



Universitatea  
Transilvania  
din Braşov  
FACULTATEA DE  
INGINERIE MECANICĂ



Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică Tehnică - IFT Iași  
National Institute of Research and Development for Technical Physics



GLIGA Instrumente Muzicale S.A., Reghin

Proiect: Modele inovative de viori comparabile acustic și estetic cu viorile de patrimoniu – MINOVIS  
cod PN-III-P2-2.1-PED-2019-2148,  
contract nr. 568PED/2020  
Faza I/2020

# RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

## Faza I/2020

### 23.10 – 31.12.2020

***Evaluarea parametrilor elastici și acustici ai viorilor românești și de patrimoniu, în corelație cu caracteristicile lor structurale și tehnologice specifice***

## Rezumatul etapei

Proiectul ***Modele inovative de viori comparabile acustic și estetic cu viorile de patrimoniu – MINOVIS*** a debutat la 23.10.2020 cu faza I/2020: *Evaluarea parametrilor elastici și acustici ai viorilor românești și de patrimoniu, în corelație cu caracteristicile lor structurale și tehnologice specifice.*

*În cadrul acestei faze au fost stabilite două activități principale:*

Act. 1.1. Identificarea și stabilirea modelelor structurale (modelelor) și a proprietăților fizico-mecanice ale speciilor de lemn în conformitate cu cele patru clase de calitate ale viorilor (maestro (A), profesionist (B), student (C), școlar (D)), cu subactivitățile 1.1.1. Realizarea modelelor fizice (epruvete/plăci) conform tehnologiei de fabricație existente la agentul economic, fiind implicat partenerul economic P2 (Gliga Instrumente Muzicale S.A.), subact. 1.1.2. Determinarea modelelor structurale și a proprietăților fizice și mecanice în concordanță cu caracteristicile macro și micro anatomice ale speciilor, fiind implicat coordonatorul CO (Universitatea Transilvania din Braşov) și subact. 1.1.3. Determinarea proprietăților elastice și acustice (viteza de propagare a undelor longitudinale/transversale cu ultrasunete), fiind implicat partenerul P1, IFT Iași;

Act. 1.2. Activități suport- Diseminarea activităților din proiect, prin intermediul cărora au fost valorificate parțial rezultatele cercetărilor, au fost create premisele vizibilității proiectului în mediul virtual; s-a realizat ședința de proiect și workshop-ul aferent proiectului.

**Rezultatele preconizate și realizate în procent de 100% în cadrul proiectului, faza I/2020, au fost:**

Modele demonstrative de viori cu parametri structurali diferiți și geometrie diferită (P2);  
Set de date de caracterizare structurală a lemnului de rezonanță în funcție de clasa de calitate a viorilor (CO);  
Set de date cu proprietăți mecanice ale lemnului de rezonanță determinat prin teste mecanice (modul de elasticitate longitudinală, transversală, deformații specifice etc.) (CO);  
Set de date cu parametri elastici și acustici (viteze de propagare longitudinale și transversale, modul de elasticitate în direcțiile principale) (P1);  
Set de modele scalabile electronic de tipuri de vioară cu detalii de subansamblu Site-ul proiectului; min. 2 participanți la conferințe internaționale, 1 workshop; 1 raport științific faza 2020.

## DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

Act. 1.1. Identificarea și stabilirea modelelor structurale (modelelor) și a proprietăților fizico-mecanice ale speciilor de lemn în conformitate cu cele patru clase de calitate ale violilor (maestro (A), profesionist (B), student (C), școlar (D))

**Activitatea 1.1.1.: Realizarea modelelor fizice (epruvete/plăci) conform tehnologiei de fabricație existente la agentul economic (100% gradul de îndeplinire a obiectivului)**

### 1. TEHNOLOGIA FABRICĂRII VIORILOR DIN LEMN

#### 1.1. Principiul constructive al vioii

Sistemul constructiv al vioii este format din numeroase elemente cu rol acustic/funcțional și/sau estetic. Din punct de vedere acustic, vioara este alcătuită din două subansamble: cutia de rezonanță cu rol de amplificare a sunetelor musicale (corpul vioii) și sistemul de generare a sunetelor alcătuit din coarde, gât și arcuș (Fig.1). Corpul vioii are rolul de amplificare a sunetelor muzicale produse de coarde sub acțiunea de excitație a arcușului. Acesta este alcătuit din placa de față, placa de spate, eclise și contraeclise. Din punct de vedere geometric, plăcile de față și spate au grosimea variabilă, iar din punct de vedere al formei suprafeței mediane, acestea sunt curbe atât pe direcția longitudinală cât și pe direcția transversal (Fig. 2). Pe partea interioară a plăcii de față este aplicată o bară de rezonanță (din molid de rezonanță) care are rolul de transmite/difuză sunetul/vibrațiile în placa de față și către aerul din interiorul corpului. Prin aplicarea popicului se asigură tensionarea plăcii de față și a plăcii de spate, acesta contribuind la modificarea tonalității muzicale a vioii. Popicul este un element cilindric din molid de rezonanță, rezemat între cele două plăci, poziția acestuia putând fi modificată în funcție de tonalitatea muzicală dorită. Placa de față este prevăzută cu două degajări numite "f-uri" care asigură modificarea volumului fluidului din interiorul corpului ca urmare a vibrațiilor plăcilor, corpul de vioară fiind considerat astfel un rezonator de tip Helmholtz.

Placa de spate este prevăzută cu un element în zona de îmbinare cu gâtul numit talon care se suprapune peste butucul gâtului realizând o închidere cursivă și estetică a vioii. Pentru violile de maestru, talonul este din lemn de abanos.

Asamblarea plăcilor de față și spate se realizează cu ajutorul ecliselor și contraecliselor, subansamblu care are rolul de a asigura înălțimea cutiei de rezonanță. Încleierea ecliselor în zona de capăt (față de axa longitudinală) se realizează cu ajutorul unor elemente tip bloc (numite butuci) din lemn de molid, care au și rolul de a mări suprafața de încleiere a feței și spatelui de eclise (Fig. 3, a). De asemenea, mărirea suprafeței de încleiere este necesară și în zona vârfurilor (C-urilor) (Fig. 3, b.).

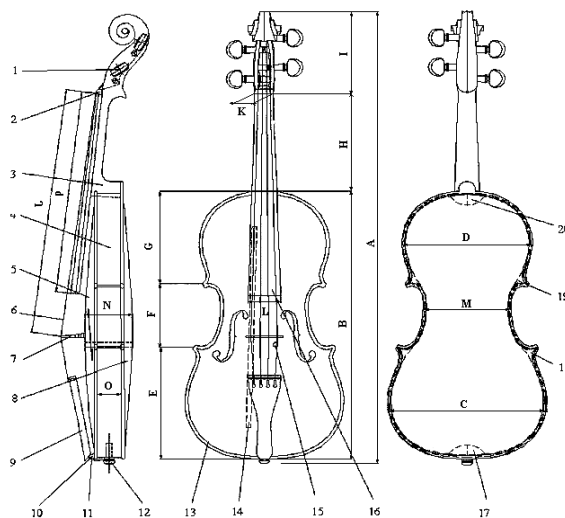


Fig. 1. Elementele structurale ale vioii: 1 – chei; 2 – prăguș; 3 – gât; 4 – eclisa; 5 – față; 6 – corzi; 7 – căluș; 8 – spate; 9 – cordar; 10 – prăguș inferior; 11 – legătură cordar; 12 – buton; 13 – fileu; 14 – bară; 15 – popic; 16 – limba; 17 – butuc inferior; 18 – colțar inferior; 19 – colțar superior; 20 – butuc superior

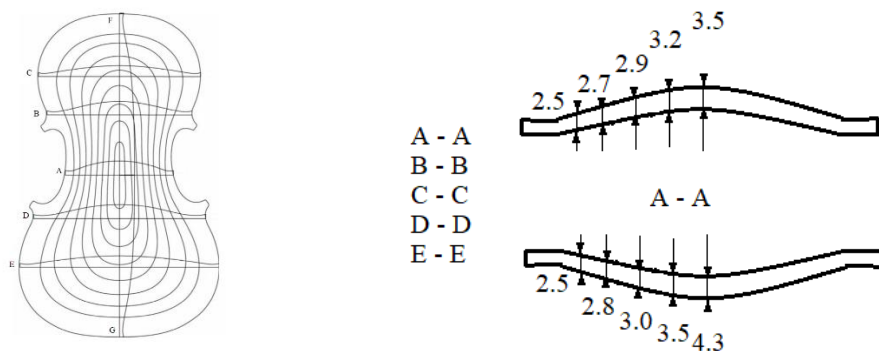


Fig. 2. Variația grosimii plăcilor de vioară



a)



b)

Fig. 3. Secvențe din etapa de asamblare a elementelor constructive ale vioarei: a) aplicarea butucului; b) aplicarea contraecliselor

