

ANALIZA EXPERIMENTALĂ A PROPRIETĂȚILOR MECANICE ALE LEMNULUI LA ÎNCOVOIERE, ÎNTINDERE ȘI COMPRESIUNE

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF WOOD MECHANICAL PROPERTIES FROM BENDING, TENSILE AND COMPRESSION TESTS

DORINA ISOPESCU*, OANA STĂNILĂ, IULIAN ASTANEI, CĂLIN CORDUBAN

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi", Iași, Bd. Dimitrie Mangeron 43, 700050 Iași, România

Lemnul, ca material de construcții, respectă cerințele conceptului de dezvoltare durabilă și asigură asocierea dintre creșterea economică și protecția mediului. Proprietățile fizice și mecanice ale lemnului prezintă o mulțime extinsă de valori determinate de influențele unui număr mare de factori.

Articolul prezintă o descriere a proprietăților lemnului necesare pentru proiectarea elementelor de construcții din lemn, precum și o analiză a rezultatelor obținute în laborator prin testarea epruvetelor, conform standardelor în vigoare la solicitările simple de încovoiere, întindere și compresiune. În final sunt prezentate concluzii și recomandări pe baza rezultatelor obținute.

Wood as building material shall comply with the concept of sustainable development and provides the association between economic growth and environmental protection. Physical and mechanical properties of wood have a large number of values determined by the influences of an extended number of factors.

The article presents a description of wood properties required for design of wooden construction elements, and an analysis of the results obtained by testing laboratory specimens, according to standards requirements in force for simple bending, tensile and compression. Finally conclusions and recommendations are based on the results.

Keywords: timber elements, bending, tensile, compression, laboratory test

1. Introducere

Din cele mai vechi timpuri, lemnul și piatra au fost materiale de construcții importante. Alegerea lemnului ca material de construcții în detrimentul celorlalte materiale se face de multe ori pe baza unor considerente arhitecturale estetice și de amenajare, dar economia de energie, durabilitatea și ușurința de întreținere, de asemenea, au pondere importantă în selecție.

Lemnul este un material anizotrop, de obicei considerat un material ortotrop, datorită orientării fibrelor de lemn și a modului în care se dezvoltă în diametru un copac în perioada lui de creștere. Prin urmare, proprietățile variază în raport cu trei axe reciproc perpendiculare: axa longitudinală, axa radială și axa tangențială, figura 1.

Axa longitudinală este axa paralelă cu direcția fibrelor, axa radială este perpendiculară pe direcția fibrelor și normală la inelele de creștere, iar axa tangențială este perpendiculară pe direcția fibrelor și tangentă la inelele de creștere.

Din punct de vedere valoric, cele mai multe proprietăți ale lemnului diferă în fiecare din aceste trei direcții, diferențele dintre valorile aceleiași proprietăți după axele radială sau tangențială fiind minore față de diferențele aceleiași proprietăți după aceste două axe și axa longitudinală. Lemnul având

1. Introduction

Since ancient times, wood and stone have been important building materials. The choice of wood as building material to the detriment of many other materials is often based on aesthetic and architectural planning considerations, but the energy savings, durability, and ease of maintenance, also have weight in selection.

Wood is an anisotropic material, usually considered an orthotropic material, due to the wood fiber orientation, and due to the way in which a tree diameter increases in the period of growth. Therefore, the wood physical and mechanical properties vary in relation to three mutually perpendicular axes: longitudinal axis, radial axis and tangential axis, Figure 1.

Longitudinal axis is the axis parallel to fiber, radial axis is perpendicular to the fiber direction and normal to the growth rings and the tangential axis is perpendicular to the fiber direction and tangent to the growth rings.

In terms of value, most properties of wood vary in each of these three directions, differences between the same properties along the radial and tangential axes are relatively minor compared to the same property differences of the radial or tangential axis and longitudinal axis. Wood, with

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel. + Tel. +4 0722 374 034, Email: dorina_isopescu@yahoo.co.uk

proprietăți diferite în fiecare din cele trei direcții principale este un material de construcții cu comportare complexă sub diverse sollicitări. Prin urmare, răspunsul la sollicitări mecanice depinde de direcția după care acționează încărcarea. În general, în proiectare se iau în considerare două categorii de proprietăți evaluate: în direcție longitudinală și direcție transversală.

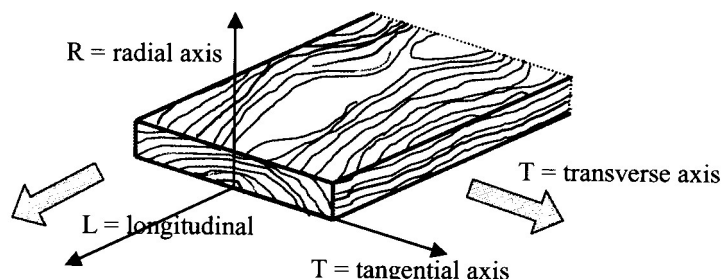


Fig. 1 – Direcțiile principale în elementele din lemn/ Principal directions in timber elements.

Structurile din lemn în mod tradițional au fost analizate pe baza unor simple ipoteze de calcul validate de încercări experimentale extinse. O astfel de proiectare restrânge domeniul de aplicații structurale ale lemnului ca material de construcții și presupune ipoteze de calcul limitative, [1-3].

În prezent, pentru proiectarea construcțiilor din lemn se pot utiliza simulări numerice bazate pe metoda elementului finit (MEF). O analiză completă prin metoda elementului finit poate oferi soluții structurale de alcătuire specifice lemnului care nu depind de configurația geometrică. Elemente determinante pentru proiectarea construcțiilor sunt cunoașterea proprietăților de rezistență a materialelor din care este realizată structura de rezistență, precum și configurația încărcărilor. Pentru a elabora analize credibile prin MEF, este necesară determinarea precisă a proprietăților mecanice ale lemnului, atât în direcție longitudinală cât și transversală.

Lucrarea prezintă, după o scurtă introducere în proprietățile mecanice standardizate ale lemnului utilizat în construcții, testele experimentale efectuate pentru a determina caracteristicile de rezistență la sollicitările de încovoiere, întindere și compresiune. Testele au fost efectuate în laboratorul Facultății de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, în conformitate cu metodologiile standardizate.

În final este prezentată procedura de clasificare a lemnului testat într-o clasă de rezistență în vederea stimulării proiectanților și încurajării executanților, producătorilor și distribuitorilor pentru a utiliza și, respectiv, a aduce pe piață produse din lemn cu proprietăți bine determinate.

different properties in each of the three main directions, is a building material with complex behavior in various applications. Therefore, the timber behavior depends on the direction of load. In design, are counted, generally, two categories of properties assessed: in the longitudinal direction and in the transverse direction.

Wood structures have traditionally been analyzed based on simple calculation assumptions validated by extensive experimental tests. Such a design reduces the structural applications of wood as building material and calculation requires limiting assumptions, [1-3].

Currently, the design of timber buildings can use numerical simulations based on finite element method (FEM). A full analysis by finite element method can provide specific structural wood composition solutions that do not depend on geometric configuration.

Factors in building design are knowledge of the mechanical properties of materials that is made the strength structure and load configuration. To develop credible analysis by FEM, it is necessary to determine accurately the mechanical properties of wood, such as longitudinal and transverse direction.

This paper presents, after a short introduction of standardized wood mechanical properties, the experimental tests to determine the resistance characteristics of wood in bending, tensile and compression applications. Tests were performed in the laboratory of Civil Engineering and Building Services Faculty, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, according to standard methodologies. Finally, there is presented the classification procedures of wood tested in a strength class to stimulate the designer and to encourage the builder, producers and distributors to use and, respectively, to bring to market the timber products with well determined properties.

2. Standardized wood mechanical properties for bending, tensile and compression

The analysis of mechanical properties of

2. Proprietățile mecanice standardizate ale lemnului pentru încovoiere, întindere și compresiune

Analiza proprietăților mecanice ale lemnului se referă în mod direct la necesitățile generate de proiectarea structurilor din lemn. Proprietățile mecanice sunt punctele forte în parametrii de proiectare a structurilor și sunt specificate în standardele de proiectare. Valorilor acestor proprietăți mecanice (de rezistență sau de rigiditate) pentru aplicații structurale sunt precizate în standarde sub formă de tabele care conțin valorile minime acceptate pentru verificarea capacității portante a unei structuri.

