

**INFLUENȚA NUMĂRULUI DE LAMELE  
ASUPRA PROPRIETĂȚILOR MECANICE  
ALE GRINZILOR DIN LEMN DE PLOP**

**INFLUENCE OF THE NUMBER OF  
LAMELLAS UPON THE MECHANICAL  
PROPERTIES OF POPLAR BEAMS**

**Marius GIURGIU**

Dipl.eng, PhD Student - S.C. Becker-Romania S.R.L.  
Adresa/Address: Str Clujului nr 7, 405300 Gherla, Romania  
E-mail: [productie@becker-romania.ro](mailto:productie@becker-romania.ro)

**Ivan CISMARU**

Prof. dr.eng. - TRANSILVANIA University of Braşov - Faculty of Wood Engineering  
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 500036 Braşov, România  
E-mail: [icismaru@unitbv.ro](mailto:icismaru@unitbv.ro)

**Rezumat:**

*Această lucrare prezintă influența numărului de lamele asupra rezistențelor la încovoiere statică și a săgeții de deformare la grinzi de plop. S-a studiat comportamentul grinzilor, păstrand aceeași secțiune, dar modificând numărul de lamele din care este compusă grinda de la 2 la 5 lamele. Pentru fiecare structură au fost testate până la forța de rupere zece epruvete, pentru a reda cât mai real o bază de referință. Rezultatele pot fi aplicate în proiectarea construcțiilor din lemn.*

**Cuvinte cheie:** grinzi lamelare încleiate; rezistența la încovoiere statică; modul de elasticitate; construcții din lemn.

**INTRODUCERE**

Creșterea interesului pentru utilizarea lemnului în construcții a dus la dezvoltarea activităților de cercetare privind caracteristicile fizico-mecanice ale diverselor specii lemnoase, precum și la conceperea unor structuri speciale pentru îmbunătățirea unor proprietăți mecanice.

S-au căutat atât soluții tehnice care să asigure creșteri substanțiale ale rezistențelor la solicitările de încovoiere, compresiune și stabilitate la flambaj, cât și soluții care să asigure valorificarea speciilor repede crescătoare precum și a celor cu pondere maximă în structura pădurilor din România.

Una dintre soluțiile tehnice adoptate pentru cercetare este folosirea în construcții a elementelor lamelare sub formă de grinzi și stâlpi.

Structurile lamelare utilizând lamele din aceeași specie lemnoasă sau din specii diferite consolidate în structură cu ajutorul adezivilor, pot realiza următoarele avantaje:

- valorificarea lemnului din specii diverse, cu utilizare redusă în fabricarea mobilei;
- valorificarea eficientă a lemnului, prin folosirea cherestelei scurte și subscurte rezultată din zonele marginale ale buștenilor;
- valorificarea lemnului slab calitativ, înglobându-l în zonele interioare (nevizibile) ale structurilor;
- realizarea de elemente de rezistență cu secțiuni diverse unele greu realizabile din lemn masiv;

**Abstract:**

*This work presents the influence of the lamellas number on the bending strength and the deflection of poplar beams. The behaviour of beams while keeping the same section, but varying the number of lamellas between 2 and 5 was studied. For each structure, ten specimens were tested until rupture occurred, so as to create a real reference base. The results can be applied in the design of wood constructions*

**Key words:** glued laminated beams; bending strength; MOE; wood constructions.

**INTRODUCTION**

Increasing interest in using wood in construction led to the development of research on physical and mechanical characteristics of different wood species and the design of special structures for carrying out the resistance elements (beams, columns).

Technical solution have been sought to provide substantial increases in resistance to requests for bending, compression and buckling stability, and solutions to use the fast growing and high share species from the Romanian forests.

One of the technical solutions adopted for research and use, the lamellar structure was used for beams and columns in wood constructions.

Lamellar structures using wooden blades of the same species or different species with enhanced structural adhesives, could thus have the following advantages:

- recovery of various wood species, with reduced use in the furniture manufacturing;
- efficient use of wood by using short timber, resulting from marginal areas of logs;
- recovery of low quality wood, by positioning it in the interior (invisible) structures;
- making elements of resistance with big section where the solid wood beams are not proper;
- making resistance elements with large dimensions (length) that allow high buildings opening.
- making building structures in terms of various forms

- realizarea de elemente de rezistență cu dimensiuni (lungimi) mari care permit deschideri mari ale construcțiilor;
- realizarea de structuri de construcții diverse din punct de vedere al formelor și cu aspecte estetice și arhitecturale bune.

