious unexpected results where a better consolidation of wood was obtained with acrylic polymers, including Paraloid B72, when used in polar solvents (Schniewind and Wang 1985).

It is likely, in our opinion, that depth of penetration to be favoured by the non-polar solvents, whilst the absorption of solution leading to the consolidant retention to be favoured by the polar solvents due to a much higher interaction with the polar wooden substrate. Penetration (depth, distribution) and absorption (quantity) should be understood and analysed separately. However, more research and a deeper investigation are needed in this field.

Tabelul 2 / Table 2

În general, este de așteptat ca introducerea unui consolidant în lemn să reducă absorbția de apă, cu excepția cazului în care este utilizat ca și consolidant un produs cu caracter hidrofил, astfel că produsele de consolidare preferate sunt cele hidrofobe. Datele experimentale (valorile absorbției de apă WA după 2 și 24h de imersie, prezentate în Tabelul 2), arată o reducere semnificativă a absorbției de apă în cazul lemnului tratat cu produse pe bază de ceară și uleiuri (CA, CA_U, PHG, PHB), ceea ce este în concordanță cu valorile WPG mari și caracterul puternic hidrofob al acestor produse. Paraloidul B72 este un produs mai puțin hidrofob, însă nu un produs hidrofил, iar cantitatea de produs introdusă în lemn a fost mult mai mică. Astfel, s-a obținut o scădere mult mai redusă a absorbției de apă pe probele tratate cu soluțiile C1, C2, C3 în comparație cu probele martor. La toate materialele de consolidare testate efectul de respingere a apei a fost mai mare la începutul imersiei și a scăzut treptat, astfel că diferențele între valorile absorbției de apă pentru probele tratate și netratate au fost mai mari după 2h de imersie și au scăzut după 24h de imersie, constatându-se practic un efect de întârziere al procesului de absorbție al apei în lemn.

Investigarea microscopică

Investigarea microscopică a probelor tratate prin tehnica simplă utilizată în această cercetare a permis evidențierea prezenței produselor de consolidare în structura lemnului, dovedindu-și utilitatea dar și limitele. Un efect dorit și scontat al tratamentului de consolidare este umplerea parțială a golurilor din lemn, incluzând lumenele celulare ale lemnului sănătos și extra-porozitatea rezultată prin degradare (biologică), precum galerii de insecte, ruperi ale peretelui celular, micro-fisuri, fisuri interne. În acest sens, microscopia optică prin transmisie (TLM) și prin reflexie (RLM) au fost utilizate pentru studiul micro-secțiunilor transversale, în timp ce blocurile de lemn masiv consolidate rămase după tăierea acestora au fost examinate în lumină reflectată (RLM).

Fotografiile din Fig. 2 prezintă imagini caracteristice ale micro-secțiunilor transversale ale probelor martor netratate și a celor tratate în lumină transmisă (golurile / lumenele sunt deschise la culoare iar zonele consolidate sunt închise) și în lumină reflectată (golurile / lumenele sunt închise la culoare iar zonele cu consolidant sunt mai deschise la culoare, albicioase și câteodată lucioase și foarte reflectorizante – Fig. 2).

Deși prezența consolidantului în structura lemnului poate fi evidențiată ca umplere parțială a lumenelor sau zonă lucioasă, foarte reflectorizantă în secțiunile transversale (atât în cazul micro-secțiunilor subțiri cât și în cazul probelor consolidate în sine – vezi și Fig. 4), zonele consolidate au fost greu de observat pe probele tăiate longitudinal.

Spintecarea acestora pe direcție longitudinal – radială a evidențiat structura caracteristică a lemnului de rășinoase cu traheide longitudinale și raze transversale cu aspect lucios, dar prezența consolidantului a fost dificil de identificat în lumină

It is generally expected that the introduction in wood of the consolidating products will reduce water absorption, unless a highly hydrophilic product is used as consolidant and, with this respect, hydrophobic products are preferred as consolidants. The experimental data (WA values after 2 and 24 h immersion presented in Table 2) show a significant reduction of water absorption in the case of wood treated with wax type products and oils (CA, CA_U, PHG, PHB), in good accordance with the WPG values and the highly hydrophobic character of these products. Paraloid B72 is a less hydrophobic product, but not hydrophilic, and the amount of product introduced in wood was much lower. Accordingly, a much lower decrease of water absorption compared to the control wood was obtained for the treated samples C1, C2, C3. For all the consolidation products tested, the effect of water repellence was higher at the beginning of the immersion and decreased in time, so that the differences in water absorption between the treated and untreated samples were higher after 2h of immersion and decreased after 24h of immersion, proving an obvious effect of water absorption delay.

