

**O INTROSPECTIVĂ A DEGRADĂRII
LEMNULUI DE FAG (*Fagus sylvatica* L.)
EXPUS TIMP ÎNDELUNGAT ÎN
EXTERIOR, DEASUPRA SOLULUI
Partea 1: Tipuri de degradare și influența
tratamentelor de suprafață, relevate prin
evaluare nedistructivă după 7 ani de
expunere**

**AN INSIGHT INTO BEECH WOOD (*Fagus
sylvatica* L.) DEGRADATION IN
OUTDOORS, ABOVE GROUND, LONG-
TIME EXPOSURE
Part 1: Degradation and influence of
surface treatments revealed by non-
destructive evaluation after 7 years**

Maria Cristina TIMAR*

Prof.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: timar@unitbv.ro

Emanuela BELDEAN

Lect.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: ebeldean@unitbv.ro

Octavia ZELENIU

Lect.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: zoctavia@unitbv.ro

Anca VARODI

Researcher dr. eng.- TRANSILVANIA University in Brasov, ProDD Institute
Adresa/Address: Str. Institutului nr.10, Brasov, Romania
E-mail: anca.varodi@unitbv.ro

Rezumat:

Fagul (Fagus sylvatica L.) este o specie lemnoasă importantă în România, iar cercetările care se referă la posibilitățile de îmbunătățire a proprietăților lemnului de fag, în special durabilitatea și stabilitatea dimensională în vederea extinderii și diversificării utilizării acestuia în aplicații în exterior, deasupra solului, sunt de un deosebit interes. În acest context este important să se studieze și să se înțeleagă complexitatea fenomenelor de degradare care se produc în timp, în aceste condiții și să se testeze eficiența tratamentelor de protecție prin teste în teren corespunzătoare. Cercetarea prezentată în această lucrare a avut ca scop evaluarea degradării probelor de fag tratate și netratate, după șapte ani expunere într-un test L-Joint modificat. S-a utilizat un sistem nedistructiv de evaluare și se prezintă diferitele aspecte privind degradarea complexă a lemnului și a peliculei de finisare, la nivel macro și microscopic. S-a analizat de asemenea influența tratamentului de bio-protecție cu un produs de referință urmat de finisarea cu o vopsea alchidică albă și o lazură alchidică semi-transparentă de culoare maro. Discolorarea datorită ciupercilor de mușci și albastreală și crăpăturile au fost principalele fenomene de degradare care au apărut pe fețele exterioare și în zona cepului. Putregaiul a

Abstract:

Beech (Fagus sylvatica L.) is an important wood species in Romania and research looking at the possibilities of improving beech wood properties, especially durability and dimensional stability for an extension and diversification of utilisation towards outdoors, above ground applications (UC3) is of great interest. In this respect, it is important to study and understand the complex degradation phenomena occurring in time under these conditions and to test the efficiency of the protective treatments in appropriate field tests. The research presented in this paper aimed to evaluate the degradation of control and treated beech wood samples after seven years exposure in a modified L-Joint test. A non-destructive evaluation system was employed and the different aspects of the complex degradation of wood and coatings, at macroscopic and microscopic level are presented. The influence of a preservation treatment with a reference biocide product and further coating with an alkyd white paint and a brown alkyd semi-transparent lasure is also discussed. Discoloration by mould and staining fungi and cracks were the main degradation phenomena occurring on the external faces and in the joint area (tenon). Decay was present on some treated samples, but not in a large extent, being ranked up to maximum average values of 2 in

* Autor corespondent / Corresponding author

fost prezent numai pe unele probe tratate, dar nu pe suprafețe mari, fiind evaluat la o valoare medie de maxim de 2 în cep și de 1.5 pe suprafețele exterioare. Tratamentele superficiale aplicate au avut doar un efect minor în reducerea degradării lemnului după o perioadă așa lungă de timp. Cele mai bune rezultate s-au obținut pentru probele tratate cu produsul de bio-protecție și ulterior finisate cu vopsea alchidică albă. Variabilitatea proprietăților lemnului ca material natural, coroborată cu numărul redus de probe paralele (3) și posibile mici diferențe în condițiile efective de testare (variația umidității între probe), trebuie luate în considerare la analiza rezultatelor experimentale.

Cuvinte cheie: fag; test L-joint modificat; putrezire; discolorare; crăpare lemn; degradare pelicule; efect factori de mediu.

INTRODUCERE

Lemnul de fag (*Fagus sylvatica* L.) este bine cunoscut ca o specie de foioase cu coeficienți mari de umflare și contragere și durabilitate naturală scăzută (Molnar ș.a. 2001), motive pentru care utilizările sale în condiții de exterior sunt foarte limitate (<http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/european-beech/>). În acest context, cercetările privind posibilitățile de îmbunătățire a proprietăților lemnului de fag, în special durabilitatea și stabilitatea dimensională, în vederea extinderii și diversificării utilizării acestuia în exterior, deasupra solului, corespunzător clasei de utilizare (UC) 3 definită de EN 335, sunt de interes. (http://www.erlauusa.com/Outdoor_Furniture.html).

Noile tehnologii, precum acetilarea sau tratamentele termice, s-au dovedit eficiente (Militz și Hill 2005, Van Acker și Peek 2008), dar alte tehnologii mai simple bazate impregnarea cu rășini (Pfeffer ș.a. 2012a, 2012b) și acoperirea superficială și-ar putea găsi o aplicare mai largă.

În acest sens, este important să se studieze și să se înțeleagă fenomenele complexe de degradare care apar în timp, în condițiile UC 3, ca rezultat al acțiunii combinate a factorilor biotici și abiotici (Eaton și Hale 1993, Hon 2001) și să se evalueze eficiența tratamentelor de protecție în teste în teren relevante (Van Acker și Stevens 2003, Raberg ș.a. 2005, Pfeffer ș.a. 2012a, 2012b).

În ultimele decenii au fost dezvoltate metode de testare în teren, pentru a evalua durabilitatea naturală a lemnului și eficiența produselor de protecție. Testele au fost concepute pentru utilizări ale lemnului în contact cu solul (EN 252) și deasupra solului (îmbinări în L EN 330, îmbinări suprapuse CEN/TS 12037). Evaluarea deasupra solului s-a dovedit a fi mult mai dificilă decât în contact cu solul, din cauza variațiilor mari în severitatea expunerii. Aceasta include nu numai variația condițiilor climatice în timp, ci și condițiile locale de expunere, care influențează conținutul de umiditate, temperatura și

the tenon area and 1.5 on the external surfaces of some samples.

The simple surface treatments applied had only a slight effect of reducing wood degradation over such a long period of time. The best results were obtained for the samples treated with biocide before finishing with the alkyd white paint.

In all cases the variability of wood as a natural material corroborated with the reduced number of replicate test samples (3) and possible small differences in the actual testing conditions (moisture content variations between samples) should be considered when analysing the experimental results.

Key words: beech wood; modified L-joint; decay; discoloration; wood cracking; coatings degradation; weathering effect.

INTRODUCTION

Beech wood (*Fagus sylvatica* L.) is well known as a hardwood species with high swelling and shrinking coefficients and low natural durability (Molnar et al 2001), reasons why its applications in outdoor conditions are very limited (<http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/european-beech/>).

Research looking at the possibilities of improving beech wood properties, especially durability and dimensional stability for an extension and diversification of utilisation towards outdoors, above ground applications, corresponding to the use class (UC) 3 defined by EN 335, is of interest (http://www.erlauusa.com/Outdoor_Furniture.html).

Novel technologies, such as acetylation or heat treatments proved their efficiency (Militz and Hill 2005, Van Acker and Peek 2008), but other simpler technologies based on resins impregnation (Pfeffer et al 2012a, 2012b) and surface coating might find a wider application.

In this respect, it is important to study and understand the complex degradation phenomena occurring in time under the conditions of UC 3 as result of the combined action of biotic and non-biotic factors (Eaton and Hale 1993, Hon 2001) and to test the efficiency of the protective treatments in appropriate field tests (Van Acker and Stevens 2003, Raberg et al. 2005, Pfeffer et al 2012a, 2012b).

Field test methods have been developed over the last decades to evaluate the wood natural durability and preservatives efficiency. The tests were designed for in ground contact (EN 252) and above-ground (L-joints -EN 330, lap-joints CEN/TS 12037) wood uses. Above-ground evaluation has proven to be more difficult than in ground contact due to the wide variations in severity of exposure. This includes not only the in-time climate variation but also the site conditions that influence moisture content, temperature and UV exposure (Lebow 2010).

L-joint test, defined by EN 330 as standard

expunerea la radiații UV (Lebow 2010).

Testul îmbinărilor în L, definit de EN 330, ca metoda standard pentru a evalua eficiența produselor de bio-protecție a lemnului folosite cu finisare ulterioară, reprezintă una dintre metodele cele mai folosite pentru a evalua apariția și extinderea degradării lemnului expus în exterior deasupra solului (Carey și Bravery 1986, Despot 1998, Clausen și Lindnen 2011).

Epruvetele reproduc colțul de jos al unei rame de fereastră cu o îmbinare de slabă calitate ce favorizează pătrunderea și reținerea apei în zona de îmbinare, ceea ce va duce la degradare fungică.

Design-ul îmbinărilor L poate facilita și pătrunderea apei de ploaie prin secțiunea transversală a capetelor (Highley 1993), accelerând astfel degradarea lemnului. Uzual, în acest test aceste secțiuni se acoperă cu produse de etanșare, ce au un efect important asupra degradării lemnului și a peliculelor de finisare (Boxall ș.a. 1992).