În cadrul cercetărilor efectuate s-a avut în vedere studierea structurilor liniare cu 2, 3, 4 și 5 lamele realizate din aceeași specie și anume din plop, supuse la solicitări de încovoiere statică.

### OBIECTIVE

Prin lucrarea de față s-a urmărit:

- influența numărului de lamele asupra caracteristicilor de rezistență și rigiditate ale grinzilor din lamele încleiate supuse la încovoiere;
- stabilirea unor coeficienți de corecție a valorilor rezistenței și rigidității grinzilor lamelare rezultate în urma investigațiilor experimentale, față de valorile calculate teoretic.

### METODOLOGIA ÎNCERCĂRILOR

Pentru efectuarea testelor de laborator s-a avut în vedere ca epruvetele să se execute în corelație cu SR-EN 408/2004 din punct de vedere al dimensiunilor secțiunii și al lungimii, precum și a modului de calcul al rezistenței la încovoiere statică și a modului de elasticitate; fiind astfel în corelație cu metodologia de efectuare a testelor pentru grinzi utilizabile în construcții.

S-au utilizat în partea experimentală epruvete cu dimensiunile (SR EN 386:2004):

- lungimea  $L = 2000 \pm 2\text{mm}$ ;
- lățimea secțiunii  $b = 50 \pm 2\text{mm}$ ;
- înălțimea secțiunii  $h = 100 \pm 4\text{mm}$ .

Epruvetele au fost realizate din 2, 3, 4 și 5 lamele, ca în Fig.1.

Pentru identificare, epruvetele au fost codificate conform Tabelului 1.

Epruvetele s-au executat din material lemnos cu umiditatea de 12%.

Efectuarea testelor la solicitarea de încovoiere s-a realizat conform SR-EN 408/2004 (Fig. 2).

and with good aesthetic aspects.

During the investigations, linear structures with 2, 3, 4 and 5 lamellas were studied, made of the same species, namely poplar, subjected to a static bending stress.

### OBJECTIVES

The present work aims to establish the:

- influence of the lamellas number, to the characteristics of strength and stiffness of glued laminated beams subjected to bending;
- corrective values for bending strength and stiffness of glued laminated beams resulting from experimental investigations, compared to theoretically calculated values.

### TEST METHODOLOGY

The test specimens have been made according to SR-EN 408/2004 in terms of section size and length, as well as the calculation of bending strength and modulus of elasticity, thus in relation to the methodology for testing for the beams used in construction.

The following dimensions of the specimens have been used in the experimental tests (SR EN 386:2004):

- length  $L = 2000 \pm 2\text{mm}$ ;
- section width  $b = 50 \pm 2\text{mm}$ ;
- section height  $h = 100 \pm 4\text{mm}$ .

The specimens were composed of 2, 3, 4 and 5 lamellas, as shown in Fig.1.

For identification, the specimens were coded as indicated in Table 1.

The specimens were made of wood with 12% moisture content.

The bending tests were carried out according to SR-EN 408/2004 (Fig. 2).

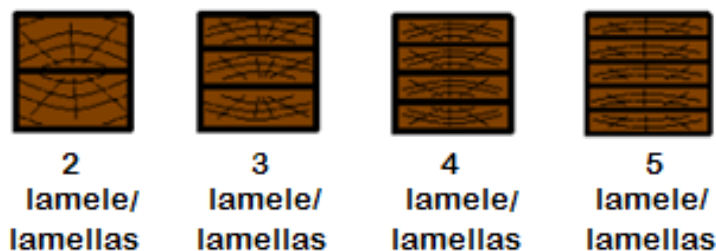


Fig. 1.

Structura epruvetelor din lamele încleiate / The structure of glued lamellas specimens.

Tabelul 1/Table 1

Codificarea epruvetelor / Specimen codes

| Structura/Structure | 2 lamellas | 3 lamellas | 4 lamellas | 5 lamellas |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| Specimen 1          | PI2.1      | PI3.1      | PI4.1      | PI5.1      |
| Specimen 2          | PI2.2      | PI3.2      | PI4.2      | PI5.2      |
| Specimen 3          | PI2.3      | PI3.3      | PI4.3      | PI5.3      |
| Specimen 4          | PI2.4      | PI3.4      | PI4.4      | PI5.4      |
| Specimen 5          | PI2.5      | PI3.5      | PI4.5      | PI5.5      |
| Specimen 6          | PI2.6      | PI3.6      | PI4.6      | PI5.6      |
| Specimen 7          | PI2.7      | PI3.7      | PI4.7      | PI5.7      |
| Specimen 8          | PI2.8      | PI3.8      | PI4.8      | PI5.8      |
| Specimen 9          | PI2.9      | PI3.9      | PI4.9      | PI5.9      |
| Specimen 10         | PI2.10     | PI3.10     | PI4.10     | PI5.10     |