Pentru ca proiectarea elementelor de construcții din lemn să fie simplă și pentru evitarea confuziilor în modelarea și/sau verificarea structurală, un sistem de clasificare-evaluare bazat pe clase de rezistență a fost introdus. Sistemul bazat pe clase de rezistență a fost stabilit în standardul european EN 338 și preluat de standardul român SR-EN 338. Sistemul cu clase de rezistență stabilit în SR-EN 338 "Elemente structurale din lemn - Clasele de rezistență" este prezentat în tabelul 1, [4]. În tabel sunt prezentate valorile caracteristicilor și proprietăților, valori care variază de la cele pentru lemnul cu cea mai mică densitate, C14, la cele pentru lemnul cu cea mai mare densitate, D70, utilizate în prezent în Europa. Simbolul "C" reprezintă lemnul pentru speciile de rășinoase, iar simbolul "D" reprezintă lemnul pentru speciile de foioase. Notațiile folosite au următoarele semnificații: m = încovoiere; t = tracțiune; c = compresiune; v = forfecare; f = rezistență; k = caracteristică; 0 = în direcție paralelă cu fibrele; 90 = în direcție perpendiculară pe fibre.

wood refers directly to the needs generated by the design of timber structures. Mechanical properties are the strengths parameters in the design of structures and are specified in the design standards. Values of these mechanical properties (strength and stiffness) for structural applications are specified in the standard form of tables containing the minimum acceptable values for checking the bearing capacity of a structure. For the design of wood building elements be simple and to avoid confusion in structural modeling and/or verification, a classification-evaluation system based on strength class was introduced. System based on strength classes was established in the European standard EN 338 and took over the Romanian standard SR-EN 338. Strength class system established in the SR-EN 338 "Wood structural elements - Strength classes" is presented in Table 1, [4]. In the table are values for properties and characteristics, values ranging from the lowest grade of softwood, C14, at the highest level of hardwood, D70, currently used in Europe. The symbol "C" is the wood of coniferous species (softwood), and the symbol "D" is the wood of deciduous species (hardwood). Notations used have the following meanings: m = bending, t = tensile, c = compression, v = shear, f = strength, k = characteristic, 0 = in the direction parallel to the grain, 90 = in the direction perpendicular to the grain.

The most commonly mechanical properties used in design are characteristic bending strength, $f_{m,k}$, characteristic compression strength parallel and perpendicular to the grain direction, $f_{c,0,k}$ and $f_{c,90,k}$, characteristic tensile strength parallel and perpendicular to the grain, $f_{t,0,k}$ and $f_{t,90,k}$ and shear characteristic strength, $f_{v,k}$. Characteristic shear strength is not analyzed in this article.

Tabelul 1

Valorile caracteristice ale proprietăților lemnului / Characteristic values for wood properties

	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40	D30	D35	D40	D50	D60	D70
[N/mm ²][MPa]															
$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40	30	35	40	50	60	70
$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24	18	21	24	30	36	42
$f_{t,90,k}$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.9
$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26	23	25	26	29	32	34
$f_{c,90,k}$	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.7	6.0	6.3	8.0	8.4	8.8	9.7	10.5	13.5
$f_{v,k}$	1.7	1.8	2.0	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8	3.0	3.4	3.8	4.6	5.3	6.0
[kN/mm ²]{x10 ⁻³ [MPa]}															
$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14	10	10	11	14	17	20
$E_{0,05}$	4.7	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.0	8.7	9.4	8.0	8.7	9.4	11.8	14.3	16.8
$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.33	0.37	0.40	0.40	0.43	0.47	0.64	0.69	0.75	0.93	1.13	1.33
G_{mean}	0.44	0.50	0.56	0.63	0.69	0.75	0.75	0.81	0.88	0.60	0.65	0.70	0.88	1.06	1.25
[kg/m ³]															
ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420	530	560	590	650	700	900
ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500	640	670	700	780	840	1080

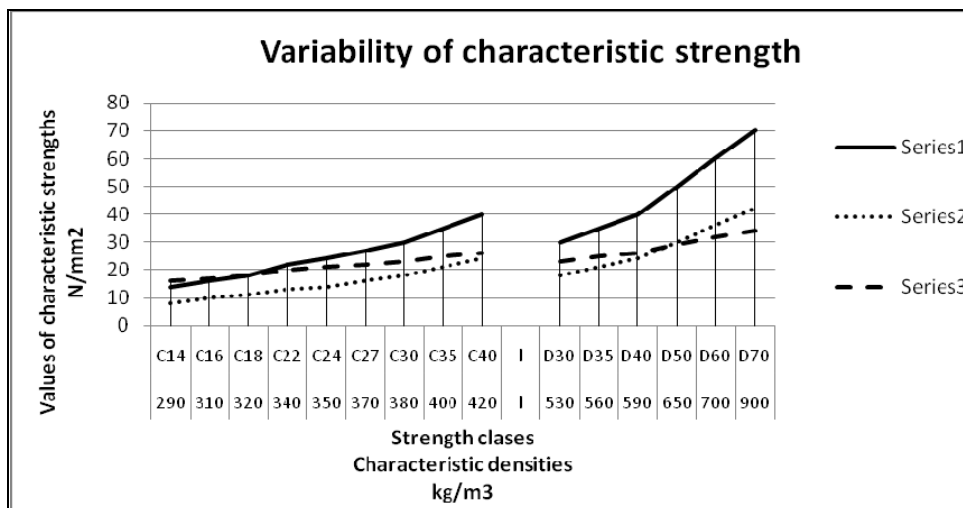


Fig. 2 – Variabilitatea rezistențelor caracteristice ale lemnului/ *Variability of wood characteristic strengths*:
 Series 1 – Rezistența caracteristică la încovoiere/ *Characteristic bending strength, $f_{m,k}$*
 Series 2 – Rezistența caracteristică la întindere paralelă cu fibrele/ *Characteristic tensile strength parallel to the fibers, $f_{t,0,k}$*
 Series 3 – Rezistența caracteristică la compresiune paralelă cu fibrele/ *Characteristic compression strength parallel to the fibers, $f_{c,0,k}$*

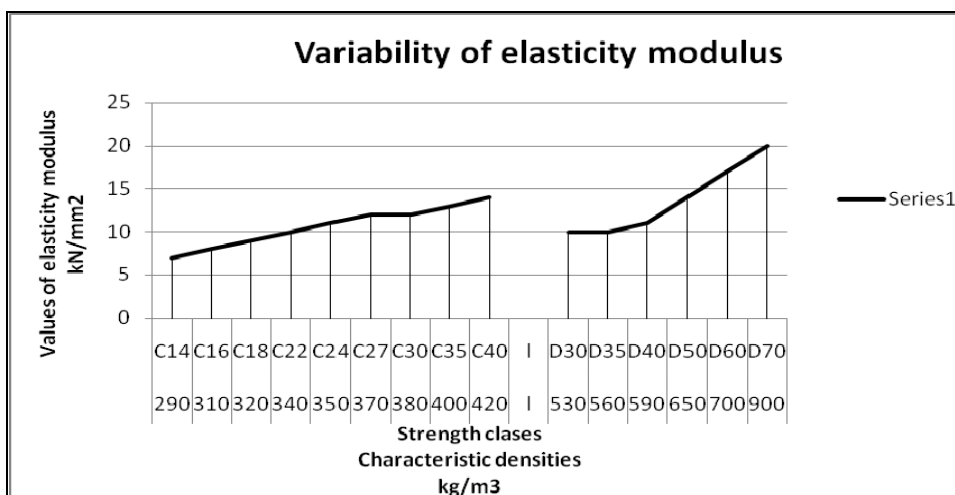


Fig. 3 – Variabilitatea modului de elasticitate/ *Variability of wood elasticity modulus*:
 Series 1 – Modulul de elasticitate/ *Elasticity modulus, $E_{0,mean}$*

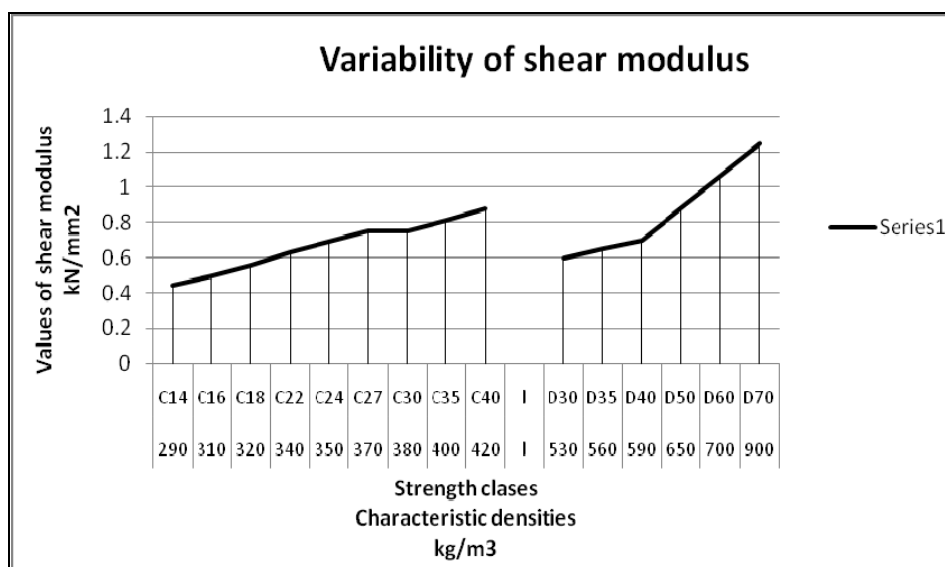


Fig. 4 – Variabilitatea modului de elasticitate la forfecare/ *Variability of wood shear modulus*:
 Series 1 – Modulul de elasticitate la forfecare/ *Shear modulus, G_{mean}*

Cele mai frecvente proprietăți mecanice utilizate în proiectare sunt rezistența caracteristică la încovoiere, $f_{m,k}$, rezistența caracteristică la compresiune paralelă și perpendiculară pe direcția fibrelor, $f_{c,0,k}$ și $f_{c,90,k}$, rezistența caracteristică la întindere/tracțiune paralelă și perpendiculară pe fibre, $f_{t,0,k}$ și $f_{t,90,k}$, și rezistența la forfecare, $f_{v,k}$. Rezistența caracteristică la forfecare nu este analizată în această lucrare.

