

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ „GHEORGHE ASACHI”
DIN IAȘI**



CERCETĂRI PRIVIND ANALIZA COMPORTĂRII TRICOTURILOR LA VIBRAȚII

Ing. Cristina G. PAVEL (GROSU)

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. habil. ing. Mirela BLAGA

IAȘI, 2026

CERCETĂRI PRIVIND ANALIZA COMPORTĂRII TRICOTURILOR LA VIBRAȚII

Ing. Cristina G. Pavel (Grosu)
domeniul Inginerie Industrială

Președinte comisie doctorat:
Conducător de doctorat:
Referenți oficiali:

Conf. dr. ing. Savin-Dorin IONESI
Prof. univ. dr. habil. ing. Mirela BLAGA
Prof. univ. dr. habil. ing. Cristina MOHORA
CS I dr. ing. Alexandra-Gabriela ENE
Prof. univ. dr. habil. ing. Mihăiță HORODINCĂ

Comisia de îndrumare și
integritate academică:

Prof. univ. dr. habil. ing. Rodica HARPA
Prof. univ. dr. habil. ing. Daniela FĂRÎMĂ
S.I. dr. ing. Mihai PENCIUC
CS I dr. ing. Alina POPESCU

CUPRINS

CAPITOLUL 1.....	4
EXPUNEREA PROFESIONALĂ LA VIBRAȚII MECANICE	4
1.1. Mișcări vibratorii.....	4
1.2. Efectele expunerii organismului la vibrații	4
1.3. Managementul riscurilor asociate vibrației	4
1.4. Concluzii	5
CAPITOLUL 2	5
PRODUSE ȘI MATERIALE EXISTENTE CU ROL DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA VIBRAȚIILOR ...	5
2.1. Produse netextile destinate protecției împotriva vibrațiilor.....	5
2.2. Materiale convenționale utilizate pentru atenuarea vibrațiilor.....	5
2.3. Produse textile cu rol de atenuare a efectelor vibrațiilor.....	5
2.4. Concluzii	5
CAPITOLUL 3.....	6
STADIUL ACTUAL PRIVIND TRICOTURILE UTILIZATE ÎN MEDIU DE VIBRAȚII	6
3.1. Grupe de tricoturi utilizate în vibrații.....	6
3.2. Stadiul actual al tricoturilor utilizate în vibrații	6
3.3. Concluzii	7
CAPITOLUL 4.....	8
PROIECTAREA TRICOTURILOR SANDWICH DESTINATE PROTECȚIEI ÎMPOTRIVA VIBRAȚIILOR	9
4.1. Caracterizarea materiilor prime utilizate	9
4.2. Metodologia de realizare și tehnologia implicată.....	9
4.3. Variante experimentale de structuri tricotate	10
4.4. Caracterizarea materialelor tricotate	13
4.4.1. Proprietățile tricoturilor nefinisate	13
4.4.2. Proprietățile tricoturilor finisate	13
4.4.3. Rezultate și discuții	13
4.5. Concluzii	15
CAPITOLUL 5.....	16
CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA TRICOTURILOR LA EXCITAȚIE DE TIP IMPULS (RĂSPUNS LIBER)	16
5.1. Aspecte teoretice	16
5.2. Metodologia cercetării	16
5.3. Cercetări preliminare privind comportarea tricoturilor la excitație de tip impuls.....	17

5.3.1. Rezultatele cercetării.....	17
5.3.2. Interpretarea rezultatelor obținute	17
5.4. Evaluarea comportării tricoturilor sandwich la excitație de tip impuls.....	18
5.4.1. Rezultatele experimentului planificat.....	18
5.4.2. Interpretarea rezultatelor obținute	20
5.5. Concluzii	22
CAPITOLUL 6.....	23
CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA TRICOTURILOR SANDWICH LA EXCITAȚIE FORȚATĂ	23
6.1. Evaluarea performanțelor de izolare anti-vibrațională pentru materiale și produse de tip EIP	23
6.1.1. Evaluarea mănușilor anti-vibrații – ISO 10819.....	23
6.1.2. Evaluarea materialelor reziliente – ISO 13753	23
6.2. Evaluarea comportării tricoturilor sandwich la excitație forțată cuasiarmonică	23
6.2.1. Aspecte teoretice	23
6.2.2. Metodologia cercetării.....	24
6.2.3. Rezultatele experimentului planificat.....	25
6.2.4. Interpretarea rezultatelor și validarea planului experimental	27
6.3. Evaluarea comportării tricoturilor sandwich la compresie gravitațională.....	30
6.3.1. Aspecte teoretice	30
6.3.2. Metodologia cercetării.....	30
6.3.3. Rezultatele experimentului planificat.....	30
6.3.4. Interpretarea rezultatelor	31
6.4. Concluzii	31
CAPITOLUL 7.....	32
APLICAȚII POTENȚIALE ALE TRICOTURILOR SANDWICH ÎN CONTROLUL VIBRAȚIILOR.	32
7.1. Aplicații de izolare anti-vibrațională.....	32
7.2. Aplicații de amplificare vibrațională.....	32
7.3. Concluzii	33
CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	33
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ.....	36

Introducere

Corpul uman este expus vibrațiilor în timpul activităților cotidiene, precum deplasarea cu mijloacele de transport, care produc efecte asupra organismului, precum oboseală, cefalee, tremor sau pierderea echilibrului. Pe lângă aceste surse uzuale, lucrătorii din anumite sectoare de activitate sunt expuși vibrațiilor agresive, generate de utilizarea echipamentelor vibrante, expunerea prelungită putând provoca afecțiuni musculo-scheletale, neurologice și circulatorii severe, uneori ireversibile. Se evidențiază astfel, necesitatea dezvoltării unor materiale capabile să asigure simultan performanțe anti-vibraționale și confort sporit.

Obiectivul general al tezei *“Cercetări privind analiza comportării tricoturilor la vibrații”* constă în producerea unor tricoturi sandwich, cu performanțe superioare de amortizare, pentru utilizarea ca materiale izolatoare. Pentru atingerea acestui obiectiv, au fost stabilite următoarele obiective specifice:

Obiectivul 1: Analiza fenomenului de vibrație în context profesional și a cadrului legislativ.

Obiectivul 2: Stadiul actual al materialelor și produselor utilizate în aplicații de izolare împotriva vibrațiilor.

Obiectivul 3: Investigarea influenței parametrilor tricoturilor asupra comportării la vibrații.

Obiectivul 4: Dezvoltarea unor tricoturi sandwich prin variația parametrilor structurali și tehnologici.

Obiectivul 5: Caracterizarea structurilor dezvoltate: structural, fizico-mecanic, proprietăți de confort.

Obiectivul 6: Analiza metodelor de evaluare a comportării materialelor textile în cadrul sistemelor vibratorii.

Obiectivul 7: Determinarea frecvențelor naturale și corelarea acestora cu parametrii structurali și tehnologici.

Obiectivul 8: Determinarea transmisibilității vibrațiilor, precum și a comportării la compresie, în vederea validării planului experimental, inclusiv evaluarea performanțelor în raport cu materialele izolatoare clasice.

Obiectivul 9: Identificarea domeniilor de aplicabilitate.

Structura tezei reflectă parcursul cercetării, de la analiza teoretică la dezvoltarea și evaluarea structurilor textile destinate protecției împotriva vibrațiilor.

Capitolul 1 „Expunerea profesională la vibrații mecanice” prezintă fenomenul vibrațiilor mecanice, efectele acestora asupra organismului și cadrul legislativ.

Capitolul 2 „Produse și materiale existente cu rol de protecție împotriva vibrațiilor” analizează materialele și produsele disponibile.

Capitolul 3 „Stadiul actual privind tricoturile utilizate în mediu de vibrații” tratează gradul de nouitate al tricoturilor utilizate în mediu de vibrații.

Capitolul 4 „Proiectarea tricoturilor sandwich destinate protecției împotriva vibrațiilor” abordează proiectarea și caracterizarea tricoturilor dezvoltate din punct de vedere structural, fizico-mecanic și al proprietăților de confort.

Capitolul 5 “Cercetări privind comportarea tricoturilor la excitație de tip impuls (răspuns liber)” este dedicat determinării frecvențelor naturale prin excitație de tip impuls.

Capitolul 6 „Cercetări privind comportarea tricoturilor sandwich la excitație forțată” analizează comportarea la excitație cuasiarmonică de tip sweepsine, prin determinarea transmisibilității, precum și a rezistenței la compresie gravitațională.

Capitolul 7 „Aplicații potențiale ale tricoturilor sandwich în controlul vibrațiilor”, evidențiază domenii de aplicabilitate ale structurilor dezvoltate.

Teza se încheie cu *concluzii generale, contribuții și direcții viitoare de cercetare.*

Rezultatele cercetării au fost valorificate prin publicarea a **9 articole științifice**: 4 în reviste ISI cu factor de impact, 1 în reviste non-BDI și 4 în volume ale manifestărilor științifice internaționale, cotate BDI, precum și prin participarea la **7 manifestări internaționale**, cu 6 prezentări orale și 1 poster.

CAPITOLUL 1.

EXPUNEREA PROFESIONALĂ LA VIBRAȚII MECANICE

Expunerea profesională la vibrații reprezintă un fenomen complex, cu impact direct asupra sănătății lucrătorilor, care presupune cunoașterea noțiunilor fundamentale ale mișcărilor vibratorii, necesare pentru analiza comportării materialelor destinate protecției împotriva efectelor nocive.

1.1. Mișcări vibratorii

1.1.1. Definiții și terminologie

Vibrația reprezintă o mișcare oscilatorie periodică a unui corp în jurul unei poziții de echilibru (Luintel, 2024). În funcție de mecanismul de generare, vibrațiile pot fi: libere (produse de un impact sau de o deplasare inițială) și forțate (produse de forțe exterioare).

Frecvențe naturale, specifice vibrațiilor libere, depind de masa, rigiditatea și amortizarea sistemului, fără a fi influențate de condițiile inițiale ale mișcării, în timp ce *frecvențele de excitație* sunt caracteristice vibrațiilor forțate, fiind generate de forțe perturbatoare independente de mișcarea sistemului (Rades, 2008), (Szeidl & Kiss, 2020). *Rezonanța* apare atunci când frecvența excitației este egală cu, sau apropiată de frecvența proprie, determinând creșterea amplitudinii vibrațiilor (Rades, 2008), (Rao, 2017). *Transmisibilitatea* (T) exprimă gradul de transmitere a vibrațiilor printr-un sistem izolator, iar *frecvența de trecere la $T = 1$* (f_c) reprezintă limita la care amplitudinea vibrației transmise devine egală cu cea a sursei (Rades, 2008), (Piersol & Paez, 2009).

1.1.2. Parametrii specifici vibrației mecanice

Vibrația este caracterizată prin *frecvență* și *amplitudine*. *Frecvența* (f) reprezintă numărul de mișcări repetitive efectuate într-o secundă [Hz], iar *amplitudinea* (A) reprezintă valoarea maximă atinsă de mărimea fizică ce definește magnitudinea vibrației (Mansfield, 2005).

1.2. Efectele expunerii organismului la vibrații

Prima mențiune privind expunerea profesională datează din 1839, fiind asociată utilizării uneltelor pneumatice de către minierii din Franța (Mansfield, 2005). În funcție de modul de transmitere, se disting următoarele categorii de vibrații.

1.2.1. Vibrația transmisă sistemului mână-braț apare prin contactul mâinii cu echipamente precum picamere sau drujbe. Expunerea determină apariția *sindromului vibrațiilor mână-braț*, manifestat prin tulburări de sensibilitate, modificări circulatorii, scăderea dexterității, dureri articulare și musculare (ASRO, 2003).

1.2.2. Vibrația transmisă piciorului prin contactul tălpii cu suprafețe vibrante, precum platformele industriale, poate declanșa sindromul “piciorului alb”, caracterizat prin modificări vasculare și neurologice (amorțeală, furnicături, dureri) (Goggins, Tarabini, Lievers, & Eger, 2019), (Goggins, et al., 2024).

1.2.3. Vibrația transmisă întregului corp apare în timpul operării utilajelor pe suprafețe neregulate, se transmite prin picioare, spate sau fese și se caracterizează prin afecțiuni ale aparatului locomotor (ASRO, 2010).

1.3. Managementul riscurilor asociate vibrației

1.3.1. Legislația în domeniul Securității și Sănătății în Muncă este stabilită la nivel european prin Directiva-cadru 89/391/CEE și Directiva specifică 2002/44/CE, acestea fiind transpuse în România, prin Legea nr. 319/2006 și prin HG nr. 1876/2005 (INCD "Alexandru Darabont", 2013).