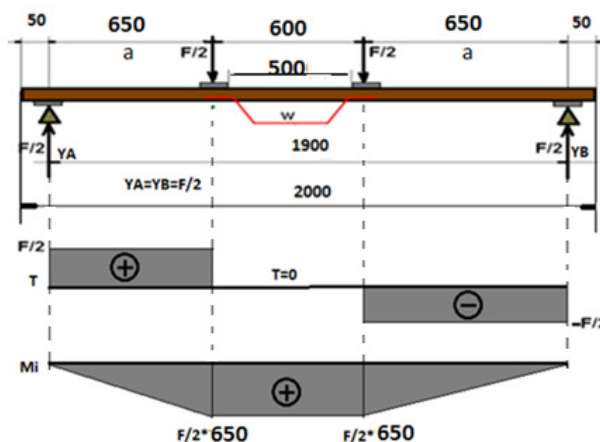


Fig. 2.

Schema de încărcare a epruvetelor / The loading system in static bending tests.

Schema de încărcare are în vedere aplicarea a două forțe concentrate, amplasate simetric față de centrul și capetele epruvetei, epruveta având capetele rezemate liber pe reazeme și în dreptul forței s-au așezat plăcuțe metalice cu dimensiunile de 50x50x5mm pentru a se evita strivirea locală. Forma reazemelor este prezentată în Fig. 3. S-a optat pentru forma cilindrică pentru a nu influența deformarea epruvetei în timpul solicitării.

Modul de lucru este în felul următor:

- se montează comparatoarele în trei puncte (Fig. 4): la mijlocul epruvetei și sub punctele de acționare a forței;
- se încarcă epruveta cu o forță de 100N după care se reglează comparatoarele la 0;
- se citește deformația, din 1000N în 1000N;
- se consemnează în fișa de încercări a fiecărei epruvete.

The loading scheme envisages the application of two concentrated forces, placed symmetrically between the centre and ends of the sample, in accordance with the test method for construction beams, leaning the specimen with free ends. Under the beams, nearby the force application point, metal plates in size of 50x50x5mm were placed to avoid local crushing. The support of the beams is shown in Fig. 3, having a cylindrical shape so as not to influence the deformation of the specimen during the load application.

- The working steps are following:
- the comparators are placed in three points (Fig. 4): in the middle of the specimen and below the force application points;
  - the specimen is loaded with a force of 100N, then the comparators are adjusted to 0;
  - the deformation is read, at each 1000N;

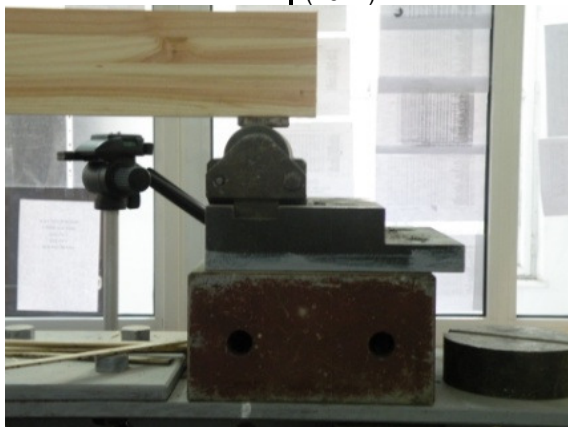
Comparatoarele utilizate au avut precizia de măsurare de 0,1 mm.

În paralel, rezistența la încovoiere statică ( $\sigma$ ) și modulul de elasticitate (E) au fost determinate și prin calcul teoretic, conform formulelor descrise de Curtu și Ghelmeziu (1984) și Giurgiu și Cismaru (2011).

- the record file for each tested is filled in.

The measurement accuracy of the comparators was 0.1 mm.

At the same time, the bending strength ( $\sigma$ ) and the modulus of elasticity (E) were also calculated theoretically, based on the equations described by Curtu and Ghelmeziu (1984) and Giurgiu and Cismaru (2011).



