

Raport științific final
(2020 - 2022)

Competiția:	Proiect experimental demonstrativ - PED 2019
Nr. contract:	568PED/2020
Cod proiect:	PN-III-P2-2.1-PED-2019-2148
Domeniul de cercetare:	Domeniul 6 – Patrimoniu și identitate culturală
Titlul :	Modele inovative de viori comparabile acustic și estetic cu viorile de patrimoniu
Acronim:	MINOVIS
Data începere proiect:	23.10.2020
Data finalizare proiect:	23.10.2022
Durata (luni):	24
Buget total:	624380
Sursa 1 Bugetul de stat	600000
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	24380
Pagina web proiect:	https://minovis.unitbv.ro/
Instituția coordonatoare:	Universitatea Transilvania din Brașov
Director de proiect:	Conf. univ. dr. ing. Stanciu Mariana Domnica
Partener 1 proiect (P1):	Institutul National De Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Tehnica-IFT Iasi
Partener 2 proiect (P2):	Gliga Instrumente Muzicale SA

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie să includă explicații care să justifice diferențele (dacă există) dintre activitățile preconizate și cele realizate.

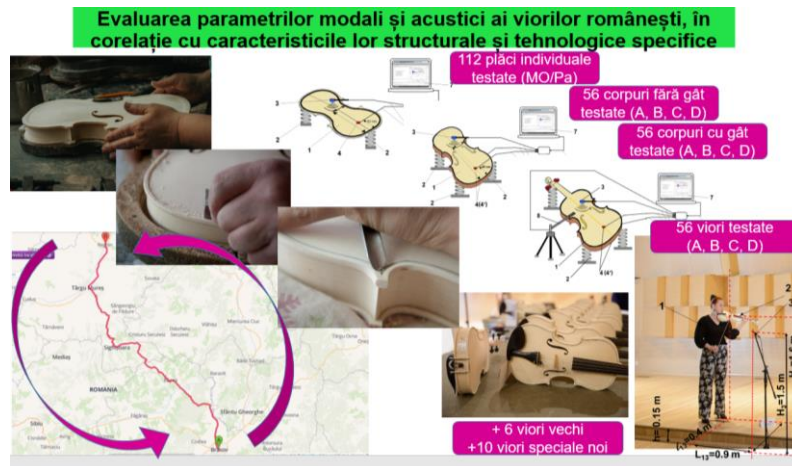
Scopul proiectului „Modele inovative de viori comparabile acustic și estetic cu viorile de patrimoniu - MINOVIS” a constat în obținerea unor modele demonstrative de viori cu parametrii geometrici și structurali modificați față de modelele existente, în vederea creșterii calității și intențității acustice a viorilor la un nivel comparabil cu viorile de patrimoniu. Obiectivul transversal al proiectului a constat în promovarea și susținerea meșteșugului fabricanților de vioară, demonstrând prin mijloace și tehnici moderne, know-how-ul vechii vioare cu privire la alegerea materiei prime - lemnul - pentru viori, necesitatea uscării ei timp de câțiva ani și prelucrarea acestuia până la obținerea aceluși ton specific al instrumentului muzical pe care interpretul l-a valorificat în activitățile sale culturale.

Obiectivele proiectului au fost:

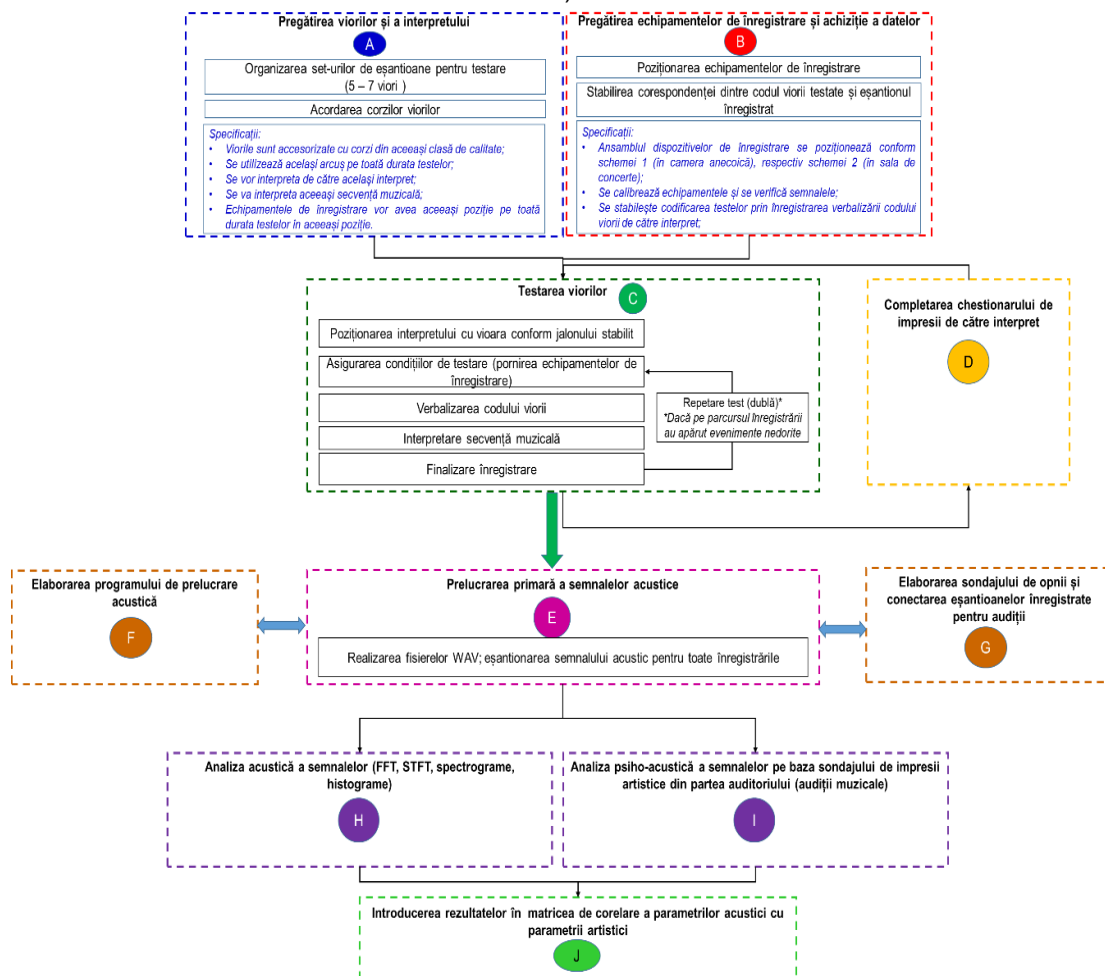
O1. Evaluarea parametrilor modali și acustici ai viorilor românești, în corelație cu caracteristicile lor structurale și tehnologice specifice (100% gradul de îndeplinire a obiectivului)

Obiectivul 1 a fost atins în procent de 100%, fiind evaluate dinamic și acustic atât cele 64 de viori demonstrative, pe parcursul etapelor tehnologice (de la placă – vioara ca produs finit) cât și cele istorice/de patrimoniu (Stainer 1716, Leeb 1742, Klotz 1747, Copia Stainer, Babos 1920, Fără marcă). Parametrii dinamici și modali au fost determinați prin metoda ciocanului de impact și prelucrarea semnalelor achiziționate, în timp și în frecvență. Parametrii acustici au fost evaluați prin înregistrarea semnalelor generate cu arcușul prin interpretarea unor secvențe muzicale de către un violonist experimentat, atât în camera anecoică (in vitro) cât și în sala de concerte a Filarmonicii Brașov (în vivo). S-au elaborate două tipuri de metode experimentale – una prin care au fost investigate caracteristicile structurale – dinamice ale viorilor luate în studiu, iar cealaltă prin care sunt înregistrate semnalele acustice produse prin excitarea viorilor de către violinistul cu experiență. *Metoda de testare folosită pentru analiza dinamică* a constat în determinarea răspunsului în frecvență al viorilor vechi în comparație cu viorile noi. Excitația structurală a constat în lovirea corpului viorii cu ciocanul de impact.