Microscopic Investigation

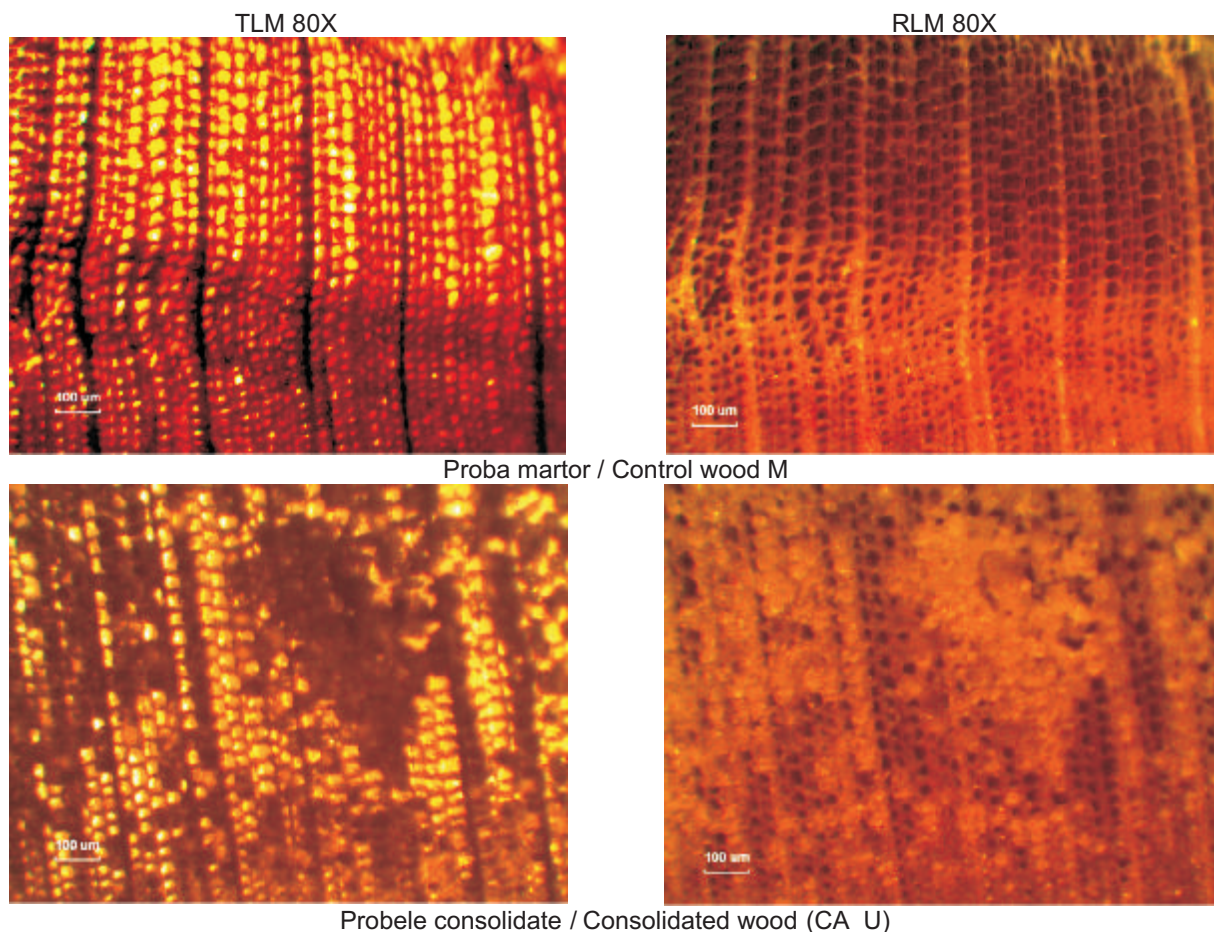
The microscopic investigation of the treated samples with the simple technique applied in this work could highlight the presence of the consolidating products in the wood structure being useful in this study, but also had some limits. A desired and expectable effect of a consolidation treatment is a partial filling of the wooden voids, including cell lumens of sound wood and the extra-porosity resulted by (biological) degradation (insect holes, cell wall disruptions, micro-checks, internal fissures). With this respect, both transmitted light microscopy (TLM) and reflected light microscopy (RLM) were applicable for the cross-cut micro sections, while the wooden blocks could be examined in reflected light (RLM).

The pictures in Fig. 2 present comparatively some characteristic images of cross-cut micro sections of untreated control wood and consolidated wood in transmitted light (voids / lumens are bright and consolidant filled areas are dark) and in reflected light (voids / lumens are dark and consolidant filled areas are lighter, whitish or sometimes shiny and highly reflective – Fig. 2).

Though the presence of the consolidant in the wood structure could be quite clearly revealed as lumens partial filling or shiny, highly reflective areas in cross-sections (for both thin micro sections and remaining wooden blocks – see also Fig. 4), the consolidated areas were difficult to observe on the longitudinally cut wooden blocks.

Their longitudinal - radial splitting highlighted the characteristic softwood structure pattern with longitudinal tracheids and transversal rays with shiny appearance, but the presence of the consolidant was difficult to identify in visible light without any previous staining (see Fig. 3).