Rezistențele caracteristice ale lemnului sunt direct proporționale cu densitatea acestuia. Variația valorilor rezistențelor caracteristice pentru diferite clase de rezistență a lemnului și densități sunt prezentate în graficele din figura 2. Figurile 3 și 4 prezintă graficele de variație a modulului de elasticitate și, respectiv, a modulului de elasticitate la forfecare.

În ceea ce privește modulul de elasticitate, se cunoaște că acesta variază în funcție de tipul de încărcare și direcția de aplicare a încărcării. În mod normal, modulul de elasticitate utilizat în proiectarea elementelor din lemn este modulul de elasticitate din solicitarea la încovoiere, E .

Densitatea influențează puternic rezistența lemnului. După cum se observă în tabelul 1, clasele de rezistență au densități caracteristice diferite. Valorile raporturilor dintre rezistențele caracteristice și densitățile corespunzătoare sunt prezentate în figura 5 unde se observă că există valori apropiate ale acestora pentru lemn și oțel. Din acest punct de vedere lemnul din clasa de rezistență C40, la întindere, are valoarea raportului dintre rezistența caracteristică la întindere și densitate similar cu cel pentru oțel (pentru oțel s-a luat în calcul o rezistență medie la întindere de 490 MPa).

Wood characteristics strengths are principally influenced by the density. The variability of characteristic strength values for different strength classes of the wood are shown in graphs from Figure 2. Figures 3 and 4 present the variability of elasticity modulus and shear modulus respectively.

Regarding the modulus of elasticity it is known that it varies according to the type of applied load and direction. Normally, the modulus of elasticity corresponding to bending, E , is used to characterize the wood element.

A very strong influence on wood strength is given by the density. As can be seen from Table 1 strength classes have different tabulated characteristic densities. The values of ratios between characteristic strengths and correspondent density are presented in Figure 5 and they seem to be similar for wood and steel. From this point of view wood of strength class C40 in tensile has a ratio of characteristic tensile strength to density similar to steel (for steel was considered an average tensile strength of 490MPa).

Wood behavior subjected to bending, tensile or compression, in general, is directly related to the density. Softwood species (species with continuous leaves) and hardwood species (species with seasonal leaves) have a separate classification because their properties differ clearly. It is a method of classification, which can be misleading because there are hardwood (after the classification of species) showing values corresponding to softwood and each other.

For simplicity in design and economy in use, wood products, regardless of the species of

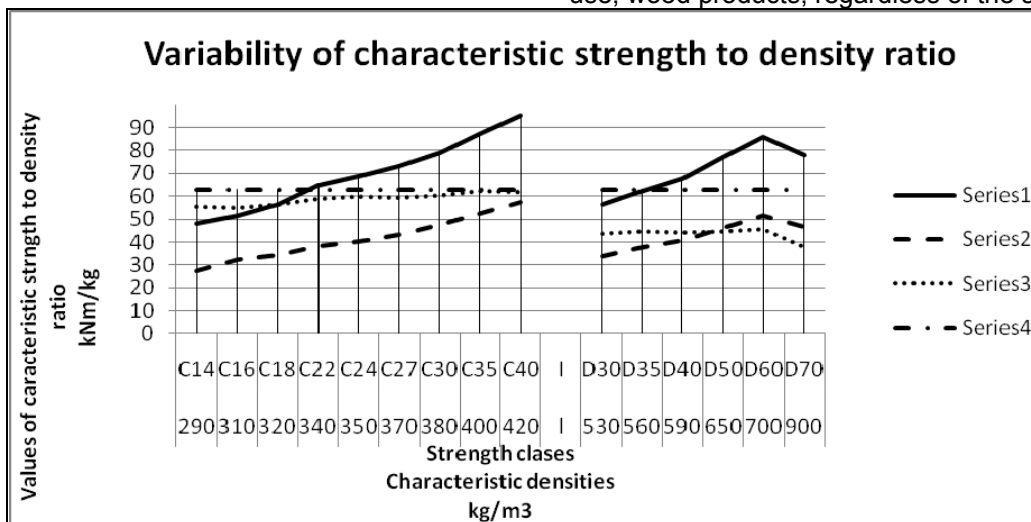


Fig. 5 – Variabilitatea raportului rezistență-greutate/ Variability of characteristic strength to density ratio:

Series 1 – Raportul dintre rezistențele caracteristice la încovoiere și densitatea lemnului/ Ratios of characteristic bending strength to wood density, $f_{m,k}/\rho_k$

Series 2 - Raportul dintre rezistențele caracteristice la întindere și densitatea lemnului/ Ratios of characteristic tensile strength to wood density, $f_{t,0,k}/\rho_k$

Series 3 - Raportul dintre rezistențele caracteristice la compresiune și densitatea lemnului/ Ratios of characteristic compression strength to wood density, $f_{c,0,k}/\rho_k$

Series 4 – Raportul dintre rezistența caracteristică la întindere și densitatea oțelului/ Ratio of steel tensile strength to density

Comportarea lemnului supus la încercări precum încovoierea, tracțiunea sau compresiunea, în general, este strâns legată de densitate. Speciile de lemn de esență moale (C, specii cu frunze permanente) și speciile de lemn de esență tare (D, specii cu frunze sezoniere) au o clasificare separată, deoarece proprietățile lor diferă. Este o metodă de clasificare, care poate fi înșelătoare, deoarece există lemn de esență tare (după clasificarea speciilor) care prezintă valori ale proprietăților care corespund clasei de lemn de esență moale și reciproc.

Pentru simplitate în proiectare și economie în utilizare, este permis ca produse din lemn, indiferent de specia din care provin, cu proprietăți mecanice similare caracterizate printr-un set de valori definite conform standardelor pentru proiectare, să fie încadrate în categoriile numite clase de rezistență.

Valorile proprietăților mecanice prezentate în standardul SR EN 338 sunt valori caracteristice care au fost obținute pe baza rezultatelor de la încercarea epruvetelor din lemn definite ca fiind "fără defecte" și cu "fibrele drepte și paralele cu muchia". Aceste epruvete nu conțin defecte naturale, cum ar fi noduri, fibre încrucișate, crăpături și fisuri și sunt considerate, de regulă, omogene pentru încercări de laborator. Variabilitatea, sau variația în proprietăți, este comună pentru toate materialele. Pentru că lemnul pentru construcții este un material natural, iar copacul din care provine a fost supus unor multe influențe în continuă schimbare (cum ar fi umiditate, condițiile de sol și arealul de creștere), proprietățile lemnului variază, chiar și într-un material "fără defecte".

Valorile caracteristice sunt stabilite din condiția luării în considerare a tuturor factorilor de influență care nu pot fi neglijați atunci când ne referim la elemente din lemn cu dimensiuni mult mai mari decât a epruvetelor utilizate la încercările de laborator. În general, influența dimensiunilor asupra proprietăților mecanice este invers proporțională. Astfel elementele de dimensiuni mici au rezistențe mai mari decât elementele cu dimensiuni mari pentru același tip de încărcare.

3. Analiza experimentală a proprietăților mecanice ale lemnului la încovoiere, întindere și compresiune

Proprietățile mecanice ale lemnului ca material pentru construcții, enumerate în tabelul 1, se bazează pe o varietate de metode de prelevare a probelor și de metode de testare. Valorile din tabel sunt obținute ca o medie statistică ajustată a rezultatelor obținute în încercări de laborator în condiții prevăzute în standarde.

Aceste aspecte sunt analizate în încercările de laborator, efectuate în cadrul Facultății de Construcții și Instalații din Iași. Lemnul utilizat

origin, and with similar mechanical properties characterized by a defined set of design standards values, are allowed to be placed in categories called strength classes.

The values of mechanical properties given in standard SR EN 338 are characteristic values which were obtained from the results of wood testing specimens defined as "clear" and "straight grained". These specimens do not contain natural defects such as knots, cross fiber, cracks, and cracks and are considered, usually homogeneous for laboratory tests. Variability or variation in properties is common to all materials. For timber, which is a natural material, and the tree from which it was subject to many constantly changing influences (such as humidity, soil conditions and growing area), wood properties vary, even in a "clear" material.

Characteristic values are determined from the condition taking into account all factors of influence that cannot be neglected when it comes to wood elements with dimensions much larger than the specimens used in laboratory testing. In general, the influence of size on mechanical properties is inversely proportional. Such small elements have higher resistance than large items for the same type of loading.

3. Experimental analysis of wood mechanical properties from bending, tensile and compression test

Mechanical properties of wood as building material, listed in Table 1 are based on a variety of sampling and testing methods. Values in table are obtained as an adjusted statistical average of the results obtained in laboratory tests as provided in the standards.