Gâtul vioarei este format dintr-un singur semifabricat din lemn de paltin, având rolul funcțional de a asigura lungimea de coardă necesar producerii sunetelor musicale. Ca și părți constructive, gâtul este alcătuit din cutia cheilor, gâtul propriu-zis și butucul. Fixarea gâtului de corpul de vioară se realizează prin încliere acestuia de butucul atașat în interiorul corpului, de față, spate și contraeclise. Din punct de vedere estetic, capătul cutiei cheilor este sculptat în formă de spirală fiind numit "melc". În cutie sunt introduse cele patru chei (de obicei din abanos) pe care se înfășoară capătul corzilor, având rol de tensionare a acestora pentru obținerea înălțimii specifice notelor musicale emise de coarda liberă (Fig. 4, a). Tastiera (limba) realizată din abanos, are rolul de a asigura lungimile de coardă diferite ca urmare a presării corzilor în timpul interpretării musicale. Aceasta are o parte înclieată de gât, iar o parte este liberă, deasupra corpului de vioară. Utilizarea abanosului se face din rațiuni estetice și funcționale, fiind o specie rezistentă la uzură și cu densitate și duritate mare, pentru asigurarea rigidității elementului aflat în consolă (Fig. 4, b). Înălțimea corzilor față de gâtul și corpul de vioară este asigurată prin intermediul următoarelor elemente: prăguș (element fix, aflat la captul gâtului, spre cutia cheilor), căluș (element simplu rezemat pe placa de față, fiind menținut pe poziție prin presiunea corzilor pe căluș, cordar din lemn de abanos, fixat de butonul agățător prin intermediul unui element elastic. În capătul opus al gâtului, în zona cordarului este fixat pe placa de față, prăgușul inferior din lemn de abanos, element cu rol de uzură.



a)



b)

Fig. 4. a) Aplicarea tastierei din abanos; b) sculptarea melcului din zona cutiei gâtului

## 1.2. Operațiile tehnologice aplicate pentru obținerea modelelor demonstrative

Fluxul tehnologic de construcție a viorii implică organizarea operațiilor tehnologice în funcție de similitudinile structurale și constructive ale reperelor. Plăcile de față și spate ale viorii presupun aceleași operații tehnologice, eclisele și contraeclisele se prelucrează diferit, presupunând alte operații tehnologice, iar colțarele, butucii și alte elemente constructive se prelucrează într-un alt grup de operații. În Tabelul 1 sunt prezentate sintetic principalele operații tehnologice ale subsansamblelor și reperelor. Încă de la faza de semifabricat, se stabilesc perechile de elemente de vor intra în construcția viorii.

Tabelul 1. Principalele operații tehnologice ale subsansamblelor și reperelor din structura viorii

VIOARA – reperi și principalele operații tehnologice			
Plăci față/spate	Eclise/contraeclise	Gât	Alte elemente constructive/Accesorii
Despicare semifabricat Îndreptare față și cant Tăiere la lățime Fuguir Încleiat Îndreptat după încleiere Desenat după șablon Decupat contur Frezat grosime contur Modelat exterior Însemnat zone acustice Modelat interior Tăiere <i>f</i> Corectat -șlefuit <i>f</i>	Rindeluit grosime pe 2 fețe Spintecat lamele Calibrat eclise Dimensionat, curbat ecl+c-ecl Împerecheat elemente Asamblat eclisă Calibrat Frezat, șlefuit profil c-ecl. Șlefuit exterior Găurit pentru buton	Îndreptat față și cant Rindeluit grosime Însemnat contur după șablon Decupat Retezare lungime Frezare CNC Decupat adaos fixare -șlefuit Scobit cutie corzi Șlefuit cutie corzi interior și exterior Sculptat volută melc Șlefuit volută melc Modelat mâner gât Șlefuit mâner gât	Rindeluit grosime pe 2 fețe Frezat profil Retezare lungime
ASAMBLARE FAȚĂ/SPATE/ECLISE Păsuire, încleiat, modelat, șlefuit bară Încleiat F + S + E Rotunjit prin frezare cant Corectare colțuri și adâncime contur Frezat locaș fileu Corectat locaș și aplicat fileu Șlefuire I Răzuire față pentru instrumente avansat			
ASAMBLARE CORP/GÂT Păsuire, încleiat gât în corp Modelat talon Aplicat prăguș inferior Umectare, raibuire Șlefuire II Desprăfuit, retușat			
LĂCUIRE VIORI			
MONTAJ			
Păsuire și aplicat limba Păsuire și aplicat prăguș superior Alezat găuri chei Pregătire și montare chei Pregătire și montare buton Pregătire/montare cordar Pregătire căluș Montare fixuri Montare corzi Montare caluș Montare bărbie Ajustare și montare popic			

**Rezultat obținut:** Modele demonstrative de viori cu parametri structurali diferiți și geometrie diferită (P2)

În cadrul acestei activități au fost realizate modele demonstrative de viori din clasa A (maestro), cu grosimile modificate față de cele utilizate pentru produsele serie. Principiul de codificare a tuturor probelor ce vor constitui modele demonstrative (plăcilor față/spate) constă din (Tabelul 2):

Tabelul 2. Codificarea plăcilor din structura viorilor - modele demonstrative

Cod clasa de calitate	Cod grosime	Valoarea zecimală adăugate/scăzute la grosime	Tipul plăcii	Nr probei	Exemplu codificare
A (maestro)	0 – probe martor	0 (nemodificată)	F – placa de față a viorii (din molid de rezonanță) S – placa de spate a viorii (paltin de rezonanță)	1	A00F1 A00F2 A00S1 A00S2 AM2F1 AM2F2
	M – grosimi micșorate P – grosimi mărite	2 (+/- 0.2 mm) 4 (+/- 0.4 mm) 6 (+/- 0.6 mm)		2	
B (profesional)	0 – probe martor	0 (nemodificată)	F – placa de față a viorii (din molid de rezonanță) S – placa de spate a viorii (paltin de rezonanță)	1	B00F1 B00F2 B00S1 B00S2 BM2F1 BM2F2
	M – grosimi micșorate P – grosimi mărite	2 (+/- 0.2 mm) 4 (+/- 0.4 mm) 6 (+/- 0.6 mm)		2	
C (student)	0 – probe martor	0 (nemodificată)	F – placa de față a viorii (din molid de rezonanță) S – placa de spate a viorii (paltin de rezonanță)	1	C00F1 C00F2 C00S1 C00S2 CM2F1 CM2F2
	M – grosimi micșorate P – grosimi mărite	2 (+/- 0.2 mm) 4 (+/- 0.4 mm) 6 (+/- 0.6 mm)		2	
D (scolar)	0 – probe martor	0 (nemodificată)	F – placa de față a viorii (din molid de rezonanță) S – placa de spate a viorii (paltin de rezonanță)	1	D00F1 D00F2 D00S1 D00S2 DM2F1 DM2F2
	M – grosimi micșorate P – grosimi mărite	2 (+/- 0.2 mm) 4 (+/- 0.4 mm) 6 (+/- 0.6 mm)		2	

În Tabelul 3, sunt prezentate caracteristicile fizice și geometrice ale plăcilor din clasa A de calitate, realizate în această etapă a proiectului.

Tabelul 3. Codificarea plăcilor din structura viorilor - modele demonstrative (Set de modele scalabile electronic de tipuri de vioară cu detalii de subansamblu)

Cod epruveta	Masa m [g]	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4	zona 5	Frecvența proprie $f_0$
A00F1	76	2.5	2.7	2.9	3.2	3.5	146.5
A00F2	85	2.5	2.7	2.9	3.2	3.5	146.5
A00S1	114	2.5	2.8	3	3.5	4.3	158.7
A00S2	129	2.5	2.8	3	3.5	4.3	164.8
AM2F1	93	2.3	2.5	2.7	3	3.3	146.5
AM2F2	81	2.3	2.5	2.7	3	3.3	128.2
AM2S1	133	2.3	2.6	2.8	3.3	4.1	262.5
AM2S2	118	2.3	2.6	2.8	3.3	4.1	286.9
AM4F1	90	2.1	2.3	2.5	2.8	3.1	164.8
AM4F2	85	2.1	2.3	2.5	2.8	3.1	134.3
AM4S1	114	2.1	2.4	2.6	3.1	3.9	299.1
AM4S2	117	2.1	2.4	2.6	3.1	3.9	305.2
AM6F1	75	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	134.3
AM6F2	80	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	128.2
AM6S1	112	1.9	2.2	2.4	2.9	3.7	299.1

AM6S2	114	1.9	2.2	2.4	2.9	3.7	299.1
AP2F1	98	2.7	2.9	3.1	3.4	3.7	152.6
AP2F2	77	2.7	2.9	3.1	3.4	3.7	152.6
AP2S1	128	2.7	3	3.2	3.7	4.5	329.6
AP2S2	134	2.7	3	3.2	3.7	4.5	317.4
AP4F1	85	2.9	3.1	3.3	3.6	3.9	158.7
AP4F2	89	2.9	3.1	3.3	3.6	3.9	158.7
AP4S1	136	2.9	3.2	3.4	3.9	4.7	341.8
AP4S2	131	2.9	3.2	3.4	3.9	4.7	329.6
AP6F1	96	3.1	3.3	3.5	3.8	4.1	152.6
AP6F2	103	3.1	3.3	3.5	3.8	4.1	164.8
AP6S1	134	3.1	3.4	3.6	4.1	4.9	329.6
AP6S2	145	3.1	3.4	3.6	4.1	4.9	323.5



Fig. 5 Modelele de plăci din structura viitoarelor modele demonstrative de violi (clasa A – maestro)

### Activitatea 1.1.2: Determinarea modelelor structurale și a proprietăților fizice și mecanice în concordanță cu caracteristicile macro și micro anatomice ale speciilor (CO – Universitatea Transilvania din Brașov) (100% grad de îndeplinire a activitatilor)

Obiectivul acestei activități a constat în determinarea lățimii inelelor anuale, a proporției de lemn târziu/lemn timpuriu, a culorii lemnului în funcție de clasele de calitate stabilite de producător.