Un test L-joint accelerat a fost propus de Van Acker și Stevens în 1997 și utilizat cu succes pentru evaluarea durabilității naturale a lemnului, în condițiile clasei de utilizare 3 (Van Acker și Stevens 1997, 2003). Același test a fost apoi aplicat pentru a evalua eficiența diferitelor tratamente ale lemnului pentru aplicații în UC 3 (De Vetter și Van Acker 2010).

Fagul (*Fagus sylvatica*) reprezintă o specie de lemn importantă în România (<http://www.timberwood.ro/products.html>, http://dfwm.ugent.be/woodlab/docs/gottingen/cristescu_u.pdf, <http://www.alibaba.com/countrysearch/RO/beechn-wood.html>), astfel că cercetarile privind ameliorarea lemnului de fag sunt de interes economic.

În cadrul Facultății de Ingineria Lemnului din Brașov s-a realizat un amplu proiect de cercetare referitor la posibilitățile și limitele ameliorării lemnului de fag, prin tratamente superficiale simple utilizând rășini, produse biocide și materiale peliculogene, menite să asigure o performanță îmbunătățită în exterior, deasupra solului (UC3) (Timar ș.a. 2005, Timar și Beldean 2006, 2007a, Beldean 2009). În acest sens, pentru a studia fenomenele de degradare a lemnului care apar în timp și pentru a evalua eficiența tratamentelor aplicate, s-a folosit un test L-joint modificat, adaptat după cel propus de Van Acker și Stevens (1997), (Timar și Beldean 2006, 2007b, Timar ș.a. 2008)

OBIECTIVE

Partea din cercetare prezentată în această lucrare a avut drept scop studierea degradării complexe a lemnului de fag și a materialelor peliculogene de finisare, după 7 ani expunere în condițiile UC3, ca rezultat al acțiunii combinate a factorilor biotici și abiotici activi în aceste condiții și evaluarea realistă a efectelor de protecție pe termen lung, a unui tratament de protecție cu un biocid de referință și cu două produse diferite de finisare.

method to evaluate the efficiency of wood preservatives to be used under a coating, represents one of the most employed methods to evaluate the initiation and progress of decay in wood exposed outdoors, above ground (Carey and Bravery 1986, Despot 1998, Clausen and Lindnen 2011).

The test samples mimic the bottom corner of a window frame with a poor quality joint, which facilitates water ingress and retention in the joint area, leading to fungal degradation.

The L-joint design can also promote end-grain penetration of rainwater (Highley 1993), thus accelerating the wood degradation. End-grain sealers are usually employed and their effect on the degradation of wood and coatings was found important (Boxall et al. 1992).

An accelerated L-joint test was proposed by Van Acker and Stevens in 1997 and successfully employed for evaluation of the natural durability of wood in the conditions of use class 3 (Van Acker and Stevens 1997, 2003). The same test was then applied to evaluate the efficiency of different wood treatments for applications in UC 3 (De Vetter and Van Acker 2010).

Beech (*Fagus sylvatica*) is an important wood species in Romania (<http://www.timberwood.ro/products.html>, http://dfwm.ugent.be/woodlab/docs/gottingen/cristescu_u.pdf, <http://www.alibaba.com/countrysearch/RO/beechn-wood.html>), so that research into beech wood improvement is of economical interest.

An extensive research project looking at the possibilities and limits of improving beech wood by simple surface treatments employing resins, biocide products and coatings, in order to impart a better performance in outdoors, above ground exposure (UC3), was undertaken within the Faculty of Wood Engineering in Brașov (Timar et al. 2005, Timar and Beldean 2006, 2007a, Beldean 2009). With this respect a modified L-Joint, adapted from the one proposed by Van Acker and Stevens (1997), was employed to study the wood degradation phenomena occurring in time under these conditions and to check the efficiency of the applied treatments (Timar and Beldean 2006, 2007b, Timar et al. 2008)

OBJECTIVES

The part of research presented in this paper aimed at studying the complex degradation of beech wood and protective coatings after 7 years exposure in the conditions of UC3, as a result of the combined action of the biotic and non-biotic factors active in those conditions and to realistically evaluate the long-term protective effects of a preservation treatment with a reference biocide and further coating with two different coating materials.

S-a efectuat o evaluare non-distructivă, macroscopică și microscopică. Au fost evaluate atât colonizarea cu ciuperci și fenomenele asociate de degradare (discolorare și putrezire) în zona îmbinării (cepul probelor) și pe suprafețele exterioare ale probelor testate, cât și aspecte ale degradării abiotice (crăparea lemnului, efectul factorilor de mediu, crăparea peliculelor de finisare, exfolierea).

METODĂ, MATERIALE ȘI APARATURĂ

În această cercetare au fost investigate probe de fag (*Fagus sylvatica* L.), expuse timp de 7 ani într-un test tip L-joint (îmbinare în L) modificat, adaptat după cel propus de Van Acker și Stevens (1997), descris în publicațiile anterioare ale autorilor (Timar și Beldean 2006, Timar și Beldean 2007b, Timar ș.a. 2008). Probele testate efectiv au fost elementele orizontale (elemente cu cep) ale unor îmbinări L la 90°, obținute prin montarea acestora în sistem cep și scobitură în elementele verticale lungi. Elementele verticale au fost realizate din cele două specii de lemn nedurabile de referință: alburn de pin (*Pinus sylvestris*) și fag (*Fagus sylvatica* L.), încleiate împreună. Elementele verticale nu au fost tratate sau finisate în nici un fel în scopul de a permite colonizarea rapidă cu micro-organisme, dezvoltarea putregaiului și răspândirea acestuia la piesele reale de testare (elementele orizontale cu cep), prin contactul direct al acestora în zona îmbinării. Probele au fost expuse pe un suport special, înclinat cu o pantă de 10° spre spate, astfel încât să ajute la pătrunderea și reținerea apei în îmbinare, pentru accelerarea degradării biologice în această zonă (Fig. 1 a, b).

A non-destructive macroscopic and microscopic evaluation was performed. Fungal colonisation and associated degradation phenomena (discolouration and decay) on both inner joint area (actual tenon of test samples) and the external surfaces of the test samples, alongside non-biotic degradation aspects (wood cracking, weathering effect, coatings cracking, flaking, exfoliation) were evaluated.

METHOD, MATERIALS AND EQUIPMENT

Beech wood (*Fagus sylvatica* L.) samples exposed for 7 years in a modified L-joint test adapted from that proposed by Van Acker and Stevens (1997), described in earlier publications of the authors (Timar and Beldean 2006, Timar and Beldean 2007b, Timar et al. 2008), were investigated in this research. The actual test samples were the horizontal elements (tenon members) mounted in a longer mortise members of a 90° tenon and mortise L-joints. The mortise was made of the two perishable reference wood species: sapwood of *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica*, glued together. The mortise members were not treated or finished in any way in order to allow fast colonisation by micro-organisms, development of decay and spreading of this attack to the actual testing pieces (the tenon members) through their direct contact in the joint area. The samples were exposed on a special rack at a 10° backwards slope so that to promote ingress and retention of water in the joint for accelerating biological degradation in this area (Fig. 1 a, b)

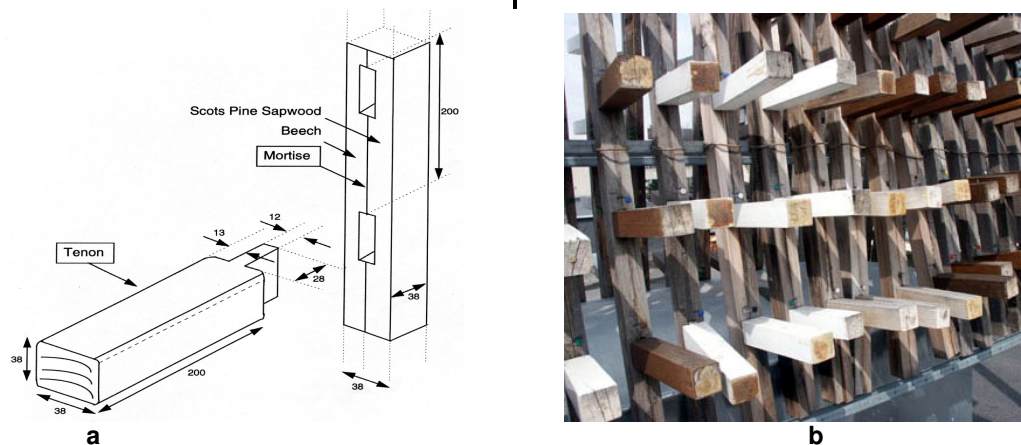


Fig.1.

Aspecte metodologice privind testul modificat L-Joint (îmbinare în L) adaptat după Van Acker and Stevens (1997): a. forma și dimensiunile probelor (a se nota secțiunea tangențială a feței superioare expusă a probelor); b. probe expuse pe suport/

Methodological aspects of the modified L-joint test adapted from Van Acker and Stevens (1997): a. form and dimensions of test samples (note the tangential section of the upper exposed face of the samples); b. test samples exposed on the rack.

Probele incluse în această cercetare au fost: probe martor netratate, codificate M, probe care au

The test samples included in this research were: untreated controls, coded M, samples that were

fost tratate prin imersie de scurtă durată (15 minute la 20°C), într-o soluție a unui produs de protecție de referință pe baza de sulfat de cupru, bicromat de potasiu și oxid de crom (compoziție în conformitate cu EN 330: CuSO₄ 5H₂O-50% (m/m), K₂Cr₂O₇ – 48% (m/m), CrO₃- 2% (m/m), de concentrație 1%), codificate R, și probe similare acoperite ulterior cu produse de finisare codificate MS1, MS2 și RS1, RS2. Acestea au fost pregătite din probele martor M și cele bio-protejate R, prin finisare cu două materiale diferite: o lazură alchidică semi-transparentă, maro, VILLA SUPRA (S1) și o vopsea alchidică albă SUPERPOLILAC, (S2), produse de Policolor (www.Policolor.ro). Finisarea s-a realizat prin pensulare în două straturi succesive pe suprafețele exterioare ale probelor, montate temporar în acest scop într-un element vertical lung. Trei probe paralele au fost pregătite și testate pentru fiecare variantă.