Metoda de testare pentru analiza acustică a constat în înregistrarea semnalelor acustice emise în urma excitării corzilor în trei variante: corzile libere cu arcușul (Sol (196 Hz), Re (293.7 Hz), La (440 Hz), Mi (659.3 Hz)); corzilor libere în stil Pizzicato constând în ciupirea corzilor; secvența muzicală formată dintr-un fragment din Max Bruch – Concertul nr.1 în sol minor op. 26, PI (prima Cadență a vioii soliste) și un fragment din Jules Massenet – Méditation pentru vioară și orchestra din Opera Thaïs. Toate cele trei părți au fost executate cursiv pe fiecare vioară în parte. Astfel, au fost realizate peste 60 de înregistrări. Principiul metodelor experimentale și etapele realizate pentru atingerea acestui obiectiv sunt sintetizate în Fig. 1a și b.



a)



b)

Fig. 1 Etapele atingerii obiectivului 1: a) ciclul de măsurători pentru determinarea parametrilor modali; b) schema de principiu a determinării parametrilor acustici

Caracteristicile structurale, elastice și tehnologice specifice au fost investigate prin metode moderne:

- analiza cu sistemul cu sistemul WinDENDRO pentru determinarea caracteristicilor macroscopice ale lemnului din structura plăcilor de vioară; crossdatarea seriilor de inele rezultate, adoptându-se un prag de 0.60 pentru Gleichläufigkeit correlation coefficient (Pilcher 1990). Astfel, au fost măsurate un număr total de 2641 inele pentru față și 970 de inele pentru dos. Lungimea de undă a fibrei crețe a fost măsurată pe două direcții, una pentru fiecare din jumătățile dosului, paralele cu curba de contur a plăcii. Au fost efectuate un număr total de 855 de măsurători asupra lungimii de undă a fibrei crețe (Fig. 2a,b).
- Determinarea formei și geometriei viorilor actuale (noi) și istorice, pe baza radiografiei cu raze X în Laboratorul de Radiologie și Imagistică Medicală, Facultatea de Medicină Veterinară din Cluj-Napoca. Expunerile la raze X au fost făcute utilizând un dispozitiv radiografic fix TEMCO Grx-01 (K&S Röntgenwerk Bochum GmbH&Co KG –Germania). Expunerile au fost făcute dorsovertral, câmpul vizual fiind setat să acopere corpul viorii. Parametrii utilizați pentru obținerea imaginilor au fost de 50-56 kV și 13-20 mAs. Imaginile au fost achiziționate cu ajutorul unui detector cu ecran plat DR Reyance Xmaru 1717SGC / SCC (Reyance Inc., Coreea) și software de achiziție Xmaru VetView (Reyance Inc., Coreea) (Fig. 2c)
- Analiza la computer tomograf a elementelor constructive, grosimi și arcuiri ale plăcilor din construcția viorilor vechi (Fig. 2d). Examenle CT au fost efectuate tot în Laboratorul de Radiologie și Imagistică Medicală, Facultatea de Medicină Veterinară din Cluj-Napoca, pe un dispozitiv Siemens Somatom Scope (Siemens, Germany) cu dispozitiv helicoidal CT cu 16 Slice. Scanările au fost efectuate folosind un nucleu de reconstrucție osoasă. Achiziția de imagini a fost făcută la 2 mm/felie și reconstrucția a fost efectuată la 0.75 mm/felie. Pentru fiecare vioară au fost efectuate două scanări axiale, una pentru corpul viorii și a doua pentru gâtul viorii. Parametrii de scanare au fost: Lățimea nominală de colimare totală: 9.6 mm, Factorul de pas: raportul 0.8, KVP: 130 kV, Curentul tubului de raze X: 96 mA, Expunere: 120 mA, Timp de expunere pe rotație: 1s, Matrice 512x512. Imaginile atât pentru radiografie cât și pentru scanare CT au fost achiziționate în format DICOM, citirea și postprocesarea fișierelor DICOM s-au efectuat utilizând software-ul 3DNET PACS și vizualizatorul Horos DICOM.
- Analiza cu ultrasunete pentru determinarea parametrilor elastici și acustici ai lemnului s-a realizat cu un echipament de ultrasunete. Senzorii de ultrasunete au fost conectați la un echipament de recepție a impulsurilor 5073PR Pulse Receiver–Panametrics, iar vizualizarea semnalului și măsurarea timpului de propagare au fost efectuate cu osciloscopul digital Le Croy Wave Runner 64Xi cu o frecvență de eșantionare de 10GS/s (Fig. 2e,f). Ulterior, pe baza relațiilor de calcul și a valorilor vitezelor de propagare a sunetelor determinate au fost calculați modulii de elasticitate pe cele trei direcții principale ale lemnului și coeficienții lui Poisson (realizate de partenerul P1).
- tehnologia de fabricație valorifică atât experiența dobândită apriori și aposteriori de către lutieri – la nivel local și internațional, cât și cercetările din proiectul actual. În Tabelul 1 este prezentată tehnologia fabricării unei viorii de către partenerul economic P2.

Rezultatele cuantificabile obținute în cadrul acestui obiectiv (O1) au fost:

- 60 modele demonstrative (viori)** cu plăci superioare și posterioare diferite ca grosime
- 2 Set-uri de date** (spectru de frecvențe, factori de amortizare) pentru viorile demonstrative și de patrimoniu;
- 2 Programe personalizate** dezvoltate în MatLab pentru testarea viorii;
- 1 Raport de analiză comparativă** a viorilor demonstrative cu cele de patrimoniu;
- 1 Studiu comparativ** între modelele demonstrative și cele de patrimoniu cu privire la caracteristicile acustice.
- Raportul științific și tehnic al fazei I și II**
- 9 participări la conferințe internaționale;**
- 4 articole ISI** (Materials FI=3.623; Forests FI=2.634; Remote Sensing FI=4.848; Applied Sciences FI=2.679), capitole din teza de doctorat,
- 3 premii naționale**

- **1 lucrare de disertație**
- Actualizarea **site-ului proiectului**: <http://minovis.unitbv.ro/>
- **2 workshop-uri**: Workshop-ul 1/2021, online, în data de 09.04.2021 și workshop-ul 2/2021, hybrid, 15.10.2021.