Therefore, the examination of the longitudinally splitted blocks was found inappropriate for this study

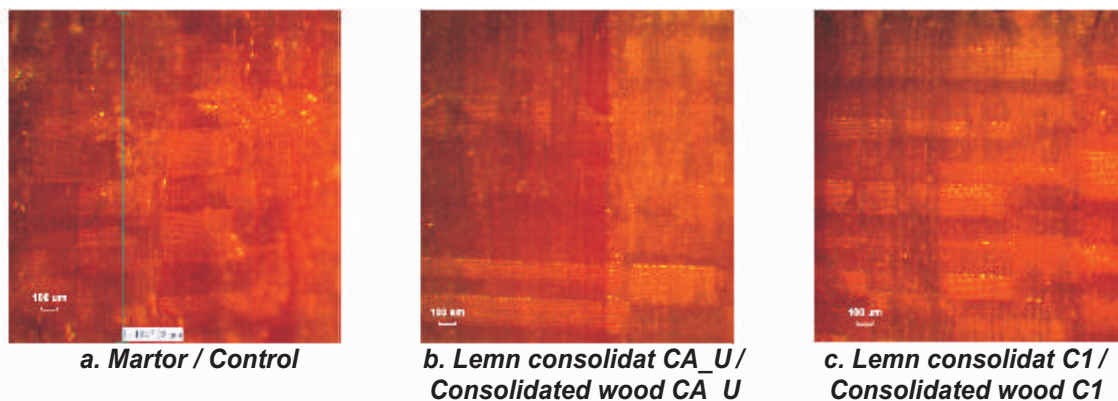
**Fig. 2.**

Aspectul comparativ al probelor martor netratate (sus) și tratate (jos) în lumină transmisă TLM (stânga) și lumină reflectată RLM (dreapta); fotografiile realizate sub stereomicroscop pe microsecțiuni de 30μm, mărire originală 80X /

Comparative aspect of untreated control wood (top) and consolidated wood (bottom) in transmitted light TLM (left) and reflected light RLM (right); pictures taken with a stereomicroscope on micro-sections of 30μm, original magnification 80X.

vizibilă fără o colorare prealabilă (Fig. 3). Prin urmare, examinarea probelor bloc spintecate longitudinal a fost ineficientă în acest studiu și abandonată, restul studiului axându-se exclusiv pe micro-secțiunile realizate pe direcție transversală și pe probele bloc rămase după secționare.

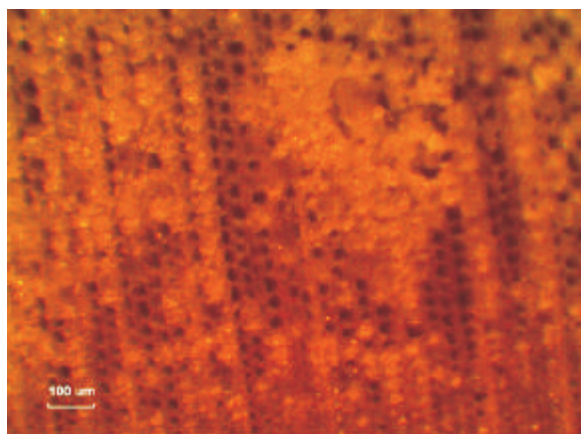
and not further developed, the rest of the study looking exclusively at the crosscut micro sections or remaining blocks.

**Fig. 3.**

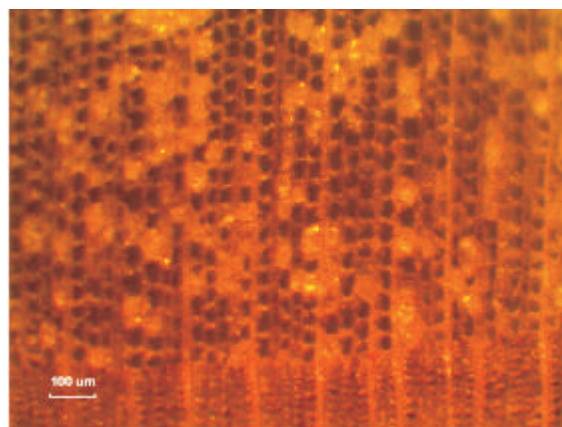
Aspectul comparativ al probelor martor neconsolidate (a) și al unor probe de lemn consolidat (b, c) spintecate radial-longitudinal examinate în lumină reflectată (RLM) – mărire originală 40 X / Comparative aspect of radial - longitudinally splitted blocks of untreated control wood (a) and consolidated wood (b, c) in reflected light (RLM) – original magnification 40 X.

Examinarea secțiunilor transversale (serie de micro-secțiuni subțiri și bloc consolidat rămas) a dovedit penetrarea consolidantului pe direcție longitudinală până la o anumite adâncime care a putut fi aproximată după numărul de micro-secțiuni, grosimea de tăiere și grosimea stratului de capăt îndepărtat inițial. În același timp a scos în evidență distribuția neuniformă a consolidantului în lemn, zone cu lumene complet umplute alternând cu zone de lumene goale. Conform supozițiilor s-a constatat o descreștere relativă a gradului de impregnare de la suprafață spre interiorul probei pe direcție longitudinală (Fig. 4, Fig. 5) și direcție transversală (Fig. 6), evidențiată de variația cantității de consolidant și a proporției zonei impregnate (Fig. 4).