Deși testul utilizat a fost dezvoltat pe baza testului standard L-joint definit de EN 330, privind evaluarea eficienței relative a unui biocid care urmează să fie utilizat sub un strat de finisare, pentru care sistemul de evaluare are în vedere și notează exclusiv biodegradarea în zona de îmbinare, combinând discolorarea și putrezirea într-o cifră cumulativă (0 la 4), această cercetare a mers dincolo de aceste obiective. Astfel, evaluarea non-distructivă a probelor a luat în considerare atât zona de îmbinare a cepului cât și întreaga suprafață exterioară expusă (fețele de sus, laterale și inferioară), evaluând individual discolorarea ca urmare a atacului biologic (C, cu cotații de la 1 la 3 în conformitate cu CEN/TS 12037:2003, Tabelul C1), putrezirea (D cu cotații de la 0 la 4 în conformitate cu CEN/TS 12037:2003, Tabelul C2), și crăpăturile în lemn (CW cotate de la 0 la 4 - sistem original de cotare). Mai mult decât atât, în cazul probelor finisate, peliculele de finisare au fost examinate pentru a evalua aderența lor la substrat (codificată de la 0 la 3 - sistem original de clasificare) și apariția fenomenelor specifice de degradare (crăpături, cojiri, exfolieri, degradări punctiforme), în timp ce pentru cele care nu au fost finisate, s-a observat aspectul general și degradările induse de radiațiile UV (culoare gri, asperizarea suprafeței sau detașări de fibre). Mai multe detalii despre sistemul complex de evaluare adaptat și original, în comparație cu sistemul de evaluare cumulativ al standardului EN 330, au fost publicate anterior (Timar ș.a. 2008).

Evaluarea macroscopică a fost completată prin examinarea microscopică a suprafețelor în lumina reflectată folosind un stereomicroscop Optika SZM 2 echipat cu o cameră video-digitală PRO3. Acest echipament a fost ales deoarece a permis investigarea directă a suprafețelor probelor de încercare fără a fi necesară extragerea unui eșantion microscopic care să afecteze integritatea probelor.

treated by short time immersion (15 minutes at 20°C) in a preservative reference solution based on copper sulphate, potassium dichromate and chromium oxide (composition according to EN 330: CuSO₄ 5H₂O-50% (m/m), K₂Cr₂O₇ – 48% (m/m), CrO₃- 2% (m/m), 1% concentration), coded R, and corresponding coated samples coded MS1, MS2 and RS1, RS2. These were prepared from control M and bio-protected R samples by finishing with two different coating materials: a semi-transparent, brown, alkyd lasure VILLA SUPRA (S1) and an alkyd white paint SUPERPOLILAC, (S2) by Policolor (www.Policolor.ro). Coating was achieved by brushing in two successive layers on the external surfaces of the test samples, temporarily mounted for this purpose in a long mortise member. Three replicate samples were prepared and tested for each variant.

Though the employed test was developed based on the standard L-joint test defined by EN 330, referring to the evaluation of the relative efficiency of a biocide to be used under a coating, so that the evaluation is looking to and rating exclusively the biodegradation in the joint area combining disfigurement (discolouration) and decay as cumulative rate (0 to 4), this research went beyond those goals. Thus, the non-destructive evaluation of the samples took into consideration both the inner joint area (tenon) and the whole external exposed surface (upper, lateral and lower faces), rating individually discolouration due to biological attack (C graded from 1 to 3 according to CEN/TS 12037:2003, Table C1), decay (D graded from 0 to 4 according to CEN/TS 12037:2003, Table C2) and cracks in wood (CW graded from 0 to 4 – original grading system). Moreover, in the case of finished samples the coating films were examined to evaluate their adherence to the substrate (ranked from 0 to 3 – original grading system) and the occurrence of specific degradation phenomena (cracking, flaking, exfoliation, spot-wise degradation), whilst for those not coated the general aspect and evidence of UV induced degradations (grey colour, surface roughening or fibrous aspect) was noted. More details on the complex rating scheme adapted and originally developed, in comparison with the standard EN 330 cumulative rating scheme, were previously published (Timar *et al* 2008).

Macroscopic evaluation was completed by microscopic examination of the surfaces in reflected light using a stereomicroscope type Optika SZM 2 fitted with a PRO3 digital video-camera. This equipment was chosen as it allowed the direct investigation of the surfaces of the test pieces without being necessary to extract a microscopic sample and to affect the integrity of the test samples.

REZULTATE EXPERIMENTALE

Fenomene de degradare - o prezentare calitativă după 7 ani de expunere

Aspectul general probelor investigate poate fi observat în Fig. 2, care arată degradarea complexă

EXPERIMENTAL RESULTS

Degradation phenomena – a qualitative approach after 7 years exposure

The general aspect of the investigated test samples can be observed in Fig. 2, showing that

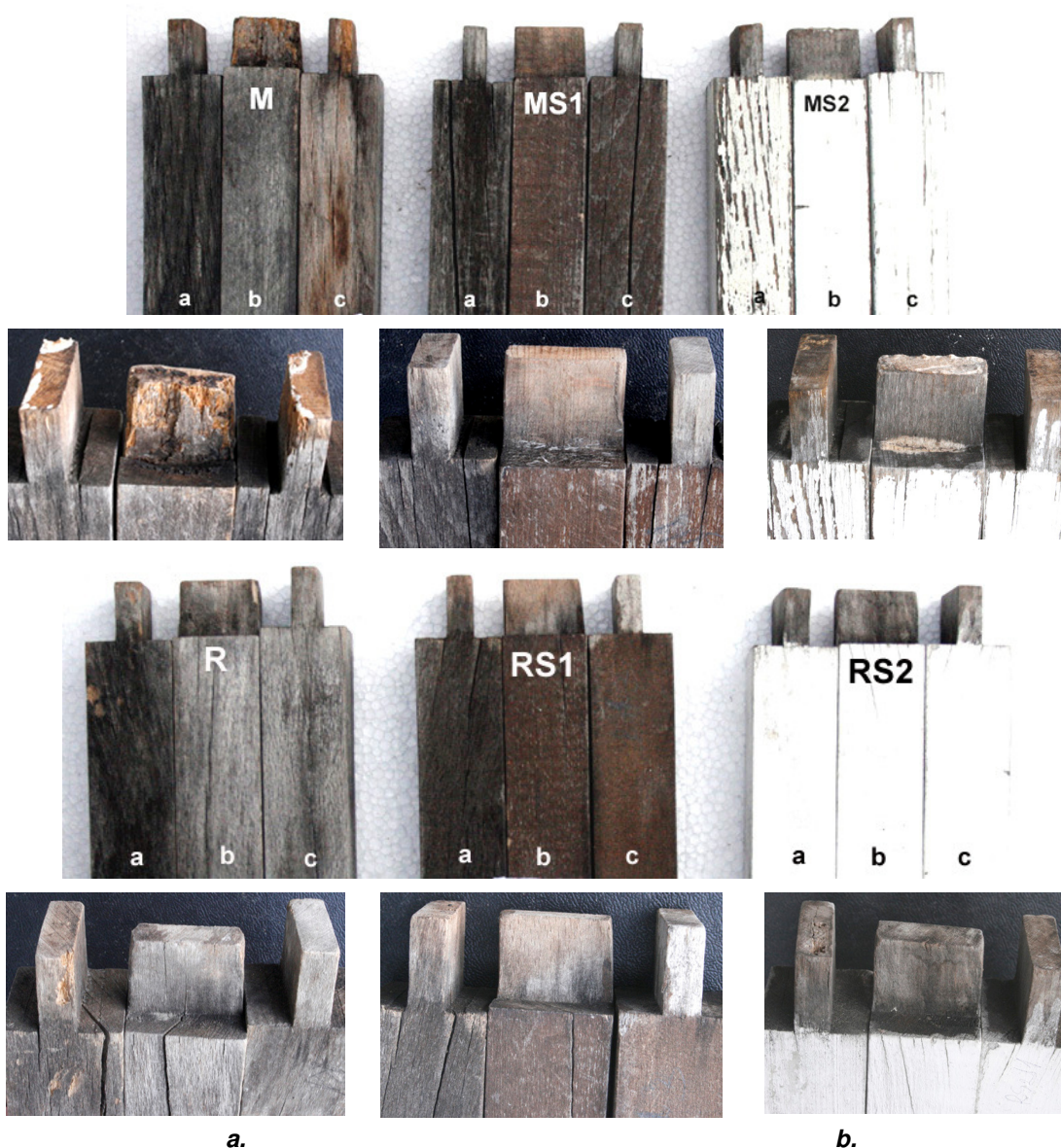


Fig.2.