#### Materiale

În cadrul acestei activități, au fost identificate modelele structurale ale lemnului de rezonanță (molid/palatin) în funcție de clasa de calitate a lemnului utilizată de agentul economic. Astfel, măsurătorile au fost realizate pe eșantioane sub formă de cuburi, cu dimensiunea laturii de 30 mm, câte 5 probe din fiecare categorie (A, B, C, D) și din fiecare specie (molid (fig. 6, a),

respectiv paltin (Fig. 6, b)), deci în total un număr de 40 epruvete. Caracteristicile fizice și geometrice sunt prezentate în Tabelul 4 și 5.

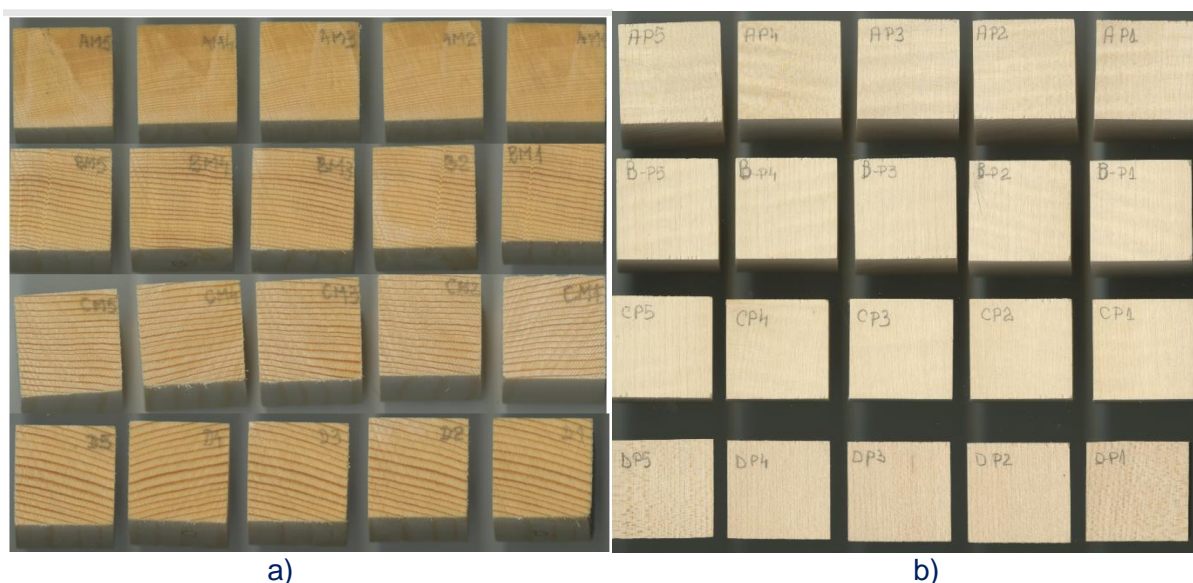


Fig. 6 Tipurile de epruvete utilizate pentru analiza macrostructurii lemnului: a) molid de rezonanță; b) paltin de rezonanță

Tabelul 4. Caracteristici fizice ale epruvetelor utilizate pentru analiza structurală a lemnului de molid de rezonanță

Calitate epruvete	Specia	Nr. Esantion	Lungime l/mm	Grosime h/mm	Lățime b/mm	Masa m/g	Densitatea aparenta (g/cm <sup>3</sup> )
A	molid	1	30.75	30.02	30.24	12.316	0.441
A	molid	2	30.51	30.35	30.40	12.292	0.437
A	molid	3	30.50	30.31	30.21	12.235	0.438
A	molid	4	30.60	30.24	30.38	12.287	0.437
A	molid	5	29.84	30.13	30.48	11.949	0.436
B	molid	1	30.29	30.22	30.02	10.592	0.385
B	molid	2	30.27	30.25	30.09	10.453	0.379
B	molid	3	30.73	30.33	30.19	10.608	0.377
B	molid	4	30.57	30.43	30.02	10.787	0.386
B	molid	5	30.43	30.36	30.13	10.528	0.378
C	molid	1	30.28	30.33	30.49	12.697	0.453
C	molid	2	30.18	30.34	30.60	12.654	0.452
C	molid	3	30.13	30.28	30.10	12.09	0.440
C	molid	4	30.48	30.70	30.82	12.499	0.433
C	molid	5	30.15	30.33	30.54	12.592	0.451
D	molid	1	30.16	30.13	30.53	10.92	0.394
D	molid	2	30.3	30.31	30.29	11.141	0.400
D	molid	3	30.35	30.25	30.39	10.962	0.393
D	molid	4	31.08	30.25	30.35	11.151	0.391
D	Molid	5	30.66	30.48	30.05	11.102	0.395

Tabelul 5. Caracteristici fizice ale epruvetelor utilizate pentru analiza structurală a lemnului de paltin de rezonanță

Calitate epruvete	Specia	Nr. Esantion	Lungime l/mm	Grosime h/mm	Lățime b/mm	Masa m/g	Densitatea aparenta (g/cm <sup>3</sup> )
A	Paltin	1	29.26	30.31	30.21	14.901	0.556
A	Paltin	2	29.41	30.17	30.32	15.069	0.560
A	Paltin	3	29.84	30.28	30.42	15.285	0.556
A	Paltin	4	29.25	30.45	30.44	15.071	0.556
A	Paltin	5	29.81	30.64	30.46	15.433	0.555
B	Paltin	1	30.03	30.15	30.17	15.85	0.580
B	Paltin	2	30.00	30.45	30.31	15.764	0.569
B	Paltin	3	29.85	30.18	30.15	15.778	0.581
B	Paltin	4	29.85	30.07	30.10	15.781	0.584
B	Paltin	5	30.25	30.04	30.24	15.928	0.580
C	Paltin	1	29.76	30.25	30.41	15.973	0.583
C	Paltin	2	29.78	30.21	30.30	15.934	0.585
C	Paltin	3	29.75	30.44	30.26	16.19	0.591
C	Paltin	4	29.44	30.34	30.36	16.415	0.605
C	Paltin	5	29.91	30.14	30.15	15.891	0.585
D	Paltin	1	29.66	30.02	30.36	15.54	0.575
D	Paltin	2	29.52	30.08	30.26	15.321	0.570
D	Paltin	3	29.85	30.13	30.28	15.358	0.564
D	Paltin	4	29.15	30.14	30.19	15.133	0.571
D	Paltin	5	29.50	30.14	30.36	15.108	0.560

## Metode de testare

### 2.1. Deteminarea modelelor structurale (WinDENDRO system)

Inelele anuale și lungimea de undă a fibrei ondulate au fost digitizate cu ajutorul WinDENDRO Density 2007 image-analysis system (WinDENDRO 2007). În acest scop, eşantioanele au fost scanate la rezoluția de 2200 dpi. Analiza de imagine a permis detectarea automată a inelelor anuale, dar și intervenția corectivă a operatorului. Caracteristicile inelelor anuale au fost măsurate în direcție radială, pe secțiunea transversală, iar lungimea de undă, în direcție tangențială, pe secțiunea radială (Figure 7). Măsurătorile au fost executate cu precizia de 0.001 mm. La molid, odată cu identificarea inelelor anuale au fost separate digital lemnul timpuriu de lemnul târziu (Figure 1A,B). La paltin s-au măsurat lățimea inelului anual (Figure 1C) și lungimea de undă a fibrei crețe (Figure 1D).

Din măsurătorile asupra structurii lemnului au rezultat următoarele variabile: lățimea totală a inelului anual; (TRW), lățimea lemnului timpuriu (EWW), lățimea lemnului târziu (LWW), proporția de lemn timpuriu (EWP), proporția de lemn târziu (LWP), lungimea de undă a paltinului creț (CWL).