**Fig. 3.**

**Modul de rezemare a grinzilor / Beams leaning system.**



**Fig. 4.**

**Poziția ceasurilor comparatoare / Position of the comparator devices.**

## REZULTATE

Valorile citite s-au înregistrat pentru fiecare epruvetă în tabele distincte iar valorile rezultate s-au înregistrat într-un tabel final de forma celui prezentat în Tabelul 2, pe baza cărora s-au trasat graficele din Fig. 5 și 6.

Analizând datele din Tabelul 2 și Fig. 5, 6, 7 și 8 se poate vedea că forța de rupere crește odată cu creșterea numărului de lamele de la 12400N (la structura cu 2 lamele) până la 13850 N (la structura cu 5 lamele), luând în considerare valorile medii.

Pentru a putea compara evoluția deformației, s-a stabilit ca și termen de comparație încărcarea grinzii cu o forță de 5000 N, unde se poate vedea că săgeata scade odată cu creșterea numărului de lamele,

## RESULTS

The read values were recorded for each specimen in separate tables and the resulting values were recorded in a final centralizing table, as the one presented in Table 2. Based on these values, the graphs in Fig. 5 and 6 were drawn.

The analysis of the data in Table 2 and Fig. 5, 6, 7 and 8 shows that the breaking force increases with the increasing number of lamellas from 12400N (for beams with two lamellas) to 13850N (for the beam with 5 lamellas), taking into consideration the average values.

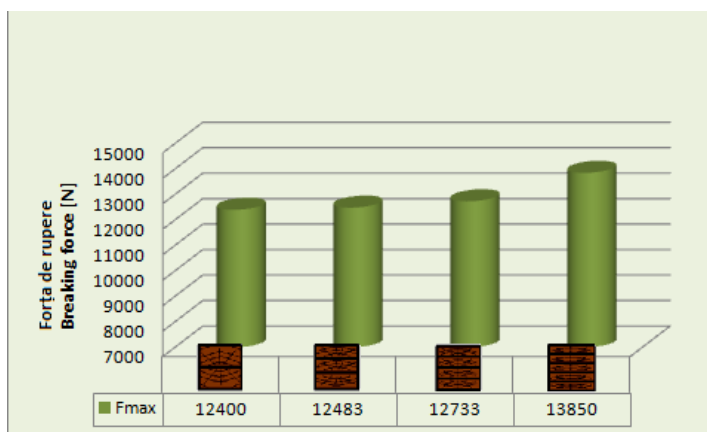
For having a comparative element regarding the evolution of deformation, the basis of study loading force  $F = 5000$  N, when you notice that maximum deflection decreases with increasing number of

structura devenind mai rigidă în cazul structurilor cu mai multe lamele. | lamellas, the structures becoming more rigid in case of a large number of lamellas.

Tabelul 2/Table 2

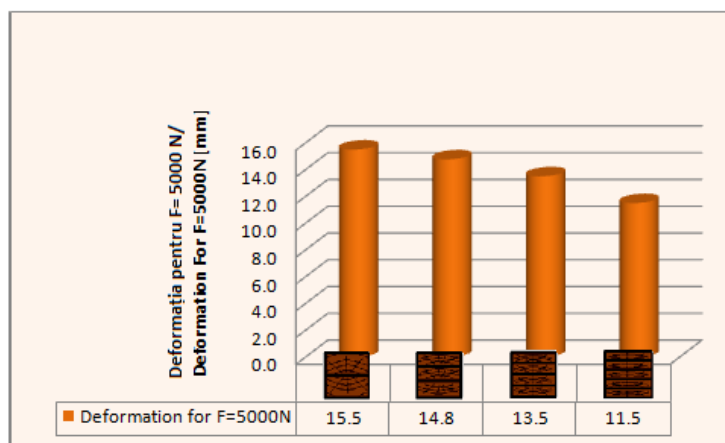
**Valorile medii pentru forța de rupere și deformație la grinzile lamelate din lemn de plop / Average values for breaking force and deformation in poplar beams**

| Structura/<br>Structure | Forța maximă de<br>rupere/ Maximum<br>breaking force | Deformația<br>maximă/Maximum<br>deformation | Deformația la<br>incarcare cu<br>5000N/Deformation<br>to F=5000 N |
|-------------------------|--|---|---|
|                         | [N]  | [mm]  | [mm]  |
| PI2                     | 12400  | 47.2  | 15.5  |
| PI3                     | 12483  | 65.9  | 14.8  |
| PI4                     | 12733  | 57.4  | 13.5  |
| PI5                     | 13850  | 61.5  | 11.5  |



**Fig. 5.**

**Variația forței de rupere în funcție de numărul de lamele / Evolution of breaking force related to the number of lamellas.**