1.3.2. Determinarea și evaluarea riscurilor expunerii la vibrații

Evaluarea riscurilor se face prin raportarea zilnică a *valorii-limită de expunere* și a *valorii de declanșare a acțiunii*.

1.3.3. Măsuri de protecție împotriva riscurilor asociate expunerii la vibrații

Măsurile de protecție presupun alegerea echipamentelor adecvate; utilizarea sistemelor auxiliare de amortizare; întreținerea corespunzătoare a echipamentelor; limitarea duratei și a intensității expunerii. EIP reprezintă o măsură complementară, aplicată atunci când riscurile nu pot fi eliminate sau reduse suficient prin aceste măsuri.

1.4. Concluzii

Capitolul sintetizează conceptele esențiale privind vibrațiile mecanice și impactul acestora asupra organismului:

- ✚ Vibrațiile mecanice sunt caracterizate prin frecvență și amplitudine; există vibrații libere și vibrații forțate.
- ✚ Expunerea profesională poate produce afecțiuni vasculare, neurologice și musculo-scheletale
- ✚ Evaluarea comportării materialelor reziliente este esențială, prin determinarea frecvențelor naturale, precum și a transmisibilității.

1.4.1. Contribuții personale

Contribuțiile personale reflectă abordarea fenomenului vibrațional în contextul activității profesionale, prin sintetizarea conceptelor privind vibrațiile și expunerea profesională, clasificarea efectelor asupra organismului, integrarea cadrului legislativ european și național în analiza riscurilor asociate expunerii.

CAPITOLUL 2

PRODUSE ȘI MATERIALE EXISTENTE CU ROL DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA VIBRAȚIILOR

2.1. Produse netextile destinate protecției împotriva vibrațiilor

Produsele existente pe piață sunt concepute pentru a limita transmiterea energiei mecanice către organism, fie la nivel local – în special în cazul vibrațiilor transmise sistemului mână-braț (mănuși sau mânere anti-vibrații), fie la nivelul întregului corp (centuri lombare sau covoare anti-vibraționale).

2.2. Materiale convenționale utilizate pentru atenuarea vibrațiilor

Eficiența produselor anti-vibraționale este determinată de caracteristicile materialelor utilizate în stratul cu rol de amortizare, produs preponderent din structuri netextile sau compozite cu proprietăți vâsco-elastice, precum spuma poliuretanică, gelurile polimerice, pernuțele umplute cu aer și materialele pe bază de cauciuc.

2.3. Produse textile cu rol de atenuare a efectelor vibrațiilor

În funcție de poziționarea în ansamblul produsului de protecție, materialul textil poate îndeplini rolul de: element de interfață cu sursa de vibrații, suport pentru materiale izolatoare sau strat de acoperire.

2.4. Concluzii

Capitolul prezintă soluții existente pentru atenuarea vibrațiilor, limitările acestora, precum și necesitatea investigării potențialului izolator al materialelor textile:

- ✚ EIP și dispozitivele auxiliare completează măsurile impuse pentru reducerea vibrațiilor mecanice.
- ✚ Produsele de protecție sunt concepute în funcție de modul de transmitere a vibrației.
- ✚ Stratul izolator este realizat preponderant din materiale vâsco-elastice.
- ✚ Materialele textile dețin în prezent un rol limitat.

2.4.1. Contribuții personale au implicat realizarea unei analize comparative a produselor și materialelor anti-vibraționale, clasificarea materialelor textile în funcție de rolul funcțional, evidențierea limitărilor soluțiilor convenționale și argumentarea necesității utilizării materialelor textile cu rol activ în controlul vibrațiilor.

CAPITOLUL 3

STADIUL ACTUAL PRIVIND TRICOTURILE UTILIZATE ÎN MEDIU DE VIBRAȚII

3.1. Grupe de tricoturi utilizate în vibrații

Tricoturile stratificate, cunoscute și sub denumirea de tricoturi sandwich, multi-strat sau 3D, reprezintă o clasă specială de structuri, fiind obținute din două straturi principale, conectate prin intermediul firelor de legătură sau prin alte straturi de tricot (figura 3.1).

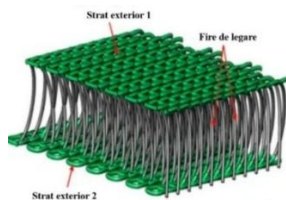


Figura 3.1. Elementele componente ale unui tricot sandwich (TexSuppliers, 2024)

a) **Structurile sandwich obținute pe mașini de tricotat din urzeală** se produc pe mașini Raschel cu două fonturi, fiind caracterizate de voluminozitate ridicată, permeabilitate crescută la aer și comportare favorabilă la compresie, ceea ce le recomandă pentru echipamente de protecție, elemente de amortizare, precum și în structuri compozite destinate reducerii vibrațiilor (Harrocks & Anand, 2000), (Sum, 2013).

b) **Structurile sandwich obținute pe mașini de tricotat din bătătură** se obțin frecvent pe mașini rectilinii cu două fonturi, cu posibilitatea de selectare individuală a acelor, în scopul depunerii buclelor în mod alternativ în cele două straturi pe ace alese. Aceste structuri prezintă capacitate ridicată de amortizare, reziliență bună la compresie și extensibilitate superioară celor din urzeală, fiind recomandate în special pentru echipamente individuale de protecție, precum mănuși anti-vibrații (Yan, Wang, & Yu, 2026).

3.2. Stadiul actual al tricoturilor utilizate în vibrații

Atât structurile din urzeală, cât și cele din bătătură, au demonstrat că performanțele anti-vibraționale pot fi modelate prin controlul parametrilor de proiectare (Grosu & Blaga, 2021 a), (Grosu & Blaga, 2021 b). Materia primă, grosimea tricotului și raportul firului de legare au cea mai mare influență asupra transmisibilității vibrațiilor, în timp ce caracteristicile firului de legare, influențează comportarea la compresie.

3.2.1. Materia primă: firele poliesterice filamentare sunt utilizate preponderent în tricoturile stratificate, atât în straturile exterioare, cât și în stratul de legare (Sum, 2013), (Liu & Hu, 2014), (Liu & Hu, 2015 b). În cazul structurilor sandwich din bătătură, introducerea elasthanului în straturile exterioare a condus la rezultate superioare de atenuare, mai ales atunci când firul a fost introdus prin intermediul unor dispozitive laterale de alimentare și nu tricotat simultan cu firele de suprafață (Yu, Sukigara, & Takeuchi, 2020 a), (Yu, Sukigara, & Masuda, 2020 b). De asemenea, *firele de poliamidă* și *poliamidă-elastan* contribuie la obținerea unor structuri cu rigiditate și elasticitate controlate, influențând frecvențele naturale și rigiditatea dinamică (Sum, 2013), (Chen F. , 2016).

3.2.2. Grosimea tricoturilor este unul dintre cei mai importanți parametri pentru comportarea anti-vibrațională. Literatura arată că, în general, creșterea grosimii conduce la scăderea transmisibilității și a frecvențelor naturale, deci la extinderea intervalului de izolare, atât pentru structurile din urzeală, cât și pentru cele din bătătură (Liu & Hu, 2011 b), (Liu & Hu, 2015 b), (Chen, Liu, & Hu, 2016), (Chen, et al., 2017 b), (Chen, et al., 2022). Cu toate acestea, o grosime prea mare poate afecta negativ funcționalitatea produsului prin reducerea dexterității și capacității de prindere (Yu & Sukigara, 2021). În plus, standardul SR EN ISO 10819 impune o grosime maximă de 8 mm pentru materialele reziliente destinate protecției sistemului mână-braț (ASRO, 2013).

3.2.3. Raportul firului de legare al straturilor influențează în mod direct rigiditatea și capacitatea de amortizare. Creșterea acestuia conduce la o cursă mai lungă a firului și la o compactitate superioară a structurii, prin umplerea spațiilor dintre straturi, îmbunătățind substanțial capacitatea de amortizare a vibrației, prin scăderea frecvențelor naturale și extinderea intervalului de izolare (Chen, et al., 2017 a), (Yu, Sukigara, & Masuda, 2020 b), (Chen, et al., 2022). Cu toate acestea, o densitate prea mare a monofilamentelor poate genera tensiuni interne ridicate și rigidizare excesivă, reducând capacitatea de disipare a energiei (Blaga, Seghedin, & Ciobanu, 2014). Prin urmare, acest parametru trebuie optimizat în raport cu arhitectura globală a structurii (Yan, Wang, & Yu, 2026).

3.2.4. Diametrul firului de legare al straturilor influențează stabilitatea structurală și rezistența la solicitări de compresie, creșterea acestuia contribuind la îmbunătățirea comportării la compresie, atât pentru tricoturile fără elastan, cât și pentru cele cu elastan (Liu & Hu, 2011 a), (Sum, 2013), (Liu & Hu, 2015 a).

3.2.5. Unghiul de înclinare al firului de legare se formează între suprafața plană a stratului exterior și poziția firului de legătură, valoarea maximă fiind de 90°, când firul realizează o legare în mod vertical a straturilor exterioare. Creșterea raportului de legare determină o înclinare mai accentuată a firului spațial, ceea ce conduce la scăderea unghiului față de planul straturilor exterioare.

La tricoturile din bătătură fără elastan, unghiul scade pe măsură ce raportul de legare crește, în timp ce la structurile cu elastan, efectul este opus, datorită tendinței de apropiere a șirurilor imediat după tricotare. Cu toate acestea, un raport prea mare va duce din nou la scăderea unghiului de înclinare, ca urmare a incapacității elastanului de a restabili o înclinație pronunțată a firului monofilamentar. Rezistența la compresie a tricoturilor din bătătură este direct influențată de valoarea unghiului de înclinare, cele mai bune performanțe fiind obținute pentru structuri cu unghiuri cât mai apropiate de 90°, asociate cu fire de legare mai groase și straturi exterioare cu compactitate crescută (Liu & Hu, 2011 a).

În cazul tricoturilor din urzeală, tendința este similară cu cea observată la tricoturile din bătătură fără conținut de elastan, unghiul de înclinare scăzând odată cu creșterea raportului de legare. Cele mai bune performanțe la compresie sunt obținute pentru tricoturile din urzeală cu unghiuri cât mai mari, apropiate de 90°, deci cu cele mai mici înclinări ale firului de legare față de poziția verticală (Liu & Hu, 2011 a), (Liu Y. , Hu, Zhao, & Long, 2011), (Liu Y. , Hu, Long, & Zhao, 2012), (Liu & Hu, 2014), (Zhang, Hu, Kiosev, & Liu, 2020).

3.2.6. Modul de dispunere al firului de legare poate fi perpendicular, în “V” și în “X”. Dispunerea perpendiculară conferă stabilitate redusă la compresie (Mokhtari, Shamshirsaz, Latifi, & Maroufi, 2010), aranjarea în “V” a firelor, distribuie mai uniform solicitările (Sum, 2013), în timp ce structura în “X” este considerată cea mai stabilă, deoarece îmbunătățește comportarea elastică și reduce transmisibilitatea (Chen, et al., 2017 a).

Integrarea tricoturilor sandwich în structuri compozite

O direcție recentă de cercetare vizează integrarea tricoturilor sandwich în structuri compozite, în scopul ajustării frecvențelor naturale și al îmbunătățirii amortizării. Studiile arată că aceste structuri pot influența controlat răspunsul dinamic al compozitelor, cu impact redus asupra masei, fiind promițătoare pentru mânuși anti-vibrații, scaune auto sau aplicații aerospațiale (Atar, Zarrebini, Hasani, & Rezaeepazhand, 2020), (Yu, Sukigara & Shirakihara, 2021), (Frydrysiak & Pawliczak, 2021), (Gębicki, Węglarski, Pawliczak, & Frydrysiak, 2022), (Yu, Sukigara & Masuda, 2023), (Frydrysiak & Pawliczak, 2024), (Yu, 2025), (Wang, Chen, Yu, Masuda, & Takeuchi, 2025), (Yan, Wang & Yu, 2026).

3.3. Concluzii

Cercetările privind materialele textile de protecție împotriva vibrațiilor sunt relativ reduse, de dată recentă și concentrate în jurul câtorva grupuri de cercetare, coordonate de Hu (China), Blaga (România), Yu (Japonia) și

Frydrysiak (Polonia), începând cu anul 2011. Principalii parametri tehnologici și structurali care influențează comportarea la vibrații sunt: natura materiei prime, grosimea tricotului, diametrul firului de legare, raportul firului de legare, unghiul de înclinare și modul de dispunere al firului de legare, influențând în mod direct frecvențele naturale, transmisibilitatea și comportarea la compresie, ceea ce justifică fundamentarea unui plan experimental dedicat proiectării unor structuri cu performanțe anti-vibraționale controlabile.