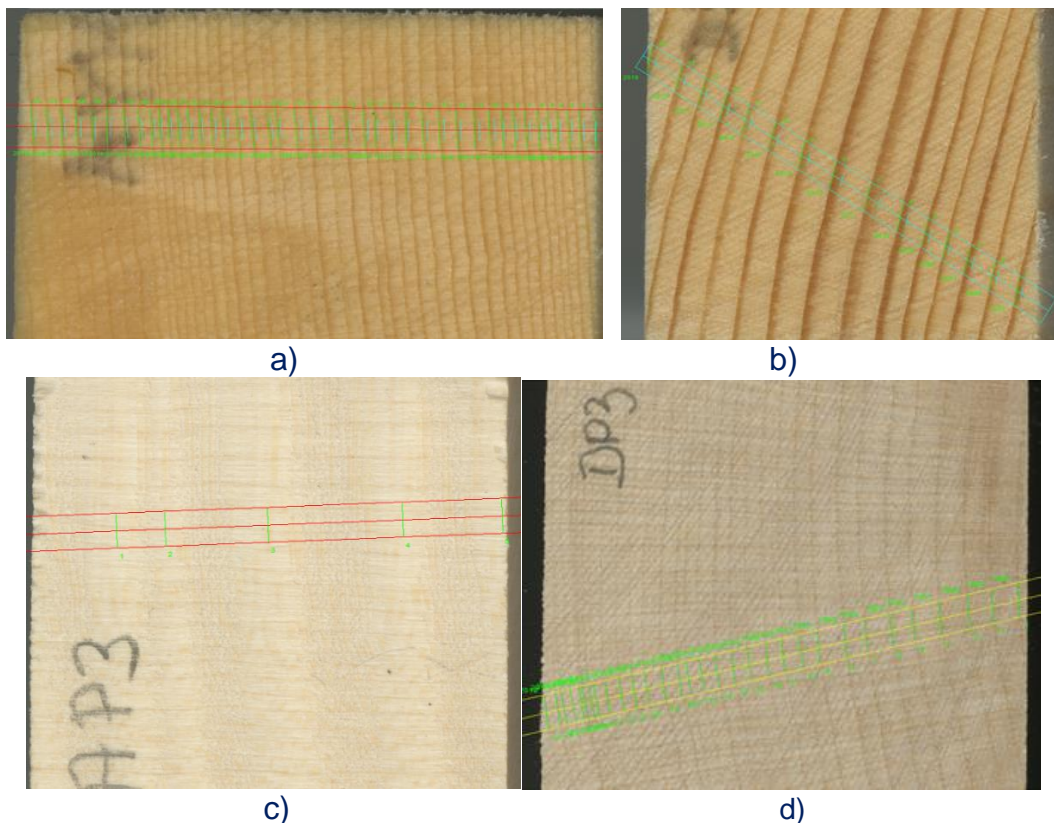


Figura 7. Metoda de măsurare a elementelor macrostructurale ale lemnului (cu verde, separatorii de inele, cu albastru cian, separatorii de lemn timpuriu-lemn târziu): A – Măsurarea inelelor la un eșantion de molid de clasa A de calitate; B - Măsurarea inelelor la un eșantion de molid de clasa D de calitate; C - Măsurarea inelelor la un eșantion de paltin de clasa D de calitate; D – Măsurarea lungimii de undă a fibrei crețe

## 2.2 Culoarea lemnului

Culoarea lemnului a fost măsurată cu colorimetrul portabil CR-400 (Konica-Minolta 2007), în trei puncte pe secțiunea radială a eșantioanelor. Pentru cuantificarea culorii s-a optat pentru spațiul cromatic CIELab, descris de următoarele coordonate:  $L^*$  - luminozitatea (%),  $a^*$  - gradul de roșu+/verde-, and  $b^*$  - gradul de galben+/albastru- (Hunt 1998). Densitatea (AD) a fost determinată stereometric (Beldeanu 1999, Rabier et al 2006), prin măsurarea dimensiunilor probelor, cu ajutorul unui șubler electronic cu precizia de 0.01 mm și cântărirea probelor, cu ajutorul unei balanțe analitice având precizia de 1 mg.

## 2.3 Prelucrarea datelor

Bazele de date rezultate din măsurătorile efectuate sub WinDENDRO, originar în format .txt, au fost prelucrate primar în Microsoft Excel. Datele brute au fost explorate statistic sub aspectul variabilității, factorial analysis and correlation cu ajutorul STATISTICA 8.0 (StatSoft 2007), urmând indicațiile lui Zar (1974). Pentru testarea semnificației diferențelor, distribuțiile variabilelor continue (caracteristicile structurale și proprietățile lemnului) au fost verificate împotriva normalității prin intermediul testului Shapiro-Wilk. Astfel, au fost întrebuițate ca teste pentru semnificația diferențelor fie Kruskal-Wallis, fie ANOVA. Conexiunile între variabile identificate prin corelații semnificative au fost inspectate grafic cu regresii. Pentru ușurința interpretării au fost preferate regresii simple. Au fost testate și regresii multiple. Datorită legăturilor între majoritatea variabilelor luate în analiză, posibilitățile de a formula modele multivariabile sunt diminuate de multicolinearitate. În regresii multiple au fost integrați numai predictorii independenți linear - adoptându-se pentru selecție pragul de 0.6 al coeficientului de corelație simplă. Reprezentarea

grafică a rezultatelor prelucrărilor matematice a fost realizată cu Microsoft EXCEL și STATISTICA 8.0.

### 3. Rezultate și discuții

#### 3.1 Variabilitatea însușirilor fizico-structurale ale lemnului de molid și paltin

##### 3.1.1 Câmpul de variație a însușirilor structurale

Au fost măsurate un număr total de 479 inele la molid și 580 inele la paltin. Asupra lungimii de undă au fost efectuate 61 de măsurători. Mărimile absolute ale indicatorilor inelelor anuale prezintă un grad ridicat de împrăștiere (coeficienți de variație 44-54 %), care ar permite stratificarea lor. Proporția lemnului timpuriu este caracteristica inelelor anuale cea mai stabilă de la un eșantion la altul (Table 6). Lățimea lemnului târziu (cu tendința centrală 0.25 mm) este la limita vizibilității oculare. Niciuna din variabilele inelelor anuale de la molid nu este conformă unei distribuții Gauss ( $W$  din testul Shapiro-Wilk = 0.898-0.967,  $p < 0.0001$ ). Drept urmare, analiza va urma cursul statisticii neparametrice.

Table 6. Statistici descriptive ale distribuțiilor caracteristicilor măsurate ale lemnului

Specia eșantionului	Physical features	Media aritmetică /intervalul de încredere	Mediana	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Coeficientul de variație (%)	Normalitatea
Molid	Total ring width (mm)	1.27/ 1.22-1.33	1.19	0.41	3.07	48.75	NO*
	Earlywood width (mm)	0.98/ 0.93-1.03	0.93	0.21	2.31	49.11	NO
	Latewood width (mm)	0.29/ 0.28-0.31	0.25	0.07	0.99	53.96	NO
	Earlwood proportion (%)	76.68/ 76.17-77.18	77.42	50.45	91.43	7.31	NO
	Latewood proportion (%)	23.32/ 22.82-23.83	22.58	8.57	49.55	24.03	NO
	Densitatea aparentă ( $g \cdot cm^{-3}$ )	0.415/ 0.401-0.428	0.417	0.377	0.453	6.90	NO
	Gradul de alb al culorii (%)	83.89/ 83.73-84.06	83.98	82.35	84.87	0.77	NO
	Nuanța de roșu	2.69/ 2.61-2.76	2.61	2.31	3.47	10.75	NO
	Nuanța de galben	20.06/ 19.87-20.24	20.00	18.57	21.63	3.60	YES
Paltin	Total ring width (mm)	1.04/ 1.01-1.08	0.98	0.15	2.60	44.26	NO
	Curly wavelength (mm)	6.34/ 5.86-6.82	6.28	2.87	12.37	29.51	YES**
	Densitatea aparentă ( $g \cdot cm^{-3}$ )	0.573/ 0.567-0.580	0.573	0.555	0.605	2.43	YES
	Gradul de alb al culorii (%)	84.68/ 84.13-85.23	85.59	80.55	87.41	2.53	NO
	Nuanța de roșu	2.86/ 2.65-3.07	2.72	1.66	4.35	28.31	NO
	Nuanța de galben	17.70/ 17.49-17.90	18.03	16.07	19.05	4.48	NO

\* Ipoteza normalității nu poate fi acceptată; \*\* ipoteza normalității nu poate fi respinsă

Ecartul valorilor variabilelor inelelor anuale (Tabelul 6) se datorează în primul selecției materialului pentru epruvetele studiului, care a permis evitarea extremelor identificate în lemnul obișnuit de molid. Mărimea inelelor anuale și gradul ei de dispersie la eșantioanele de molid măsurate este apropiată valorilor identificate în alburnul arborilor pe picior din pădurile care au furnizat materia primă pentru semifabricatele pentru viorile Gliga (Dinulică et al 2020). Deci, eșantioanele sunt reprezentative pentru pădurile cu lemn de rezonanță din bazinul Gurghiului. La molizii pe picior, în secțiunea de la înălțimea pieptului și pe întreaga lungime a razei, au fost măsurate inele în gama de lățimi 0.03-9.08 mm (Dinulică et al 2015). Lungimea de undă a fibrei

crețe de la eșantioanele de paltin prezintă un nivel moderat de variabilitate, dar gama valorilor este destul de largă (amplitudinea de variație este 9.5 mm) – Tabel 6. Lungimea de undă a fibrei crețe este singura variabilă structurală cu distribuție gaussiană (Figura 8).

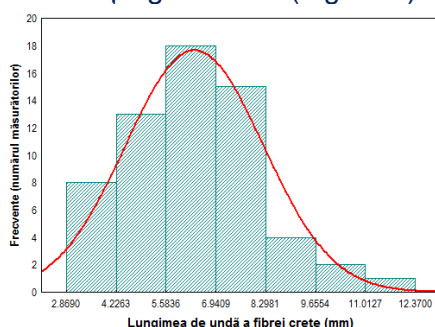


Figura 8. Distribuția lungimii de undă a fibrei crețe la materialul examinat

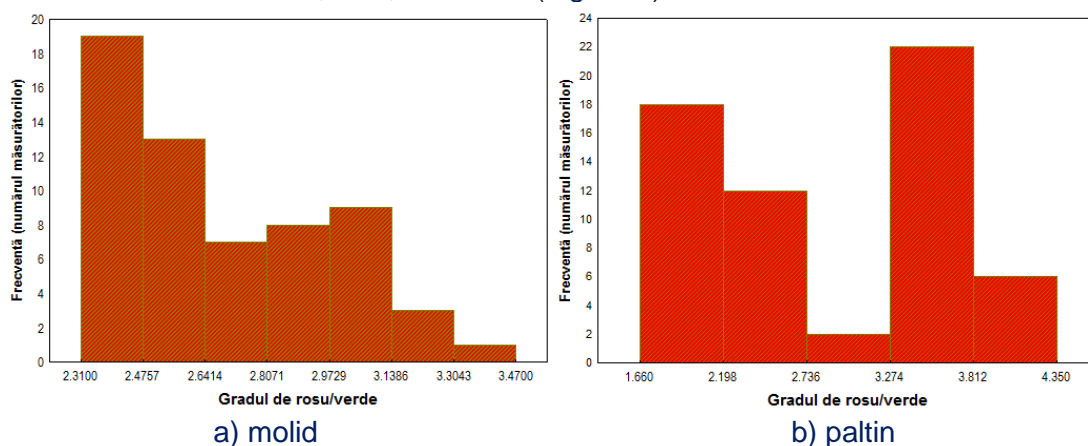
Diferențele între eșantioane sunt asigurate statistic cu privire la mărimea caracteristicilor inelelor anuale, mai ales în cazul molidului (probabilitatea de tranșare din testul Chi pătrat este mai mică de 0.004 la molid, respectiv 0.03 la paltin). Se presupune de aici existența unui factor de control asupra mărimii acestor caracteristici și care poate permite gruparea eșantioanelor în clase. În schimb, diferențele între eșantioanele de paltin nu sunt asigurate statistic în cazul lungimii de undă: probabilitatea de tranșare din testul Chi pătrat este 0.53.