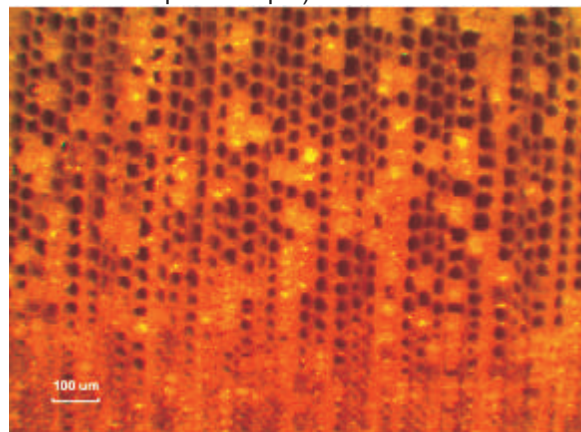
The examination of the cross sections (as a series of thin micro sections and of the remaining wooden block) proved the penetration of the consolidant on the longitudinal direction until a certain depth (that could be approximated considering the number of micro sections, their thickness and the initial trimming). It also showed an uneven distribution of the consolidant in wood, areas with lumens completely filled alternating with areas with totally empty lumens. As expectable, it was noticed a relative decrease of the impregnation level from the surface towards the inner of the sample on the longitudinal direction (Fig. 4, Fig. 5) and transversal direction (Fig. 6), evidenced by the variation of the amount of consolidant and the fraction of impregnated area (Fig. 4).



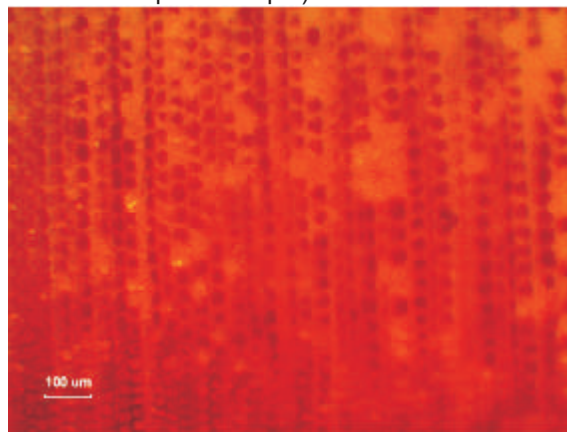
Micro-secțiune / Micro-section 1.3 (adâncime / depth ~190 μm) - TLM



Micro-secțiune / Micro-section 2.3 (adâncime / depth ~280 μm) - TLM



Micro-secțiune / Micro-section 3.3 (adâncime / depth ~370 μm) - TLM



Bloc - Proba consolidată / Block - Consolidated wood - RLM

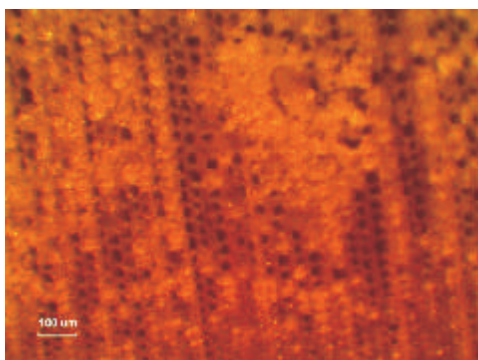
Fig. 4.

Evidențierea penetrării, retenției și distribuției consolidantului (CA_U) pe direcție longitudinală, pe o serie de micro-secțiuni și pe proba bloc rămasă (examinarea unei zone centrale, mărire originală 80X, TLM, RLM) /

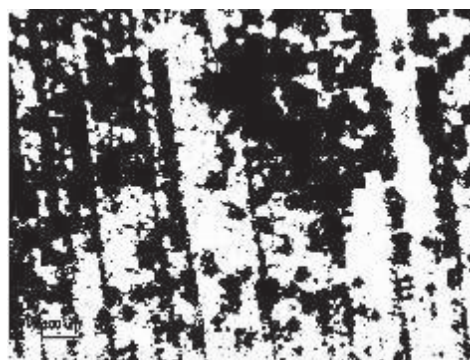
Evidentiation of consolidant (CA_U) longitudinal penetration, retention and distribution on a series of micro-sections and the remaining wooden block (examination of a central area, original magnification 80X, TLM, RLM).

În Fig. 5 sunt prezentate comparativ imaginile microscopice originale și imaginile mască corespunzătoare realizate cu ajutorul softului ImageJ. Zonele consolidate apar ca zone negre. Calculele au arătat o descreștere treptată de la lamela 1.3 la lamela 3.3 a suprafeței zonei consolidate. Proporția zonei impregnate calculate a

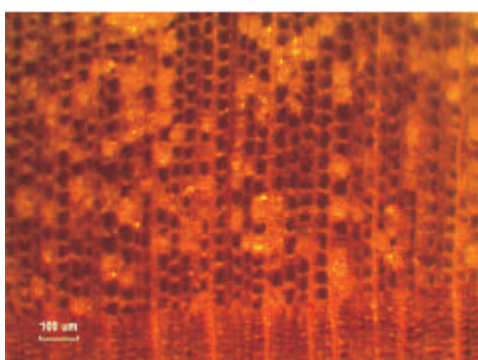
In Fig. 5 are presented comparatively the original microscopic images and their corresponding masks returned by ImageJ. Consolidant filled areas appear in black. The calculation results have shown a gradual decrease of filled areas from micro slide 1.3 to micro slide 3.3. The percentage area of the consolidant decreased from 55.2% on the micro-



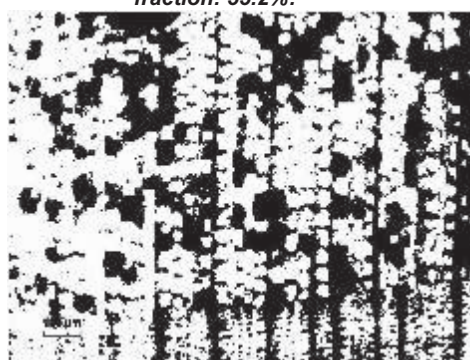
a. CA_U – Micro-secțiune / Micro-section 1.3
(adâncime / depth ~190µm), TLM, 80X