3.3.1. Contribuții personale

Contribuțiile personale aferente acestui capitol sunt următoarele:

- analiza comparativă a tehnologiilor de tricotare și evidențierea diferențelor structurale ale tricoturilor sandwich;
- identificarea principalilor parametri cu influență asupra răspunsului vibrațional;
- elaborarea unei sinteze a principalelor grupuri de cercetare și a direcțiilor abordate;
- evidențierea aprofundării studiului privind relația structură-proprietăți-comportare la vibrații;
- fundamentarea teoretică a cercetărilor experimentale ulterioare.

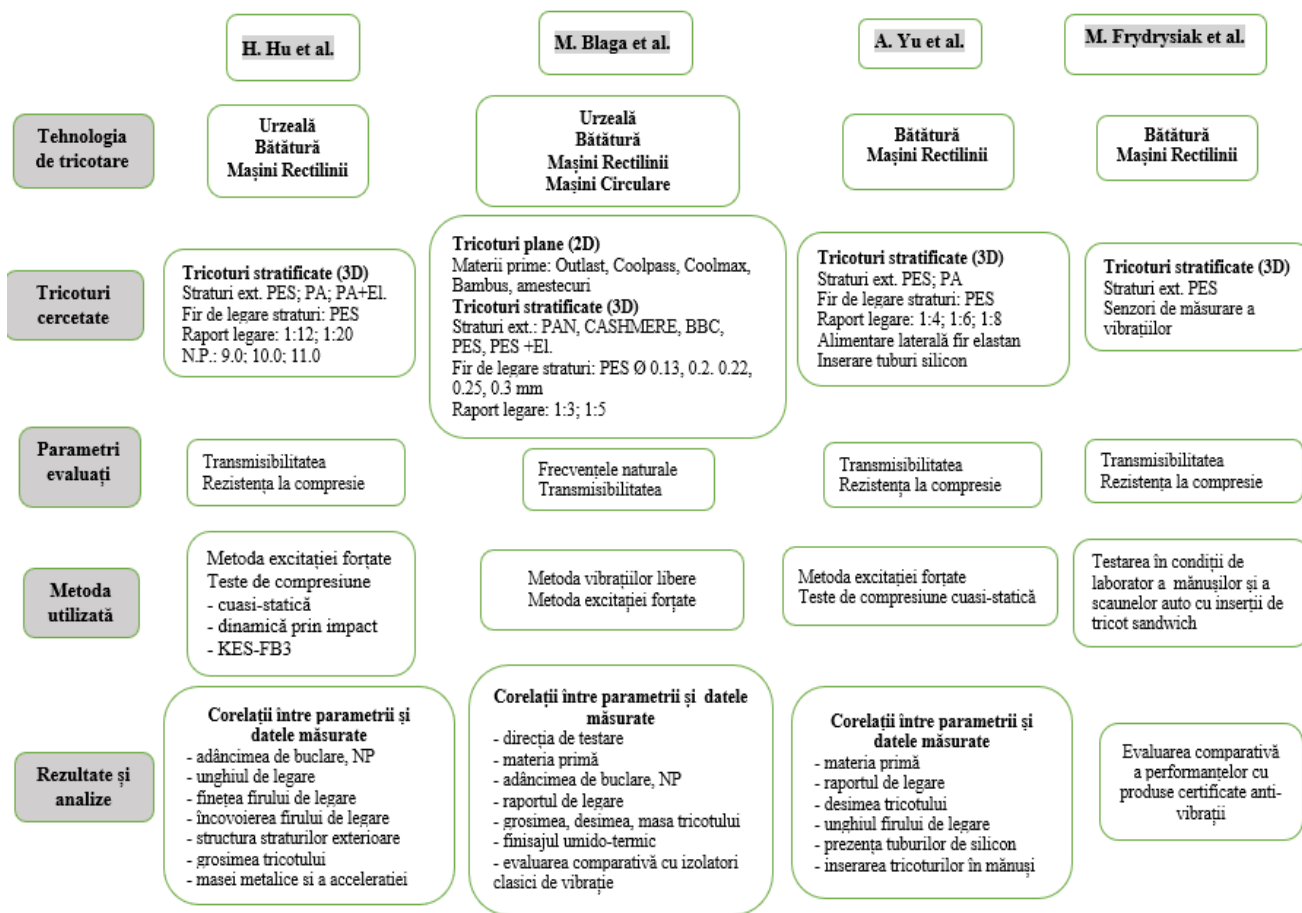


Figura 3.7. Stadiul actual al cercetărilor privind tricoturile utilizate în controlul vibrațiilor

CAPITOLUL 4

PROIECTAREA TRICOTURILOR SANDWICH DESTINATE PROTECȚIEI ÎMPOTRIVA VIBRAȚIILOR

Cele 24 de structuri dezvoltate în cadrul cercetării au fost produse prin controlul adâncimii de buclare și prin varierea raportului de legare, utilizând două tipuri de materii prime, așa cum este ilustrat în figura 4.1.

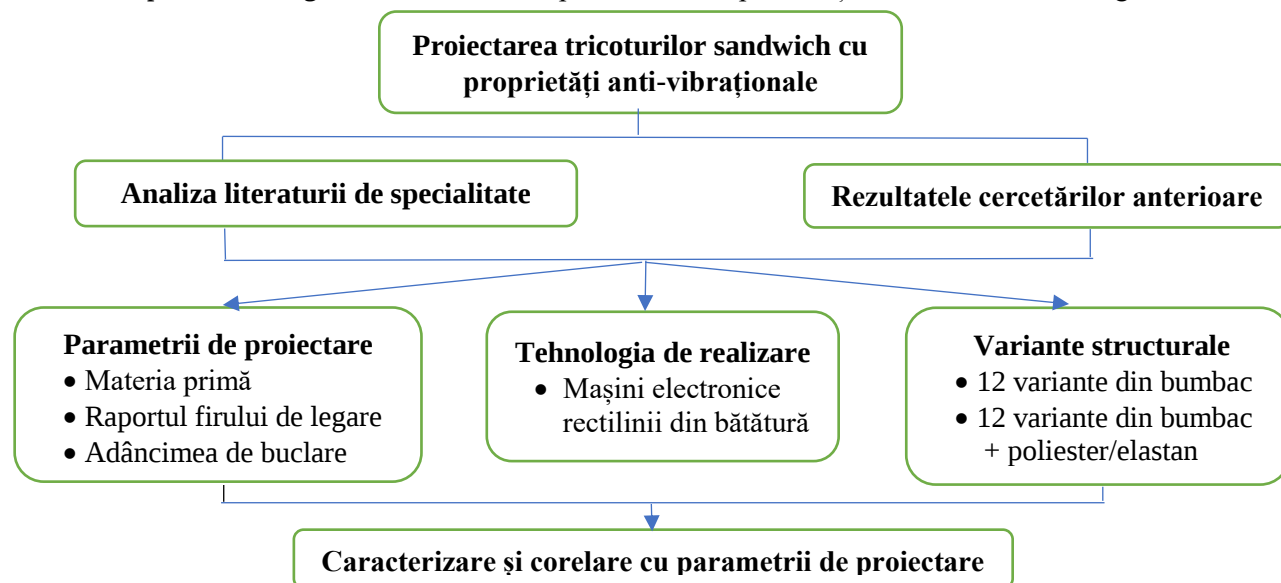


Figura 4.1. Planul experimental de proiectare a tricotelor sandwich

4.1. Caracterizarea materiilor prime utilizate

Pentru realizarea tricotelor sandwich au fost utilizate următoarele materii prime: **bumbac 100%** pentru confort și capacitatea de izolare dovedită în cercetările anterioare, **fir bicomponent poliester–elastan**, pentru creșterea grosimii și elasticității structurii și **fir monofilamentar din poliester**, pentru stratul intermediar, caracterizat prin reziliență și stabilitate dimensională. Firele selectate au fost caracterizate prin metode specifice de testare, în conformitate cu standardele naționale și internaționale în vigoare. Determinările au fost efectuate în cadrul laboratoarelor acreditate RENAR ale Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Textile și Pielărie – București. Încercările au vizat determinarea principalelor caracteristici fizico-mecanice ale firelor, relevante pentru comportarea acestora în structura tricotată, respectiv: finețea, torsiunea, rezistența și alungirea la rupere.

4.2. Tehnologia de tricotare

Programarea tricotelor sandwich s-a efectuat utilizând software-ul specializat **Stoll M1 Plus®**, pentru care au fost elaborate schița panoului, structura pe porțiuni și datele inițiale de proiectare, corespunzătoare unui tricot spațial format din două straturi exterioare legate prin fire de legătură (Blaga M. , 2022).

Tricoturile au fost obținute pe mașina rectilinie electronică de tricotate din bătătură Stoll CMS 330 TT, cu finețea 7.2 E, aflată în dotarea Laboratorului de Tehnologii de Tricotare Avansate, din cadrul Facultății de Design Industrial și Managementul Afacerilor, Iași. Mașina este prevăzută cu două fonturi și comandă electronică a tuturor componentelor aferente procesului de tricotare. Sistemul de comandă permite reglarea precisă a parametrilor tehnologici, de exemplu, adâncimea de buclare, viteza de tricotare, viteza și tensiunea de tragere a tricotelui, contribuind la asigurarea calității și reproductibilității structurilor (figura 4.2) (Blaga M. , 2022), (Stoll GmbH).



Figura 4.2. Imagine generală a mașinii electronice de tricotat Stoll CMS 330 TT, finețe 7.2 E

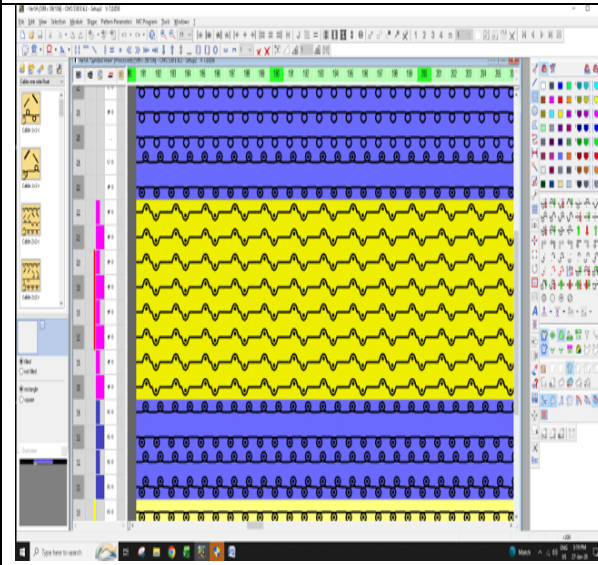
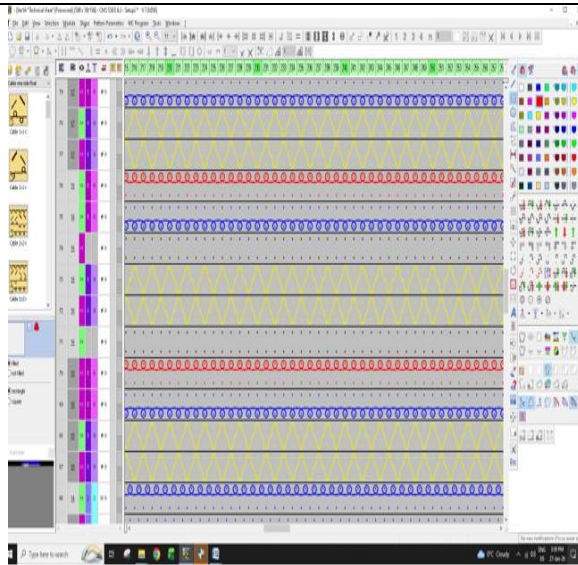
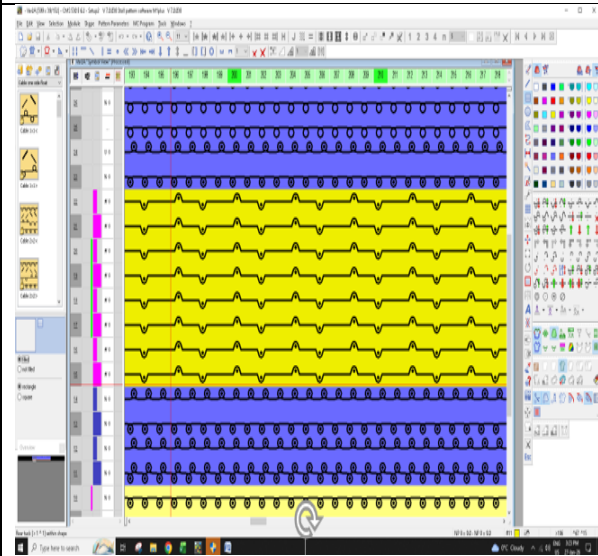
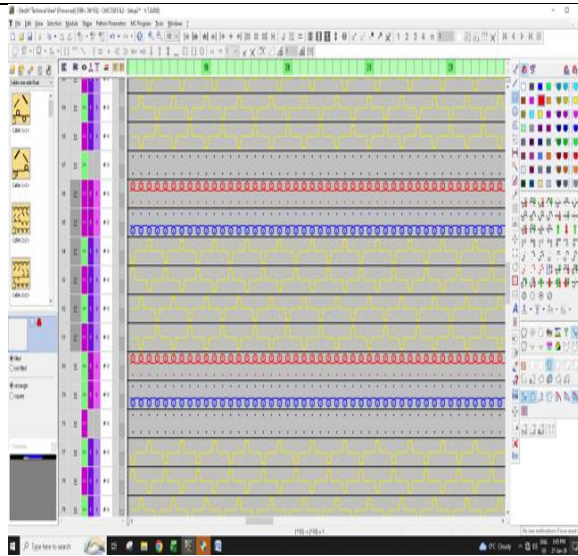
4.3. Variante experimentale de structuri tricotate