These aspects were analyzed in laboratory tests performed in Faculty of Civil Engineering and Building Services of Iasi Technical University. The wood used to create specimens is softwood. Specimens were manufactured to achieve the conditions imposed by the standards for determining wood behavior to each type of static loading.

Before tests, samples were checked to determine the nominal value of the real dimensions and volume, and were weighed to determine density. The moisture content and density for each specimen have been measured or evaluated.

To verify the laboratory conditions were measured humidity and air temperature in the room where the tests were conducted, which were 60% and 19°C, respectively.

The following are the results of laboratory tests performed on specific wood specimens subjected to bending, tensile and compression.

3.1. Static bending test of wood specimens

pentru realizarea epruvetelor este din grupa lemnului de rășinoase. La realizarea epruvetelor au fost respectate condițiile impuse de standardele pentru determinarea modului de comportare a lemnului la fiecare tip de solicitare statică.

Înainte de efectuarea încercărilor, probele au fost verificate pentru determinarea valorilor nominale ale dimensiunilor, ale volumului real, și au fost cântărite pentru determinarea densității. Umiditatea la momentul încercării și densitatea pentru fiecare epruvetă au fost măsurate sau evaluate. Pentru verificarea condițiilor din laborator s-au măsurat umiditatea și temperatura aerului în încăperea în care s-au desfășurat încercările, acestea fiind de 60% și de 19°C, respectiv.

În continuare sunt prezentate rezultatele unor încercări de laborator efectuate pe epruvete din lemn specifice pentru solicitările de încovoiere, întindere și compresiune.

3.1. Încercarea la încovoiere statică a epruvetelor din lemn

3.1.1. Standarde și norme aplicate

Pentru a determina rezistența lemnului la încovoiere statică s-au efectuat încercări de laborator conform SR ISO 3133:2008, [5] și ASTM 04.10 Wood D143-09, [6]. Atât procedura de lucru cât și realizarea epruvetelor au respectat prevederile acestor standarde.

3.1.2. Epruvetele

Conform prevederilor standardizate, s-a considerat un număr de 10 epruvete având dimensiunile standardizate de 20mmx20mm în secțiune transversală (b x h) și 380 mm lungime, figura 6.

3.1.3. Procedura de încercare

Testele experimentale au fost efectuate la presa Zwick/Roell Material Testing Machine BP1-F1000SN.M11.

Epruvetele au fost simplu rezemate, cu distanța dintre suporturi de 240mm iar sarcina a fost

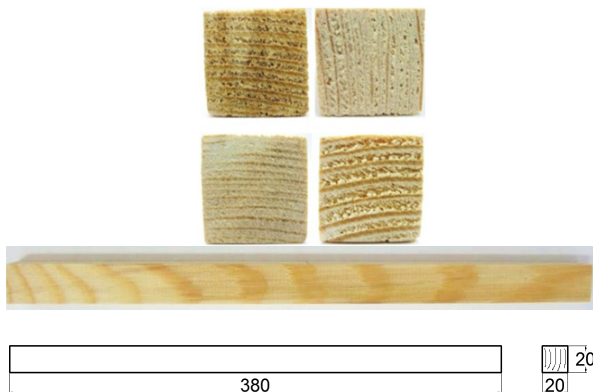


Fig. 6 – Specimenul din lemn standardizat pentru încercarea la încovoiere statică

The standardized wood specimens for static bending test.

3.1.1. Applied standard and norms

To determine the static bending (flexural) strength of wood were carried out laboratory tests according to SR ISO 3133:2008, [5] and ASTM 04.10 Wood D143-09, [6]. The working procedure and the achievement of expressing quality of specimens have complied with these the standards.

3.1.2. Specimens

Under the standard, it was considered a total of 10 specimens with dimensions of 20mmx20mm in cross-section (b x h) and 380mm standard length, Figure 6.

3.1.3. Test procedure

Experimental tests were made to equipment Zwick/Roell Material Testing Machine BP1-F1000SN.M11.

Specimens were simply supported, the distance between supports of 240mm and load was applied midway (the mid-span of 240mm), Figure 7, on the radial surfaces thereof, [5-9]. Load was applied continuously with constant test speed of 0.85MPa/s, providing a break for specimens in 102s (about 1.7min).

3.1.4. Test results

Following the static bending (flexural) test, Figure 8, we obtained the results shown in Table 2.

Data from Table 2 represents:

- ρ_{rel} – relative density of specimens;
- W – specimens moisture content, measured according to SR EN 13183-1, [9];
- P_{max} – failure load;
- δ_{max} – apparent deflection at failure;
- S – total crushing, taking into account local crushing of the load application and the bearing areas;
- $\delta_{max, real}$ – failure deflection, taking into account local crushing;

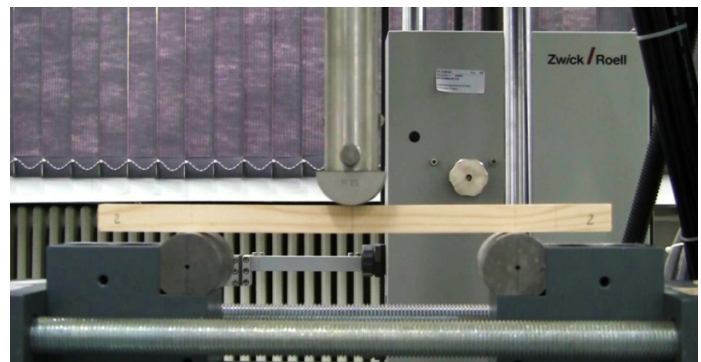


Fig. 7 – Echipamentul de încercare și poziționarea epruvetei pentru încercarea la încovoiere statică

Test equipment and arrangements for static bending test.

aplicată la jumătatea distanței (interax de 240mm), figura 7, pe suprafața radială a acestora, [5-9]. Sarcina a fost aplicată continuu cu viteza constantă de încercare de 0,85MPa/s, asigurând ruperea epruvetelor într-un timp de 102s (aproximativ 1,7min).

3.1.4. Rezultatele încercării

În urma încercării la încovoiere statică, figura 8, s-au obținut rezultatele prezentate în Tabelul 2.

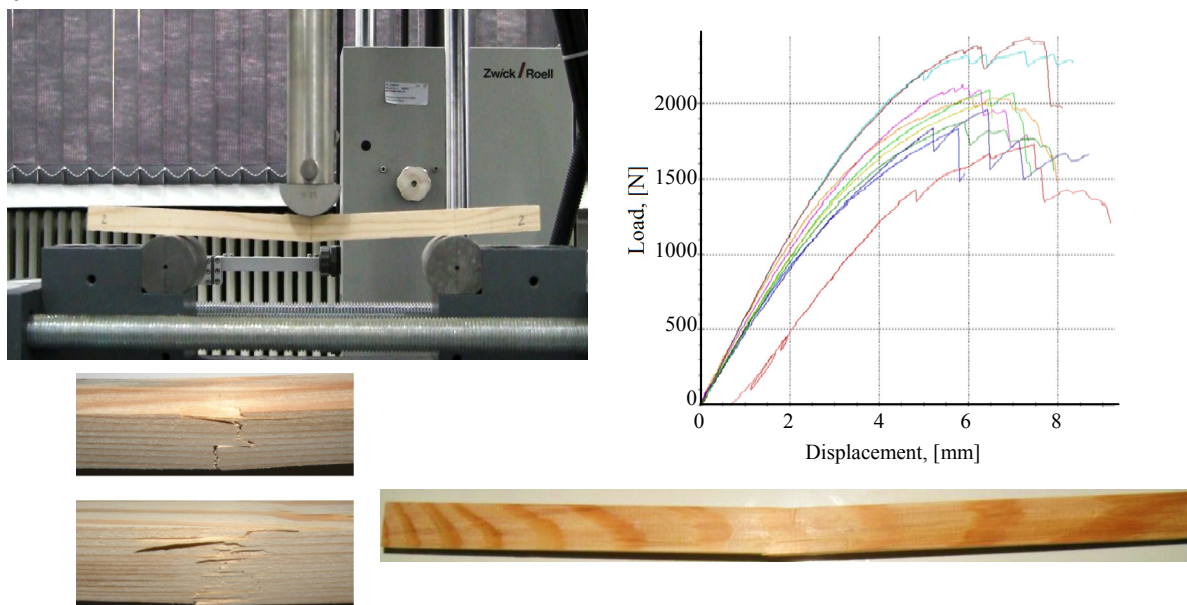


Fig. 8 – Încercarea la încovoiere statică, diagramele forță – deplasare și modurile de cedare ale epruvetelor din lemn/ *Static bending test, force-displacement graph and failure modes of wood specimens.*