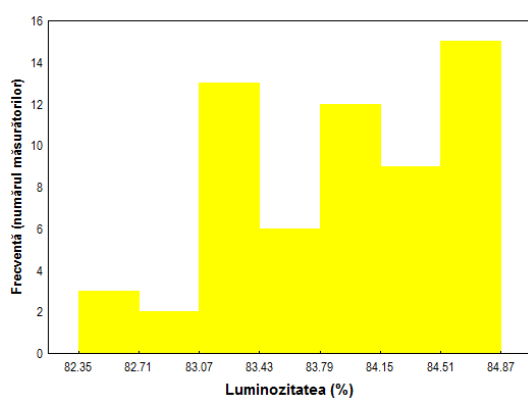
### 3.1.2 Câmpul de variație a proprietăților fizice

Au fost efectuate 20 de măsurători asupra densității lemnului de molid și 20 de măsurători asupra densității lemnului de paltin. Sondajul este omogen în privința densității lemnului, care prezintă un nivel modest de variabilitate (Table 6). Amplitudinea de variație a densității este de 76 kg/m<sup>3</sup>, la molid și de numai 50 kg/m<sup>3</sup>, la paltin. În ciuda câmpului îngust de variație, valorile densității sunt foarte semnificativ diferite de la un eșantion la altul: probabilitatea de tranșare din testul Chi pătrat este mai mică de 0.001 la ambele specii.

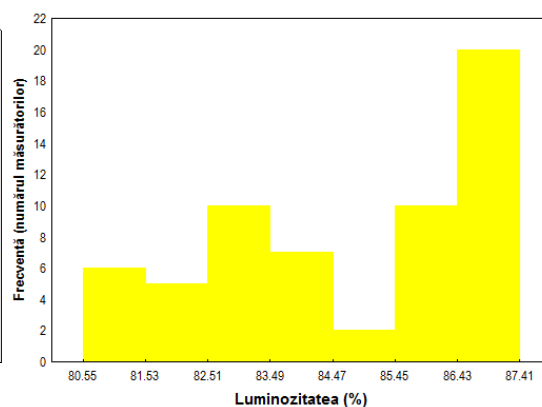
La fiecare din cele două specii au fost efectuate câte 60 de măsurători pentru fiecare coordonată cromatică. Indicatorii culorii, îndeosebi luminozitatea, prezintă o stabilitate mai mare decât cei ai structurii lemnului (Tabel 6). La o variabilitate atât de largă a structurii, gradul redus de variație a parametrilor culorii este neașteptat. Cele două coordonate de nuanță a culorii nu prezintă valori negative, i.e. contribuții ale culorilor albastru și verde la culoarea lemnului celor două specii. Culoarea lemnului celor două specii este sensibil asemănătoare, singurele deosebiri constând în ceva mai mult galben în compoziția culorii la molid (Tabel 6).

Distribuțiile au forme diferite între cele două specii și de o variabilă la alta a culorii (Figura 9), numai nuanța de galben și numai la molid distribuindu-se în conformitate cu legea normală (Tabelul 1). Distribuția gradului de strălucire a culorii este accentuat asimetrică de dreapta la ambele specii (Figura 9). S-a remarcat că distribuția gradului de alb al culorii lemnului de paltin are aceeași formă cu a lemnului de molid. Gradul de roșu al culorii lemnului de paltin segregă în două grupuri, unul cu modulul la 1.7-2.2, altul, la 3.3-3.8 (Figura 9).

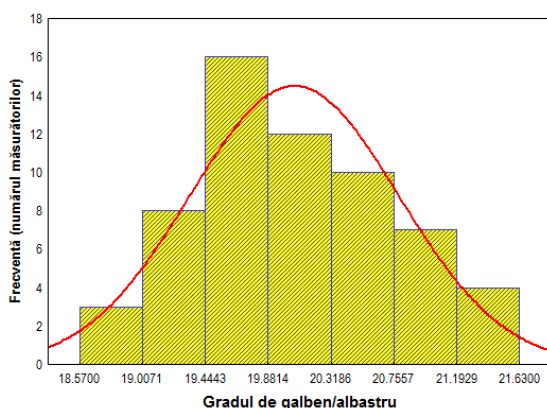




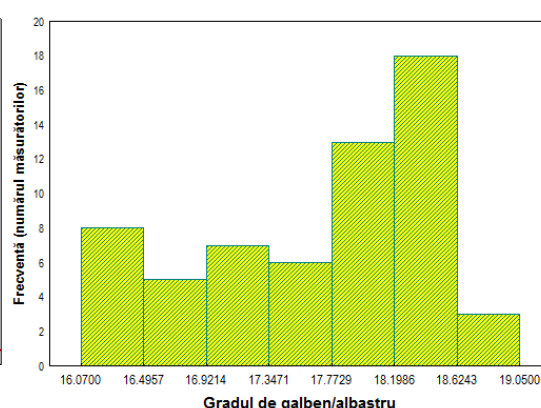
c) molid



d) paltin



e) molid



f) paltin

Figura 3. Distribuțiile coordonatelor cromatice din spațiul CIELab la eșantioanele măsurate:

### 3.2 Individualitatea fizică a claselor de calitate definite

S-a verificat statistic modul de grupare a valorilor indicatorilor structurii lemnului în raport cu clasele de calitate predefinite. A rezultat că toate variabilele implicate în studiu se stratifică după clasa de calitate căreia îi aparține eșantionul (Tabelul 7).

Tabel 7. Verificarea statistică a posibilității stratificării caracteristicilor lemnului examinat în funcție de clasele de calitate propuse

Specia eșantionului	Variabila lemnului	Semnificația statistică a diferențelor între clasele de calitate		Stratificarea valorilor după clasa de calitate ...			
		Testul Kruskal-Wallis/ANOVA		A	B	C	D
		H, F	p	Intervalul de cuartilă			
Molid	Lățimea inelului anual (mm)	396.74	< 0.001	0.59...0.85	1.22...1.51	1.50...1.89	1.98...2.60
	Lățimea lemnului timpuriu (mm)	398.76	< 0.001	0.44...0.66	0.97...1.17	1.18...1.48	1.52...1.99
	Lățimea lemnului târziu (mm)	312.8	< 0.001	0.14...0.21	0.23...0.35	0.29...0.45	0.42...0.62

	Proporția lemnului timpuriu (%)	32.59	< 0.001	70.94...79.51	75.76...80.56	76.24...81.74	74.33...79.22
	Proporția lemnului târziu (%)	32.59	< 0.001	20.50...29.07	19.44...24.24	18.27...23.76	20.78...25.67
	Densitatea aparentă (g·cm <sup>-3</sup> )	16.55	<0.001	0.437...0.438	0.378...0.385	0.440...0.452	0.393...0.395
	Gradul de alb al culorii (%)	12.73	0.005	83.93...84.95	83.21...83.98	84.26...84.61	83.14...84.14
	Nuanța de roșu	29.74	< 0.001	2.42...2.62	2.83...3.09	2.34...2.48	2.49...2.97
	Nuanța de galben	14.49	< 0.001	19.24...20.22	19.52...19.88	19.34...20.37	20.50...21.18
Paltin	Lățimea inelului anual (mm)	78.36	<0.001	0.92...1.56	0.82...1.41	0.57...1.08	0.71...1.28
	Lungimea de undă a fibrei crețe (mm)	6.23	0.004	4.26...6.96	5.36...7.16	6.28...9.43	-
	Gradul de alb al culorii (%)	43.64	< 0.001	82.98...83.71	86.25...86.90	86.14...86.79	81.29...82.85
	Nuanța de roșu	47.08	< 0.001	3.42...3.84	2.05...2.30	1.83...2.09	3.40...3.76
	Nuanța de galben	28.66	< 0.001	17.55...18.43	16.32...17.17	17.54...18.29	17.96...18.37