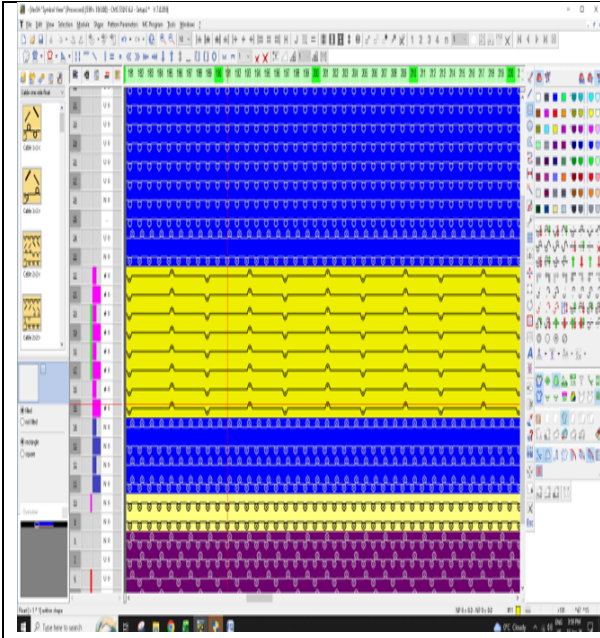
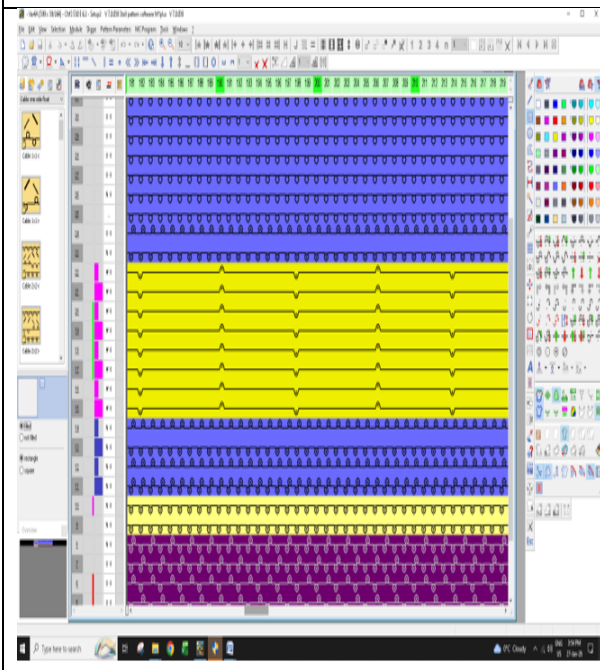
Pentru ambele seturi au fost controlate cele două variabile tehnologice:

- (i) **adâncimea de buclare** (prin setarea pe trei niveluri a variabilei N.P.=11, 12 și 13) - **codificate 1-2-3**,
- (ii) **raportul firului de legare** (4 rapoarte 1:1; 1:3; 1:7 și 1:15) - **codificate A-B-C-D**,
- (iii) **materia primă** – (bumbac 100% și bumbac + poliester/elastan) – notate **cu X și Y**.

Cele 24 de structuri experimentale, rezultate din combinația acestor variabile, au fost codificate și sunt prezentate în tabelul 4.1. Toate variantele structurale au fost cercetate în stare nefinisată, respectiv finisate umido-temic, aspect marcat prin introducerea în codificare a literei (F).

Tabel. 4.1. Plan experimental tricoturi sandwich

Schema de tricotare	Vedere secțiune	N.P.	Raport legare	Codificare tricot bumbac		Codificare tricot bumbac + pes/elastan	
				nefinisat	finisat	nefinisat	finisat
		11	1:1	A-1-X	A-1-X (F)	A-1-Y	A-1-Y (F)
		12		A-2-X	A-2-X (F)	A-2-Y	A-2-Y (F)
		13		A-3-X	A-3-X (F)	A-3-Y	A-3-Y (F)
		11	1:3	B-1-X	B-1-X (F)	B-1-Y	B-1-Y (F)
		12		B-2-X	B-2-X (F)	B-2-Y	B-2-Y (F)
		13		B-3-X	B-3-X (F)	B-3-Y	B-3-Y (F)

	11	1:7	C-1-X	C-1-X (F)	C-1-Y	C-1-Y (F)
	12		C-2-X	C-2-X (F)	C-2-Y	C-2-Y (F)
	13		C-3-X	C-3-X (F)	C-3-Y	C-3-Y (F)
	11	1:15	D-1-X	D-1-X (F)	D-1-Y	D-1-Y (F)
	12		D-2-X	D-2-X (F)	D-2-Y	D-2-Y (F)
	13		D-3-X	D-3-X (F)	D-3-Y	D-3-Y (F)

4.4. Caracterizarea materialelor tricotate

După tricotare, materialele au fost lăsate la relaxat, timp de 48 h, pe o suprafață plană, în condiții de umiditate și temperatură standard. Ulterior, au fost determinate proprietățile caracteristice prin metode specifice de încercare, desfășurate în cadrul laboratoarelor acreditate RENAR ale Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Textile și Pielărie – București, precum și în cadrul Laboratorului de cercetare TEXTILEXPART din cadrul Facultății de Design Industrial și Managementul Afacerilor, Iași.

4.4.1. Proprietățile tricoturilor nefinisate

Tricoturile în stare nefinisată au fost caracterizate prin determinarea parametrilor de structură, respectiv desimea pe orizontală, desimea pe verticală, desimea de suprafață și masa pe unitatea de suprafață, precum și a proprietăților fizice, reprezentate de grosime și densitate aparentă, în vederea evaluării acestor proprietăți în corelație cu parametrii stabiliți în planul experimental.

4.4.2. Proprietățile tricoturilor finisate

Tricoturile au fost supuse unui tratament umido-termic pentru stabilizare dimensională, după care au fost determinate atât modificările parametrilor de structură, cât și proprietățile fizico-mecanice și de confort, incluzând stabilitatea dimensională, rezistența la plesnire, rezistența la abraziune, rigiditatea la încovoiere, precum și permeabilitatea la aer și la vaporii de apă, în scopul evaluării comportării materialelor în condiții apropiate de utilizare, rezultatele fiind analizate în corelație cu parametrii definiți în planul experimental.

4.4.3. Rezultate și discuții

a) Influența finisajului umido-termic asupra stabilității dimensionale

Tratamentul umido-termic – constând în spălare, uscare, aburire și relaxare a influențat semnificativ stabilitatea dimensională a tricoturilor, efectul fiind dependent de materia primă utilizată. Tricoturile din bumbac au prezentat variații dimensionale pronunțate, cu contracții de până la -27% pe direcția șirurilor și alungiri de până la $+28\%$ pe direcția rândurilor, grupul A fiind cel mai instabil, iar grupul D cel mai stabil (Grosu, et al., 2026). În schimb, tricoturile cu elastan au evidențiat un comportament mai uniform, caracterizat exclusiv prin contracții în ambele direcții, cu valori cuprinse între -5% și -27% , indicând o stabilitate dimensională superioară și o structură mai compactă după finisare.

b) Influența introducerii firului de elastan asupra grosimii tricotului

Introducerea firului de elastan în structura straturilor exterioare a avut ca obiectiv creșterea grosimii tricoturilor, cunoscându-se faptul că acest parametru este asociat cu îmbunătățirea comportării la vibrații și cu o creștere a rezistenței la compresie.

Înainte de finisajul umido-termic, introducerea firului de elastan a determinat creșterea grosimii tricoturilor pentru toate variantele analizate, efect influențat direct de valoarea N.P. și de raportul de legare. Grosimea tricoturilor din bumbac înregistrează o scădere odată cu creșterea N.P., în timp ce la structurile cu elastan efectul N.P. asupra grosimii este invers. Raportul de legare influențează pozitiv grosimea în ambele cazuri.

Deși inserarea firului de elastan a determinat creșteri ridicate ale grosimii pentru toate grupurile de tricoturi: A ($1,07\% \div 49,45\%$), B ($13,63\% \div 68,59\%$), C ($20,83\% \div 114,46\%$) și D ($61,37\% \div 153,22\%$) (tabelul 4.2) – amplificate de evoluția opusă a celor două seturi în corelație cu N.P., densitatea aparentă a tricoturilor a înregistrat creșteri cuprinse între $28,25\%$ și $58,57\%$ pentru grupurile A și B, în timp ce grupurile C și D au evidențiat scăderi cuprinse între $3,7\%$ și $34,45\%$.

Tabel 4.2 Creșterea procentuală a grosimii după introducerea elastanului, pentru tricoturile nefinisate

Creșterea g _t (%)	A-1-Y	A-2-Y	A-3-Y	B-1-Y	B-2-Y	B-3-Y	C-1-Y	C-2-Y	C-3-Y	D-1-Y	D-2-Y	D-3-Y
	1,07	10,21	49,45	13,63	33,33	68,59	20,83	86,78	114,46	61,37	168	153,22

După finisajul umido-termic, tendințele observate se mențin, însă efectul elastanului asupra grosimii devine mai pronunțat, fiind influențat de valoarea N.P. și de raportul de legare. Tricoturile din bumbac prezintă tot o tendință de scădere a grosimii odată cu creșterea N.P., în timp ce structurile cu elastan înregistrează o creștere a grosimii, ca urmare a contracției și compactării structurii. Inserarea elastanului a condus la creșteri semnificative ale grosimii pentru toate grupurile: A (2,86% ÷ 111,76%), B (22,5% ÷ 132,71%), C (71,08% ÷ 186,12%) și D (194,08% ÷ 233,72%), accentuate datorită evoluției opuse manifestate la majorarea N.P. (tabelul 4.3). În ceea ce privește densitatea aparentă, se observă un comportament diferențiat. Grupurile A și B prezintă creșteri ale densității aparente, situate între 44,20% și 66,06% pentru grupul A, respectiv între 27,91% și 59,24% pentru grupul B. În schimb, grupurile C și D manifestă o tendință de reducere a densității aparente, cu variații cuprinse între +1,38% și -9,64% pentru grupul C și între -21,94% și -42,93% pentru grupul D. Raportul firului de legare se menține ca parametru determinant, creșterea grosimii fiind direct proporțională cu creșterea acestuia. Această tendință este confirmată de evoluția grosimii atât pentru setul din bumbac (Grosu et al., 2026), cât și pentru setul din bumbac/elastan.

Tabel 4.3 Creșterea procentuală a grosimii după introducerea elastanului, pentru tricoturile finisate

Creșterea grosimii (%)	A-1-Y (F)	A-2-Y (F)	A-3-Y (F)	B-1-Y (F)	B-2-Y (F)	B-3-Y (F)	C-1-Y (F)	C-2-Y (F)	C-3-Y (F)	D-1-Y (F)	D-2-Y (F)	D-3-Y (F)
	2,86	42,40	111,76	22,5	82,67	132,71	71,08	135,38	186,12	194,08	220,66	233,72

Comportamentul observat este în concordanță cu datele din literatură, confirmând că, în cazul tricoturilor cu elastan, creșterea valorii N.P. implică o contracție mai accentuată a structurii și, implicit, o creștere a grosimii. De asemenea, creșterea raportului de legare conduce la majorarea grosimii, însă valori ridicate ale acestuia pot limita efectul de compactare al elastanului, ca urmare a înclinării accentuate a firului de legare (Liu & Hu, 2011 a).

c) Evaluarea proprietăților tricoturilor finisate

Permeabilitatea la aer a tricoturilor din bumbac a evidențiat o creștere progresivă odată cu scăderea compactității structurale, valorile depășind 2500 l/m²/s pentru N.P. = 13 și situându-se în jurul a 1500 l/m²/s pentru N.P. = 11 (200 Pa). Creșterea raportului de legare, asociată cu o densitate crescută a stratului intermediar, a condus la reducerea permeabilității; astfel, grupurile A și B (1:1 și 1:3) au înregistrat valori mai ridicate ale permeabilității la aer, comparativ cu grupurile C și D (1:7 și 1:15) (Grosu, et al., 2026).