Tabelul 2

Rezultatele testului la încovoiere/ *Static bending (flexural) test data*

No. of specimens	ρ_{rel} [kg/m ³]	W [%]	P_{max} [N]	δ_{max} [mm]	S [mm]	$\delta_{max,real}$ [mm]	σ_{bW} [MPa]	σ_{b12} [MPa]	E [MPa]	E_{12} [MPa]
1	472.16	7.4	1730	7.5	0.30	7.20	74.54	111.95	7120	7596.47
2	478.64	7.4	2090	6.5	0.30	6.20	83.84	127.26	8200	8748.74
3	502.02	8.0	1830	5.8	0.25	5.55	74.11	103.89	7130	7544.90
4	490.39	7.0	2030	6.1	0.30	5.80	80.94	128.78	8850	9493.74
5	508.48	7.2	2120	5.9	0.15	5.75	88.74	138.75	9200	9842.43
6	521.10	7.6	2340	7.3	0.20	7.10	95.91	143.56	10300	10959.30
7	498.11	7.2	2000	6.3	0.35	5.95	85.89	133.92	8840	9457.29
8	524.76	7.0	2430	7.3	0.35	6.95	93.26	150.26	9400	10083.74
9	487.16	7.4	1880	5.9	0.35	5.55	76.93	115.88	7800	8321.97
10	502.04	7.8	1960	6.4	0.15	6.25	80.76	116.57	7510	7968.87
Valoarea medie <i>Mean value</i>	498.50	7.4	2041	6.5	0.27	6.23	83.49	127.08	8435	9003.46

Datele din Tabelul 2 reprezintă:

ρ_{rel} – densitatea relativă a epruvetelor;

W – umiditatea epruvetelor, măsurată conform SR EN 13183-1, [9];

P_{max} – sarcina la rupere;

δ_{max} – săgeata aparentă la rupere;

E – elasticity modulus;

σ_{bW} – static bending strength for W moisture content during the test, calculated by the relationship (1):

$$\sigma_{bW} = \frac{3P_{max}L}{2bh^2} \quad (1)$$

σ_{b12} – static bending strength for moisture content of 12%, determined by the relationship (2), according to [10]:

S – strivirea totală, luând în considerare strivirile locale din zona de aplicare a sarcinii și din zonele de reazem;

$\delta_{\max, \text{real}}$ – săgeata la rupere, luând în considerare strivirile locale;

E – modulul de elasticitate;

σ_{bW} – rezistența la încovoiere statică pentru umiditatea W din timpul încercării, calculată cu relația (1):

$$\sigma_{bW} = \frac{3P_{\max} L}{2bh^2} \quad (1)$$

σ_{b12} – rezistența la încovoiere statică la umiditatea de 12%, determinată cu relația (2), conform [10]:

$$\sigma_{b12} = \sigma_{bW} + \frac{\sigma_{bW} - 16.6}{0.276 - W}(W - 12) \quad (2)$$

E_{12} – modulul de elasticitate la umiditatea de 12%, determinată cu relația (3), conform [10]:

$$E_{12} = E \cdot \frac{1.857 - 0.0237 \cdot W}{1.857 - 0.0237 \cdot 12} \quad (3)$$

3.2. Încercarea la întindere paralelă cu fibrele epruvetelor din lemn

3.2.1. Standarde și norme aplicate

Rezistența lemnului la rupere din tracțiune paralel cu fibrele s-a determinat prin efectuarea încercărilor de laborator conform ASTM 04.10 Wood D143-09, [6]. Condiția privind evitarea încovoierii probelor, conform SR EN 408:2004, [11], a fost de asemenea respectată.

3.2.2. Epruvetele

Epruvetele standardizate au forma rectangulară și dimensiunile din figura 9, iar în partea calibrată au latura de 20mm în secțiune radială și de 4mm ($b \times h_c$) în secțiune tangențială.

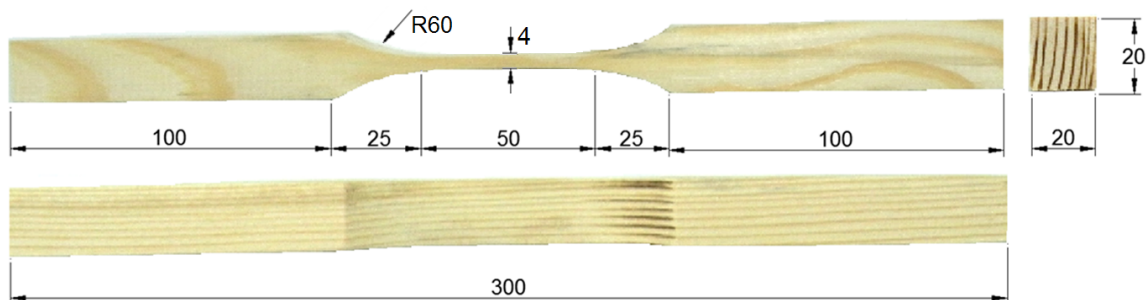


Fig. 9 – Epruvetele din lemn standardizate pentru întindere paralelă cu fibrele/
The standardized wood specimens for tensile parallel to grain test

3.2.3. Procedura de încercare

Testele experimentale au fost efectuate la presa hidraulică universală WAW-600E (figura 10), iar alungirea s-a determinat prin intermediul unui deflectometru atașat epruvetelor.

Încercările au fost efectuate pe un număr de 10 epruvete (figura 9). Viteza constantă de aplicare

$$\sigma_{b12} = \sigma_{bW} + \frac{\sigma_{bW} - 16.6}{0.276 - W}(W - 12) \quad (2)$$

E_{12} – elasticity modulus for moisture content of 12%, determined by the relationship (3), according to [10]:

$$E_{12} = E \cdot \frac{1.857 - 0.0237 \cdot W}{1.857 - 0.0237 \cdot 12} \quad (3)$$

3.2. Tensile parallel to grain test of wood specimens

3.2.1. Applied standard and norms

Strength of wood for tensile parallel to the grain tests was determined by the laboratory test according to ASTM 04.10 Wood D143-09, [6]. The condition on avoiding the specimens flexure, according to SR EN 408:2004, [11], was also met.

3.2.2. Specimens

Standardized specimens have a rectangular shape and dimensions of Figure 9, and have calibrated the central to 20mm and 4mm ($b \times h_c$) in radial and tangential respectively.

3.2.3. Test procedure

Experimental tests were made on universal hydraulic press WAW-600E, Figure 10, and elongation was determined by means of a transducer attached to the specimens.

Tests were performed with a number of 10 specimens, Figure 9. Constant speed of load application was imposed to 0,1kN/s, providing failure in the calibrated specimens at 1.5min after the start of the test, Figure 11, [6, 8, 12].

3.2.4. Test results

The results obtained in parallel with the grain tensile test are presented in Table 3.

The data presented in Table 3 include:

ρ_{rel} – relative density of specimens;
b and h_c – cross-sectional dimensions of the calibrated central part of the specimens;

W – specimens humidity, measured according to SR EN 13183-1, [9];

P_{\max} – failure load;

a sarcinii s-a impus de 0,1KN/s, asigurând ruperea în partea calibrată a epruvetelor la 1,5min de la începerea încercării, figura 11, [6, 8, 12].

3.2.4. Rezultatele încercării

Rezultatele obținute la încercarea de tracțiune paralelă cu fibrele sunt prezentate în tabelul 3.

În tabelul 3 datele prezentate cuprind:

ρ_{rel} – densitatea relativă a epruvetelor;
 b și h_c – dimensiunile secțiunii transversale ale părții calibrate a epruvetelor;
 W – umiditatea epruvetelor, măsurată conform SR EN 13183-1, [9];

P_{max} – sarcina la rupere;

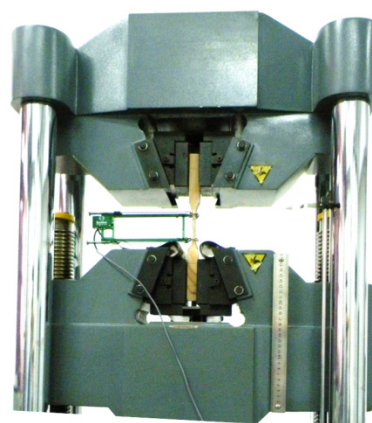


Fig. 10 – Echipamentul de încercare și poziționarea epruvetei pentru întindere paralelă cu fibrele
 Test equipment and arrangements for tensile parallel to grain test.