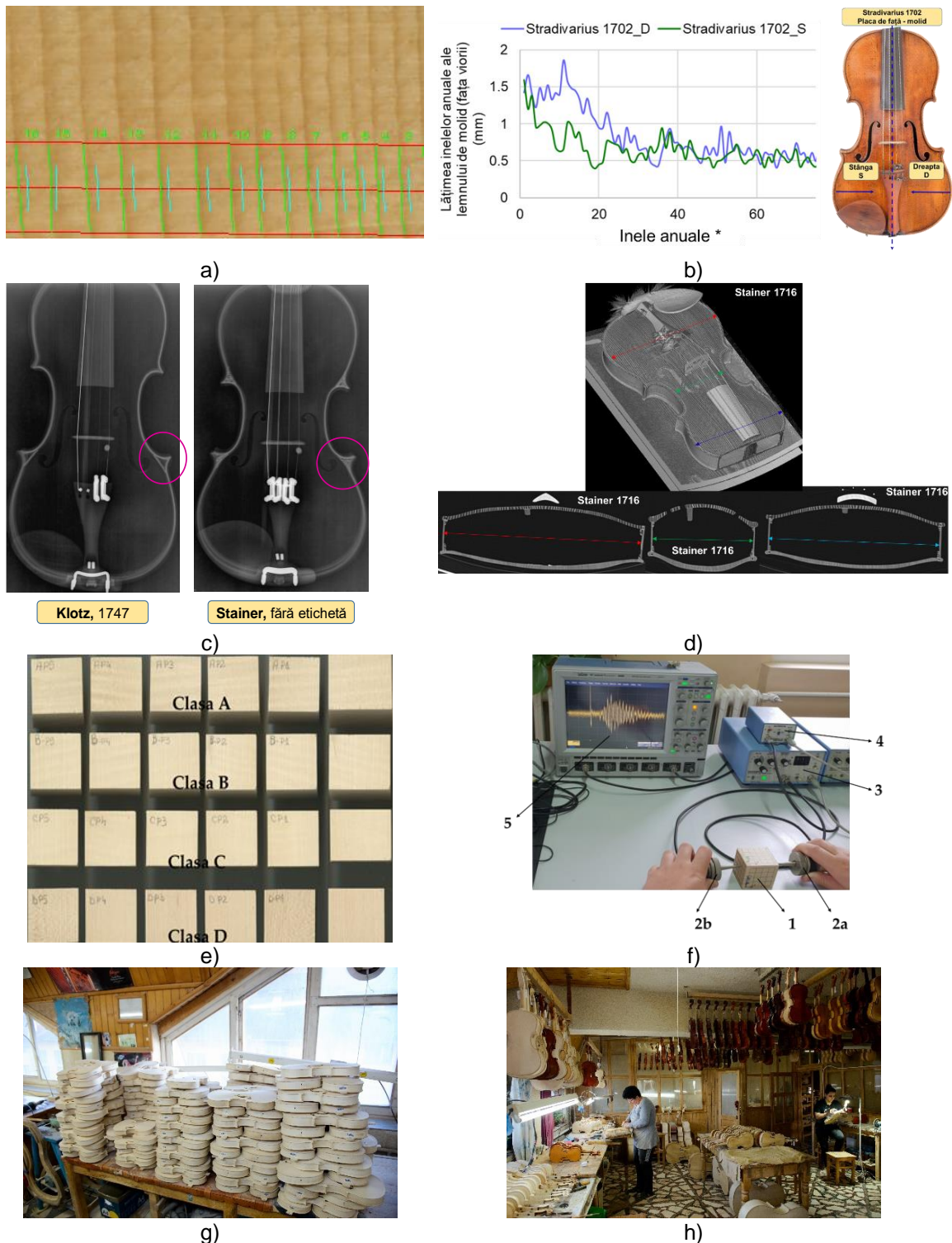


Fig. 2. Determinarea parametrilor structurali ai lemnului și tehnologici: a) modul de măsurare a lățimii inelelor anuale cu soft-ul WinDendro; b) crossdatarea inelelor anuale la vioara Stradivarius 1702; c) analiza cu raze X; d) analiza la computer tomograf a violilor; e) eșantion probe din lemn de paltin pentru analiza cu ultrasunete; f) măsurarea impulsurilor cu ultrasunete; g) set de viori aflate pe fluxul tehnologic; h) secvență operație tehnologică

Tabelul 1. Tehnologia fabricării unei viori

PRELUCRARE SEMIFABRICATE			
Plăci față/spate (molid/palatin)	Eclise/contraeclise (palatin)	Gât (pălin)	Alte elemente constructive și accesorii
<ul style="list-style-type: none"> - Spintecare semifabricate-pereche - Îndreptare față și cant - Încleiere și presare - Însemnare contur după șablon și decupare contur - Îndreptare - Frezare grosime contur - Frezare prin copiere la exterior - Frezare prin copiere la interior - Prelucrare manuală suprafețe - Însemnare zone acustice și realizarea profilului de grosime - Însemnare și decupare f-uri - Debitare și aplicare bară de rezonanță - Teșire cant și șlefuire bară de rezonanță 	<ul style="list-style-type: none"> - Îndreptare față și cant - Debitare în lamele - Calibrare - Umezire (sau tratare termică) - Curbare - Împerechere elemente eclisă - Confecționare butuci și colțare - Asamblare - Calibrare - Frezare - Șlefuire contraeclise la exterior 	<ul style="list-style-type: none"> - Îndreptare față și cant - Frezare prin copiere - Găurire pentru chei - Sculptare melc - Șlefuire melc - Teșire cant - Șlefuire - Fixare provizorie limbă și prăguș superior - Prelucrare butuc gât - Prelucrare mâner gât - Șlefuire 	<ul style="list-style-type: none"> Limba (abanos) - Confecționare semifabricat - Debitare la lățime, grosime și lungime - Frezare interior-exterior - Șlefuire Prăgușe (abanos) - Debitare baghete la lățime și grosime - Frezare muchii - Secționare la lungime Butonul din spatele viorii (abanos) - Confecționare semifabricat - Debitare la lungime, lățime și grosime - Strunjire - Șlefuire+lustruire Cheile (abanos) - Strunjire - Șlefuire+lustruire Cordarul (abanos) - Secționare (multiplu în plăci) - Însemnare contur - Decupare - Îndreptare cant, capete - Șlefuire - Dăltuire locaș pentru legătură cordar - Frezare locaș pentru prăgușul cordarului - Încleiere prăguș pe cordar - Găurire - Tăiere locașuri corzi - Șlefuire+lustruire Căluș (palatin) - Prelucrare la grosime prin șlefuire (multiplu, în plăci) - Însemnare contur - Decupare - Șlefuire Popicul (palatin) - Debitare baghete - Strunjire - Șlefuire - Secționare la lungime - Prelucrare înclinație la capete Bărbia (abanos) - Însemnare contur - Decupare - Modelare profil prin șlefuire - Lăcuire+lustruire - Aplicare tălpi din plută - Aplicare montură picioare metalice
↓			
ASAMBLAREA CORPULUI VIORII			
<ul style="list-style-type: none"> - Încleiere față+spate+eclise - Rotunjire cant prin frezare - Corectare colțuri și adâncime contur - Găurire pentru buton - Frezare locaș fileu, corectare locaș și aplicare fileu - Șlefuire 			
↓			
ASAMBLARE CORP/GÂT			
<ul style="list-style-type: none"> - Scobire locaș gât - Păsuire și încleiere gât în corp - Modelare talon - Umezire și șlefuire 			
↓			
FINISARE			
<ul style="list-style-type: none"> - Băițuire - Lăcuire - Uscare și șlefuire între straturi - Aplicare strat final (lac incolor) 			
↓			
MONTAJUL FINAL			
<ul style="list-style-type: none"> - Păsuire și aplicare limbă - Montaj buton - Alezare găuri chei - Montaj chei - Montaj cordar - Montaj fix-uri - Montaj corzi - Montaj căluș - Montaj bărbie - Ajustare și montaj popic 			