Probe de fag după 7 ani expunere în exterior, deasupra solului: aspectul general macroscopic al probelor pe cele 3 fețe investigate (a- fața superioară expusă direct; b- fața laterală; c- fața inferioară) și detalii ale degradării cepului. Codul probelor: M- probe martor netratate; R- tratate cu un produs biocid de referință; MS1- netratate, finisate cu S1; MS2- netratate, finisate cu S2; RS1- bioprotejate și finisate cu S1; RS2- bioprotejate și finisate cu S2 /

Beech wood (Fagus sylvatica) after 7 years outdoors, above ground exposure: general macroscopic aspect of the test samples on the three investigated faces (a- upper, directly exposed face; b- lateral face; c-lower face) and details of tenons degradation. Samples code: M- untreated control; R- bioprotected with a reference biocide product; MS1- untreated, finished with coating S1; MS - untreated, finished with coating S2; RS1- bioprotected and finished with coating S1; RS2- bioprotected and finished with coating S2.

a lemnului și a peliculelor de finisare, după 7 ani de expunere, ca rezultat al fenomenelor de degradare biotice și abiotice. Cum era de așteptat, s-a observat o degradare diferită a zonelor ne-expuse direct (cepul îmbinării) și suprafața exterioară expusă a probelor. Referitor la suprafața exterioară, degradarea maximă și cea mai complexă a fost înregistrată pe fețele superioare, cele expuse direct la soare, ploaie și la cantitate maximă de radiație UV și apă (codificate a în Fig. 2)

Degradarea biologică a constat în discolorări datorate ciupercilor de albăstreală sau mucegăire și putrezire provocată de ciupercile de tip *Basidiomycetes*, efecte care au apărut în timp, în această ordine, aceasta fiind succesiunea comună de infestare relevantă de cercetări similare (Despot 1998, Pfeffer ș.a. 2012 a, b).

Discolorarea cauzată de ciupercile de mucegăire și albăstreală, observată fie ca puncte izolate sau dungii sau pete, majoritar de culoare albastru-gri până la negru, a continuat să fie, după 7 ani de expunere, fenomenul de bio-degradare predominant. Aceasta a afectat nu numai probele de fag netratate, dar și pe cele tratate cu produse de protecție sau finisate, fiind prezentă atât în zona interioară a îmbinării (cepul propriu-zis), cât și pe fețele exterioare ale probelor, așa cum se poate observa în Fig. 2.

Trebuie remarcat totuși, faptul că, pentru probele nefinisate, acțiunea radiației UV și a apei a determinat de asemenea, o schimbare a culorii în gri, care a concurat cu discolorările biologice, atât ca moment de apariție în timp cât și ca gamă coloristică, ceea ce a făcut destul de dificilă evaluarea discolorării, în special pe fața superioară expusă. Această dificultate a crescut progresiv în timp, în corelație cu schimbarea de culoare în gri datorată efectului UV, tot mai accentuată, și asperizarea suprafeței. Acest lucru este în acord cu datele din literatura de specialitate cu privire la mecanismul degradării lemnului sub influența factorilor de mediu (Hon 2001) și cu alte date experimentale referitoare la încercări în teren (Pfeffer ș.a. 2012a).

Examinarea microscopică a zonelor de interes în lumina reflectată, a fost utilă pentru a verifica prezența ciupercilor de discolorare pe toate suprafețele acestor probe, după cum este ilustrat în imaginile din Fig. 3. S-au observat de asemenea, asperizarea suprafeței și detașarea fibrelor determinate de acțiunea factorilor de mediu, precum și existența crăpăturilor și a micro-fisurilor. Prezența ciupercilor de discolorare, pe fețele laterale și inferioare, mai puțin afectate de radiațiile UV și apă, a putut fi mult mai ușor detectată.

degradation of wood and coatings, as a result of both biotic and non-biotic phenomena has occurred after 7 years of exposure. As expectable, a different degradation was observed for the non-directly exposed parts of the samples (the actual tenon of the joint) and the external exposed surface of the samples. Considering the external surface, the maximum and most complex degradation was registered on the upper faces, the ones directly exposed to sun and rain and receiving the maximum amount of UV radiation and water (coded a in Fig. 2).

Biological degradation consisted in surface discolouration by stain or mould fungi and decay by rot fungi (*Basidiomycetes*), effects that appeared in time in this order, this being a common infestation sequence revealed by similar research (Despot 1998, Pfeffer et al 2012 a, b).

Discolouration due to mould and staining fungi, observed either as isolated spots or grouped in streaks or stains, mostly bluish-grey to black, was still after 7 years of exposure the predominant biodegradation phenomena. This affected not only the untreated beech samples, but also the preservative treated or coated ones, being present both in the inner joint area (tongue of the tenon members) and on the external faces of the test samples as shown in Fig. 2. It has to be remarked however, that for the uncoated samples the action of UV radiation and water also determined a colour change to grey, that actually competed with biological discolouration both regarding when this started and the actual colour, hence making the rating of discolouration quite difficult, especially on the upper exposed face. This difficulty increased progressively in time in correlation to the more accentuated UV induced colour change and surface roughening. This is in accord with literature data on the mechanism of weathering (Hon 2001) and other experimental data from field tests (Pfeffer *et al.* 2012a).

The microscopic examination of the interest areas under a stereomicroscope in reflected light was used to verify the presence of staining fungi on all the surfaces of these samples, as illustrated in the pictures from Fig. 3. Surface roughening and detached fibres due to weathering as well as cracks and micro-fissures could be also observed. Even under microscope, the presence of the discolouration fungi could be more easily detected on the lateral and lower faces less affected by UV radiation and water.

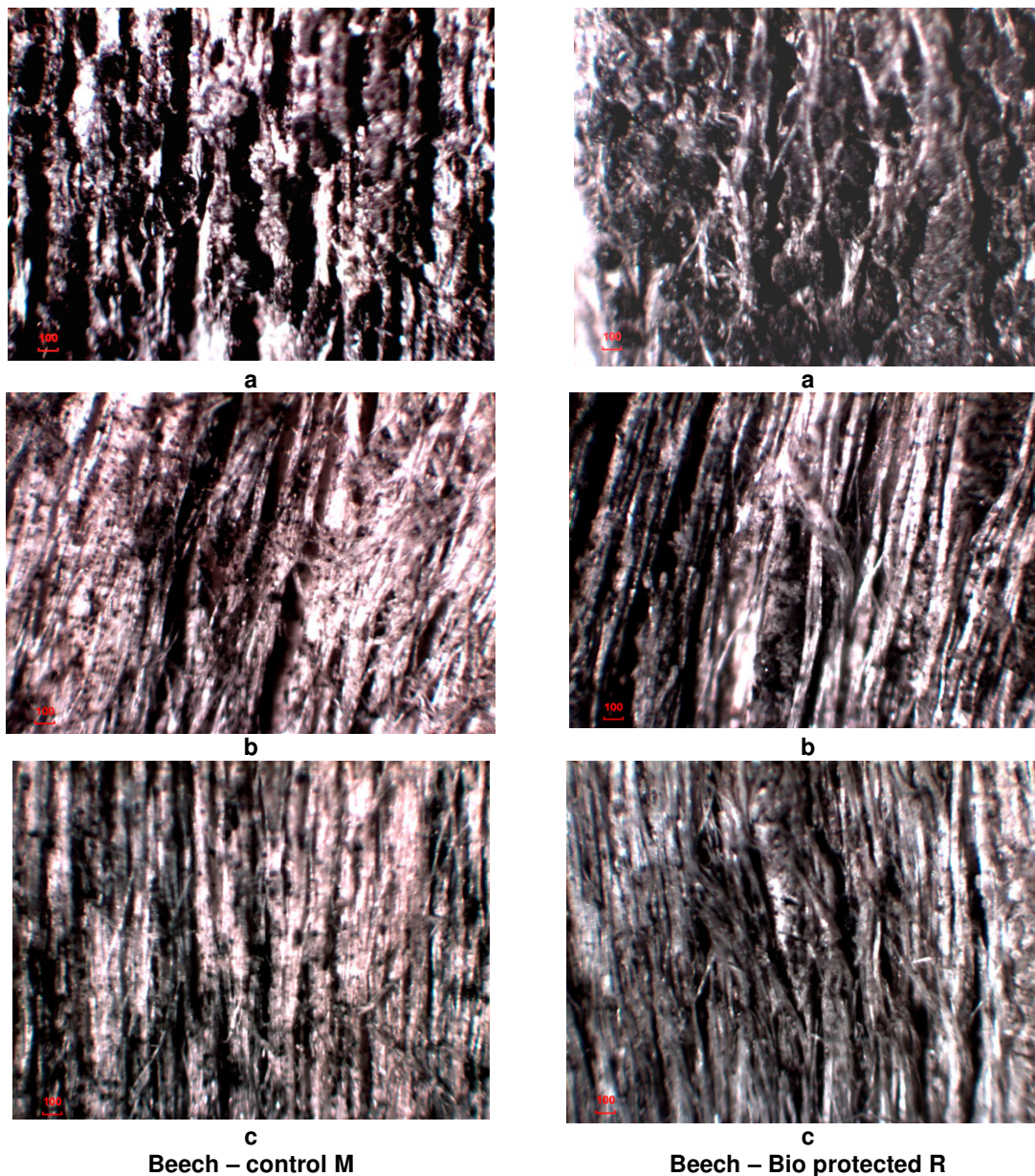


Fig.3.

Aspectul microscopic al degradării suprafețelor exterioare pentru probe nefinisate, observate la stereomicroscop la mărire 40 x: a- față superioară; b- față laterală; c- față inferioară: pete de discolorare, crăpături în lemn, asperizarea suprafeței, desprinderea fibrelor (bara de măsură = 100 μm)/ Microscopic features of external surfaces degradation for uncoated samples observed under a stereomicroscope at magnification of 40 x: a- upper face; b- lateral face; c- lower face: discolouration spots, wood cracking, surface roughening, fibres detachment (measuring bar = 100μm).