La molid, valorile absolute ale indicatorilor inelelor anuale asigură o discriminare mai bună a claselor de calitate decât valorile relative. La paltin se înregistrează tendința de creștere a lățimii inelelor și de descreștere a lungimii de undă cu îmbunătățirea clasei de calitate. Clasa C de calitate se detașează: la această clasă și amplitudinea valorilor este mai mare. La paltin se înregistrează tendința de creștere a lățimii inelelor și de descreștere a lungimii de undă cu îmbunătățirea clasei de calitate. Clasa C de calitate se detașează: la această clasă și amplitudinea valorilor este mai mare. În ciuda gradului restrâns de variație, densitatea lemnului se poate stratifica după clasa de calitate structurală la ambele specii. Lemnul de molid din clasele de calitate A și C este mai greu, cu cca 60 kg/m<sup>3</sup>, decât lemnul din clasele B și D. La paltin, lemnul este semnificativ mai ușor la eșantioanele din clasa A de calitate. Diferențele de culoare între clasele de calitate nu sunt atât de pregnante încât să fie perceptibile de analizorul optic uman, iar intervalele de variație se suprapun. Din aceste motive, culoarea nu este un criteriu practic pentru separarea claselor de calitate. Totuși, explorarea statistică a datelor a scos la lumină unele deosebiri între clasele de calitate cu privire la culoarea lemnului. La molid, lemnul de clasa A de calitate prezintă o strălucire ceva mai mare, un grad mai mic de roșu și de galben. La clasa A de calitate, variabilele culorii prezintă amplitudinile cele mai mici de variație (Tabelul 7). La clasele B și D, lemnul este ceva mai întunecat, are o conținut mai mare de roșu în culoare. Clasa D are și conținutul cel mai mare de galben în culoare. Clasa C de calitate are conținutul cel mai mic de roșu. Diferențele între clasele de calitate ale lemnului de paltin în privința culorii sunt mai pronunțate decât la molid (Tabelul 7). Stratificarea culorii după clasa de calitate relevă formarea a două grupuri: clasele A+D respectiv B+C. Eșantioanele din clasele A și D au lemnul mai întunecat, cu o concentrație mare de roșu și de galben în compoziția culorii. Eșantioanele din clasele B și C de calitate au luminozitatea cea mai mare. Culoarea la clasa D de calitate prezintă cea mai mare amplitudine a valorilor parametrilor. În baza acestor deosebiri, destul de fine, am reușit compartimentarea spațiului culorii în funcție de clasa de calitate structurală a lemnului, atât la molid, cât și la paltin (Figura 9). Desigur, este vorba de o discriminare strict colorimetrică, greu perceptibilă pentru analizorul optic uman.

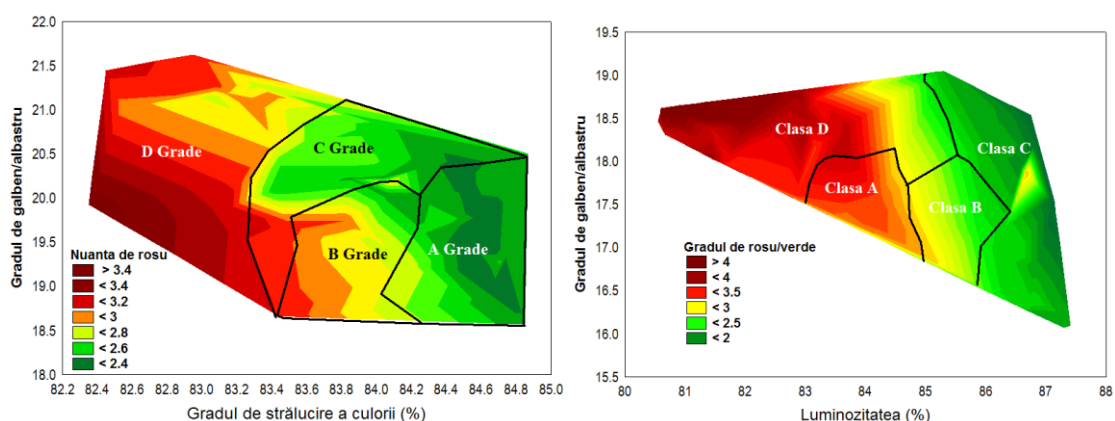


Figura 9. Spectrul culorii la eşantioanele măsurate: A – molid, B – paltin

### 3.3 Legătura structura și proprietățile măsurate ale lemnului

Legăturile între variabile au fost verificate prin testarea corelațiilor. A rezultat (Tabelul 8) că legăturile cele mai strânse sunt între variabilele culorii. Variabilele inelelor anuale nu au vreo influență asupra luminozității. Mărimea nuanței de galben este direct proporțională cu lățimea inelelor și constituenților lor (lemn timpuriu și lemn târziu). Lemnul de molid mai greu are o nuanță mai slabă de roșu (Tabelul 8). De asemenea, Lemnul mai greu este mai întunecat la culoare.

Tabelul 8. Matricea corelațiilor rangurilor între caracteristicile măsurate la lemnul de molid (valorile cu roșu sunt semnificative la  $p < 0.05$ )

Variabile	Latime inele	Lățime lemn timpuriu	Lățime lemn târziu	Proporție lemn timpuriu	Proporție lemn târziu	$L^*$	$a^*$	$b^*$	AD
$L^*$	-0.266	-0.287	-0.266	-0.020	0.020	-	-0.863	-0.499	0.403
$a^*$	0.074	0.109	0.041	0.162	-0.162	-0.863	-	0.133	-0.654
$b^*$	0.618	0.626	0.555	-0.116	0.116	-0.499	0.133	-	0.176
AD	-0.086	-0.066	-0.096	-0.099	0.099	0.403	-0.654	0.176	-

Legătura între culoarea și densitatea aparentă lemnului de molid a fost verificată grafic cu regresia, constatându-se că de fapt mărimile densității formează două cluster, centrate în jurul valorilor de  $0.39 \text{ g/cm}^3$  respectiv  $0.44 \text{ g/cm}^3$ , la care corespund concentrații diferite de roșu în culoarea lemnului. Au fost identificate și legăturile între variabilele structurii lemnului (Tabelul 9).

Tabelul 9. Matricea coeficienților de corelație simplă\* a rangurilor între variabilele inelelor anuale la molid

Variabile inele	Lățimea inelului	Lățimea lemnului timpuriu	Lățimea lemnului târziu	% lemn timpuriu	% lemn târziu
Lățimea inelului	-	0.992	0.893	0.161	-0.161
Lățimea lemnului timpuriu			0.837	0.267	-0.267
Lățimea lemnului târziu				-0.256	0.256

Valorile marcate cu roșu sunt semnificative statistic pentru  $p < 0.05$

La molid, datele experimentale sugerează tendința descreșterii proporției lemnului târziu cu lățimea inelului anual, care, deși semnificativă statistic, însă nu este suficient de consistentă ( $R^2 = 2.6\%$ ). Această relație a fost urmărită la nivelul claselor de calitate. A rezultat (Tabelul 10) că relația de inversă proporționalitate se manifestă numai la clasa A de calitate, în timp ce, în special la clasa B de calitate, relația este pozitivă.

Tabelul 10. Corelația proporției lemnului târziu cu lățimea inelului anual stratificată în funcție de clasa de calitate a eșantionului

Clasa de calitate	Coeficientul de corelație a rangurilor
A	-0.327 / $p < 0.001$
B	0.480 / $p < 0.001$
C	0.222 / $p = 0.04$
D	0.264 / $p = 0.03$

La paltin, conexiunile structură-proprietăți sunt chiar mai numeroase (Tabelul 11). S-a constatat că densitatea lemnului este invers proporțională cu lățimea inelelor și gradul de roșu, dar direct proporțională cu lungimea de undă și luminozitatea. Legătura între lățimea inelelor și culoarea lemnului de paltin nu depășit pragul semnificației statistice - probabil datorită numărului insuficient de măsurători. Totuși este o tendință de creștere a mărimii nuanței de roșu și de temperare a nuanței de galben pe măsură ce inelele sunt mai late (Tabelul 11). Lemnul cu fibră creață deasă este mai întunecat, are un grad mai mare de roșu și de galben în compoziția culorii (Tabelul 11).

Tabelul 11. Matricea corelațiilor rangurilor între caracteristicile măsurate la lemnul de paltin (valorile cu roșu sunt semnificative la  $p < 0.05$ )

Variabile lemn	Lungime de undă	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Densitate
Lățime medie inele	-0.290	-0.064	0.310	-0.332	-0.454
Lungime medie de undă		0.682	-0.714	-0.479	0.782
$L^*$			-0.866	-0.624	0.591
$a^*$				0.411	-0.762
$b^*$					-0.248

Lungimea de undă a fibrei crețe variază independent de mărimea creșterilor arborilor deși există o tendință, slab exprimată, de inversă proporționalitate, care avantajează calitativ arborii cu inele mai late. Coeficienții de corelație de mai sus au fost calculați în ipoteza legăturii lineare între variabile. Chiar dacă nu este atât de utilă în practică, modelarea curbilinie este mai potrivită pentru a reda legătura simplă între variabilele examinate în studiul nostru. Până la lățimi de 1 mm, densitatea lemnului de paltin scade repede cu lățimea inelului anual. Specimenele cu fibră creață deasă au lemnul mai ușor. S-a reușit și obținerea unui model multifactorial, folosind regresia multiplă lineară. Modelul permite explicarea densității lemnului de paltin pentru instrumente muzicale cu ajutorul lățimii inelelor și lungimii de undă a fibrei crețe (Tabelul 12).

Tabelul 12. Model multifactorial pentru explicarea unor însușiri fizice ale lemnului de paltin

Variabilă dependentă	Variabile explicative	Ecuția de regresie	Semnificația coeficienților de regresie ( $p$ )	Coeficientul de determinare ( $R^2$ ) - %
Densitatea lemnului (AD)	Lățimea inelelor (TRW)	$AD = 0.58 - 0.035 \cdot TRW + 0.005 \cdot CWL$	0.02	55.8
	Lungimea de undă (CWL)		0.05	

**Rezultate obținute:** set de date privind caracteristicile structurale și fizice ale lemnului de rezonanță pe clase de calitate (100% grad de îndeplinire)

## Identificarea unor caracteristici structurale la violile de patrimoniu – în curs de realizare

În analiza structurală a speciilor lemnoase din construcția violilor de patrimoniu au fost utilizate în această etapă 5 violi.