Pentru tricoturile cu elastan, creșterea valorii N.P., asociată cu creșterea grosimii și a compactității structurii, a condus implicit la scăderea permeabilității la aer. În ceea ce privește influența raportului de legare, acesta nu urmează o tendință clară. Grupul C a înregistrat cele mai ridicate valori ale permeabilității la aer, urmat de grupurile B și D, cu valori foarte apropiate, în timp ce grupul A a evidențiat cele mai scăzute valori.

Rezistența și deformarea la plesnire a tricoturilor din bumbac au înregistrat o creștere progresivă odată cu raportul de legare, valorile variind între aproximativ 227 kPa și 590 kPa, în timp ce deformarea scade, evidențiind relația inversă dintre rezistență și deformabilitate (Grosu, et al., 2026). Pentru tricoturile cu elastan, majoritatea

variantelor nu au cedat în intervalul de testare, fiind atinsă limita maximă de deformare a aparatului, ceea ce confirmă o capacitate ridicată de deformare elastică și de redistribuire a eforturilor.

Rezistența la abraziune a tricotelor din bumbac a evidențiat o dependență pronunțată de arhitectura internă a structurii tricotelui, în special de raportul de legare, valorile variind între aproximativ 3300–10.000 de cicluri pentru grupurile A și B și atingând 15.000 de cicluri pentru grupurile C și D (Grosu, et al., 2026). În cazul tricotelor cu elastan, valorile au fost semnificativ mai ridicate, situându-se între 25.000 și 75.000 de cicluri, cu un maxim înregistrat pentru grupul B. Acest comportament confirmă influența combinată a raportului de legare și a elasticității structurii, care favorizează redistribuirea solicitărilor și creșterea durabilității la abraziune.

Rigiditatea la încovoiere evidențiază o dependență directă de arhitectura structurală și de raportul de legare. Pentru tricotelor din bumbac, pe direcția rândului, grupurile A și B prezintă flexibilitate ridicată, în timp ce grupurile C și D manifestă rigiditate crescută. Pe direcția șirului, flexibilitatea crește odată cu reducerea compactității (de la N.P. = 11 la N.P. = 13). În cazul tricotelor cu elastan, pe direcția rândului, unghiul de aplecare crește progresiv cu lungimea liberă, valorile fiind mai ridicate pentru grupurile A și B și semnificativ reduse pentru C și D, indicând o rigiditate mai mare la rapoarte de legare ridicate. Pe direcția șirului, diferențele sunt mai accentuate, grupul A atingând cele mai mari valori ale flexibilității, în timp ce grupurile C și D prezintă o mobilitate structurală limitată. Literatura de specialitate demonstrează aceeași relație inversă între rigiditatea tricotelor, care crește odată cu majorarea grosimii, și scăderea flexibilității structurii. Această tendință este confirmată pentru ambele direcții, șir și rând (Blaga, Harpa, Seghedin, Marmarali, & Ertekin, 2019).

4.5. Concluzii

Capitolul sintetizează rezultatele experimentale privind caracterizarea structurală, fizico-mecanică, precum și a parametrilor de confort ai tricotelor, evidențiind următoarele concluzii:

- ✚ Tricotelor au fost supuse unui tratament umido-termic în vederea relaxării tensiunilor reziduale și stabilizării dimensionale, structurile fiind evaluate prin încercări standardizate, înainte și după tratament.
- ✚ Stabilitatea dimensională după finisare: tricotelor cu elastan au evidențiat un comportament mai predictibil, caracterizat prin contracții, contribuind la stabilitatea structurală și creșterea grosimii.
- ✚ Introducerea elastanului în straturile exterioare a determinat creșteri semnificative ale grosimii tricotelor, atât în stare nefinisată, cât și după tratamentul umido-termic.
- ✚ Evaluarea proprietăților tricotelor finisate a evidențiat:
 - permeabilitatea la aer a tricotelor din bumbac crește odată cu scăderea compactității, în timp ce, pentru structurile cu elastan, nu s-a putut stabili o corelație.
 - rezistența la plesnire crește cu raportul de legare pentru bumbac, în timp ce tricotelor cu elastan prezintă deformabilitate ridicată fără cedare;
 - rezistența la abraziune și rigiditatea la încovoiere cresc odată cu raportul de legare.

4.5.1. Contribuții personale au constatat în:

- elaborarea unui plan experimental bazat pe parametri tehnologici și structurali relevanți pentru proprietățile tricotelor, identificați în literatura de specialitate;
- evaluarea parametrilor de structură, fizico-mecanici și de confort în corelație cu variabilele tehnologice și grosimea tricotelui;
- analiza comparativă între structurile din bumbac și cele cu elastan;
- evaluarea influenței tratamentului umido-termic pentru corelarea ulterioară cu comportarea la vibrații.

CAPITOLUL 5

CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA TRICOTURILOR LA EXCITAȚIE DE TIP IMPULS (RĂSPUNS LIBER)

5.1. Aspecte teoretice

Analiza vibrației libere și determinarea frecvențelor naturale permit evaluarea comportării dinamice proprii a materialului, independent de regimul de excitație. Cunoașterea frecvențelor naturale permite evitarea fenomenului de rezonanță prin setarea optimă a parametrilor tehnologici și structurali ai tricotului încă din faza de proiectare.

Metoda de excitație prin șoc (tip impuls), utilizată în domeniul mecanic, a fost pentru prima oară adoptată și implementată în cercetări privind caracterizarea rigidității dinamice a structurilor textile. Rezultatele au evidențiat în mod constant că frecvențele naturale depind semnificativ de parametrii de construcție ai tricotului, valorile cele mai ridicate fiind înregistrate pe direcția perpendiculară pe suprafață (Seghedin, Blaga, & Ciobanu, 2012), (Blaga & Seghedin, 2017), (Blaga & Seghedin, 2019), (Blaga, Seghedin, & Grosu, 2022), (Grosu, et al., 2025).

5.2. Metodologia cercetării

Pregătirea tricoturilor pentru testare

Pentru o caracterizare complexă a comportării tricoturilor la vibrații, s-a efectuat o cercetare preliminară asupra unor grupe de tricoturi obținute anterior tezei de doctorat, precum și asupra celor dezvoltate în cadrul prezentei cercetări.

Tricoturile obținute anterior tezei de doctorat au constat într-un număr de 72 de variante structurale, utilizate pentru implementarea metodei frecvențelor libere și măsurarea frecvențelor naturale, pe fiecare dintre cele trei direcții de testare, rezultând un total de 216 determinări experimentale.

Tricoturile realizate în cadrul prezentei cercetări s-au constituit din 24 de structuri tip sandwich, testate pe cele trei direcții, înainte și după finisaj, rezultând un total de 144 de măsurători experimentale.

Astfel, cercetarea a însumat **360 de determinări ale frecvențelor naturale**, structura metodologică a cercetării fiind sintetizată în schema prezentată în figura 5.1.

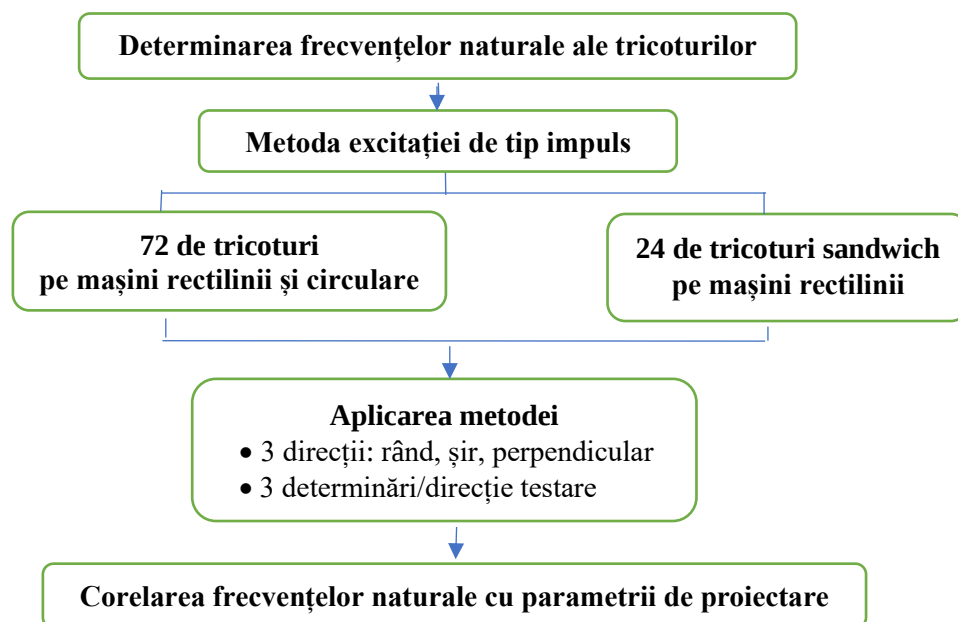


Figura 5.1. Schema de determinare și analiză a frecvențelor naturale ale tricoturilor

Efectuarea măsurătorilor frecvențelor naturale

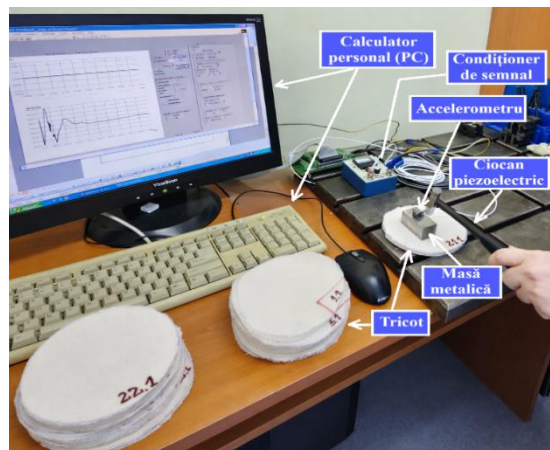


Figura 5.2. Configurația experimentală pentru metoda cu excitație de tip impuls

Performanța dinamică a tricotelor a fost evaluată prin studierea comportamentului unei mase metalice de 395 g (30x70x30 mm), lipită pe suprafața tricotelui, pe care a fost montat un accelerometru, tricotel fiind fixat pe o suprafață metalică masivă, pentru eliminarea mișcărilor relative. Vibrațiile au fost generate cu un ciocan piezoelectric, răspunsul a fost înregistrat cu un accelerometru PCB Piezotronics și procesat prin sistemul LabVIEW, iar pentru analiza spectrală s-a folosit transformata rapidă Fourier, ce a permis identificarea frecvențelor naturale, care, cu cât mai mari, cu atât materialul prezintă o rigiditate mai ridicată (figura 5.2).

5.3. Cercetări preliminare privind comportarea tricotelor la excitație de tip impuls

Acest subcapitol analizează comportarea dinamică a celor trei seturi de tricote realizate anterior tezei de doctorat.

5.3.1. Rezultatele cercetării

Tricotele obținute pe mașini rectilinii de tricota CMS 530 E 6.2 (Stoll), patru legături (glat, interloc, sandwich 1 și sandwich 2), patru materii prime (100% bumbac, 100% polipropilenă, 100% poliacrilonitril și 100% polyester) și trei valori N.P. = 12, 13, 14 (Seghedin, Blaga, & Ciobanu, 2012).

Tricotele obținute pe mașini circulare de tricota cu diametru mare (28 de sisteme, finețe 18 E), legătura interloc, patru materii prime (100% bumbac; 100% bambus; 60% bambus+40% bumbac; 70% bambus+30% bumbac) și trei valori ale diviziunii mașinii (3.2; 5.2; 7.2) (Blaga, Ciobanu, Marmarali, Ertekin, & Çelik, 2015).