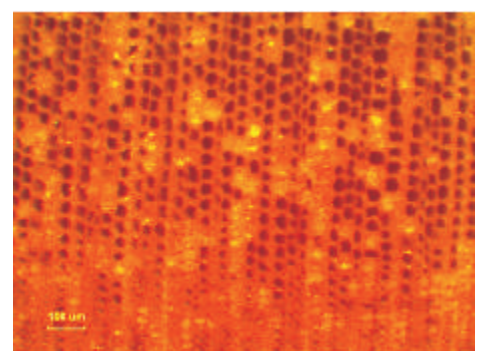
b. Imagine mască / Mask image:
prag / threshold: $69\mu\text{m}^2$;
arie investigată / investigated area :
 $1234.88 \times 927.91\mu\text{m}^2$;
aria totală impregnată / total impregnated area:
 $632666.292\mu\text{m}^2$;
proporția zonei impregnate / impregnated area
fraction: 55.2%.



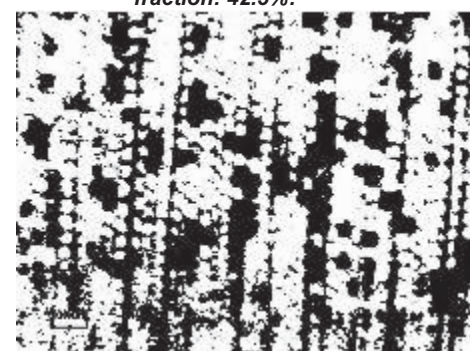
c. CA_U – Micro-secțiune / Micro section 2.3
(adâncime / depth ~280µm), TLM, 80X



d. Imagine mască / Mask image:
prag / threshold $69\mu\text{m}^2$;
arie investigată / investigated area :
 $1234.88 \times 927.91\mu\text{m}^2$;
aria totală impregnată / total impregnated area:
 $486846.935\mu\text{m}^2$;
proporția zonei impregnate / impregnated area
fraction: 42.5%.



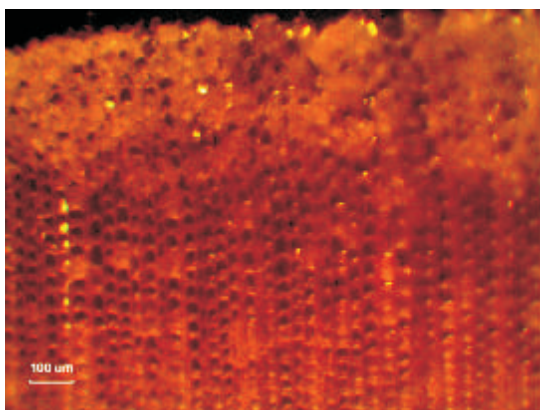
e. CA_U – Micro-secțiune / Micro section 3.3
(adâncime / depth ~370 µm), TLM, 80X



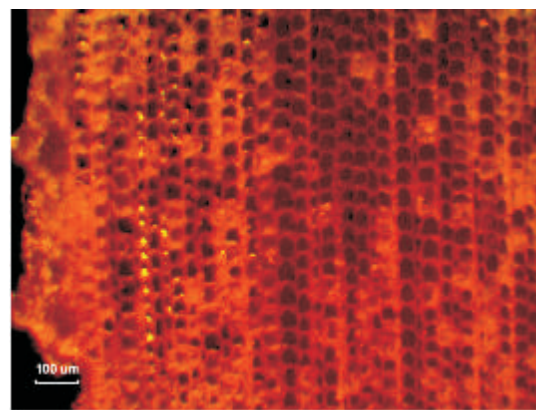
f. Imagine mască / Mask image:
prag / threshold $97\mu\text{m}^2$;
arie investigată / investigated area :
 $1234.88 \times 927.91\mu\text{m}^2$;
aria totală impregnată / total impregnated
area: $466852.343\mu\text{m}^2$;
proporția zonei impregnate / impregnated
area fraction: 42.5%.

Fig. 5.

Procesarea imaginii și calculul proporției zonei impregnate cu consolidant folosind softul ImageJ: a,c,e – micrografiile originale pentru trei micro-secțiuni succesive; b,d,f - imaginile mască corespunzătoare și parametrii specifici /
Image processing and calculation of the percentage of consolidated area using ImageJ software: a,c,e - original micrographs of three successive micro-sections; b,d,f - the corresponding mask images and specific parameters.