O2. Analiza modală experimentală a modelelor demonstrative de viori cu caracteristici structurale și geometrice diferite (100% gradul de îndeplinire a obiectivului)

În urma cercetărilor științifice au rezultat semnalele primare ce au fost prelucrate pentru analiza în timp și frecvență obținându-se atât graficele de amortizare în timp a semnalului cât și analizele în frecvență a acestora. Pentru fiecare vioară s-au extras valorile proprii specifice viorilor (primele cinci valori, considerate în literatura de specialitate signature mode sau "timbrul specific") și frecvența dominantă, acestea fiind ulterior analizate comparativ. În Fig. 3 sunt prezentate selectiv tipurile de grafice rezultate în urma prelucrării semnalelor. Fiecare figură conține câte șase grafice: cele aflate în partea superioară reprezintă analiza în timp pentru placa de față, placa de spate la care semnalele au fost preluate cu accelerometre și pentru presiunea aerului din coprul de vioară care a fost măsurată cu ajutorul microfonului plasat în apropierea orificiilor acustice. În partea inferioară a figurii sunt reprezentate

spectrele de frecvență obținute prin analiza în frecvență a semnalelor, corespunzătoare plăcii de față (stânga), plăcii de spate (graficul din mijloc, jos) și aerul la ieșirea din cavitate (partea dreaptă).

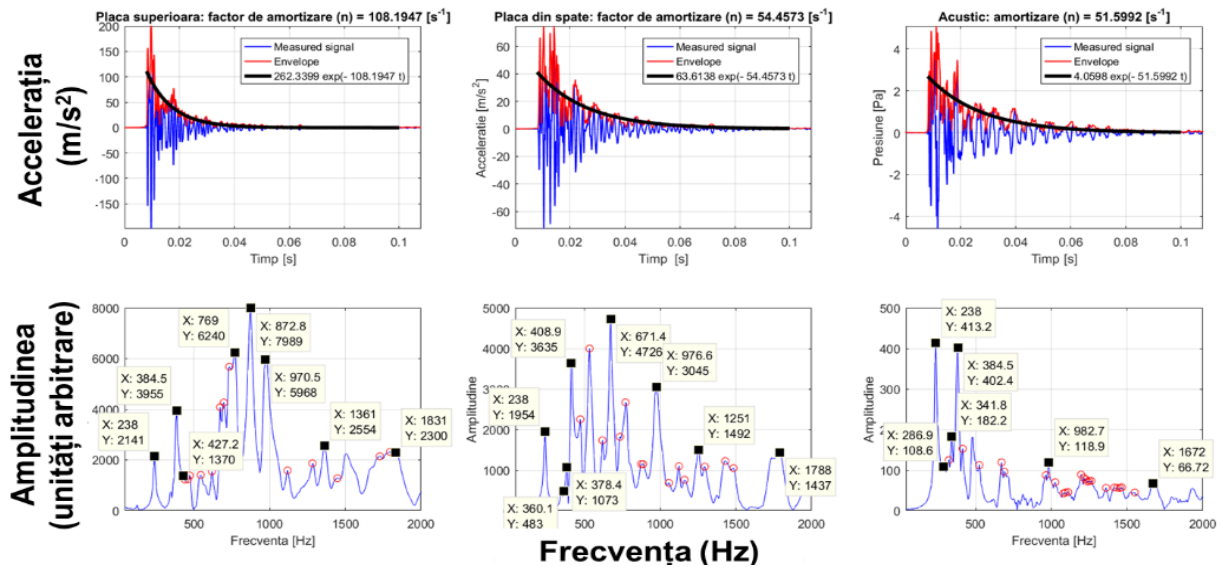


Fig. 3. Analiza în timp și în frecvență a semnalelor înregistrate – placa față, placa spate, presiunea acustică a aerului din corpul de vioară, pentru diferite tipuri de corpuri de vioară

Pentru fiecare frecvență de rezonanță, s-a calculat factorul de calitate (Q). Cel mai mic factor de calitate se înregistrează pentru vioara Copia Stainer urmată de Stainer. Viorile Babos și Fără marcă prezintă un factor de calitate $Q=14-15$, valoare care a fost identificată și în literatura de specialitate pentru viorile noi. În studiile de specialitate, s-a identificat valoarea factorului de calitate de 20 pentru rezonanța principală a aerului, A0, în cazul viorilor vechi italiene. În comparație cu această valoare, în studiile din proiect, viorile Klotz 1747 și Gliga 2 au un factor Q de 21, iar viorile actuale AP4C1 și AM2C1 au un factor de calitate de 21-23, valori apropiate cu cele identificate la viorile istorice. Detalii privind seturile de date și parametrii obținuți sunt prezentate în rapoartele de activitate ale etapelor II și III.

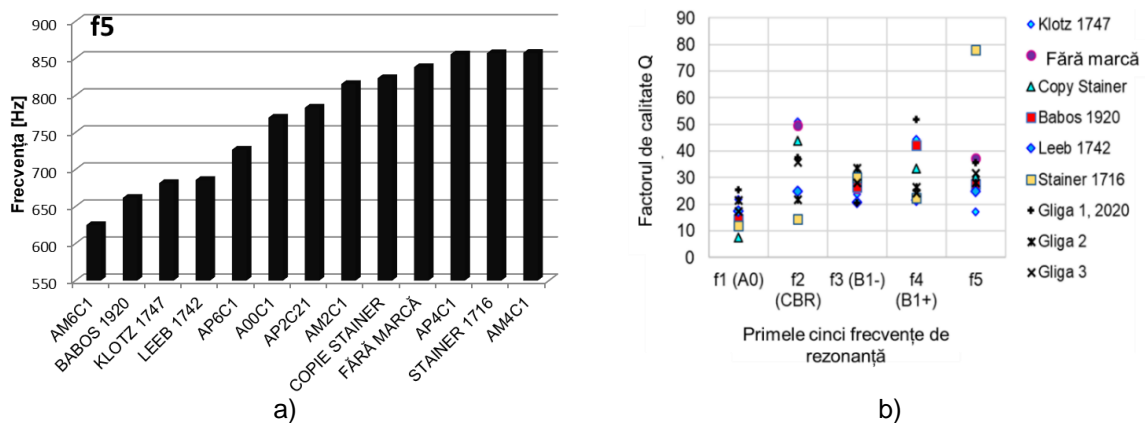


Fig. 4. Comparații între valorile parametrilor modali determinați pentru o parte din viorile testate: a) frecvența dominantă; b) factorul de calitate