Tricotele obținute pe mașini circulare de tricota cu diametru mic (3¼ inch, cu un singur sistem, 240 ace, alimentare negativă și viteză de rotație a cilindrului 0 - 450 rpm.), glat tubular, din patru materii prime (Coolmax, Coolpass, Dri Release și Outlast) și trei valori ale diviziunii mașinii (3; 9; 15) (Blaga, Marmarali, & Mihai, 2011),

5.3.2. Interpretarea rezultatelor obținute

Interpretarea rezultatelor a vizat evaluarea frecvențelor naturale pentru cele trei seturi de tricote, în corelație cu variabilele tehnologice și structurale identificate în literatura de specialitate, ca fiind determinante pentru comportarea la vibrații.

a) Influența direcției de testare asupra frecvențelor naturale

Indiferent de tehnologia de obținere a tricotelor sau de natura materiei prime, au fost obținute valori comparabile ale frecvențelor pe direcția transversală și longitudinală, în timp ce direcția perpendiculară pe planul tricotelui a înregistrat valori de până la patru ori mai mari, demonstrând o rigiditate mult mai ridicată.

Importanța evaluării răspunsului vibrațional pe cele trei direcții ortogonale este evidențiată și în literatura de specialitate, în cadrul cercetărilor dedicate mănușilor antivibrații, care, deși certificate CE conform SR EN ISO 10819, nu reflectă eficiența reală în condiții de utilizare (Dong., et al., 2004), (Hewitt, Dong, McDowell, & Welcome, 2016).

b) Influența materiei prime asupra frecvențelor naturale

Tricotele din fire naturale și artificiale au înregistrat frecvențe naturale mai reduse comparativ cu cele din fire sintetice, datorită flexibilității mai ridicate și structurii interne mai puțin compacte. Astfel, diferențele ajung la 20–100 Hz între BBC/PAN și PES/PP.

Aceeași comportare au prezentat și structurile obținute pe mașini circulare de tricotat cu diametru mic, unde firul Outlast (100% viscoză) a înregistrat cele mai scăzute valori, în timp ce firele Coolpass și Coolmax (100% poliester) au obținut cele mai ridicate valori.

În cadrul grupului de tricoturi obținute din fibre naturale sau amestecuri ale acestora în diferite proporții, faptul că tricoturile din bambus 100% și tricoturile în amestec bambus + bumbac au înregistrat valori ale frecvențelor naturale cu aproximativ 25% mai mici decât tricoturile din bumbac 100%, se datorează rigidității mai scăzute a fibrelor de bambus, precum și structurii mai netede a fibrei, comparativ cu cea a bumbacului (Tomar, 2010).

c) Influența adâncimii de buclare asupra frecvențelor naturale

Pentru toate cele trei grupuri de tricoturi analizate, adâncimea de buclare s-a evidențiat ca parametru de influență, însă cu efect diferit în funcție de tehnologia de tricotare.

În cazul structurilor obținute pe mașini rectilinii, creșterea valorii N.P. a condus, în general, la scăderea frecvențelor naturale și implicit a rigidității, valorile minime fiind înregistrate la N.P. = 14 pentru majoritatea structurilor și materiilor prime, cu excepții izolate.

În schimb, pentru tricoturile produse pe mașini circulare (diametru mare și mic), variația parametrului tehnologic echivalent (diviziunea mașinii) nu a determinat o evoluție sistematică a frecvențelor naturale, diferențele fiind reduse (10–15 Hz) și fără o corelație clară.

Astfel, influența adâncimii de buclare se confirmă ca fiind semnificativă în cazul structurilor rectilinii, dar limitată în cazul celor circulare.

d) Influența grosimii tricotului asupra frecvențelor naturale

Influența grosimii nu a putut fi stabilită pentru toate structurile. Pentru tricoturile rectilinii (0,94–3,65 mm) s-a observat o tendință generală de scădere a frecvențelor naturale odată cu creșterea grosimii, însă în cazul tricoturilor circulare, intervalele reduse de grosime nu au permis evidențierea unei corelații clare.

e) Influența masei specifice a tricotului asupra frecvențelor naturale

În cazul tricoturilor obținute pe mașini rectilinii de tricotat, frecvențele naturale au înregistrat, în majoritatea cazurilor, creșteri direct proporționale cu masa specifică, aspect care nu a fost confirmat și pentru structurile obținute pe mașini circulare de tricotat. Dacă în cazul grosimii, nu s-a putut stabili o corelație cu frecvențele naturale înregistrate, cel mai probabil din cauza valorilor reduse ale acestui parametru, în cazul masei, intervalul a fost mult mai larg (94-223 g/m²) (Grosu, et al., 2025). Se conturează ipoteza conform căreia, în cazul structurilor realizate pe mașini circulare de tricotat, factorul major de influență asupra frecvențelor naturale este natura materiei prime utilizate și nu masa sau grosimea tricotului.

5.4. Evaluarea comportării tricoturilor sandwich la excitație de tip impuls

În acest subcapitol a fost analizată comportarea dinamică a celor 24 de tricoturi sandwich dezvoltate în cadrul prezentei cercetări, punând accent pe influența parametrilor tehnologici și structurali identificați în literatura de specialitate, evaluați în cercetările anterioare și integrați în planul experimental.

5.4.1. Rezultatele experimentului planificat

a) Frecvențele naturale ale tricoturilor în corelație cu direcția de testare

Setul de tricoturi din bumbac a înregistrat valori apropiate ale frecvențelor naturale pe direcțiile rând și șir, în timp ce pe direcția perpendiculară s-au determinat valori cu aproximativ 50–100% mai ridicate, indiferent de valoarea N.P. și de raportul de legare, evidențiind o rigiditate superioară pe această direcție.

După aplicarea tratamentului umido-termic, s-a menținut aceeași tendință, frecvențele pe direcția perpendiculară fiind cu aproximativ 45–65% mai ridicate comparativ cu cele din planul tricotului, confirmând stabilitatea comportării dinamice după finisare (figura 5.3).

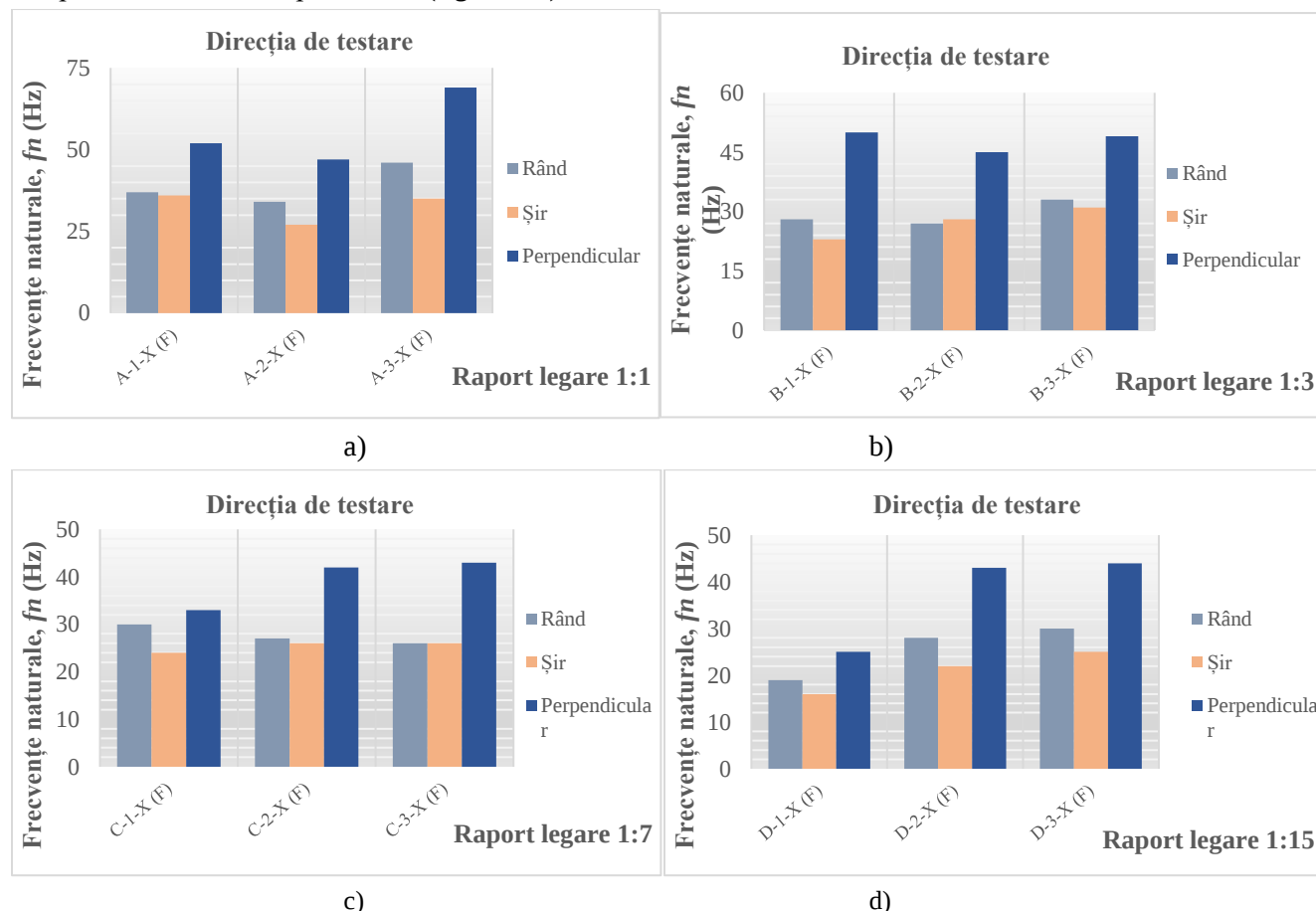


Figura 5.3. Frecvențele naturale ale tricoturilor finisate, cu straturile exterioare din bumbac, în corelație cu direcția de testare, pentru rapoartele de legare a) 1:1; b) 1:3; c) 1:7; d) 1:15

Setul de tricoturi din bumbac și poliester/elastan a urmat aceeași tendință de variație a frecvențelor naturale în funcție de direcția de testare: pentru tricoturile nefinisate, diferențele au fost de 60–90%, iar după finisare acestea au crescut la 70–110%, confirmând o rigiditate superioară pe direcția perpendiculară.

b) Frecvențele naturale ale tricoturilor în corelație cu adâncimea de buclare

Setul de tricoturi din bumbac a înregistrat pentru grupurile A, B și C o ușoară scădere a frecvențelor naturale, odată cu creșterea adâncimii de buclare, tendință asociată cu reducerea rigidității structurii, excepție făcând grupul D, unde tendința este inversă.

Setul de tricoturi din bumbac și poliester/elastan a evidențiat o scădere evidentă a frecvențelor naturale odată cu creșterea adâncimii de buclare, în cadrul grupului A, scăzând de la 66 Hz (A-1-Y) la 54 Hz (A-2-Y) și 51 Hz (A-3-Y), aceeași tendință fiind observată și pentru celelalte grupuri. După finisare, frecvențele naturale au urmat aceeași evoluție indiferent de raportul firului de legare, cu excepția tricotului B-3-Y (F), care a înregistrat o variație punctuală de creștere (figura 5.4).

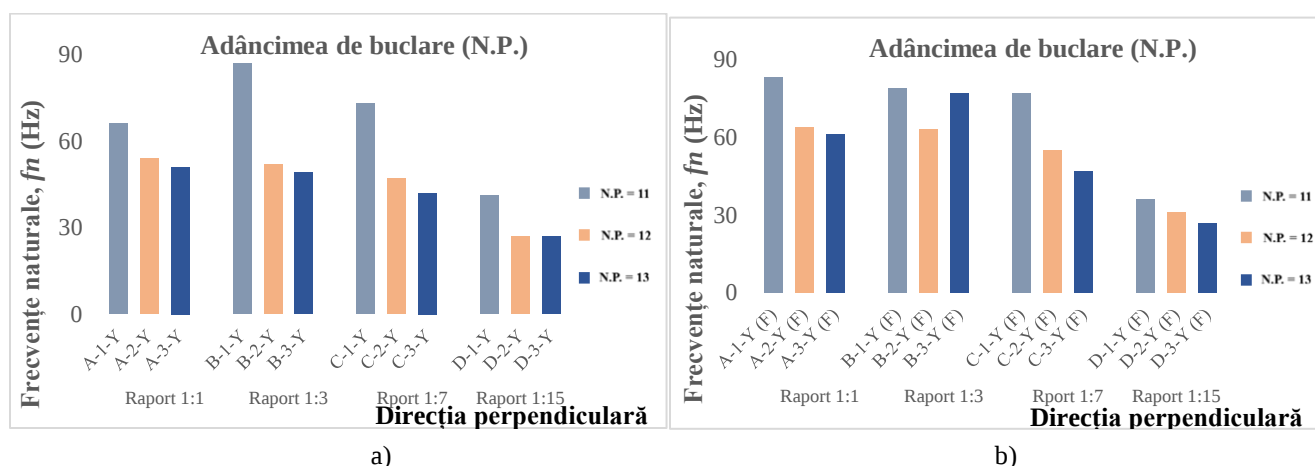


Figura 5.4. Frecvențele naturale ale tricotelor nefinisate, cu straturile exterioare din bumbac și poliester/elastan, în corelație cu adâncimea de buclare a) înainte de finisare; b) după finisare

c) Frecvențele naturale ale tricotelor în corelație cu raportul firului de legare

Tricoturile din bumbac, indiferent de poziția camei de buclare, au evidențiat o scădere treptată odată cu creșterea raportului de la 1:1 la 1:15, atât înainte, cât și după tratamentul umido-termic (figura 5.5).