Vioara nr. 1. Fără marcă, achiziționată de la un coleg din Filarmonica, colecționar de violi de patrimoniu, în prezent proprietar fiind Nauncef Alina Maria, artist instrumentist din Filarmonica Brașov.

Vioara nr. 2. Joseph Klotz, Mittenwald (1747) achiziționată de la maestrul Ruha, Cluj Napoca, în prezent proprietar fiind Nauncef Alina Maria, artist instrumentist din Filarmonica Brașov.

Vioara nr. 3. Copie Jacobus Stainer (fără etichetă), a aparținut profesorului Octavian Rațiu, în prezent proprietar fiind Nauncef Alina Maria, artist instrumentist din Filarmonica Brașov.

Vioara nr. 4. Babos Bela, Hermanstadt (Sibiu) (1920) achiziționată de la un utilizator amator, în urmă cu 18 ani, în prezent proprietar fiind Nauncef Alina Maria, artist instrumentist din Filarmonica Brașov.

Vioara nr. 5. Johann Georg Leeb, Presburg, 1742 – proprietar Mădălina Gyorke, artist instrumentist din Filarmonica Brașov

Vioara nr. 6. Jacobus Stainer 1716 – proprietar Gliga Gheorghe Vasile, Reghin.



Vioara nr. 1.



Vioara nr. 2



Vioara nr. 3



Vioara nr. 4



Vioara nr. 5



Vioara nr. 6

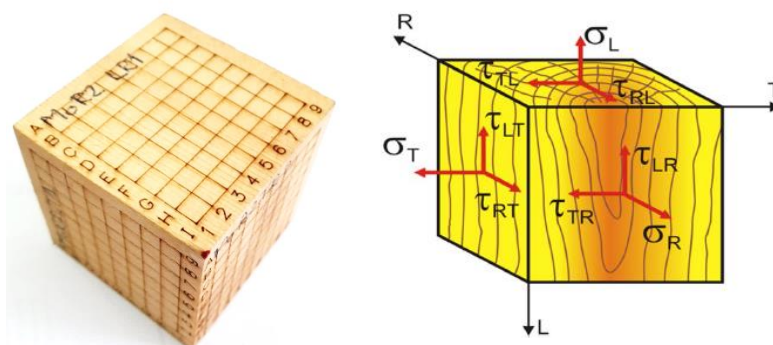


**Act. 1.1.3. Determinarea proprietăților elastice și acustice (viteza de propagare a undelor longitudinale / transversale cu ultrasunete) (P1 – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică Tehnică Iași)**

Esantioanele luate in studiu cu dimensiunile date in Tabelul 13, au fost realizate prin tăiere pe direcție transversala T, radiala R si longitudinala L in raport cu axele de anizotropie. Acestea au fost caroiate prin gravare cu laser pentru asigurarea preciziei poziționării vârfului traductorului in punctele de măsură corespunzătoare fețelor opuse (Figura 10).

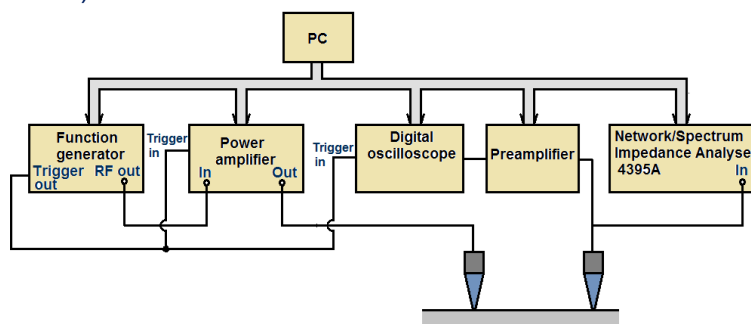
*Tabelul 13. Caracteristicile esantioanelor luate in studiu*

Specia	Epruveta	Masa [g]	volum [m <sup>3</sup> ]	densitate [kg/m <sup>3</sup> ]	lungime [mm]	latime [mm]	Inaltime [mm]
Molid	MoR1	48.4305	1.229x10 <sup>-5</sup>	394.13	49.56	49.45	50.14
	MoR2	52.461	1.256x10 <sup>-4</sup>	417.62	49.93	49.81	50.51
Paltin	P1	75.9269	1.214x10 <sup>-4</sup>	625.18	49.62	49.94	49.01
	P2	75.0555	1.217x10 <sup>-4</sup>	616.77	49.04	50.05	49.58



*Figura 10. Esantion marcat cu un caroiaj pentru masurarea vitezelor de propagare a US.*

Determinarea vitezelor de propagare s-a efectuat la 27°C si umiditate de 65%. Densitatile aparente au fost determinate de furnizorul esantioanelor. Generarea undelor Lamb s-a realizat cu traductori cu contact Hertzian avand frecventa centrala de 100 kHz. Semnalul de emisie a fost generat de un generator de functii, WW 1074 Tabor, semnalul fiind amplificat si transmis catre traductorul de emisie. Traductorul de receptie este cuplat la un NSIA 4395A, formele de unda si masurarea timpilor de propagare realizandu-se cu ajutorul osciloscopului digital Wave Runner 64 Xi. Prin interfata GPIB IEEE 488.2, osciloscopul a fost conectat la PC pentru inregistrarea datelor experimentale (Figura 11).



*Figura 11. Montajul experimental pentru metoda nedistructivă cu ultrasunete*

Pentru a asigura cuplarea între eșantion și traductori, menținând contactul Hertzian, a fost proiectat și realizat un sistem de prindere care suplimentar asigura și aplicarea unei presiuni constante pe

suprafata eşantionului. In masuratori s-a luat in calcul si efectul elementelor conice de prindere si excitare a undelor. Diferența dintre modulele de elasticitate ale celor doua varfuri conice este minimă. Efectul tensiunii de concentrare este considerat negliabil. Configurarea experimentală implica doua perechi de traductori de contact pentru propagarea undelor. Semnalele transmise, captate de traductorul receptor au fost achizitionate de 100 de ori cu ajutorul osciloscopului digital, iar datele au fost mediate. Determinarile experimentale pentru măsurarea vitezelor s-au efectuat mai intai prin înregistrarea semnalului la receptor fără eşantion (transmisie pe varfurile traductoarelor în contact, 100 de semnale de 50 µs înregistrate in total) și apoi cu esantionul (100 de semnale de 50 µs înregistrate pentru o singura masurare in punct). Timpul de transmisie prin toate directiile a fost estimat implementand o corelatie incrucisata intre aceste doua semnale. Din grosimea medie a esantionelor in directia de propagare a undei, s-au determinat vitezele undelor prin derivare.

Tabelul 14. Viteza de propagare a US in directiile notate conform figurii 10

Specia/#	Molid MoR1			Molid MoR2		
	TR1-TR2	LR1-LR2	LT1-LT2	TR1-TR2	LR1-LR2	LT1-LT2
1	5203.13	1281.56	1407.04	5123.71	1312.14	1554.21
2	5313.83	1329.92	1395.25	5344.09	1329.68	1507.25
3	5149.48	1337.13	1518.24	5402.17	1315.61	1535.08
4	5489.01	1315.73	1395.25	5287.23	1377.56	1493.71
5	5257.89	1337.13	1403.09	4920.79	1351.36	1507.25
6	5203.13	1337.13	1435.34	5402.17	1326.13	1539.8
Viteza medie	<b>5269.412</b>	<b>1323.1</b>	<b>1425.702</b>	<b>5246.693</b>	<b>1335.413</b>	<b>1522.883</b>

Specia/#	Paltin P1			Paltin P2		
	TR1-TR2	LR1-LR2	LT1-LT2	TR1-TR2	LR1-LR2	LT1-LT2
1	4201.68	1418.08	1922.48	4809.62	1444.84	1972.51
2	4385.96	1131.82	1976.1	4631.48	1427.99	1996.37
3	4132.23	1439.05	1991.97	4547.27	1407.47	2014.45
4	4089.36	1456.29	1952.76	4674.77	1449.11	1980.4
5	4424.78	1409.86	1885.93	4426.55	1423.84	1972.51
6	4347.83	1413.95	1968.25	4506.31	1475.3	1988.35
Viteza medie	<b>4263.64</b>	<b>1378.175</b>	<b>1949.582</b>	<b>4599.333</b>	<b>1438.092</b>	<b>1987.432</b>

Viteza US nu depinde numai de directia de propagare a undelor, ea variaza si intre speciile de lemn. Fiecare specie prezinta caracteristici care afecteaza transmisia energiei ultrasonice in functie de proprietatile fizice ale peretilor celulari sau structura celulelor. Procedura de identificare a vitezelor de propagare aplicata celor doua specii de lemn a aratat ca acestea depind puternic de o gama larga de caracteristici anatomice, de efectul de ranforsare a razelor si de densitate. A fost analizata dependenta vitezei de propagare a ultrasunetelor de structura (unghiul si dimensiunea de graunti, lungime traheide, umiditate, dispunere, celule cu raze etc) determinand viteza pe fetele opuse ale esantioanelor in 9 pasi de identificare, conform figurii 10. Reprezentarea grafica a sensibilitatii speciei de lemn luate in analiza, la propagarea energiei ultrasonore, a produs o harta a vitezelor mediate la viteza maxima obtinuta (pentru fiecare esantion) si s-a remarcat pentru toate cazurile o sensibilitate mai redusa pentru directia LR (figura 10). In figura 5 este reprezentata harta acestei sensibilitati pentru proba notata MOR1.