Seturile de viori demonstrative au fost investigate și din punct de vedere al semnalelor acustice emise în timpul interpretării musicale. Viorile actuale nelăcuite, clasificate în cele patru clase de calitate A, B, C și D, au fost accesoriolate cu aceleași tipuri de corzi pentru ca semnalul acustic să nu fie influențat de calitatea diferitelor corzi. Viorile istorice, au fost menținute cu accesoriile pe care le aveau deja instalate pe ele. Pentru producerea sunetelor, s-a utilizat același arcus, pe toată durata experimentului. Fragmentele muzicale alese pentru testarea viorilor au constat din trei părți, durata totală a semnalelor emise fiind de aproximativ 1 minut. În prealabil, toate viorile au fost acordate și pregătite pentru

înregistrări. În prima parte a testului, au fost excitate corzile libere cu arcușul (Sol (196 Hz), Re (293.7 Hz), La (440 Hz), Mi (659.3 Hz)) (Fig. 5a); în a doua parte, s-au excitat corzilor libere în stil Pizzicato constând în ciupirea corzilor (Fig. 5b); în a treia parte, s-a interpretat un fragment din Max Bruch – Concertul nr.1 în sol minor op. 26, PI (prima Cadență a vioarei soliste) și un fragment din Jules Massenet – Méditation pentru vioară și orchestra din Opera Thaïs (Fig. 5c). Toate cele trei părți au fost executate cursiv pe fiecare vioară în parte. Astfel, au fost realizate peste 60 de înregistrări, atât în sala de concert (in vivi) (Fig. 5d) cât și în camera anecoică (Fig. 5e).

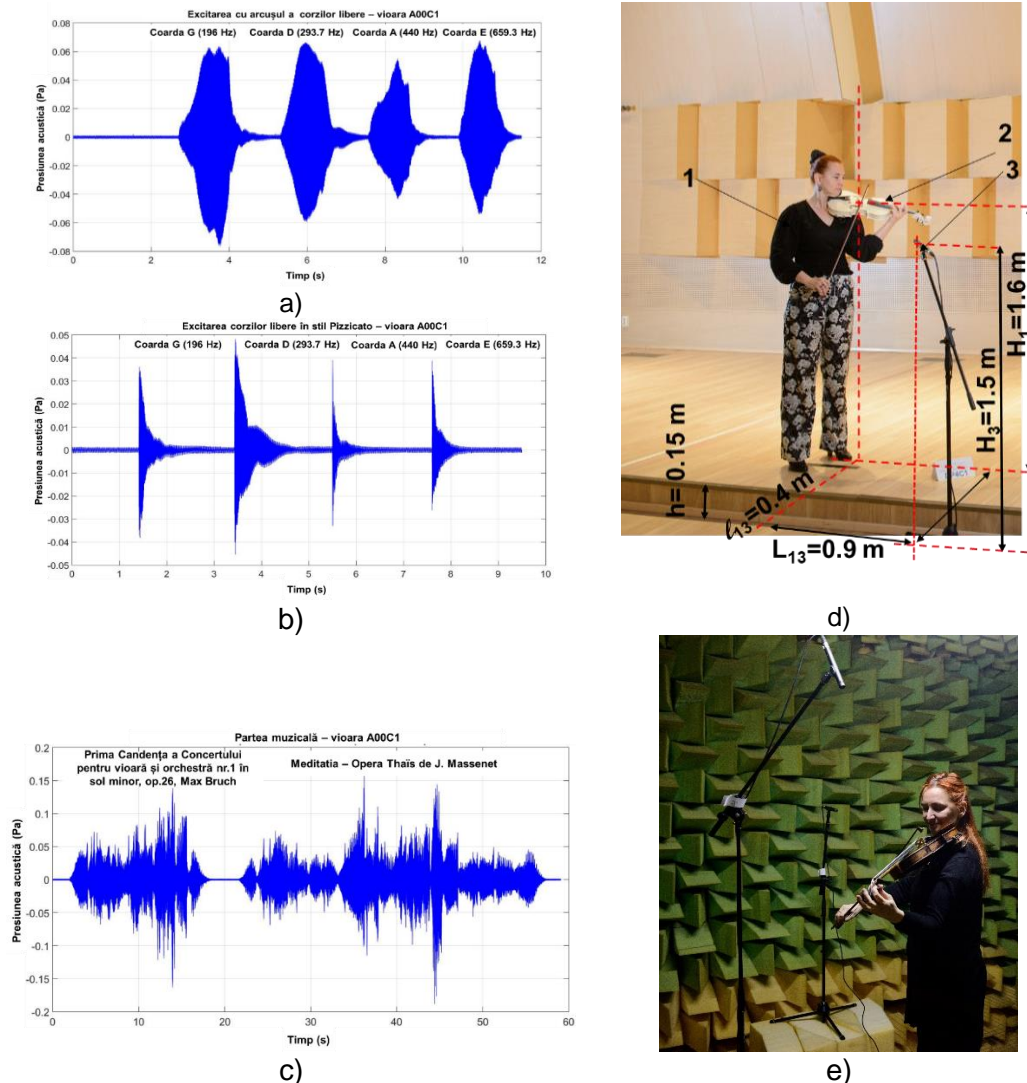


Fig. 5 Înregistrarea semnalelor acustice ale violinelor: a) semnalul corzilor libere excitate cu arcușul; b) semnalul corzilor ciupite în stil pizzicato; c) pasajele muzicale; d) poziționarea interpretului în sala de concert; e) înregistrarea în camera anecoică

Rezultatele cuantificabile obținute în cadrul obiectivului O2 au fost:

- **Protocol experimental cu instalația experimentală in vitro;**
- **Protocol experimental cu configurare experimentală in vivo;**
- **Set de date comparative** privind spectrul acustic al violinelor demonstrative și de patrimoniu, obținut prin înregistrare și procesare a semnalului;
- Set de modele scalabile electronic de tipuri de vioară cu detalii de subsansamblu
- **4 participări la conferințe internaționale**
- **3 articole (zona roșie și galbenă)**
- **Materiale pentru promovarea și vizibilitatea proiectului** (fotografii, album activități cercetare, film de prezentare (<https://drive.unitbv.ro/s/Ej6P6f569NfRSe7>)); **site actualizat**
- **2 workshop-uri**

O.3. Demonstrarea calității acustice a viorilor (modele inovatoare) în comparație cu viorile de istorice/patrimoniu (100% gradul de îndeplinire a obiectivului)

Pentru atingerea acestui obiectiv, s-au realizat două tipuri de activități: elaborarea chestionarelor de impresii artistice pe baza audierii muzicale a semnalelor înregistrate, transmiterea lor în rândul specialiștilor (resondenți), colectarea și prelucrarea statistică a răspunsurilor și corelarea acestora cu rezultatele prelucrării semnalelor acustice.

Chestionarele au fost elaborate pe o platformă tip <https://docs.google.com/forms/u/0/>, fiind structurate pe etape.

Chestionar etapa I (stabilire criteriilor acustice)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfVXB5dOIUC0ajVmUq5z5HHySPQUfxcuMO8M1XOSsH1PaklJA/viewform?usp=sf_link

Chestionar etapa II (evaluare viori)

Partea 1.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScyUUyuEYotsXgVSZM6LZOTix14tV0AAij29co0eRBXwQIRHQ/viewform?usp=sf_link

Partea 2.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScr_YMdM2EjmfVphSA2_gpVO8aFpBYv-WqLY-wBFuxaVvJshA/viewform?usp=sf_link

Astfel, fiecare etapă a inclus un număr de 12 – 14 audieri muzicale de maxim 1 minut fiecare, chestionarul fiind completat online de către respondenți. Pe lângă evaluarea acustică pe baza criteriilor menționate, au fost colectate informații legate de experiență, gen, vârstă, respectând Legea nr. 363 din 28 decembrie 2018 privind protecția persoanelor fizice referitor la prelucrarea datelor cu caracter personal. Chestionarele au fost transmise către violoniști, artiști instrumentiști de la filarmonice din țară, universități/facultăți de muzică (Brașov, Iași, Constanța, București, Cluj Napoca, Sibiu, Târgu Mureș), persoane private din domeniul muzical.