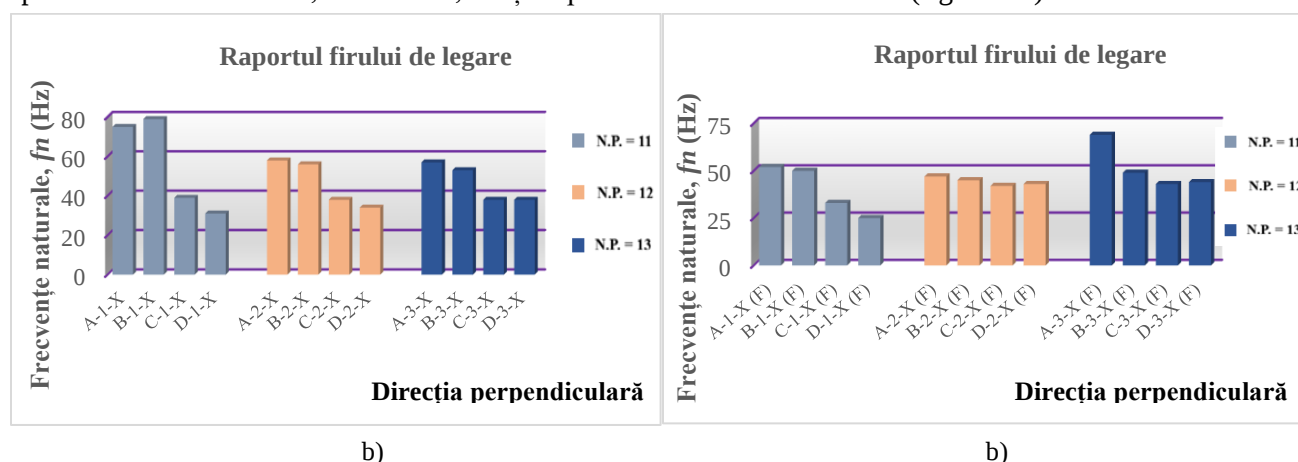


Figura 5.5. Frecvențele naturale ale tricotelor nefinisate, cu straturile exterioare din bumbac, în corelație cu raportul firului de legare a) înainte de finisare; b) după finisare

Tricoturile din bumbac și poliester/elastan au urmat aceeași tendință ca și structurile din bumbac, această evoluție indicând faptul că odată cu creșterea raportului firului de legare se produce o diminuare a rigidității structurii, prin deplasarea frecvențelor caracteristice către valori mai reduse.

5.4.2. Interpretarea rezultatelor obținute

a) Influența direcției de testare asupra frecvențelor naturale:

Frecvențele naturale înregistrate, au fost apropiate pe direcțiile rând și șir și cu aproximativ 50–100% mai ridicate pe direcția perpendiculară pentru tricotelor sandwich, în timp ce tricotelor cu structuri plane au înregistrat creșteri de până la 300–400%. Aceste diferențe sunt asociate configurației spațiale și modului de interconectare a elementelor structurale prin intermediul firului de legare, care determină o distribuție diferită a rigidității structurii.

b) Influența adâncimii de buclare asupra frecvențelor naturale:

Tricoturile nefinisate, atât grupul din bumbac, cât și cel cu conținut de elastan, au înregistrat scăderi ale frecvențelor proprii odată cu creșterea valorii N.P. După finisare, tricotelor din bumbac nu au mai prezentat o

tendință unitară, în timp ce setul de tricoturi cu elastan a prezentat o evoluție predictibilă, înregistrând scăderi ale frecvențelor naturale odată cu creșterea valorii N.P.

c) Influența raportului firului de legare asupra frecvențelor naturale:

Raportul firului de legare a determinat scăderea frecvențelor naturale odată cu creșterea acestuia (1:1 → 1:15), atât înainte, cât și după finisare, indicând reducerea rigidității structurii.

d) Influența introducerii firului de elastan asupra frecvențelor naturale

Introducerea firului de elastan în structura straturilor exterioare a avut ca obiectiv creșterea grosimii tricoturilor, efect confirmat prin majorări semnificative înregistrate pentru toate grupurile analizate.

Pentru tricoturile nefinisate, introducerea elastanului a condus la creșteri semnificative ale grosimii (până la 168%), însă variațiile frecvențelor naturale au fost reduse (5–10 Hz), indicând o influență limitată asupra rigidității dinamice.

După finisare, deși creșterile grosimii au fost și mai pronunțate (până la 234%), frecvențele naturale au înregistrat variații moderate, fără o corelație directă cu grosimea (figura 5.6).

Rezultatele sugerează că majorarea grosimii, deși semnificativă din punct de vedere structural, nu se reflectă direct într-o creștere a rigidității dinamice a materialului.

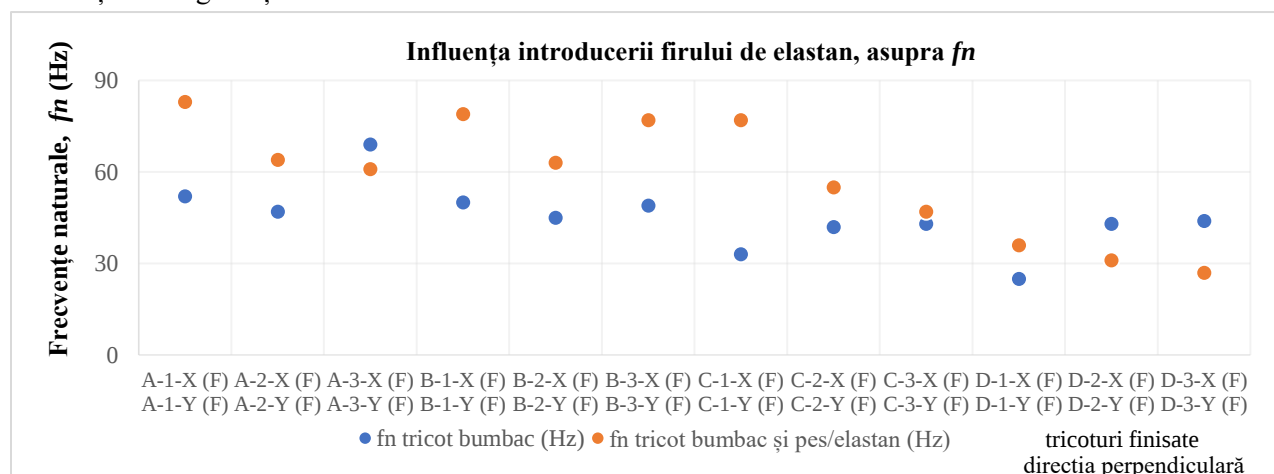


Figura 5.6. Influența introducerii firului de elastan asupra frecvențelor naturale, f_n , pentru tricoturile în stare finisată

e) Influența finisajului umido-termic asupra frecvențelor naturale

Aplicarea tratamentului umido-termic a avut ca scop stabilizarea dimensională a structurilor.

Setul de tricoturi din bumbac 100% a înregistrat variații reduse ale frecvențelor, de creștere sau de scădere, fără o tendință unitară, confirmând rolul de stabilizare dimensională al tratamentului de finisare (tabelul 5.1).

Tabel 5.1. Frecvențele naturale ale tricoturilor din bumbac, înainte și după finisaj

Tricoturi nefinisate		Tricoturi finisate	
Codificare tricot	Frecvențe naturale f_n [Hz]	Codificare tricot	Frecvențe naturale f_n [Hz]
A-1-X	75	A-1-X (F)	52
A-2-X	58	A-2-X (F)	47
A-3-X	57	A-3-X (F)	69
B-1-X	79	B-1-X (F)	50
B-2-X	56	B-2-X (F)	45
B-3-X	53	B-3-X (F)	49

C-1-X	39	C-1-X (F)	33
C-2-X	38	C-2-X (F)	42
C-3-X	38	C-3-X (F)	43
D-1-X	31	D-1-X (F)	25
D-2-X	34	D-2-X (F)	43
D-3-X	38	D-3-X (F)	44

Setul de tricoturi din bumbac și poliester/elastan a evidențiat o tendință generală de creștere a frecvențelor proprii, însă variațiile rămân moderate și nu au modificat semnificativ ierarhia comportării dinamice (tabelul 5.2).

Tabel 5.2. Frecvențele naturale ale tricoturilor din bumbac și poliester/elastan, înainte și după finisaj

Tricoturi nefinisate		Tricoturi finisate	
Codificare tricot	Frecvențe naturale f_n [Hz]	Codificare tricot	Frecvențe naturale f_n [Hz]
A-1-Y	66	A-1-Y (F)	83
A-2-Y	54	A-2-Y (F)	64
A-3-Y	51	A-3-Y (F)	61
B-1-Y	87	B-1-Y (F)	79
B-2-Y	52	B-2-Y (F)	63
B-3-Y	49	B-3-Y (F)	77
C-1-Y	73	C-1-Y (F)	77
C-2-Y	47	C-2-Y (F)	55
C-3-Y	42	C-3-Y (F)	47
D-1-Y	41	D-1-Y (F)	36
D-2-Y	27	D-2-Y (F)	31
D-3-Y	27	D-3-Y (F)	27

5.5. Concluzii

Capitolul evidențiază comportarea tricoturilor la excitație de tip impuls, prin analiza frecvențelor naturale și a factorilor de influență, din care se desprind următoarele concluzii:

- ✚ Determinarea frecvențelor naturale reprezintă o etapă esențială în proiectarea materialelor izolatoare pentru evitarea rezonanței. Metoda excitației prin șoc este mult mai facilă, comparativ cu metoda excitației sinusoidale și permite măsurarea pe cele trei direcții (Grosu, Blaga, Horodincă, & Seghedin, 2025).
- ✚ Parametrii definiți în planul experimental care influențează frecvențele naturale (f_n) sunt:
 - *adâncimea de buclare*: frecvențele proprii au scăzut odată cu creșterea valorii N.P;
 - *raportul firului de legare*: frecvențele naturale s-au diminuat sistematic odată cu creșterea acestuia;
 - *grosimea tricotului*: structurile mai groase au înregistrat, în general, frecvențe mai reduse;
 - *masa specifică*: investigată pentru prima dată în prezenta cercetare, a evidențiat o evoluție direct proporțională cu frecvențele naturale ale structurilor analizate;
 - *natura materiei prime*: tricoturile produse din fibre naturale sau artificiale au înregistrat frecvențe naturale semnificativ mai scăzute comparativ cu cele din fibre sintetice;
 - *introducerea elastanului*: a determinat creșteri ale grosimii de până la 230 %, dar variații limitate ale frecvențelor proprii (max. 57%);
- ✚ Influența finisajului umido-termic, investigată pentru prima dată în prezenta cercetare, a evidențiat variații nesemnificative ale frecvențelor naturale, în raport cu modificările dimensionale importante ale tricoturilor;
- ✚ Condițiile de evaluare prin metoda de excitație de tip impuls au evidențiat faptul că direcția de aplicare a vibrației influențează semnificativ frecvențele naturale.

✚ Pentru caracterizarea completă a comportării dinamice într-un interval extins de frecvență și delimitarea domeniilor de izolare și amplificarea vibrațiilor, metoda excitației de tip impuls este limitată, din cauza caracterului de izolator neliniar al tricotelor (Liu & Hu, 2015 b).

5.5.1. Contribuții personale vizează extinderea cunoștințelor privind comportarea la vibrații a tricotelor, prin metoda de excitație de tip impuls și corelarea frecvențelor naturale cu parametrii specifici tricotelor:

- analiza critică a literaturii privind această metodă aplicată materialelor textile;
- realizarea unui volum extins de măsurători experimentale (360 determinări) pe o gamă diversificată de structuri;
- corelarea frecvențelor naturale cu parametrii structurali ai tricotelor;
- evidențierea limitărilor metodei în contextul necesității unei evaluări complexe de caracterizare a comportării anti-vibraționale.