Finisarea lemnului, cu cele două tipuri de materiale peliculogene (S1, S2) a întârziat doar inițial discolorările biologice; formarea ciupercilor de albăstreală și mușcăre sub pelicula de finisare și penetrarea acestora în continuare prin peliculă a fost evidentă pentru multe probe și, adesea, cauza degradării punctiforme și/sau a micro-fisurilor și exfolierii peliculei de finisare, în special pentru vopseaua alchidică albă S2.

Coating of wood with the two types of coating materials (S1, S2) only delayed initially biological discolouration, the formation of staining and mould fungi under the coating film and their further penetration through the coating was obvious for many samples and often the cause of the spot-wise degradation and/or micro-fissuring and further exfoliation of the paint film, especially for the alkyd white paint S2.

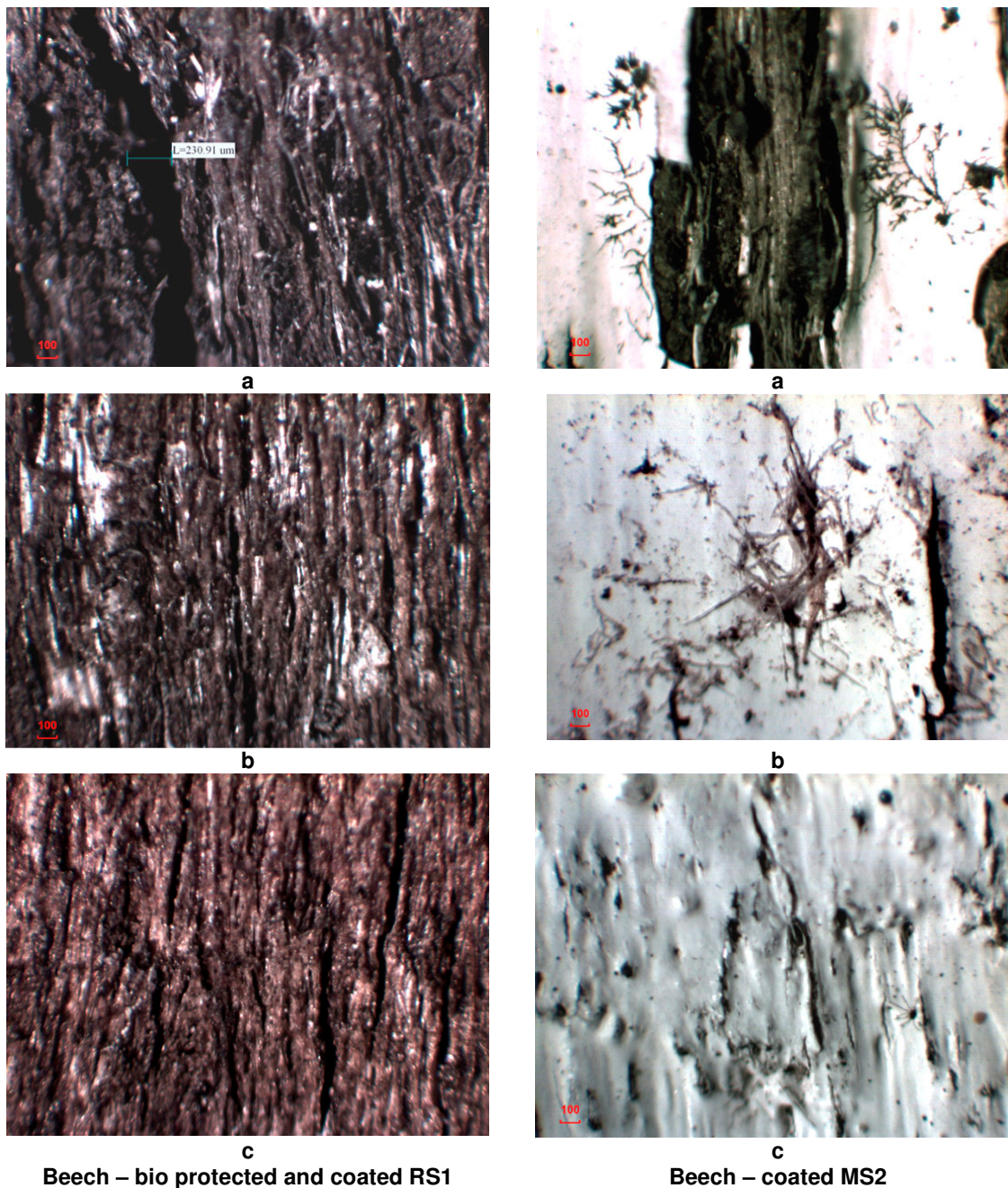


Fig.4.

Aspectul microscopic al degradării fețelor exterioare pentru probele finisate, observate la stereo-microscop la mărire de 40 x: a- față superioară; b- față laterală; c- față inferioară: exfoliere, microfisuri și crăpături în pelicula de finisare, dezvoltare ciuperci în zonele exfoliate, dezvoltare de mucegai sub pelicula de finisare și modul de penetrare prin peliculă (bara de măsură = 100 μm)/

Microscopic features of external surfaces degradation for coated samples observed under a stereo-microscope at magnification of 40 x: a- upper face; b- lateral face; c- lower face: exfoliation, microfissures and cracks of the coating film, fungal colonisation of exfoliated areas, development of mould fungi under the coating film and penetration patterns through the coating film (measuring bar = 100μm.

Aceste aspecte ale colonizării fungice a probelor finisate, precum și alte fenomene de degradare ale peliculelor de finisare (exfoliere, crăpare, cojire), au fost de asemenea evidențiate prin investigarea microscopică a probelor finisate (Fig. 4). Formele de degradare ale peliculelor de finisare datorită dezvoltării ciupercilor, prezentate în acest studiu, sunt foarte similare cu cele raportate de Souza și Gaylarde (2002).

Putrezirea în zona îmbinării (cep) a fost a doua formă de degradare biologică a probelor (Fig. 2 - detalii cep). Pentru probele prezentate în această lucrare, primele semne de putregai incipient, precum discolorări caracteristice și/sau înmuierea lemnului (cote de atac 1-2 ca valori individuale), au fost observate prima dată după 48 de luni de expunere, dar numai în mod excepțional pentru unele probe martor și finisate (Timar ș.a. 2008). Acest tip de degradare, după 7 ani de expunere, a evoluat ca severitate (cote de atac 1-3+, ca valori individuale și valoare medie maximă pe variantă de tratare 2) și răspândire, dar încă nu a reprezentat un fenomen general, existând încă probe individuale fără nici un semn de putrezire la examinarea nedistructivă (de exemplu, MS1, RS1).

Putrezirea pe fețele exterioare a putut fi clar observată pe unele probe, după 7 ani de expunere. Totuși, numai fețele superioare ale unor probe au fost afectate, și chiar și pentru același lot de 3 probe, apariția acestui tip de degradare a fost diferită. Se remarcă faptul că la examinarea precedentă, după 5 ani de expunere, unele semne incipiente de putregai potențial s-au observat numai în mod excepțional pe fețele superioare pentru foarte puține probe.

Crăparea lemnului a fost un alt fenomen de degradare majoră atât pentru probe finisate cât și nefinisate. Coeficienții mari de umflare și contragere ai lemnului de fag și tensiunile interne asociate cu variația dimensională la schimbările climatice continue explică această formă de degradare previzibilă. De fapt, instabilitatea dimensională a lemnului de fag conține mai mult pentru utilizarea foarte limitată în condiții de exterior a acestuia, decât durabilitatea sa naturală redusă, care poate fi mult mai ușor corectată prin tratamente adecvate de impregnare cu produse de protecție, având în vedere gradul ridicat de impregnabilitate al acestei specii. (http://www.wolman.de/en/infocenter_wood/from_tree_to_wood/wood_species/beech/index.php). În plus, crăparea extensivă în condiții de exterior va determina pătrunderea apei în interiorul materialului lemnos și în consecință putrezirea acestuia.

Influența tratamentelor - o evaluare cantitativă, după 7 ani expunere

Graficele din Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 se referă la influența tratamentelor aplicate asupra apariției și severității celor mai caracteristice fenomene de degradare biotică și abiotică pentru probele nefinisate

These aspects of fungal colonisation of coated samples as well as other phenomena of coatings degradation (exfoliation of coatings, cracking, flaking) were also highlighted by the microscopic investigation of the coated wooden samples (Fig. 4). The patterns of coatings degradation due to fungal development revealed by this study are very similar to those reported by Souza and Gaylarde (2002).

Decay in the joint area (tenon) was the second form of biological degradation of the test samples (see Fig. 2 – details of tenons). For the samples presented in this paper, the first signs of incipient decay as characteristic discoloration and/or wood softening (individual rates 1-2) were firstly observed after 48 months of exposure, but only exceptionally for some control and coated samples (Timar *et al.* 2008). This type of degradation evolved after 7 years of exposure as severity (individual rates 1-3+, maximum average rate for a trating variant 2) and spreading, but was still not a general phenomenon, meaning that there are still individual samples without any sign of decay at non-destructive evaluation (e.g. MS1, RS1).

Decay on the external faces could be clearly observed for some samples, after 7 years exposure. However, only the upper faces of some test samples were affected, and even for the same batch of 3 replicate samples the occurrence of this type of degradation was different. It has to be remarked that at the previous examination after 5 years of exposure some incipient signs of potential decay were noticed only exceptionally on the upper faces of a very few samples.

Wood cracking was another major degradation phenomenon for both uncoated and coated samples. The high swelling and shrinking coefficients of beech wood and inner tensions associated to this dimensional variation in relation to the continuous climate change explain this expectable form of degradation. Actually, the dimensional instability of beech wood counts more for its very limited exterior use than its low natural durability that can be more easily corrected by adequate impregnation treatments with wood preservatives, considering the high treatability of this species

(http://www.wolman.de/en/infocenter_wood/from_tree_to_wood/wood_species/beech/index.php).