Clasamentul viorilor testate psiho-acustic este prezentat detaliat în Raportul de activitate (https://minovis.unitbv.ro/images/Raport_stiintific_si_tehnic_faza_III_SMD_16oct_2.pdf). În Fig. 6 este prezentat scorul global obținut de viorile analizate unde se observă că toate viorile au obținut un scor general peste medie, pe primele locuri clasându-se următoarele viori: DP4C2; CM2C2; AM2C2; BM4C2; CP4C2; CM4C2; AP6C1; DP2C2; BM2C2 (scor 19.00 – 20.00). Se constată că majorarea sau micorarea grosimii cu 0.2 – 0.6 mm poate duce la o îmbunătățire a acusticii viorilor, față de modelul de referință practicat în fabrică, varierea grosimii ținând cont de densitatea materialului și mai puțin de regularitatea structurii anatomice a lemnului. De precizat că în evaluarea psiho-acustică, respondenții un au vizualizat instrumentul, deci scorurile acordate se bazează pe impresia acustică produsă de acestea.

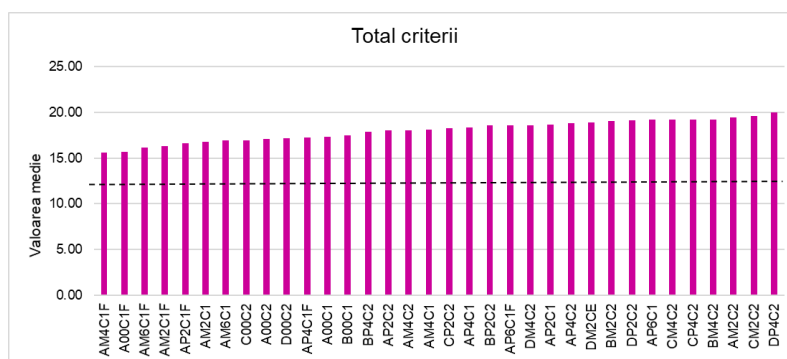


Fig. 6 Clasamentul viorilor analizate psiho-acustic

Rezultatele proiectului atestă calitatea acustică a viorilor demonstrative stratificate în funcție de preferințele respondenților experimentați, prin analizarea lor imediat după finalizarea proceselor tehnologice, mai puțin operația de lăcuire a viorilor. Considerăm că toate viorile inovative studiate în cadrul proiectului, au premisele unor calități acustice similare viorilor istorice/de patrimoniu, atât din punct de vedere constructiv, estetic cât mai ales acustic, utilizarea lor și factorul timp ducând la atingerea

completă a performanțelor acustice ale acestora, în funcție de clasa din care aparțin (Maestro, Profesional, Student, Școală).

Rezultatele cuantificabile obținute în cadrul obiectivului O3 au fost:

- **3 participări la conferințe internaționale**
- **2 articole (zona roșie și galbenă)**
- 2 modele de chestionare (pentru interpret; pentru auditoriu)
- 2 workshop-uri (atelier de lucru)
- Sondaje de opinie finalizate
- Raport privind impresiile artistice
- O propunere de brevet (Propunere nr. A06004/04.10.2022 STAND ȘI METODA DE TESTARE STATICĂ ȘI DINAMICĂ A VIORILOR, autori: Stanciu M.D., Gliga V.Gh., Mihalcița M., Cherdivar A., Nastac S., Campean M., Dinulica F.)
- Capitole teza de doctorat, teza de abilitare, lucrare disertație, carte "Dinamica Viorii" (coord. Stanciu M.D., Mihalcița M.) – Fig. 7.



Fig. 7 Coperta cărții elaborată pe compact-disc (CD)

2. Prezentarea și argumentarea nivelului de maturitate tehnologică (TRL) la finalul proiectului.

În urma implementării proiectului, se poate aprecia faptul că de la nivelul inițial TRL 1 și 2 s-a ajuns la nivelul de maturitate tehnologică TRL 4, parcurgând o etapă intermediară prin atingerea nivelului TRL3. Astfel, așa cum s-a prezentat în secțiunea 1 și în rapoartele de activitate ale fazelor 2 și 3, **nivelul de maturitate TRL3** a fost atins prin demonstrarea calității structurii, proprietăților acustice și elastice ale lemnului de rezonanță folosit în construcția viorilor și a tehnologiei aplicate de partenerul economic, prin determinarea set-urilor de parametrii modali, acustici, anatomici și constructivi atât pentru viorile istorice/de patrimoniu considerate ca termen de comparație, pentru viorile actuale ca modele de referință utilizate în fabrică cât și pentru viorile noi, inovative și demonstrative construite în cadrul proiectului.

Nivelul de maturitate TRL4 a fost atins prin integrarea modelelor conceptualizate, realizate și demonstrate în condiții obiective de laborator, din etapele 1 și 2, în sistemele mecanice și tehnologice funcționale, respectiv viorile ca produs finit, testate în condiții reale prin interpretarea pasajelor muzicale și înregistrarea acestora, în cadrul etapei 3. Evaluarea și validarea calității acustice a modelelor demonstrative s-a realizat de asemenea în condiții reale pe baza audițiilor muzicale transmise respondenților prin chestionarul de impresii artistice.

3. Gradul de atingere a rezultatelor estimate (prezentarea produsului/tehnologiei sau a serviciului rezultat al proiectului).

Rezultatele estimate au fost atinse în procent de 100%, și o parte dintre indicatori au fost depășiți. Cele mai importante rezultate cu relevanță în cercetarea aplicativă și de transfer tehnologic au fost:

- Modelele demonstrative analizate progresiv în succesiunea principalelor operații tehnologice, până la produsul finit;

- Set de modele scalabile electronice ale diferitelor tipuri de vioiri obținute prin metoda de analiză imagistică 3D;
- Set de proprietăți fizice, elastice și acustice ale lemnului de rezonanță (paltin și molid)
- Protocol și metodă experimentală pentru analiza acustică și psiho-acustică a vioierilor, aplicabilă în camera anecoică și în sala de concerte;
- Stand și metodă de testare statică și dinamică a vioierilor (Propunere de brevet A06004/04.10.2022)
- Chestionare de impresii artistice pentru interpreți/auditoriu bazate pe criteriile de calitate stabilite prin sondaj;
- Film de prezentare a activităților din proiect – pentru vizibilitatea și promovarea proiectului;
- Capitole în lucrări de disertație, teză de doctorat, teză de abilitare;
- Articole științifice în reviste recunoscute internațional
- Programe personalizate dezvoltate în MatLab pentru testarea vioirii

4. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.

Implementarea activităților din proiect și rezultatele obținute au avut un impact științific, socio-cultural, economic și tehnologic și educativ.