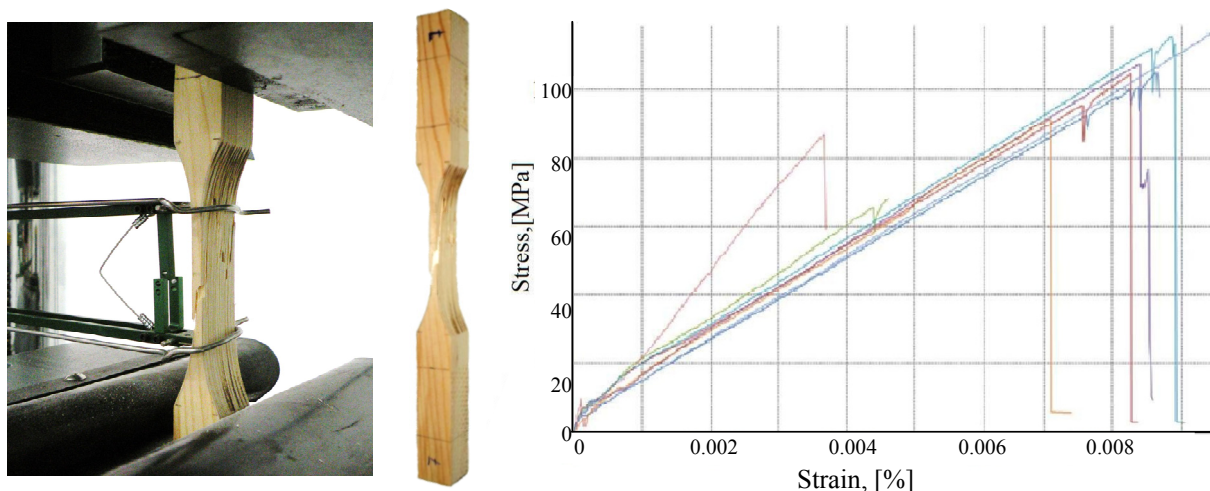


Fig. 11 – Întindere paralelă cu fibrele, diagrama forță – deplasare și modurile de cedare ale epruvetei/
 Tensile parallel to grain test, force-displacement graph and failure modes of wood specimens

Tabelul 3

Rezultatele încercării la întindere paralelă cu fibrele/ Tensile parallel to grain test data

No. of specimens	ρ_{rel} [kg/m ³]	b [mm]	h_c [mm]	W [%]	P_{max} [N]	$\sigma_{tr//}$ [MPa]	$\sigma_{tr//12}$ [MPa]
1	533.11	20.2	4.2	5.5	9510	109.4	224.61
2	496.35	20.6	4.2	5.5	9050	103.7	181.24
3	531.96	20.8	4.5	6.4	9830	103.2	196.11
4	522.75	20.2	4.0	6.6	10000	121.8	188.54
5	504.40	20.8	4.5	6.0	9800	104.7	235.54
6	476.41	20.7	4.3	6.2	10150	112.8	196.64
7	535.05	20.2	4.9	6.0	10340	101.1	211.42
8	522.75	21.0	4.2	6.6	8080	90.90	211.18
9	502.16	20.9	4.4	6.2	11810	127.2	206.35
10	542.07	20.4	4.0	6.4	8000	96.10	152.69
Mean values	516.70	20.6	4.3	6.14	9595	107.09	167.35

$\sigma_{tr//}$ – rezistența la rupere la tracțiune paralelă cu fibrele pentru umiditatea W din timpul încercării, calculată cu relația (4):

$$\sigma_{tr//} = \frac{P_{\max}}{bh_c} \quad (4)$$

$\sigma_{tr//12}$ – rezistența la rupere la tracțiune paralel cu fibrele la umiditatea de 12%, determinată cu relația (5), conform [10]:

$$\sigma_{tr//12} = \sigma_{tr//} + \frac{\sigma_{tr//} - 21.7}{0.552 - W} (W - 12) \quad (5)$$

3.3. Încercarea la compresiune paralelă cu fibrele epruvetelor din lemn

3.3.1. Standarde și norme aplicate

Pentru a determina rezistența lemnului la compresiune paralel cu fibrele s-au efectuat încercări de laborator conform STAS 86/1-87, [13], ASTM 04.10 Wood D143-09, [6]. Condiția privind evitarea încovoierii probelor, conform SR EN 408:2004, [11], a fost de asemenea respectată.

3.3.2. Epruvetele

Au fost încercate un număr de 15 epruvete. Acestea au fost tăiate sub formă de prismă dreaptă cu secțiunea pătrată, cu latura de 20mm ($b \times h$) și înălțimea (L_1) de 60mm, figura 12.

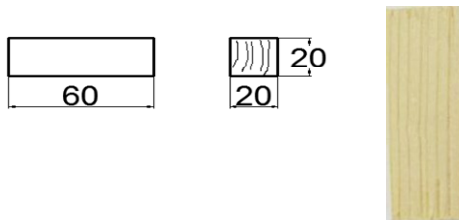


Fig. 12 – Epruvetele pentru încercarea la compresiune paralelă cu fibrele/ Specimens for testing in compression parallel to the grain

3.3.3. Procedura de încercare

Testele experimentale au fost efectuate la presa Zwick/Roell Material Testing Machine BP1-F1000SN.M11.

Sarcina a fost aplicată constant cu viteza de 11kN/min până la cedarea epruvetei în 98s (aproximativ 1,6min) de la începerea aplicării sarcinii, figura 13.

3.3.4. Rezultatele încercării

Rezultatele obținute în urma încercărilor au fost centralizate în tabelul 4.

Datele din tabelul 4 cuprind:

A – aria secțiunii transversale a epruvetelor;

ρ_{rel} – densitatea relativă a epruvetelor;

W – umiditatea epruvetelor, măsurată conform

$\sigma_{tr//}$ – tensile parallel to grain strength for W humidity during the test, calculated by the relationship (4):

$$\sigma_{tr//} = \frac{P_{\max}}{bh_c} \quad (4)$$

$\sigma_{tr//12}$ – tensile parallel to grain strength for humidity of 12%, determined by the relationship (5), according to [10]:

$$\sigma_{tr//12} = \sigma_{tr//} + \frac{\sigma_{tr//} - 21.7}{0.552 - W} (W - 12) \quad (5)$$

3.3. Compression parallel to grain test of wood specimens

3.3.1. Applied standard and norms

To determine the compressive strength of wood parallel to the fibers, laboratory tests were made according to STAS 86/1-87, [13] ASTM 04.10 Wood D143-09, [6]. The condition on avoiding the specimens flexure, according to SR EN 408:2004, [11], was also met.

3.3.2. Specimens

It have been tried a number of 15 specimens. These were cut as straight prism with square section, with sides of 20mm ($b \times h$) and height (L_1) of 60mm, shall appear in Figure 12.

3.3.3. Test procedure

Experimental tests were performed with the press Zwick / Roell Material Testing Machine BP1 - F1000SN.M11. Load was applied to constant speed of 11kN/min. until specimen failure in the 98s (about 1.6min) from start of application of load, shall appear Figure 13.

3.3.4. Test results

The tests results were summarized in Table 4.

The data in Table 4 include:

A – cross-sectional area of specimens;

ρ_{rel} – relative density of specimens;

W – specimens moisture content, measured according to SR EN 13183-1, [9];

P_{\max} – failure load;

δL_1 – longitudinal deformation at failure;

$\sigma_{c//}$ – compression parallel to grain strength for W moisture content during the test, calculated by the relationship (6):

$$\sigma_{c//} = \frac{P_{\max}}{A} \quad (6)$$

$\sigma_{c//12}$ – compression parallel to grain strength for moisture content of 12%, determined by the relationship (7), according to [10]:

$$\sigma_{c//12} = \sigma_{c//} + \frac{\sigma_{c//} - 9.6}{0.234 - W} (W - 12) \quad (7)$$

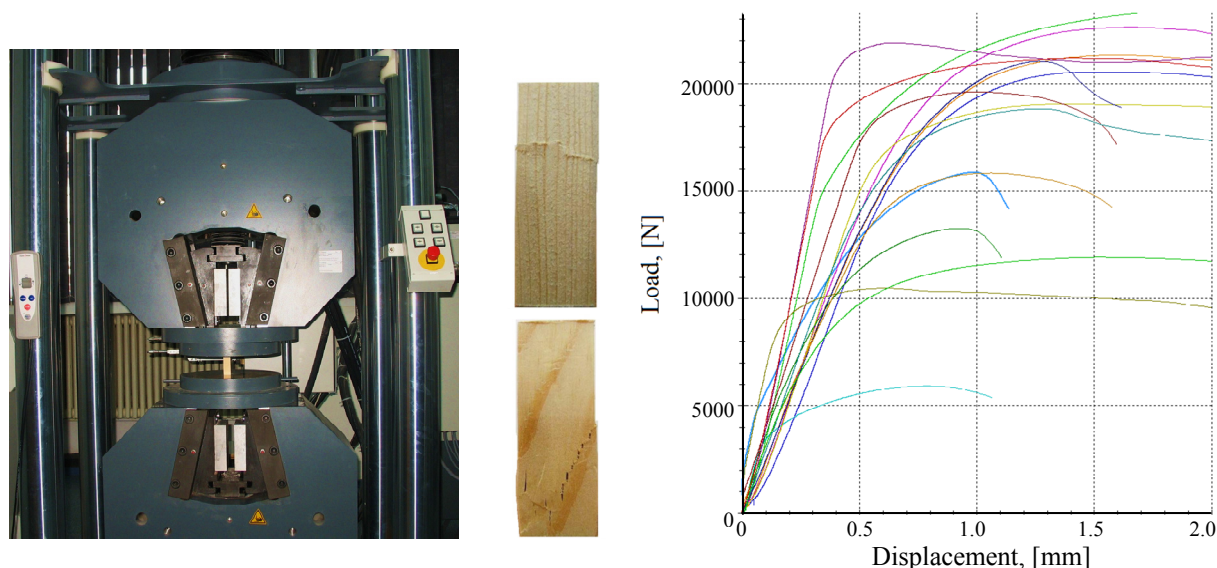


Fig. 13 – Încercarea la compresiune paralelă cu fibrele, diagrama forță – deplasare și modurile de cedare ale epruvetelor din lemn/ Compression parallel to grain test, force-displacement graph and failure modes of wood specimens

Tabelul 4

Rezultatele încercării la compresiune paralelă cu fibrele/ Compression parallel to grain test data