Furthermore, the extensive cracking in outdoors conditions will determine water ingress inside the wooden material and consequent decay.

Influence of treatments – quantitative approach after 7 years exposure

The graphs in Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 refer to the influence of the treatments applied on the occurrence and severity of some of the most characteristic biotic and non-biotic degradation phenomena of the uncoated and coated beech test samples after 7 years of in-field exposure. The graphs are based on the

și finisate după 7 ani de expunere în teren. Graficele se bazează pe valorile medii calculate pentru trei probe paralele și se referă exclusiv la fața superioară a zonei exterioare și la cep (zona de îmbinare), care sunt cele mai susceptibile la degradare. Trebuie menționat, totuși, faptul că s-a observat în unele cazuri o mare variabilitate între cele 3 probe și, prin urmare, aceste rezultate ar trebui să fie considerate mai mult ca o bază de discuție, decât o bază pentru concluzii finale. Un număr mai mare de probe paralele, precum și un sistem de monitorizare în timp real a umidității diferitelor probe de lemn ar fi fost necesare pentru rezultate mai uniforme, așa cum prezintă alți autori (Despot 1998, Clausen și Lindner 2011).

mean values calculated for three replicates and are referring exclusively to the upper face of the external area and the tenon (inner joint area), which are the most susceptible to degradation. It has to be mentioned, however, that a high variability between the 3 replicate samples was noticed in some cases and, therefore, these results should be considered more as a basis of discussion rather than a basis for final conclusions. More replicate specimens as well as a system of monitoring the actual level of moisture content in the different replicates would have been necessary for more uniform results, as shown by other authors (Despot 1998, Clausen and Lindner 2011).

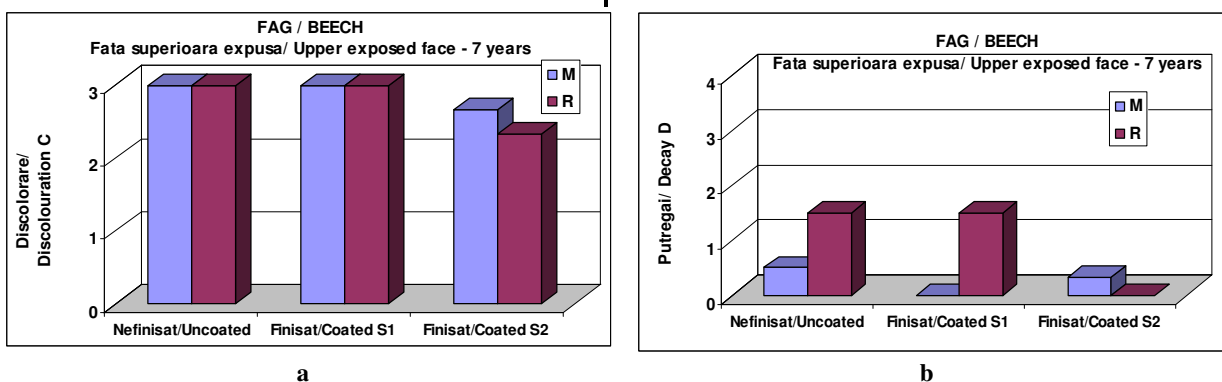


Fig.5.

Influența tipului de tratament asupra degradării biologice a fețelor superioare ale probelor din testul L-joint, după 7 ani expunere: discolorare (a) și putrezire (b).

M- probe martor fără bioprotecție, R- probe tratate cu produs biocid de referință /

Influence of type of treatment on the biological degradation of upper faces of the L-joint test samples after 7 years exposure: /discolouration (a) and decay (b).

M- control samples without bio-protection, R- samples treated with the reference biocide.

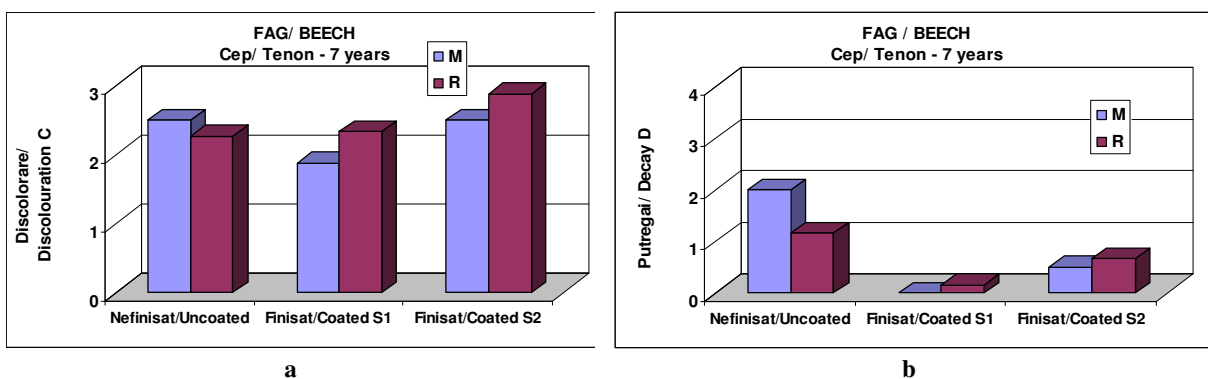


Fig.6.

Influența tipului de tratament asupra degradării biologice a cepurilor probelor din testul L-joint după 7 ani expunere: discolorare (a) și putrezire (b).

M- probe martor fără bioprotecție, R- probe tratate cu produs biocid de referință /

Influence of type of treatment on the biological degradation of tenons of the L-joint test samples after 7 years exposure: discoloration (a) and decay (b).

M- control samples without bio-protection, R- samples treated with the reference biocide.

De asemenea, crăparea și/sau detașarea peliculei epoxi de sigilare aplicată inițial pe capătul opus cepului, a avut probabil o influență mare asupra degradării mai rapide și extinderii acestora pe unele probe comparativ cu probele similare reprezentând aceeași variantă de tratare, așa cum a demonstrat Boxall ș.a. (1992).

Datele referitoare la discolizarea datorată ciupercilor de mucegăire și albăstreală (Fig. 5a, Fig. 6a), arată în mod clar că tratamentul probelor prin imersie de scurtă durată în produsul biocid de referință pe baza de cupru și crom, a eșuat în asigurarea unei mai bune rezistențe pe termen lung lemnului de fag, la acest tip de degradare. Finisarea suprafețelor nu a împiedicat atacul ciupercilor de discolizare, care se dezvoltă foarte bine sub pelicula de finisare, mai ales în cazul vopselei alchidice albe S2, așa cum s-a prezentat în Fig.4. Acest lucru este în bună concordanță cu cercetările efectuate de Souza și Gaylarde (2002), care au demonstrat într-un test accelerat de laborator, că o bio-deteriorare mai severă a panourilor finisate a avut loc pentru panourile inoculate cu un amestec de ciuperci sub un lac non-biocid, față de cele inoculate peste pelicula de finisare. Cu toate acestea, o discolizare mai extinsă a fost observată pentru probele bio-protejate și finisate în comparație cu cele finisate fără un pre-tratament de bio-protecție (RS1, RS2, comparativ cu MS1 și MS2 în Fig. 6), ceea ce reprezintă un rezultat destul de ciudat și nu ar trebui să conducă cititorul la o concluzie greșită din punct de vedere al practicii curente în tratarea lemnului. În general, un tratament de protecție înainte de finisare, îmbunătățește rezistența la biodegradare și ar trebui să fie o practică comercială comună pentru produse finite din lemn în UC 3, cum este cazul ferestrelor (Cookson 2010).

Situația a fost similară și în ceea ce privește eficiența tratamentelor superficiale de bio-protecție asupra rezistenței la putrezire (Fig. 5b, Fig. 6b). În cele mai multe cazuri, cele mai mari grade de degradare prin putrezire, în cep și pe suprafața exterioară superioară, au rezultat pentru probele pre-tratate cu produsul biocid, din nou, un rezultat care poate induce în eroare. Aplicarea produsului biocid doar superficial prin imersie de scurtă durată (15 min/20°C), nu a putut conferi rezistență la putrezire, acesta fiind un fenomen ce se produce în profunzime. De obicei, un tratament prin impregnare în vid este recomandat pentru lemnul utilizat în UC 3 (de exemplu, ferestre), deși chiar și un tratament prin imersie într-un produs de protecție corespunzător, înainte de finisare, ar trebui să ofere o rezistență mai bună la putrezire, în comparație numai cu tratamentul de finisare, așa cum arată Cookson (2010), pe ferestre model, după un test de 8 ani expunere în exterior. Putrezirea și discolizarea sunt în mare parte influențate de conținutul de umiditate din lemn (Raberg ș.a. 2005), iar infiltrațiile de apă ar putea fi accentuate de crăpăturile din lemn sau de fixarea

Also, the cracking and/or detachment of epoxy end-sealer applied initially on the cross-cut end opposite to the tenon, might have had a big influence on a more rapid or extended deterioration of some test replicates compared to the similar replicates, as shown by Boxall *et al.* (1992)

The data referring to the discolouration due to mould and staining fungi (Fig. 5a, Fig. 6a) clearly show that the treatment of the test samples by short time immersion in the reference biocide product based on copper and chromium failed in ensuring a better long term resistance of beech wood to this type of degradation. Coating of surfaces did not prevent the attack of the discolouration fungi as they develop very well under the coating film, especially in the case of the white alkyd paint S2, as it was presented in Fig.4. This is in good accordance to research of Souza and Gaylarde (2002) who demonstrated in an accelerated laboratory test, that a more severe bio deterioration of coated wooden panels occurred for the panels inoculated with a fungal mixture below a non-biocide-containing varnish compared to the ones inoculated above the coating. However, a more extensive discolouration was observed for the bio-protected and coated samples compared to those coated without any biocide pre-treatment (RS1, RS2 compared to MS1 and MS2 in Fig. 6), which is quite a strange result and should not mislead the reader to a wrong conclusion for common practice. Generally, a preservative treatment before coating improves resistance to biodegradation and should be common commercial practice for commodities in UC 3, such as windows (Cookson 2010).