Rezultatele obținute au prezentat un **impact științific** important argumentat atât prin cele **9 publicații** în reviste de specialitate cu factor de impact (Materials FI=3.623/2021; Forests FI=2.634/2021; Remote Sensing FI=4.848/2021; Applied Sciences FI=2.679/2021; Experimental Mechanics FI=2.794/2022; Materials FI=3.75/2022; Thin-Walled Structures FI=5.881/2022; Applied Sciences FI=2.838/2022), cât și prin cele **16 lucrări științifice** prezentate la evenimente științifice din domeniul ingineresc și artistic (Conferința internațională "Contemporary challenges in artistic education", 11-13 november 2021, organizată de **Universitatea Națională de Arte „George Enescu” Iași**, The International Student Innovation and Scientific Research Exhibition "Cadet INOVA'21", **The "Nicolae Bălcescu" Land Forces Academy of Sibiu**, Sibiu, 15 - 17 April 2021, Medalia de argint Cadet Inova2021, https://www.youtube.com/watch?v=9opcf_AhKuc, THE 10th International Conference On Advanced Concepts in Mechanical Engineering, Iasi, Romania, 9 - 10 June 2022., **The 10th International Conference on Wave Mechanics and Vibrations (10th WMVC)**, Lisabona, Portugalia, 4–6 July 2022, **ModTech International Conference Modern Technologies in Industrial Engineering Mamaia, Romania** June 22rd-25th, 2022.

Impactul socio-cultural a fost atins prin atragerea în proiect a participării voluntare a 31 de artiști violoniști în calitate de respondenți în cadrul sondajelor de opinii elaborate. La sondajul de opinie au participat 31 de persoane (din România), majoritatea femei (64,5%) (Fig. 8a), categoria de vârstă predominantă fiind 18–24 ani, existând doar 3 persoane în afara intervalului 18–44 ani (Fig. 8b). Toți participanții au avut o experiență de minim 5 ani de cântat la vioară, categoria predominantă fiind cei cu peste 25 de ani de experiență (38,7%) (Fig. 8c).

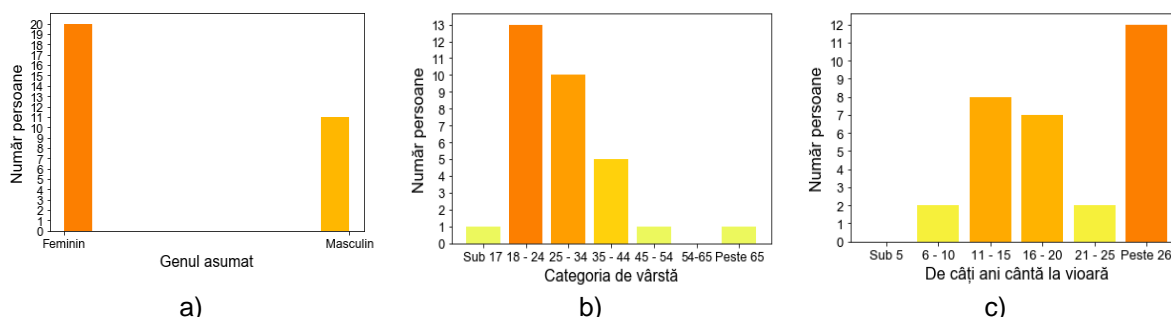


Fig. 8. Stratificarea categoriilor de respondenți participanți la studiu, în funcție de: a) genul asumat; b) categoria de vârstă; c) experiența

Impactul socio-cultural a fost atins și prin dezvoltarea colaborărilor cu Filarmonica Brașov, Facultatea de Medicină Veterinară din Cluj-Napoca USAMV, Universitatea Ovidius din Constanța, Universitatea Națională de Arte „George Enescu” Iași, Filarmonica George Enescu București.

Impactul economic și tehnologic s-a materializat prin transferul tehnologic și de cercetare către producătorii de vioi. Astfel, pe lângă partenerul economic P2, S.C. Gliga Instrumente Muzicale S.A, care și-a dezvoltat atât competențele de cercetare, dar și de inovare de produs, rezultatele din proiect au suscitât și interesul fabricii de instrumente muzicale S.C. Hora S.A Reghin de a colabora și a le testa după același protocol experimental vioile Hora, iar în viitor se preconizează și alte colaborări cu luterii din țară și străinătate.

Impactul educațional al proiectului a fost atins prin implicarea studenților de la programe de licență, master și doctorat în studiile realizate în cadrul proiectului, acestea finalizându-se cu 2 lucrări de disertație, o teză de doctorat, o teză de abilitare și participări la evenimentele științifice studențești din universitate și țară.

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului.

Rezultatele din proiect au fost diseminate și promovate în mediile științifice și culturale, atât sub forma de articole științifice, conferințe, workshop-uri, informări în presa locală și națională, toate având atașate informațiile și elementele de identificare vizuală a proiectului.

De asemenea, vizibilitatea și promovarea rezultatelor proiectului s-a realizat și prin organizarea unui **minisimpozion "Vibration and acoustics of musical instruments"**, în cadrul conferinței "The 10th international Conference on Wave Mechanics and Vibrations" 4 – 6 iulie 2022, Lisabona – Portugalia (chairmans: Stanciu M.D., Roșca I.C., Bucur V.) (<https://zdim29.wixsite.com/wmvc2022/submissions>), iar în cadrul revistei Applied Sciences, a fost deschis un număr special cu tematica: "**Mechanics, Dynamics and Acoustics of Musical Instruments**" https://www.mdpi.com/journal/applsci/special_issues/Mechanics_Dynamics_and_Acoustics_of_Musical_Instruments (Guest - Ed. Stanciu M.D., Mihalcica M., Bucur V.)

Exploatarea rezultatelor a generat direcții noi de cercetare, materializate prin propuneri de proiecte în competițiile naționale iar în viitor, în competițiile internaționale. Astfel, ca o continuitate firească a cercetărilor au fost propuse de către directorul de proiect următoarele proiecte, dintre care unul a fost câștigat pentru finanțare (PCE61/2022):

Titlu proiect câștigat: **Analiza calitativa, dinamică și acustică a sistemelor anizotrope cu interfețe modificate – ACADIA**, sursa de finanțare – cod proiect: UEFISCDI PN-III-P4-PCE-2021-0885, PCE 61/2022 Durata în ani / perioada: 3 ani (2022 – 2024) Link activ verificare: file:///C:/Users/Stanciu%20Mariana/Downloads/PCE%202021_Proiecte%20acceptate%20la%20finan%20ta re_ST_INGINERESTI%20(1).pdf

Titlu propunere de proiect: **Kit inovativ de amprentare acustică a instrumentelor muzicale cu corzi bazate pe modele digitizate ale instrumentelor muzicale de patrimoniu - KIATON**, (punctaj: 96.2) Sursa de finanțare – cod proiect: UEFISCDI PN-III-P2-2.1-PED2021-0792 Link activ verificare file:///C:/Users/Stanciu%20Mariana/Downloads/D6.pdf

Pe baza rezultatelor din proiectul PED568/2020 MINOVIS, o parte din testele ce se vor realiza în cadrul proiectului nou, va valorifica protocolul experimental, programele personalizate dezvoltate în MatLab pentru testarea vioii, chestionarele de impresii, iar set-urile de date noi obținute vor fi comparate cu cele raportate ca rezultate ale proiectului PED568/2020.