No. of specimens	A [mm ²]	P _{rel} [kg/m ³]	W [%]	P _{max} [N]	δL ₁ [mm]	σ _{cl} [MPa]	σ _{cl/12} [MPa]
1	425	443.15	7.4	11900	1.5	27.9	39.64
2	432	449.54	8.2	21200	1.4	48.95	67.72
3	430	463.93	7.6	10500	1.1	24.33	33.13
4	422	522.30	7.2	18800	1.3	44.62	68.75
5	430	463.56	7.0	21900	0.7	50.67	81.02
6	424	549.16	8.2	15800	1.1	36.6	49.48
7	431	476.00	7.4	21000	1.3	48.75	73.88
8	431	467.98	6.6	13300	0.9	30.71	48.62
9	432	479.11	7.2	19600	1.0	45.05	69.48
10	434	475.46	7.6	19100	1.3	43.85	64.31
11	436	452.51	7.0	22600	1.7	51.83	83.04
12	435	470.89	6.4	21300	1.6	48.94	84.67
13	433	481.02	7.4	20500	1.6	47.37	71.62
14	434	509.45	7.0	23500	2.0	53.59	86.10
15	434	457.78	7.4	15900	1.0	36.49	53.75
Mean values	431	477.46	7.30	18460	1.3	42.64	64.57

SR EN 13183-1, [9];

P_{max} – sarcina la rupere;

δL₁ – deformarea longitudinală la rupere;

σ_{cl} – rezistența la rupere din compresiune paralelă cu fibrele pentru umiditatea W din timpul încercării, determinată de relația (6):

$$\sigma_{cl} = \frac{P_{max}}{A} \quad (6)$$

σ_{cl/12} – rezistența la rupere la compresiune paralelă cu fibrele la umiditatea de 12%, determinată cu relația (7), conform [10]:

$$\sigma_{cl/12} = \sigma_{cl} + \frac{\sigma_{cl} - 9.6}{0.234 - W} (W - 12) \quad (7)$$

4. Evaluation of the strength class for analysed wood elements

The tabulated value (standardized) is based on estimated average property value obtained on specimens of wood. Characteristic value is obtained as the product of the average value of property due to the test specimens of wood and the average coefficient of variation for the property. Average coefficients of variation for the mechanical properties are a statistical estimate of the influences identified by testing in laboratory conditions, caused by the variability of sizes, by those defects invisible in a natural element and by the environmental conditions in which the tree grew.

4. Evaluarea clasei de rezistență pentru elementele din lemn analizate

Valoarea caracteristică (standardizată) este o valoare medie estimată având la bază valoarea proprietății obținută pe epruvete din lemn. Valoarea caracteristică se obține ca produs dintre valoarea medie a proprietății determinate la încercările pe epruvete din lemn și coeficientul mediu de variație pentru proprietate. Coeficienții medii de variație pentru proprietățile mecanice sunt o estimare statistică a influențelor identificate prin testare în condiții de laborator, cauzate de variabilitatea dimensională, de acele defecte naturale nevizibile dintr-un element și de condițiile de mediu în care s-a dezvoltat copacul.

Coeficienții medii de variație necesită un număr mare de rezultate obținute în teste de laborator. În lucrarea „Wood Handbook, Wood as an engineering material”, [10], sunt prezentate valori pentru coeficienții medii de variație, obținute prin medierea statistică a rezultatelor existente în literatura de specialitate pentru produsele din lemn la nivel mondial. Valoarea coeficientului mediu de variație pentru evaluarea rezistenței caracteristice la încovoiere este $p_k = 16\%$, [10].

Proprietățile de proiectare sunt asociate cu o clasă de rezistență. Ca și în cazul proprietăților pentru orice material structural, proprietățile admisibile în proiectarea tehnică trebuie să fie deduse sau măsurate fără distrugerea informațiilor. În lemn, proprietățile sunt deduse prin criterii de clasificare vizuală, măsurători nedistructive cum ar fi modulul de elasticitate din încovoiere, densitatea, sau o combinație a acestor proprietăți.

Aceste măsurători nedistructive pot oferi atât un criteriu de sortare cât și un mijloc de evaluare adecvat pentru proprietăți mecanice.

Determinarea clasei de rezistență pentru lotul de grinzi din lemn utilizat pentru realizarea epruvetelor folosite la încercările de laborator prezentate în Capitolul 3 se fundamentează pe rezultatul obținut pentru modulul de elasticitate. Valorile modulului de elasticitate mediu și a rezistenței medii la încovoiere, cu ajustările din umiditatea probelor la momentul încercării, prezentate în tabelul 2, corectate prin analiză statistică, sunt prezentate în tabelul 5.

Modulul de elasticitate este $E = 9438,86\text{MPa}$, prin urmare, **clasa de rezistență** pentru epruvetele din lemn este de **C18**.

Rezistența caracteristică la încovoiere este evaluată cu ajutorul coeficientului mediu de variație:

$$f_{m,k} = \sigma_{b12} \cdot p_k = 21,12 \text{ MPa} \quad (8)$$

Valoarea calculată pentru rezistența la încovoiere, (8), confirmă alegerea clasei de rezistență.

Norma Europeană de proiectare DIN EN 384-2004, [14], arată că toate rezistențele și rigiditățile

The average coefficients of variation require a large number of results obtained in laboratory tests. In the paper “Wood Handbook, Wood as an engineering material”, [10], are presented the average values for the coefficients of variation, p_k , obtained by statistical mediation of results existing in the technical literature for wood products, worldwide. The value of the average coefficient of variation for characteristic bending strength evaluation is $p_k = 16\%$, [10].

Design properties are associated with a strength class. As with any structural material properties, in technical design allowable properties must be inferred or measured nondestructively. Wood properties are inferred through visual grading criteria, non-destructive measurements such as bending stiffness, density, or a combination of these properties. These non-destructive measurements can provide both a sorting criterion as a mean suitable for mechanical properties evaluation.

Determination of strength class to group of wooden beams used to create specimens for laboratory testing presented in Chapter 3 is based on the result for the modulus of elasticity. The average elasticity modulus and bending strength values with humidity adjustments when trying, presented in Table 2, have been corrected by statistical analysis and are presented in Table 5.

The elasticity modulus is $E = 9366\text{MPa}$, therefore **strength class** for wood specimens is chosen **C18**.

The characteristic bending strength is now evaluates using the average coefficients of variation:

$$f_{m,k} = \sigma_{b12} \cdot p_k = 21.12 \text{ MPa} \quad (8)$$

The value calculated for bending strength, (8), highlighted the strength class choice.

European norm DIN EN 384-2004, [14], shows that all-important characteristic strength and stiffness properties can be approximated (8) from either bending strength, modulus of elasticity or density. These relationships, according to DIN EN 384-2004, and the values obtained are presented in Table 6.

5. Conclusions

Design of wooden construction elements is possible through knowledge of the characteristic values of strength and stiffness parameters and density. Tabulated values of the standard SR EN 338 for mechanical properties highlights the direct proportionality exists between them and the density, ρ , and/or modulus of elasticity E . The establishment of model calculations for determining the other mechanical properties by knowing one of two specified values provides to

Tabelul 5

Corecțiile statistice ale rezistenței la încovoiere și al modului de elasticitate/
The statistical correction of bending strength and elasticity modulus

No	σ_{b12} [MPa] x_i	Deviația standard pentru Standard deviation for $s_m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x}_i)^2}{10(10-1)}}$	Valoare reală Real value σ_{b12} $\bar{x}_i + s_m$	E [MPa] x_i	Deviația standard pentru Standard deviation for $s_m = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x}_i)^2}{10(10-1)}}$	Valoare reală Real value E $\bar{x}_i + s_m$
Valoare a medie Mean value \bar{x}_i	127	4.710722519	132	9003	362.1135737	9366

Tabelul 6

Valorile proprietăților pentru clasa de rezistență C18/ Values of properties for C18

	Proprietatea Property [UM]	Procedura de evaluare Evaluation procedures	Valori obținute din încercări experimentale și calculate Values from experimental tests and computations	Valori standardizate conform Tabulated values from SR EN 338 C18
$f_{m,k}$	Rezistența caracteristică la încovoiere Characteristic bending strength [MPa]	Valoare medie din tabelul 2 Mean value from Table 2 \Rightarrow Eq. (2) \Rightarrow corecție statistică în tabelul 5 /statistic correction in Table 5 \Rightarrow eq. (8)	21.12	18
$f_{t,0,k}$	Rezistența caracteristică la întindere paralelă cu fibrele Characteristic tensile strength parallel to the grain [MPa]	$f_{t,0,k} = 0,60 \cdot f_{m,k}$	12.672	11
$f_{t,90,k}$	Rezistența caracteristică la întindere perpendiculară pe fibre Characteristic tensile strength perpendicular to the grain [MPa]	$f_{t,90,k} = 0,0015 \cdot \rho_k$	0.482337926	0.3
$f_{c,0,k}$	Rezistența caracteristică la compresiune paralelă cu fibrele Characteristic compression strength parallel to the grain [MPa]	$f_{c,0,k} = 5 \cdot f_{m,k}^{0,45}$	19.727963	18
$f_{c,90,k}$	Rezistența caracteristică la compresiune perpendiculară pe fibre Characteristic compression strength perpendicular to the grain [MPa]	$f_{c,90,k} = 0,007 \cdot \rho_k$	7.235068885	4.8
$f_{v,k}$	Rezistența caracteristică la forfecare Characteristic shear strength [MPa]	$f_{v,k} = 0,2 \cdot f_{m,k}^{0,8}$	2.128398517	2.0
$E_{0,mean}$	Modulul de elasticitate în direcție paralelă cu fibrele Elasticity modulus parallel to the grain [MPa]	Valoare medie din tabelul 2 Mean value from Table 2 \Rightarrow corecție statistică în tabelul 5 statistic correction in Table 5	9366	9000
$E_{0,05}$	Procentul de 5% al modului de elasticitate caracteristic la întindere paralel cu fibrele 5% of characteristic elasticity modulus from tensile parallel to fibres test [MPa]	$E_{0,05} = 0,67 \cdot E_{0,mean}$	6324.032896	6000
$E_{90,mean}$	Modulul de elasticitate în direcție perpendiculară cu fibrele Elasticity modulus perpendicular to the grain [MPa]	$E_{90,mean} = \frac{E_{0,mean}}{30}$	314.6285023	300