The situation was quite similar when looking at the efficiency of the applied surface bio-protection treatment on the resistance to decay (Fig. 5b, Fig. 6b). In most cases higher degradation rates of decay in tenon and on the upper external surface resulted for the samples pre-treated with the biocide product, again a misleading result. The application of the biocide product just on the surface by a short-time immersion (15 min/20°C) could not impart resistance to decay which is a bulk phenomenon. Usually a vacuum impregnation treatment is recommended for wood application in UC 3 (e.g. windows), though even a treatment by dipping in an appropriate preservative before further coating should impart a better decay resistance compared to just coating, as shown by Cookson (2010) on model windows after a test of 8 years exposure.

Decay and discolouration are mostly influenced by the moisture content in wood (Raberg *et al.* 2005) and water ingress could be promoted by cracks in wood or a bad fixture of the tenon in the mortise member. On the other hand, degraded coatings could increase the risk of decay by allowing rainwater absorption into the wood and delaying wood drying, thus prolonging conditions suitable for fungal attack.

Thus, these results may be due to a fluctuation in moisture content in the samples, which unfortunately

greșită a cepului în scobitură. Pe de altă parte, peliculele de finisare degradate ar putea crește riscul de putrezire, prin facilitarea absorbției apei de ploaie în lemn și întârzierea procesului de uscare, prelungind astfel condițiile adecvate pentru atacul ciupercilor. Astfel, aceste rezultate se pot datora fluctuației conținutului de umiditate din probe, care, din păcate, nu a putut fi controlat în timpul testului și care este considerat de o deosebită importanță și de alți cercetători (Brischke 2008, Schauwecker 2010, Clausen și Lindner 2011).

În concluzie, se poate spune că efectul pozitiv al tratamentului de bio-protecție observat la evaluările anterioare (Timar și Beldean 2007, Timar ș.a. 2008), s-a pierdut în timp, după 7 ani de expunere în exterior.

could not be controlled during the test and was found extremely important by other researchers (Brischke 2008, Schauwecker 2010, Clausen and Lindner 2011).

Concluding, it could be said that even if a positive effect of the bio protection treatment applied could be noticed at previous evaluations (Timar and Beldean 2007, Timar *et al.* 2008), this was lost in time after 7 years of outdoors exposure.

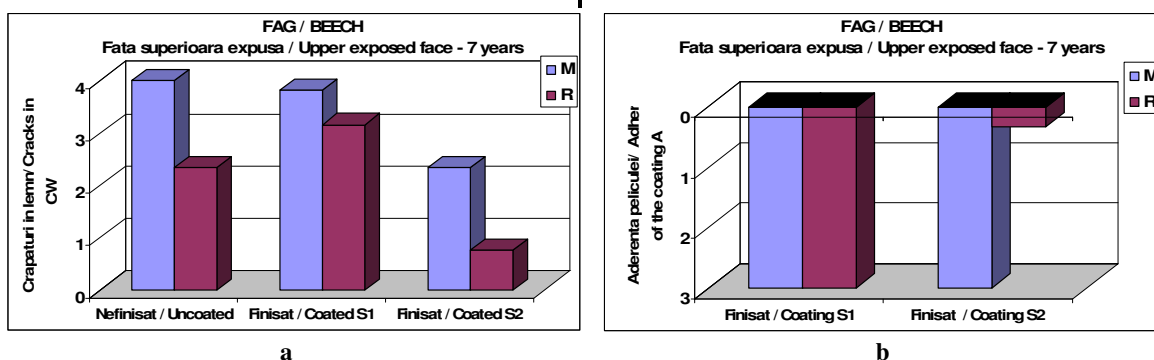


Fig.7.

Influența tipului de tratament asupra degradării non-biologice a fețelor superioare ale probelor din testul L-joint după 7 ani expunere: crăpături în lemn (a) și aderență peliculă de finisare (b).

M- probe martor fără bioprotecție, R- probe tratate cu produs biocid de referință /

Influence of type of treatment on the non-biological degradation of upper faces of the L-joint test samples after 7 years exposure: cracks in wood (a) and adherence of coating films (b).

M- control samples without bio-protection, R- samples treated with the reference biocide.

După 7 ani de expunere în exterior, cele mai multe din probe au dezvoltat crăpături extinse. Acest lucru a fost previzibil, având în vedere instabilitatea dimensională a lemnului de fag și faptul că, nu a fost aplicat nici un tratament pentru a reduce umflarea și contragerea probelor prezentate în această lucrare. Cu toate acestea, se poate observa un efect pozitiv al tratamentului cu produsul biocid pe bază de Cu-Cr, în reducerea crăpăturilor, atât pentru probele nefinisate cât și pentru probele finisate din lemn de fag (Fig.7a). Cuprul este un fungicid cu spectru larg de acțiune, în timp ce cromul servește ca inhibitor la coroziune și ca agent de fixare, conducând la creșterea rezistenței la spălare, îmbunătățindu-se astfel durata de viață a lemnului (Cooper ș.a. 1993). În plus, reacțiile complexe de fixare a cuprului în lemn sub influența cromului hexavalent ar putea implica o modificare a caracterului hidrofob al suprafeței lemnului conducând la o absorbție mai lentă a apei în lemn, așa cum arată și Maldas Kamden (1998a, 1998b) pentru lemnul tratat cu CCA.

Probele cu crăpături minime după 7 ani de expunere, au fost cele bio-protejate și finisate cu

Most of the samples developed extensive cracking after 7 years of outdoors exposure. This was expectable considering the dimensional instability of beech wood and the fact that for the test samples presented in this paper no treatment to reduce swelling and shrinking was applied. However, it could be noticed a positive effect of the treatment with the Cu-Cr biocide product in reducing the cracking of both uncoated and coated beech wood samples (Fig.7a). Copper is broadly toxic to fungi, while chromium serves as a corrosion inhibitor and as a fixation agent leading to a leaching resistance, thus improving the wood service life (Cooper *et al.* 1993). Moreover, the complex reactions of copper fixation on wood under the influence of Cr^{VI} might have implied a modification of the hydrophilic character of wooden surface leading to a slower absorption of water in wood, as shown by Maldas and Kamden (1998a, 1998b) for CCA treated wood.

The samples with minimum cracking after 7 years of exposure were those bio-protected and

vopsea alchidică albă (RS2). Aceleași probe au prezentat pelicule de finisare mai puțin degradate și o aderență încă destul de bună a acestora (Fig. 7b), deși este de așteptat ca această situație să se schimbe în curând, datorită dezvoltării ciupercilor de mucegăire sub peliculă și efectului lor negativ asupra aderenței, așa cum este ilustrat în imaginile microscopice din Fig.4

CONCLUZII

În această cercetare s-a utilizat un test L-joint (îmbinare L) modificat, în care au fost expuse probe din lemn de fag martor și tratate (bio-protejate și finisate). Tratamentele aplicate au fost exclusiv tratamente simple de suprafață, constând într-un tratament cu un produs biocid de referință pe bază de Cu-Cr, urmat apoi de finisare cu două tipuri de materiale pelicologene: o lazură alchidică semi-transparentă maro, și o vopsea alchidică albă.

Pentru evaluarea și cotarea fenomenelor complexe de degradare biologică și non-biologică a lemnului de fag și a peliculelor de finisare apărute în zona îmbinării (cep) și pe fețele exterioare ale probelor, după 7 ani expunere în exterior, deasupra solului, s-au utilizat aprecierea vizuală directă și studiul microscopic.

Principalele fenomene de degradare au fost discolorearea produsă de ciupercile de mucegăire și de albăstreală, putrezirea în zona cepului și crăpături mari în lemn. Efecte caracteristice acțiunii factorilor de mediu au fost evidente pentru probele nefinisate: asperizarea suprafeței, schimbarea culorii, crăpături, fisuri, în timp ce probele finisate au prezentat degradări ale peliculelor de finisare: degradare punctiformă, crăpături, scăderea aderenței, delaminare și exfoliere.

Tratamentele de suprafață aplicate au avut doar o influență limitată asupra apariției fenomenelor de degradare. Cele mai bune rezultate au fost obținute pentru probele tratate cu biocid și ulterior finisate cu vopsea alchidică albă. Totuși, este evident că tratamentul lemnului de fag, pentru utilizări în exterior, ar trebui să implice principii și tehnici mai avansate de tratare decât protecția superficială și finisarea, continuând să rămână o provocare în cercetare.

În final se poate afirma că testul L-joint modificat, asociat cu sistemul complex de evaluare și cotare utilizat pentru evaluarea nedistructivă a probelor, și-au dovedit utilitatea și versatilitatea în aprecierea fenomenelor complexe de degradare a lemnului și a peliculelor de finisare prin expunere în exterior și obținerea de date utile pentru corelarea lor.

În partea a doua a acestei lucrări se va prezenta gradul de degradare în corelație cu riscul de umezire, alături de date cumulative reprezentând evoluția în timp a fenomenelor de degradare, precum și rezultatele evaluării distructive după 7 ani de expunere în exterior.

further coated with the alkyd white paint (RS2). The same samples presented the less degraded coating and still a fairly good adherence of the coating film (Fig. 7b), though it is expectable that this situation will change soon due to the mould fungi developing under the coating film and their negative effect on its adherence as illustrated by the microscopic pictures in Fig.4.