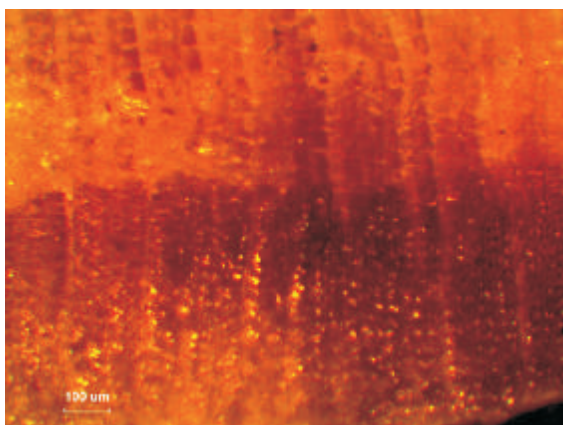
Zonă de margine a secțiunii microscopice corespunzătoare feței tangențiale - penetrare radială / Outer area of the micro-section corresponding to the tangential face - radial penetration



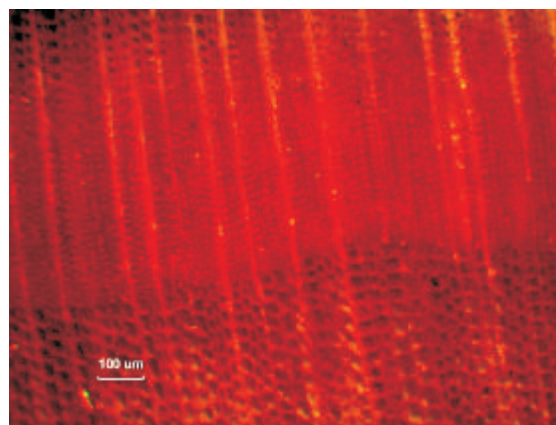
Zonă de margine a secțiunii microscopice corespunzătoare feței radiale - penetrare tangențială / Outer area of the micro-section corresponding to the radial face – tangential penetration

Fig. 6.

Evidențierea penetrării și distribuției consolidantului (CA) pe direcție transversală la microsecțiunea 3.2 (adâncime 340μm) - examinarea zonelor de margine, mărire originală 80X, TLM) / Evidentiation of consolidant (CA) transversal penetration and distribution on a cross – section of micro-section 3.2 (depth 340μm) - examination of outer areas, original magnification 80X, TLM).



Față marginală tangențială, micro-secțiune 1.2 (adâncime ~ 220 μm) / Tangential face margin, micro-section 1.2 (depth ~ 220 μm)



Zonă centrală, micro-secțiune 1.2 (adâncime ~ 220 μm) / Central area, micro-section 1.2 (depth ~ 220 μm)

Fig. 7.

Evidențierea Paraloidului ca zone lucioase și foarte reflectorizante: penetrarea pe direcție radială este esențială /

Evidentiation of Paraloid as shiny, highly reflective areas: radial penetration is important.

scăzut de la 55.2% pe micro-secțiunea 1.3, la 42.5% pentru micro-secțiunea 2.3 și în final la 40.7 % pe micro-secțiunea 3.3, reprezentând adâncimea maximă investigată. Aceste valori reprezintă repere orientative cu scop comparativ. Pentru validarea lor ca valori absolute ar fi necesar un număr mai mare de determinări.

Se poate așadar afirma că adâncimea de pătrundere pe direcție longitudinală a fost în acest caz mai mare de 370μm și investigația ar fi trebuit continuată prin tăierea de alte micro-secțiuni transversale pentru determinarea penetrării longitudinale totale (Fig. 5, Fig. 6).

Imaginile din Fig. 4 și 6 indică de asemenea o penetrare semnificativă a consolidantului pe direcție longitudinală comparativ cu penetrarea pe direcție transversală, în timp ce, penetrarea pe direcție radială a fost mai pronunțată decât pe cea tangențială (Fig. 6), așa cum era de așteptat date

section 1.3, to 42.5% on the micro-section 2.3 and finally, to 40.7% for the micro-section 3.3, corresponding to the deepest area investigated. Consequently, it can be stated that the longitudinal penetration was higher than 370μm in this case and the investigation should have been continued further by cutting more micro-sections (Fig. 5, Fig. 6).

The pictures in figures 4 and 6 also suggest a major contribution of longitudinal penetration in comparison with the transversal penetration, while the radial penetration was higher than tangential penetration (Fig. 6), which is in accordance to the wood permeability anatomically determined characteristics (Fig. 7).

If the presence of the wax type consolidants in the wood structure was easy to observe microscopically as a lumens filling effect because of the high solids content of the treating mixtures, the situation with the Paraloid B72, employed as solutions with a low

fiind caracteristicile anatomice ce determină permeabilitatea lemnului (Fig. 7).

Dacă prezența consolidanților pe bază de ceară, cu conținut ridicat de substanță uscată, a putut fi evidențiată microscopic prin umplerea parțială a lumenelor celulare, în cazul Paraloidului B72, situația a fost total diferită, datorită utilizării acestuia sub formă de soluții cu conținut scăzut de substanță uscată (5-10%). În variantele de tratare cu Paraloid B72 (C1-C3), lumenul a rămas practic gol, însă prezența consolidantului a fost evidențiată de aspectul lucios și reflectorizant al zonelor impregnate (Fig. 7). O contribuție esențială la impregnare au avut-o razele medulare a căror penetrare a fost reliefată de aspectul lor lucios. Imaginile microscopice sugerează și o impregnare mai bună în lemnul târziu, însă confirmarea acestui aspect necesită mai multe investigații.

CONCLUZII

Consolidarea lemnului prin impregnare cu polimeri reprezintă un pas esențial în conservarea lemnului, iar eficacitatea unui astfel de tratament depinde de o serie de factori ce țin de materialul lemnos, produsul de consolidare și procedeul de tratare. Penetrarea și distribuția consolidanților în structura lemnului reprezintă un factor determinant. Astfel, orice metodă de cuantificare simplă și la îndemână, chiar distructivă (presupunând prelevarea unor probe) devine utilă atât pentru cercetare cât și pentru aplicații practice.