Continuare Tabelul 6

	Proprietatea <i>Property</i> [UM]	Procedura de evaluare <i>Evaluation procedures</i>	Valori obținute din încercări experimentale și calculate <i>Values from experimental tests and computations</i>	Valori standardizate conform <i>Tabulated values from</i> SR EN 338 C18
G_{mean}	Modulul de elasticitate la forfecare <i>Shear elasticity modulus</i> [MPa]	$G_{mean} = \frac{E_{0,mean}}{16}$	589.9284418	0.56
ρ_k	Densitate caracteristică <i>Characteristic density</i> [kg/m ³]	Valoare medie din tabelul 2 <i>Mean value from Table 2</i>	482.3379257	320

caracteristice pot fi approximate pe baza unor relații de calcul (8) cunoscând rezistența caracteristică la încovoiere, modulul de elasticitate sau densitatea. Aceste relații, în conformitate cu DIN EN 384-2004, și valorile obținute sunt prezentate în tabelul 6.

5. Concluzii

Proiectarea elementelor de construcții din lemn este posibilă prin cunoașterea valorilor caracteristice ale unor parametri de rezistență și rigiditate, precum și a densității. Valorile din standardul SR EN 338 pentru diverse proprietăți mecanice evidențiază directă proporționalitate care există între acestea și densitate, ρ , și/sau modulul de elasticitate E . Stabilirea unor modele de calcul pentru determinarea valorilor celorlalte proprietăți mecanice prin cunoașterea uneia din cele două valori precizate oferă proiectantului necesarul de informații privind calitatea produsului și, în același timp, soluții simple de certificare a furnizorului de produse din lemn pentru clasificarea produselor în clase de rezistență.

Epruvetele din lemn cu dimensiuni și caracteristici standardizate sunt utilizate pentru determinarea proprietăților mecanice fundamentale. Metodele de testare utilizate pentru a stabili proprietățile sunt bazate pe procedurile standard. Proprietățile mecanice și fizice măsurate și determinate în laborator reflectă adesea nu numai caracteristicile lemnului, ci și influențe din forma și mărimea epruvetelor, precum și din modul de testare. Valorile determinate trebuie corectate, în primul rând, în cazul epruvetelor cu umidități foarte mici, la influența variației de umiditate, știindu-se că la un conținut de umiditate mai mic de 8 - 10%, proprietățile unor specii de lemn au valori reduse în raport cu cele evaluate la umiditatea standardizată, [10].

Valorile obținute pentru proprietățile mecanice în încercări standardizate în laborator trebuie ajustate prin modele matematice și coeficienții medii de variație pentru a ajunge la valorile caracteristice prevăzute în standardele, normele și codurile de proiectare. Aceste ajustări iau în considerare incertitudinile apărute ca urmare a diferențelor care există între epruvetele de laborator din lemn și elementele de construcții din

the designer the needed information on product quality and at the same time, simple solutions to provider for certification of wood products and classification of products in strength classes.

The wood specimens with standard sizes and characteristic are used to determine the fundamental mechanical properties. Test methods used to determine the properties are based on standard procedures. Mechanical and physical properties measured and determined in the laboratory often reflect not only the characteristics of wood, but, also the influence of the shape and size of specimens and the test mode. Values measured must be corrected first, for specimens with very low humidity, by the influence of moisture variation, knowing that at moisture content less than 8-10%, the properties of wood species have low values compared with those measured at standardized humidity, [10].

Values for mechanical properties obtained in standard laboratory test should be adjusted by the mathematical models and the average coefficients of variation for to reach the characteristic values set in the standards, norms and design codes. These adjustments take into account uncertainties arising from the differences between laboratory specimens of wood and wooden building elements in full scale.

Some parameters, such as fiber direction relative to the axes element, other moisture content than the value of standardized one, temperature or duration of load action are highlighted by means of mathematical models of computation. Other parameters, such as the influence of size specimens and natural defects do not allow the development of mathematical models, and in this case, on the basis of comparative statistical analysis of results obtained in standard laboratory specimens and results by trying to scale construction elements, outlined in these parameters defined as average coefficients of variation.

Approximate calculation relationships between different mechanical properties and specific gravity, or characteristic static bending strength, or modulus of elasticity for wood products are presented in DIN 384-2004, as the functions available for determining the characteristics necessary to design wood building elements.

lemn la scară naturală.

Unii parametri, precum direcția fibrelor în raport cu axele elementului, umiditatea alta decât valoarea standardizată, temperatura sau durata de acțiune a încărcării sunt evidențiați prin metode și modele matematice de calcul. Alți parametri, precum influența dimensiunilor epruvetelor și defectele naturale, nu permit dezvoltarea unor modele matematice și în acest caz, pe baza analizei statistice comparative a rezultatelor obținute în laborator pe epruvete standardizate și a rezultatelor obținute prin încercarea elementelor de construcții la scară naturală, acești parametri se evidențiază în coeficienți medii de variație.

Relațiile de calcul aproximativ dintre diverse proprietăți mecanice și greutatea specifică, sau rezistența caracteristică la încovoiere statică, sau modulul de elasticitate pentru produsele din lemn, sunt prezentate în DIN EN 384-2004, ca funcții valabile pentru determinarea caracteristicilor necesare în proiectarea elementelor de construcții din lemn. Relațiile pot fi utilizate în cazul unor produse din lemn care au fost clasificate din punct de vedere calitativ prin metoda de clasificare fundamentată pe încovoierea statică.

Mulțumiri

Această lucrare a fost realizată cu suportul financiar al proiectului EURODOC „Burse doctorale pentru performanță în cercetare la nivel european”, finanțat de către Fondul Social European și Guvernul României.

REFERENCES

1. D. Isopescu, Timber structures, "Gh. Asachi" Publishing House Iași, 2002.
2. C. Furdul, Timber constructions. Materials and computational elements (in Romanian), Politehnica Publishing House, Timișoara, 2005.

Relationships can be used for wood products that have been classified in terms of quality classification method that is based on static bending.

Acknowledgements

This paper was realized with the support of EURODOC "Doctoral Scholarships for research performance at European level" project, financed by the European Social Fund and Romanian Government.

3. E. Decher, Timber constructions. Volume 1: Timber analysis (in Romanian), Academic Society Publishing House „Matei-Teiu Botez”, Iași, 2003.
4. xxx, SR EN 338: 1997, Timber. Strength classes (in Romanian).
5. xxx, SR ISO 3133:2008, Static bending strength determination (in Romanian).
6. xxx, ASTM 04.10 Wood D143-09:2004, Standard test methods for small clear specimens of timber, American National Standard Institute, SUA.
7. xxx, SR ISO 3129: 1993, Timber. Sampling methods and general conditions for physical and mechanical tests (in Romanian).
8. M. Budescu, I. Bliuc, I. Manoliu, D.R. Mocanu, R. Muhlbacher, Al. Negoită, and N. Ungureanu, Materials test, vol II, (in Romanian) Tehnical Publishing House, Bucharest, 1982.
9. xxx, SR EN 13183-1: 2003, Moisture content of sawn timber elements. Part 1: Determination by dry test method (in Romanian).
10. xxx, Forest Products Laboratory, Wood handbook—Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010.
11. xxx, SR EN 408:2004, Timber structures. Timber and glue laminated timber. Determination of certain physical and mechanical properties (in Romanian).
12. xxx, Eurocode EC5, ENV 1995-1-1-1994, Design of timber structures. Partea 1.1: General rules and rules for buildings.
13. xxx, STAS 86/1-1987, Compression parallel to the wood fibres test (in Romanian).
14. xxx, DIN EN 384-2004: Structural timber. Determination of characteristic values of mechanical properties and density.

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS

The Sixth European Conference on Wood Modification, ECWM6 16-18 September, 2012, Ljubljana, Slovenia

Topics:

- Fundamental research
- Standards and testing
- Process requirements
- Product development
- Product performance
- Environmental issues
- Commercialization
- Market potential

Contact: <http://www.ecwm6.si/>