**Fig. 6.**

**Valorile deformației la încărcarea cu 5000 N, în funcție de numărul de lamele / Deformation value on 5000 N load, related to number of lamellas.**

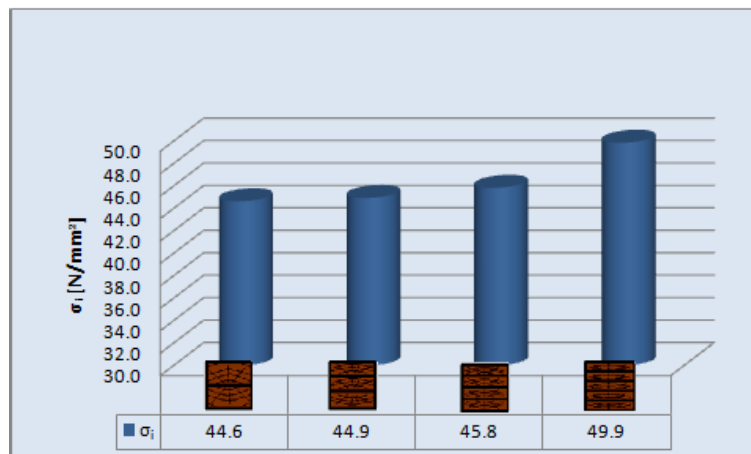


Fig. 7.

*Evoluția rezistenței la încovoiere statică în funcție de numărul de lamele / Evolution of the bending strength related to the number of lamellas.*

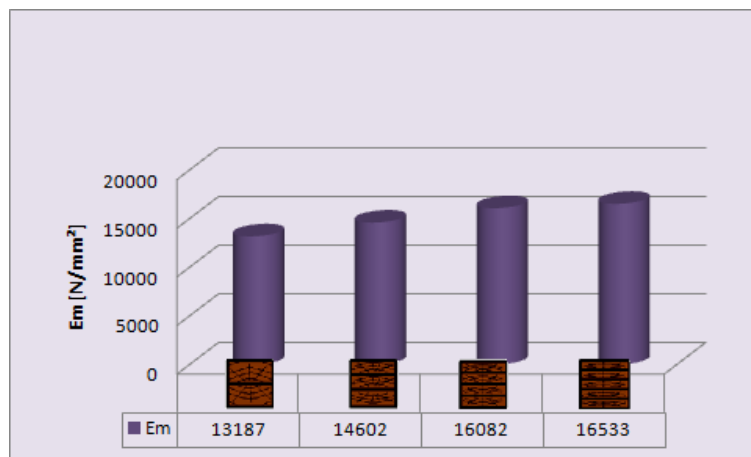


Fig. 8.

*Evoluția modului de elasticitate în funcție de numărul de lamele / Evolution of MOE related to number of lamellas.*

Pe baza rezultatelor obținute experimental, comparativ cu datele teoretice pentru rezistența la încovoiere statică și modulul de elasticitate mediu, s-au calculat coeficienții de corecție, prezentați în Tabelul 3.

#### CONCLUZII

Analizând rezultatele experimentale obținute în urma încercărilor efectuate rezultă următoarele concluzii, pentru cazul grinzilor lamelare realizate din lemn de plop:

- forța de rupere crește odată cu creșterea numărului de lamele;
- săgeata maximă la încărcarea cu o forță de 5000 N scade odată cu creșterea numărului de lamele, aceasta fiind dată de rigiditatea structurii prin creșterea numărului de straturi de adeziv;
- rezistența la rupere, la solicitarea de încovoiere

Based on the comparison between the experimental results and the theoretical results obtained for the bending strength and MOE, correction coefficients were calculated, as presented in Table 3.

#### CONCLUSIONS

By analyzing the experimental results obtained from the tests carried out, important conclusions for the case of laminated beams, can be drawn:

- the breaking force increases with increasing numbers of lamellas;
- the maximum deformation with a loading force of 5000N decreases with increasing number of lamellas, which is given by the rigidity of the structure by increasing the number of layers of adhesive;
- the breaking strength in bending increases with the number of lamellas: by 1% for 3 lamellas, by 3% for 4 lamellas and by 11% for 5 lamellas compared to 2

crește odată cu creșterea numărului de lamele: cu 1% la grinda cu 3 lamele, cu 3% la cea cu 4 și cu 11% la cea cu 5 lamele față de cea cu 2 lamele;

- modulul de elasticitate și implicit rigiditatea grinzii crește odată cu creșterea numărului de lamele: cu 10% la grinda cu 3 lamele, cu 18% la cea cu 4 și cu 29% la cea cu 5 lamele față de cea cu 2 lamele;
- deformația grinzii scade cu creșterea numărului de lamele: cu 5% la grinda cu 3 lamele, cu 13% la cea cu 4 și cu 26% la cea cu 5 lamele față de cea cu 2 lamele.