CONCLUSIONS

A modified L-Joint test, within which control and treated beech wood samples were exposed was employed in this research. The treatments applied were exclusively simple surface treatments consisting in a preservative treatment with a reference Cu-Cr biocide product and further coating with two coating materials: a brown, semi-transparent, alkyd lasure and a white alkyd paint.

Direct visual assessment and microscopy were employed to evaluate and rate the complex biological and non-biological degradation of beech wood and coatings on the inner joint area and external faces of the test samples, after 7 years of outdoors, above ground exposure.

The main degradation phenomena were discolouration by mould and staining fungi, decay in the tenon area and extensive wood cracking. Characteristic weathering effects were obvious for the uncoated samples: roughened surfaces, colour changing, cracking and checking, whilst the coated ones showed degradation of the coating films: spot-wise degradation, cracking, adherence loss, flaking and exfoliation.

The surface treatments applied had only a limited influence on the occurring degradation phenomena. The best results were obtained for the samples treated with biocide before finishing with the alkyd white paint. However, it is obvious that treatment of beech wood for exterior uses should imply more advanced treating principles and techniques than surface preservation and coating, remaining a challenging research topic.

Finally it can be stated that the modified L-joint test associated with the complex rating scheme employed for the non-destructive samples evaluation proved their utility and versatility in assessing the complex degradation phenomena of wood and coatings in outdoors exposure and getting input data for their correlation.

A further development in assessing degradation in correlation with the risk of wetting will be presented in the second part of this paper, alongside cumulative data showing the in-time evolution of degradation and results of destructive evaluation after 7 years of outdoors exposure.

MULȚUMIRI

Autorii sunt recunoscători specialiștilor de la BFH Hamburg Germania, pentru ghidarea primilor pași în domeniul evaluării testelor în teren și încurajarea acestui proiect de cercetare pe termen lung. De asemenea este apreciat sprijinul financiar acordat prin rețeaua tematică Wood Modification (FP5) și Acțiunea COST E37, pentru un stagiu STSM (2003) și două cursuri intensive (2004, 2006).

ACKNOWLEDGEMENT

The authors remain grateful to the specialists from BFH Hamburg Germany for guiding our first steps in field tests evaluation and encouraging this long-term research project. The financial support of the Thematic Network on Wood Modification (FP5) and COST Action E37 for a STSM (2003) and two training schools (2004, 2006) is also acknowledged.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- BELDEAN, E. (2009). Dimensional Stabilisation of Wood - A Practical Issue of Topical Interest. În PRO LIGNO, vol 5(4):45-52.
- BOXALL, J., CAREY, J.K., MILLER, E.R. (1992). The effectiveness of end-grain sealers in improving paint performance on softwood joinery. Part 3: Influence of coating type and wood species on moisture content and fungal colonisation. Holz als Roh und Werkstoff, 50:227-232.
- BRISCHKE, C., RAPP, A.O. (2008). Influence of wood moisture content and wood temperature on fungal decay in the field: observations in different micro-climates. Wood Science and Technology, 42(8):663-677, DOI: 10.1007/s00226-008-0190-9.
- CAREY, J.K., BRAVERY, A.F. (1986). Co-operative research project on L-joint testing: Progress report to March 1986. IRG/WP/2272. Inter. Res. Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden. p.16.
- CLAUSEN, C.A., LINDNER, D.L. (2011). Shading Aboveground L-joint and Lap-joint Tests: Comparison of White Pine and Sugar Maple Test Assemblies. Forest Products Journal, 61(3):265-269.
- COOKSON, L.J. (2010). Preservative treatments suitable for hardwood window joinery. International Biodeterioration & Biodegradation, 64(7):652-658.
- COOPER, P.A., Alexander, D.L. (1993). What is chemical fixation? Chromium-Containing Waterborne Wood Preservatives: Fixation and Environmental Issues. Forest Products Society (Madison, WI): 7-13.
- DE SOUZA, A., GAYLARDE, C. (2002). Bio deterioration of varnished wood with and without biocide: implications for standard test methods. In International Bio deterioration & Biodegradation, 49(1):21-25.
- DE VETTER, L., VAN ACKER, J. (2010). Accelerated L-joint performance testing of organosilicon treated wood. IRG 10 30551. The International Research Group on Wood Preservation - The 41th IRG Annual Meeting, Biarritz-France.
- DESPOT, R. (1998). Mechanism of infection of fir wood joinery; Part 2: Sequence and intensity of attack of micro organism, Drvna Industrija (Wood Industry), 49(3):135-144.
- EATON, R.A., HALE, M.D.C. (1993). Wood decay, pests and protection. Chapman & Hall, London.
- HIGHLEY, T.L. (1993). Above-ground performance of surface-treated hardwoods and softwoods. Wood Protection 2(2):61-66.
- HON, D.N.S. (2001). Weathering and photochemistry of wood. In: Hon D.N.S., Shiraiishi, N. (eds): Wood and cellulose chemistry. Dekker, New York, p. 513-546.
- LEBOW, S., CLAUSEN, C. (2010). Challenges in accelerated testing of durable wood products. Wood and Fiber Product Seminar. VTT and USDA joint activity. VTT Symposium 263 Helsinki, Finland: VTT, c2010. p. 128-136. ISBN 978-951-38-7589-3.
- MALDAS, D.C., KAMDEN, D.P. (1998a). Surface Tension and Wettability of CCA-Treated Red Maple, Wood and Fiber Science, 30(4):368-373.
- MALDAS, D.C., KAMDEN, D.P. (1998b). Surface characterization of chromated copper arsenate (CCA)-treated red maple, Journal of Adhesion Science and Technology, 12(7):763-772.
- MILITZ, H., HILL, C. (Eds). (2005). Wood modification: Processes, Properties and Commercialisation. Proc. 2nd European Conference on Wood Modification, Goettingen, ISBN 3-00-017207-6.
- MOLNAR, S., NEMETH, R., FEHER, S. et al. (2001). Technical and technological properties of hungarian beech wood consider the red heart, Drevarsky Vyskum, 46(1): 21-29.
- PFEFFER, A., HOEGGER, P.J., KU, U., MILITZ, H. (2012b). Fungal colonisation of outside weathered modified wood, Wood Science and Technology, 46:63-72.
- PFEFFER, A., MAI, C., MILITZ, H. (2012a). Weathering characteristics of wood treated with water glass, siloxane or DMDHEU. Eur. J. Wood Prod. 70:165-176.
- RABERG, U., EDLUND, M.L., NASKO, T., LAND, C.J. (2005). Testing and evaluation of natural durability of wood in above ground conditions in Europe - an overview, J. Wood Science, 51:429-440.
- SCHAUWECKER, C., ZAHORA, A., PRESTON, AL. (2010). Relative Performance of treated and untreated L-joints under UC3A and UC3B Conditions Using Two Exposure Conditions. IRG/WP 10-60297. The

- International Research Group on Wood Preservation - The 41st IRG Annual Meeting, Biarritz, France.
- TIMAR, M.C., BELDEAN, E. (2006). Aspects of wood degradation revealed by a modified L-joint test, In: Bulletin of Transilvania University of Brasov, vol 13(48):335-342.
- TIMAR, M.C., BELDEAN, E. (2007a). Aspects of wood degradation and effects of surface impregnation of beech and fir wood with reactive resins revealed by a modified L-joint test, In: Proceedings of the Third European Conference on Wood Modification, Cardiff, UK, p. 221-224, ISBN 184-220-096-8.
- TIMAR, M.C., BELDEAN, E. (2007b). Outcomes of a Long-Term Modified L-joint Test – Parts 1-3. In: Proceedings of International Conference ICWSE, Brasov, p. 171-190.
- TIMAR, M.C., BELDEAN, E., MIHAI, D. (2005). Opportunities and limits of wood improvement by surface treatment with reactive resins. Proceedings of the Second European Conference on Wood Modification, Goettingen, p. 178-185, ISBN 3-00-017207-6.
- TIMAR, M.C., BELDEAN, E., ZELENIUIC, 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: Socio-economic perspectives of treated wood for the common European market, Proceedings of COST E37 Final Conference, Bordeaux, p. 107-117.
- 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.
- VAN ACKER, J., STEVENS, M. (1997). A new concept for the evaluation of wood durability for out of ground contact using accelerated L-joint testing, IRG/WP 97-20123, Stockholm, Sweden.
- VAN ACKER, J., STEVENS, M. (2003). Biological durability of wood in relation to end-use--Part 2: The use of an accelerated outdoor L-joint performance test. European Journal of Wood and Wood Products, 61(2):125-132.
- ***SR EN 335:2007. Durability of wood and wood- based products - Definition of use classes - Part 1: General.
- ***SR EN 330:1997. Wood preservatives. Field test method for determining the relative protective effectiveness of a wood preservative for use under a coating and exposed out-of-ground contact. L-joint method.
- ***CEN/TS 12037:2003. Wood preservatives. Field test method for determining the relative protective effectiveness of wood preservative exposed out of ground contact: Horizontal lap-joint method.
- ***SR EN 252:1995. Field test method for determining the relative protective effectiveness of a product for wood preservative in ground contact.
- http://www.wolman.de/en/infocenter_wood/from_tree_to_wood/wood_species/beech/index.php
- http://www.erlauusa.com/Outdoor_Furniture.html
- <http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/european-beech/>
- <http://www.timberwood.ro/products.html>,
- <http://dfwm.ugent.be/woodlab/docs/gottingen/cristescu.pdf>,
- <http://www.alibaba.com/countrysrch/RO/beech-wood.html>
- www.Policolor.ro