Această lucrare utilizează microscopia optică în lumină vizibilă și propune o metodă de pregătire a probelor pentru a investiga penetrarea și distribuția unor produse de consolidare naturale (ceară de albine, ulei de in) și sintetice (Paraloid B72, parafine) în epruvete din lemn sănătos de molid, tratate prin imersie. În acest mod s-au obținut probe cu retenții diferite de consolidant și absorbții reduse de apă.

Examinarea în lumină transmisă (TLM) a microsecțiunilor transversale și în lumină reflectată (RLM) a blocurilor de lemn rămase a permis vizualizarea produselor de consolidare și distribuția acestora în structura lemnului. Prelucrarea imaginilor microscopice cu softul ImageJ a permis calculul suprafeței de penetrare a consolidantului precum și a proporției zonei impregnate.

O asemenea analiză realizată pe microsecțiuni succesive a demonstrat o descreștere a gradului de impregnare cu creșterea adâncimii de penetrare pe direcție longitudinală, venind în sprijinul observațiilor directe.

Observarea microscopică directă a consolidantului reținut în lemn a fost ușor de realizat pentru consolidanții având un conținut ridicat în corp solid (ceruri), care au umplut parțial lumenele. În privința soluțiilor diluate de Paraloid nu s-a observat umplerea lumenelor, în schimb zonele tratate au apărut foarte strălucitoare și puternic reflectorizante.

Prin natura lor produsele de consolidare utilizate în această cercetare, deschise la culoare sau incolore, transparente sau translucide au făcut ca observarea lor să fie mai dificilă în absența unei pregătiri speciale a probelor (de exemplu colorare)

solids content (5-10%) was totally different. In this case the lumens remained practically empty, but the presence of the consolidant could be proved by the shiny, highly reflective appearance of the impregnated areas (Fig. 7). An essential contribution of radial parenchyma cells to the impregnation was clearly shown by their very shiny aspect, whereas a better impregnation of the late wood was also suggested, but more research is needed to verify this aspect.

CONCLUSIONS

Wood consolidation by polymers impregnation is an essential step in wood conservation and the efficiency of such a treatment depends on many factors related to the wooden material, the consolidation product and the treating procedure. Penetration and distribution of the consolidants into the wood structure is a key factor. Therefore any simple and readily available quantification method, even destructive (needing samples extraction), is useful for both research and practical applications.

The present research employed optical microscopy in visible light and proposes a method for preparing samples in order to look at the penetration and distribution of some natural and synthetic consolidants into sound spruce wood test pieces treated by immersion. Thus, treated samples with different consolidation products uptake were obtained and these were characterised by a reduced water absorption.

The examination in transmitted light (TLM) of the cross-cut micro sections and in reflected light (RLM) of the wooden blocks allowed the visualisation of the consolidation products and their distribution in the wood structure. A further processing of the micrographs with the specialised ImageJ software allowed a calculation of area of consolidant penetration and a percentage fraction of impregnated area. Such an analysis made on successive micro-sections demonstrated a decrease of the impregnation level with the depth of penetration on longitudinal direction, backing direct observations.

The direct microscopic observation of consolidant retained in wood was easier for the consolidants with high solids content (waxes), which partly filled the lumens. With regard to the diluted Paraloid solutions, the lumens filling was not observed, instead the treated areas appeared very shiny and highly reflective. In itself the light coloured or colourless, transparent or translucent consolidation products used in this research made their observation more difficult without any special sample preparation (ex. staining) or contrast increasing techniques. In brief, the simple optical microscopy technique applied in conjunction with ImageJ software could be characterised as an useful though destructive method, but with specific limits with regard to some products observation and their identification.

sau a utilizării unor tehnici microscopice speciale de mărire a contrastului.

Pe scurt, tehnica simplă de microscopie optică aplicată coroborată cu softul lamgeJ poate fi caracterizată ca o metodă utilă deși distructivă, având însă anumite limite în privința evidențierii unor produse de consolidare și a identificării acestora.

În acest sens, pentru a completa și valida observațiile microscopice, ar fi necesară o metodă mai precisă de investigare capabilă de a detecta cu o mai mare sensibilitate și specificitate prezența unui anumit produs pe o anumită probă, cum ar fi o metoda bazată pe caracteristici ale structurii chimice. O astfel de metodă este spectroscopia în infraroșu FTIR, iar investigațiile făcute cu această tehnică pe aceleași microsecțiuni constituie obiectul unei publicații viitoare.

MULȚUMIRI

Autorii doresc să evidențieze contribuția studenților masteranzi de la Eco-design și restaurare la pregătirea probelor investigate.

Această cercetare este parte a proiectului CNCSIS ID 856/2008.

In this respect, a more accurate investigation method able to detect with a higher sensitivity and specificity the presence of a certain product on a certain sample, such as one based on chemical structure characteristics, namely infrared spectroscopy, would be necessary to complete and validate these direct microscopic observations. A FTIR investigation of the same micro-slides will be the object of a following paper.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the contribution of the post-graduate master students from the Eco-design and restoration course at the preparation of the investigated samples.