Trebuie precizat ca detectarea primei unde transverse a fost partial dificila in directiile LR si LT din cauza efectelor de suprapunere cu undele longitudinale. Pentru calcularea vitezei ultrasunetelor,

s-a luat in considerare faptul ca, pe langa specimenul in sine, undele sonore se propage si prin mediul de cuplare al varfurilor traductorilor de contact.

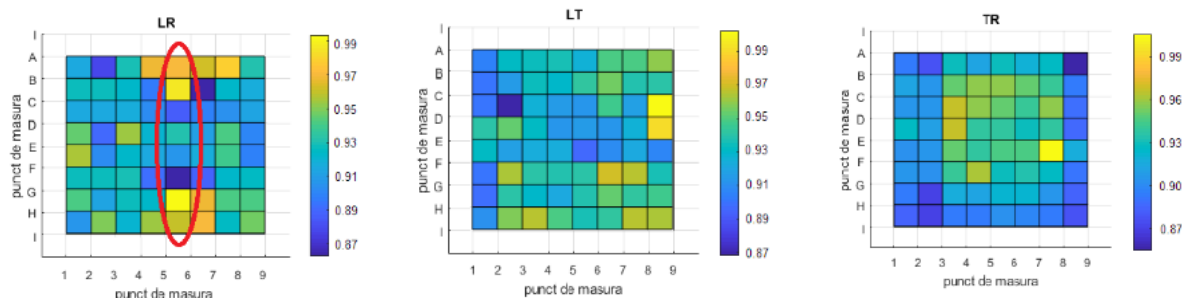


Figura 12. Sensibilitatea vitezei US raportata la viteza maxima pentru cele trei directii de propagare in molid MOR1

Datele experimentale obtinute arata ca in principal, vitezele in directie radiala si tangentiala sunt aproximativ o treime din viteza longitudinala, cu viteza radiala mai mare decat cea tangentiala in acord cu [1]. Viteza radiala poate fi cu pana aproape 14% mai mare decat viteza tangentiala. Acest lucru se datoreaza faptului ca fibrele si traheidele sunt aliniate in cea mai mare parte in directia longitudinala, comparativ cu directia razelor (radiala). Niciun element anatomic nu se prezinta in directia tangentiala. In plus, inelele anuale se comporta ca o bariera pentru propagarea undelor elastice rezultand viteza de unda redusa. Prin urmare, din punct de vedere mecanic viteza sunetului se coreleaza puternic cu elasticitatea materialului, deoarece undele sonore genereaza oscilatii mecanice, si deci elasticitatea variaza in cele trei directii. Pentru o intelegere a comportamentului elastic al lemnului de rezonanta sunt necesare cunoasterea vitezelor de propagare pe fiecare directie. Metoda ultrasonica este o metoda nedistructiva, in determinarea constantelor intervin aproximativ noua viteze de ultrasunete ( $C_{LL}$ ,  $C_{RR}$ ,  $C_{TT}$ ,  $C_{LR}$ ,  $C_{RL}$ ,  $C_{RT}$ ,  $C_{TR}$ ,  $C_{TL}$  si  $C_{LT}$ ) care trebuiesc determinate pentru fiecare specimen. Determinarea modulului de forfecare este complicata si imprecisa, nefiind standardizata, ea implica o metoda auxiliara ce a rezonantei de ultrasunete (RUS) prin procedura de determinare a frecventelor proprii de rezonanta.

Tabelul 15. Coeficientii elastici calculati utilizand metoda ultrasunetelor

Tip esantion	Densitate Kg/m <sup>3</sup>	E <sub>L</sub> [MPa]	E <sub>T</sub> [MPa]	E <sub>R</sub> [MPa]	V <sub>LR</sub>	V <sub>TR</sub>	V <sub>LT</sub>	G <sub>LR</sub>	G <sub>TR*</sub>	G <sub>LT</sub>
MoR1	394.13	10938	800	689	0.465	-	0.39	689	-	800
MoR2	417.62	11476	912	743	0.460	-	0.38	743	-	965
P1	625.18	11358	2374	1186	0.442	-	0.373	1186	-	965
P2	616.77	13028	2434	1273	0.446	-	0.38	1273	-	2432

\*Pentru determinarea acestor marimi sunt necesare alte metode cu doi traductori de US specializati avand frecvente diferite pentru fiecare metoda

Unii dintre coeficientii Poisson determinati prin metoda ultrasunetelor par extremi si nu exista o explicatie rezonabila pentru aceasta. Rezultate similare sunt raportate si de Bucur [Error! Bookmark not defined.] si Ozyhar [Error! Bookmark not defined.]. Rezultatele obtinute prin determinari experimentale sunt comparabile ca ordin de marime cu cele raportate in literatura de specialitate, diferentele se pot datora atat sursei esantionului, dimensiunilor mici a ale esantionului cat si diferitelor metode de determinare a acestor coeficienti. Se confirma caracterul lemnului de rezonanta molid comparativ cu paltinul; se observa ca speciile de lemn cu densitate mare nu au inevitabil si modulul Young longitudinal cu valoarea ce mai mare. Corelatia densitate – modulul Young poate fi valabila cu limite numai intr-o specie de lemn.

## Concluzii

Rezultatele obtinute in testarea nedistructiva bazata pe propagarea undelor Lamb generate si receptionate cu traductori de US cu contact Hertzian avand  $f_r=100\text{Hz}$  a permis caracterizarea esantioanelor obtinute de forma cubica din speciile lemnoase de molid si paltin.

A fost realizat un montaj experimental pentru masurarea vitezei undelor Lamb si pentru asigurarea unui contact la o presiune constanta a traductorului cu esantionul.

Timpul de transmisie prin toate directiile R, L, T a fost estimat implementand o corelatie incrucisata intre cele doua semnale de la elementele conice de prindere si materialul lemnos.

S-a constatat ca viteza US depinde de proprietatile fizice ale peretilor celulari sau structura celulelor. S-a remarcat pentru toate esantioanele o sensibilitate mai redusa pentru directia LR.

Datele experimentale obtinute arata ca in principal, vitezele in directie radiala si tangentiala sunt aproximativ o treime din viteza longitudinala, cu viteza radiala mai mare decat cea tangentiala. Viteza radiala poate fi cu pana aproape 14% mai mare decat viteza tangentiala datorita faptului ca fibrele si traheidele sunt aliniate in cea mai mare parte in directia longitudinala, comparativ cu directia razelor (radiala). Determinarea modulului de forfecare pe directia TR este complicata si imprecisa, nefiind standardizata, ea implica o metoda auxiliara ce a rezonantei de ultrasunete (RUS) prin procedura de frecventelor proprii de rezonanta. Studiul confirma *caracterul deosebit al lemnului de rezonanta molid* si arata ca speciile de lemn cu densitate mare nu au inevitabil si modulul Young longitudinal cu valoarea ce mai mare. Corelatia densitate – modulul Young este valabila cu limite numai intr-o specie de lemn.

## Act. 1.2. Activități suport- Diseminarea activităților din proiect

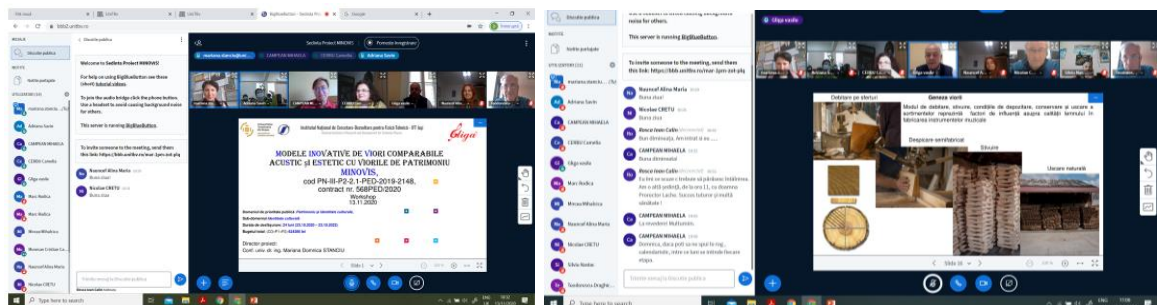
În cadrul activităților suport, s-au desfășurat următoarele acțiuni:

1. Diseminarea rezultatelor fazei I a proiectului la conferințe internaționale, participându-se cu 2 lucrari:

- Stanciu M.D., S. Năstac, V Gh Gliga, M Câmpean, A Savin and V Bucur, *Effects of anisotropy of wood on modal analysis of violin plates, in Proceedings of the 8th International Conference on Advanced Composite Materials Engineering & 3rd International Conference on Experimental Mechanics in Engineering*, 29-31.10.2020, Brasov, ISSN 2457-8541;
- Stanciu M D, Dinulica F., Gliga V Gh., Câmpean M, Târnoveanu C.R., *Structural patterns of resonance wood used in violin constructions in Proceedings of the 8th International Conference on Advanced Composite Materials Engineering & 3rd International Conference on Experimental Mechanics in Engineering*, 29-31.10.2020, Brasov, ISSN 2457-8541.

2. Realizarea site-ului proiectului: <http://minovis.unitbv.ro/>

3. Organizarea unui workshop online cu toți partenerii și membrii proiectului: 13.11.2020.



Director de proiect

Conf. univ. dr. ing. Mariana Domnica STANCIU