6. Prezentarea livrabilelor/indicatorilor obținuți la finalul proiectului comparativ cu cei propuși.

Nr. crt.	Livrabile/indicatori planificați	Nr.	Livrabile/indicatori realizați	Nr.
1	Modele demonstrative de viori cu parametri structurali diferiți și geometrie diferită (Min. 60 modele demonstrative (viori) cu plăci superioare și posterioare diferite ca grosime)	60	Modele demonstrative de viori cu parametri structurali diferiți și geometrie diferită (Min. 60 modele demonstrative (viori) cu plăci superioare și posterioare diferite ca grosime)	60
2	Set de date de caracterizare structurală a lemnului de rezonanță în funcție de clasa de calitate a viorilor	1	Set de date de caracterizare structurală a lemnului de rezonanță în funcție de clasa de calitate a viorilor (molid)	2
			Set de date de caracterizare structurală a lemnului de rezonanță în funcție de clasa de calitate a viorilor (paltin)	
3	Set de date cu proprietăți mecanice ale lemnului de rezonanță (modul de elasticitate longitudinală, transversală, deformații specifice etc.	1	Set de date cu proprietăți mecanice ale lemnului de rezonanță (molid)	2
			Set de date cu proprietăți mecanice ale lemnului de rezonanță (paltin).	
4	Set de date cu parametri elastici și acustici (viteze de propagare longitudinale și transversale, modul de elasticitate în direcțiile principale)	1	Set de date cu parametri elastici și acustici (molid)	2
			Set de date cu parametri elastici și acustici (paltin)	
5	Set de date - moduri proprii și frecvențe proprii ale modelelor scalabile cu grosimi variabile	1	Set de date - moduri proprii și frecvențe proprii ale plăcilor individuale	5
			Set de date - moduri proprii și frecvențe proprii ale corpurilor de vioară fără gât	
			Set de date - moduri proprii și frecvențe proprii ale corpurilor de vioară cu gât	
			Set de date - moduri proprii și frecvențe proprii ale viorilor	
			Set de date - moduri proprii și frecvențe proprii ale viorilor istorice/de patrimoniu	
6	Set de modele scalabile electronic de tipuri de vioară cu detalii de subansamblu	1	Set de modele scalabile electronic de tipuri de vioară cu detalii de subansamblu	2
			Set de modele scalabile electronic de vioari istorice cu detalii de constructive	
7	min. 6 articole ISI cu factor de impact > 1.5	6	articole ISI cu factor de impact > 1.5	9
8	Site-ul proiectului	1	Site-ul proiectului	1
9	min. 6 participări la conferințe internaționale	6	participări la conferințe internaționale	16
10	Minim 6 ateliere de lucru (workshop-uri)	6	6 ateliere de lucru (workshop-uri)	6
11	Capitole teza de doctorat	1	Capitole teza de doctorat (1); Capitole teza de abilitare (1); Lucrări disertație (2)	4
12	3 rapoarte științifice-tehnice	3	3 rapoarte științifice-tehnice 1 raport final al proiectului	4
13	Programe personalizate dezvoltate în MatLab pentru testarea viorii;	2	Programe personalizate dezvoltate în MatLab pentru testarea viorii;	4
14	Raport de analiză comparativă a viorilor demonstrative cu cele de patrimoniu	1	Raport de analiză comparativă a viorilor demonstrative cu cele de patrimoniu	1
15	Studiu comparativ între modelele demonstrative și cele de patrimoniu cu privire la caracteristicile acustice	1	Studiu comparativ între modelele demonstrative și cele de patrimoniu cu privire la caracteristicile acustice	1
16	Protocol experimental cu instalația experimentală in vitro	2	Protocol experimental cu instalația experimentală in vitro	2
	Protocol experimental cu configurare experimentală in vivo		Protocol experimental cu configurare experimentală in vivo	
17	Set de date comparative privind spectrul acustic al viorilor demonstrative și de	1	Set de date comparative privind spectrul acustic al viorilor demonstrative și de	1

	patrimoniu, obținut prin înregistrare și procesare a semnalului		patrimoniu, obținut prin înregistrare și procesare a semnalului	
18	Modele de chestionare (pentru interpreți; pentru auditoriu)	2	Modele de chestionare (pentru interpreți; pentru auditoriu)	2
19	Modele inovatoare de viori în fiecare categorie (maestro, profesional, student, școală)	56	Modele inovatoare de viori în fiecare categorie (maestro, profesional, student, școală)	56
20	Sondaje de opinie finalizate	2	Sondaje de opinie finalizate	2
21	Materiale pentru promovarea și vizibilitatea proiectului	NA	Materiale pentru promovarea și vizibilitatea proiectului	
22	O propunere de brevet	1	Propunere de brevet	1

În concluzie, implementarea proiectului într-o manieră interdisciplinară și comprehensivă a dus la obținerea cu succes a rezultatelor propuse, la depășirea acestora și consolidarea echipei de cercetare. Toți membrii echipei s-au implicat activ în desfășurarea tuturor activităților.

Punctele tari ale rezultatelor proiectului sunt:

- Creșterea nivelului de vizibilitate în mediul științific prin cele **9 publicații** în reviste de specialitate;
- Participarea la evenimente științifice naționale și internaționale, cu cele 16 lucrări, inclusiv organizarea unui **minisimpozion "Vibration and acoustics of musical instruments"**, în cadrul conferinței "The 10th international Conference on Wave Mechanics and Vibrations" 4 – 6 iulie 2022, Lisabona - Portugalia;
- Elaborarea și testarea cu succes a protocoalelor experimentale în camera anecoică și în sala de concerte;
- Elaborarea unor programe pentru prelucrarea acustică și statistică a semnalelor acustice;
- Elaborarea și testarea chestionarelor de impresii artistice, chestionare ce pot fi valorificate și în alte audiții muzicale;
- Stand și metodă de testare statică și dinamică a viorilor (propunere de brevet);
- Carte "Dinamica Viorii" (Stanciu M.D. & all, 2022, Ed. Univ. Transilvania din Brasov).
- Film de prezentare activități proiect (<https://drive.unitbv.ro/s/Ej6P6f569NfRSe7>)



Analiza la computer tomograf a viorilor în Laboratorul de Radiologie și Imagistică Medicală, Facultatea de Medicină Veterinară din Cluj-Napoca



Workshop nr. 2/2021, în sistem hibrid;



Workshop 2/2022



Viori pentru înregistrările din sala de concerte



Echipe din timpul înregistrărilor în sala de concerte



Pregătirea violinelor în antecamera incintei anecoice



Notă:

Pe lângă cele menționate mai sus, raportul final trebuie să conțină și o prezentare succintă (2-3 paragrafe) a rezultatelor obținute în cadrul proiectului, rezultate ce urmează a fi diseminate de Autoritatea Contractantă în materiale de promovare a rezultatelor obținute în cadrul programelor de finanțare. Menționăm că acest text trebuie să fie pe înțelesul publicului.

Prezentarea trebuie să fie însoțită de 2-4 poze reprezentative pentru proiect (format JPG).

Acestea trebuie să se regăsească și pe pagina web a proiectului.

Director de proiect
Conf. univ. dr. ing. Mariana Domnica

Data: 21.10.2022