This research is part of the CNCSIS ID 856/2008 research project.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- BUGANI, S.; CLOETENS, P.; COLOMBINI, M.P.; GIACHI, G.; JANSSENS K.; MODUGNO, F.; MORSELLI, L.; VAN DE CASTEELE, E. (2008). Evaluation of Conservation Treatments for Archaeological Waterlogged Wooden Artefacts. In: Proc. of 9th International Conference on NDT of Art, Jerusalem Israel. www.ndt.net/search/docs.php3?MainSource=65
- CARETTI E.; DEI L. (2003). Physicochemical Characterisation of Acrylic Polymeric Resins Coating for Porous Materials of Artistic Interest. *Progress in Organic Coatings*, 49: 282-289.
- DERRICK M.; STULIK D.; LANDRY J. (1999). *Infrared Spectroscopy in Conservation Science*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- DRNCOVÁ, D.; KUČEROVÁ, I. (xxx). Wood Consolidation with Paraloid B72 Solutions, Institute of Chemical Technology, Department of Chemical Technology of Monument Conservation, Praga. www.technicalmuseum.cz
- FARMAKALIDIS H. V. (2006). Simple Method for Evaluation of Wood Consolidant Materials, ICONS: Approaches to Research, Conservation and Ethical Issues. International Meeting, Athens12/2006, www.iconographyalmanac.com
- FAVARO M.; MENDICHI R.; OSSOLA F.; SIMON S.; TOMASIN, P.; VIGATO, P. A. (2007). Evaluation of Polymers for Conservation Treatments of Outdoor Exposed Stone Monuments. Part II: Photo-oxidative and Salt-induced Weathering of Acrylic–Silicone Mixtures, *Polymer Degradation and Stability*, 92: 335-351.
- FERRETTI, M. (1993). *Scientific Investigations of Works of Art*. ICCROM, Rome, ISBN 92-9077-108-9.
- GURĂU, L., TIMAR, M.C., CIONCA, M., OLĂRESCU, A., DUMITRAȘCU, R. (2010). O metodă obiectivă de analiză a caracteristicilor microscopice a două resurse lemnoase secundare de fag (An Objective Method to Analyse Some Microscopic Characteristics of Two Secondary Beech Wood Resources). *PRO LIGNO* 6(1):35-45.
- LEHMANN, E., HARTMANN, S., WYER, P. (2005). Neutron Radiography as Visualisation and Quantification Method for Conservation Measures of Wood Firmness Enhancement, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A*, 542: 87-94. www.sciencedirect.com.
- SANDU, I. (2008). *Deteriorarea și degradarea bunurilor de patrimoniu cultural (Deterioration and Degradation of Cultural Objects)*, Vol. I, Vol.II, Editura Universității A.I. Cuza, Iași, ISBN 978-973-703-341-3.
- SAWYER, L.C.; GRUBB, D.T.; MEYERS, G.F. (2007). *Polymer Microscopy*, Springer.com., ISBN 978-0-387-72627-4.
- TIMAR, M.C. (2003). *Restaurarea mobilei – teorie și practică (Furniture Restoration – Theory and Practice)*. Editura Universității Transilvania, Brașov, ISBN 973-635-144-0.

UNGER, A.; SCHNIEWING, A.P.; UNGER, W. (2001). Conservation of Wood Artifacts. Springer Verlag Berlin. www.amazon.co.uk

UNGER, A.; UNGER, W. (1994). Conservation of Wooden Cultural Property. International Research Group on Wood Preservation, 25th International Meeting, Bali, Indonesia, Document IRG/WP 94 – 30038.

UNGER, A. (2009). Historic Consolidants for Wooden Works of Art in Germany. COST IE0601 Meeting, Prague, March 2009, www.woodculther.com

VAN DEL BULCKE, J.; VAN ACKER, J.; VAN HOOREBEKE, L. (2009). Three-Dimensional X-Ray Imaging and Analysis of Fungi on and in Wood. *Microscopy and Microanalysis*, 15: 395-402.

WANG, I. & SCHNIEWIND, A.P. (1985). Consolidation of Deteriorated Wood with Soluble Resins, *JAIC*, vol 24 (2): 77 – 91.



CONFERENCE TOPICS

- Quality Management as a Driver for Technological Changes
- Technology Transfer, Marketing and Commercialization
- Navigating Complexity: the Dynamics of Organizational Change
- Organizational Culture, Innovation and Technological Change
- Implementing Technological Changes - Models
- Tools for Technological Changes and Development
- Resistance to Change Management
- Development through Technological Change
- Leadership in Change
- Organizational Behavior in Change
- Technological Change Management in Education
- Core Competences in changing organizations
- Management of Technological Innovation. Challenges
- Change Management in crisis. Strategies
- Other related topics could also be included in the final Program of the Conference.

We would like to announce you that the previous six Conferences organized by CETEX – “Gheorghe Asachi” Technical University from Iasi, Romania, are now indexed in the “ISI Web of Knowledge” ISI Proceedings Database. <http://www.isiwebofknowledge.com/>

CONTACT

MTC's Secretariat, Romania

Contact Person: Gabriela TIMU, - “Gheorghe Asachi” TUI,
CETEX Department, Bd. D. Mangeron 53, TEX2, 2nd Floor, 700050
Tel. /Fax: +40 232 213708
Email: mtc@cetex.tuiasi.ro