Comparativ cu grinzile cu 2-5 lamele din lemn de pin testate (Giurgiu și Cismaru 2011), modulul de elasticitate la încovoiere statică este de 1,18-1,19 ori în cazul grinzilor din lemn de plop cu același număr de lamele, iar rezistența la încovoiere este 1,35-1,9 ori mai mare.

lamellas;

• the modulus of elasticity and stiffness increases with the number of lamellas: by 10% for 3 lamellas, by 18% for 4 lamellas and by 29% for 5 lamellas compared to 2 lamellas;

• the deformation decreases with the number of lamellas: by 5% for 3 lamellas, by 13% for 4 lamellas and by 26% for 5 lamellas compared to 2 lamellas.

Comparatively with the beams made of 2-5 pine wood lamellas (Giurgiu and Cismaru 2011), the modulus of elasticity of the poplar beams with the same number of lamellas is 1.18-1.19 times higher and the bending strength is 1.35-1.9 times higher.

Tabelul 3/Table 3

**Coefficienți de corecție în funcție de numărul de lamele / Correction coefficients according to lamellas number**

| Structura/<br>Structure | $\sigma$ theor.      | $\sigma$ exp.        | Coeficienți de corecție/Correction coefficients |             | E theor.             | E exp.               | Coeficienți de corecție/Correction coefficients |             |
|-------------------------|----------------------|----------------------|---|-------------|----------------------|----------------------|---|-------------|
|                         | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] |   |             | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] |   |             |
| PI2                     | 50.4                 | 44.6                 | <b>C1</b>                                       | <b>1.13</b> | 12402                | 13187                | <b>C1'</b>                                      | <b>0.94</b> |
| PI3                     | 50.4                 | 44.9                 | <b>C2</b>                                       | <b>1.12</b> | 12402                | 14602                | <b>C2'</b>                                      | <b>0.85</b> |
| PI4                     | 50.4                 | 45.8                 | <b>C3</b>                                       | <b>1.10</b> | 12402                | 16082                | <b>C3'</b>                                      | <b>0.77</b> |
| PI5                     | 50.4                 | 49.9                 | <b>C4</b>                                       | <b>1.01</b> | 12402                | 16533                | <b>C4'</b>                                      | <b>0.75</b> |

Se poate spune că utilizarea grinzilor lamelare poate aduce importante avantaje atât din punct de vedere al rezistenței la solicitarea de încovoiere, cât și din punct de vedere al deformațiilor, structurile cu mai multe lamele fiind mai rezistente și mai rigide.

Datele obținute pot fi folosite în proiectarea construcțiilor din lemn.

It can be stated that the use of glued laminated beams can provide important advantages both in terms of bending strength, and in terms of deformation structures with multiple lamellas are stronger and more rigid.

The data obtained can be used in wood constructions design.

**BIBLIOGRAFIE / REFERENCES**

CURTU, I., GHELMEZIU, N. (1984). Wood Mechanics and Wood-Based Materials (in Romanian language). București, Editura Tehnică.

GIURGIU, M.C., CISMARU, I. (2011). Comparative Study on the Mechanical Behavior of Glued Laminated Beams Made of Spruce, Pine and Douglas Fir Wood. Pro Ligno 7(3):18-28.

\*\*\* SR-EN 338:2004 Lemn pentru construcție. Clase de rezistență (Construction Wood. Strength Classes).

\*\*\* SR EN 384:2004 Lemn de construcție. Determinarea valorilor caracteristice ale proprietăților mecanice și ale masei volumice (Construction Wood. Determination of Characteristic Values of Mechanical Properties and Density).

\*\*\* SR EN 386:2004 Lemn lamelar încleiat. Caracteristici de performanță și condiții minime de fabricație (Glued-Laminated Wood. Performances and Minimal Fabrication Requirements).

\*\*\* SR-EN 408:2004 Structuri de lemn. Lemn masiv și lemn lamelar încleiat. Determinarea anumitor proprietăți fizice și mecanice (Wooden Structures. Solid Wood and Glued-Laminated Wood. Determination of Some Physical and Mechanical Properties).