CAPITOLUL 6

CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA TRICOTURILOR SANDWICH LA EXCITAȚIE FORȚATĂ

6.1. Evaluarea performanțelor de izolare anti-vibrațională pentru materiale și produse de tip EIP

6.1.1. Evaluarea mănușilor anti-vibrații – SR EN ISO 10819

Metoda impusă de SR EN ISO 10819, pentru certificarea mănușilor anti-vibrații utilizează un shaker electrodinamic unidirecțional, transmisibilitatea fiind determinată ca raportul dintre accelerația măsurată în palmă și accelerația la mânerul de referință. Evaluarea se realizează pe intervalele M (25–200 Hz) și H (200–1250 Hz), condițiile impuse fiind: $TRM < 0,9$ și $TRH < 0,6$ (ASRO, 2013).

6.1.2. Evaluarea materialelor reziliente – SR EN ISO 13753

Standardul SR EN ISO 13753 definește metoda de evaluare a transmisibilității vibrațiilor pentru materiale reziliente, utilizate în EIP pentru sistemul mână-braț. Testarea se realizează cu un shaker electrodinamic, materialul fiind comprimat cu o masă rigidă de 2,5 kg, care simulează încărcarea exercitată de mâna operatorului, iar transmisibilitatea este dată de raportul dintre semnalul de ieșire și cel de intrare. Domeniul principal de testare este 50–500 Hz (cu extensie 10–40 Hz), iar valori $T > 0,6$ indică o capacitate redusă de amortizare (ASRO, 2008).

6.2. Evaluarea comportării tricotelor sandwich la excitație forțată cuasiarmonică

6.2.1. Aspecte teoretice

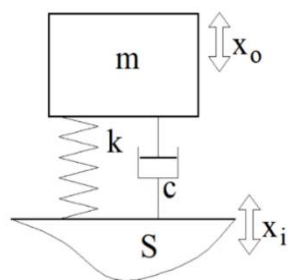


Figura 6.1. Sistem masă-arc-amortizor excitat armonic la nivelul suportului S. (Horodincă, 2015)

Tricotelor sunt caracterizate prin *amortizare internă* (comportament de amortizor, determinat în principal de frecările interne) și *rigiditate* (comportament de arc elastic). Una dintre cele mai simple modalități de evaluare a acestora este includerea tricotelor într-un sistem vibratoriu cu un singur grad de libertate SMD (sistem masă-arc-amortizor). Rolul suspensiei sistemului masă-arc-amortizor este, în mod obișnuit, îndeplinit de un arc (cu rigiditatea k) și un amortizor (cu factorul de amortizare c). Suspensia se va înlocui cu tricotel de testat. În aceste condiții, sistemul SMD funcționează ca un izolator de vibrații, iar transmisibilitatea, definită ca raport între răspuns și excitație, este utilizată pentru caracterizarea experimentală a amortizării interne și a rigidității tricotelor sandwich (figura 6.1).

6.2.2. Metodologia cercetării

Pregătirea tricotelor pentru testare

Cele 24 de variante structurale au fost supuse testării transmisibilității, atât înainte, cât și după aplicarea tratamentului umido-termic. Pentru fiecare variantă structurală s-au realizat 3 determinări pentru starea nefinisată și 6 pentru cea finisată, rezultând un total de 216 măsurători experimentale. Structura metodologică a cercetării este sintetizată în schema prezentată în figura 6.2.

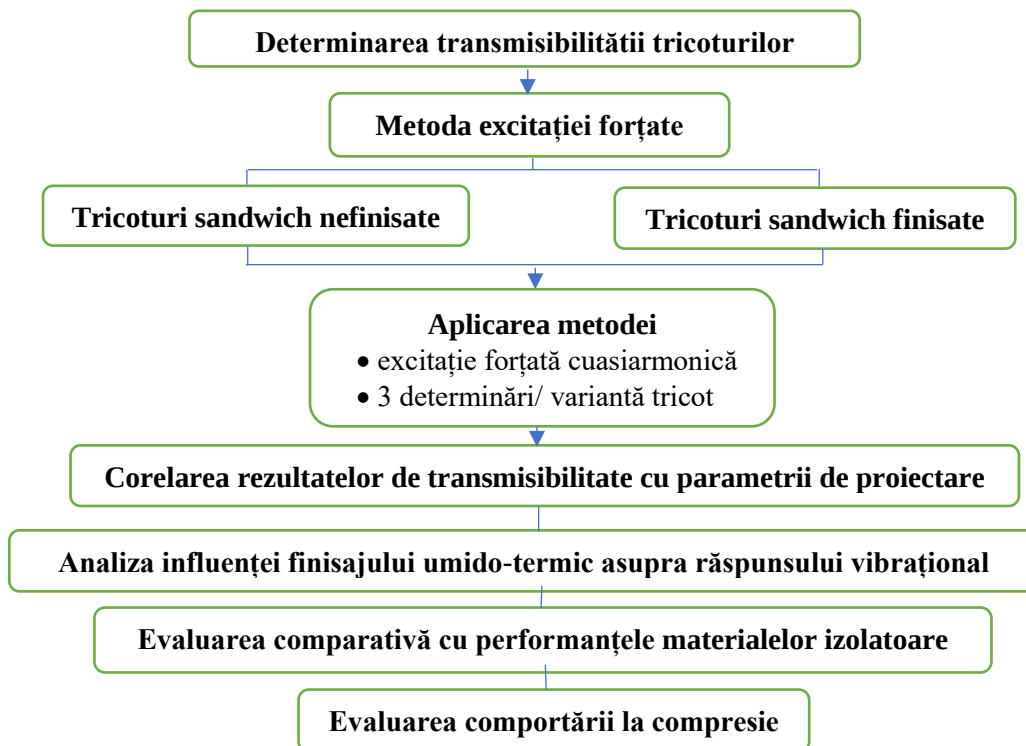


Figura 6.2. Schema de determinare și analiză a transmisibilității tricotelor sandwich

Efectuarea măsurătorilor de transmisibilitate

Determinarea transmisibilității a fost realizată cu ajutorul unui excitator electrodinamic (EDE), pe care a fost montat sistemul de tip masă–arc–amortizor (SMD), având tricotelul sandwich ca element de suspensie. Semnalele de intrare și ieșire au fost înregistrate cu ajutorul a două accelerometre (A_i și A_o), amplificate cu amplificatoarele de sarcină CA_i și CA_o și procesate printr-un sistem de achiziție de date (DAS - osciloscop numeric), utilizat pentru alimentarea excitatorului electrodinamic, prin intermediul amplificatorului de curent (PA), cu ajutorul unui calculator personal (PC) și analizate ulterior în Matlab. (figura 6.3) (Horodincă, 2014).

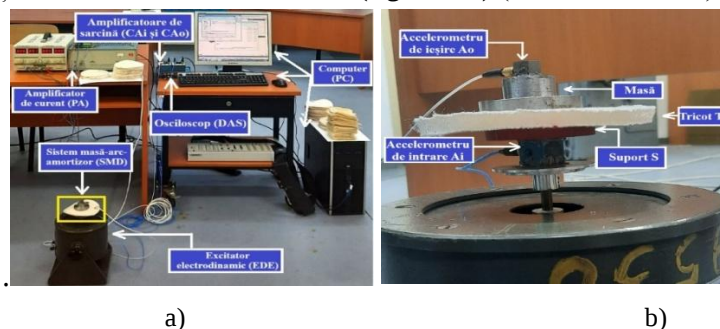


Figura 6.3. Standul experimental pentru determinarea transmisibilității vibrațiilor
a) configurația generală a standului; b) detaliu al excitatorului electrodinamic (EDE)

6.2.3. Rezultatele experimentului planificat

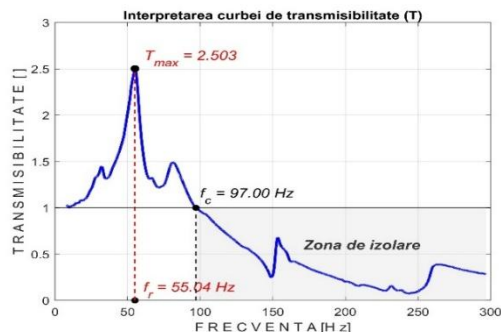


Figura. 6.4. Interpretarea curbei de transmisibilitate

Interpretarea curbelor de transmisibilitate s-a realizat pe baza relației dintre valoarea lui T și comportarea la vibrații: pentru $T > 1$ vibrațiile sunt amplificate, la $T = 1$ sunt transmise integral, iar pentru $T < 1$ sunt atenuate (ASRO, 2013). Curba de transmisibilitate evidențiază frecvența de rezonanță (f_r), corespunzătoare maximului de amplificare, și frecvența de trecere la $T = 1$ (f_c), care marchează începutul domeniului de izolare (figura 6.4) (Liu & Hu, 2015 b).

Pentru aplicațiile de izolare anti-vibrațională, criteriul principal de performanță îl reprezintă extinderea domeniului $T < 1$, prin deplasarea frecvențelor de rezonanță și de trecere la valori cât mai reduse. În condițiile menținerii constante a masei sistemului, această performanță poate fi obținută prin reducerea rigidității specifice k_s a structurii. Se consideră că un **izolator ideal** trebuie să mențină rigiditatea specifică k_s la valori cât mai mici, altfel spus, cu cât frecvențele la rezonanță vor fi mai mici, cu atât intervalul de izolare, delimitat inferior de frecvențele de trecere la $T = 1$, f_c și superior de frecvența maximă a experimentului, va fi mai larg (Chen, Liu, & Hu, 2016). În consecință, evaluarea a urmărit modul în care parametrii tehnologici și de structură ai tricotului influențează transmisibilitatea, frecvența de rezonanță și lățimea intervalului de izolare.

Influența parametrilor tricoturilor asupra transmisibilității

Evaluarea a urmărit modul în care N.P., respectiv raportul firului de legare, contribuie la scăderea frecvenței de rezonanță (f_r) și implicit, a frecvenței de trecere la $T = 1$ (f_c), pentru obținerea unui interval de izolare ($T < 1$) cât mai extins.

a) Transmisibilitatea tricoturilor în corelație cu adâncimea de buclare

Pentru evaluarea influenței adâncimii de buclare, au fost comparate curbele T pentru tricoturile realizate cu același raport de legare și din aceeași materie primă, variind exclusiv valoarea N.P.

Setul de tricoturi din bumbac 100%

Pentru tricoturile din bumbac, creșterea valorii N.P. a condus la scăderea (f_r) și a (f_c), ceea ce implică extinderea domeniului de izolare către frecvențe mai joase. Aceași evoluție se menține pentru toate rapoartele de legare, cu o diminuare a influenței N.P. la raportul 1:15, unde efectul grosimii devine mai pronunțat (figura 6.5).

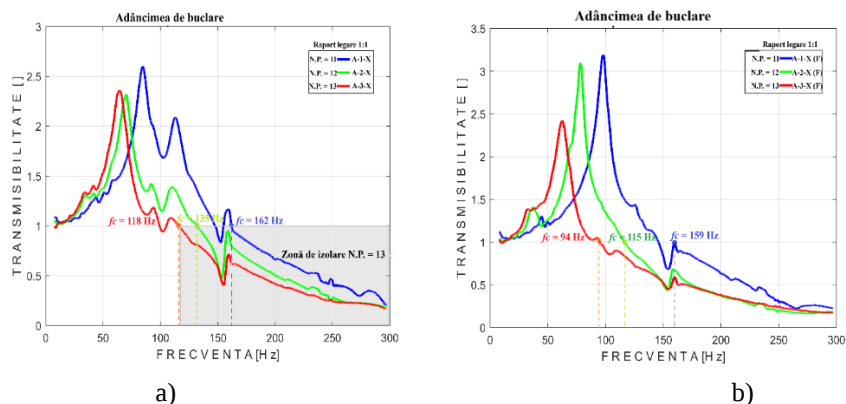


Figura 6.5. Transmisibilitatea tricoturilor nefinisate, cu straturile exterioare din bumbac, în corelație cu adâncimea de buclare, pentru raportul de legare (1:1) a) nefinisat; b) finisat;

Setul de tricoturi din bumbac și poliester/elastan

Pentru tricoturile cu elastan, se evidențiază aceeași tendință ca în cazul setului din bumbac, creșterea valorii N.P. ducând la scăderea f_c și extinderea domeniului de izolare către frecvențe mai joase. Exemplul corespunzător grupului C confirmă această evoluție, înainte și după finisare, curbele menținând aceeași ierarhie și valori reduse ale transmisibilității în domeniul $T < 1$. După finisaj, apropierea curbelor indică un efect de stabilizare al structurii datorat elastanului, fără modificarea tendinței generale (figura 6.6).

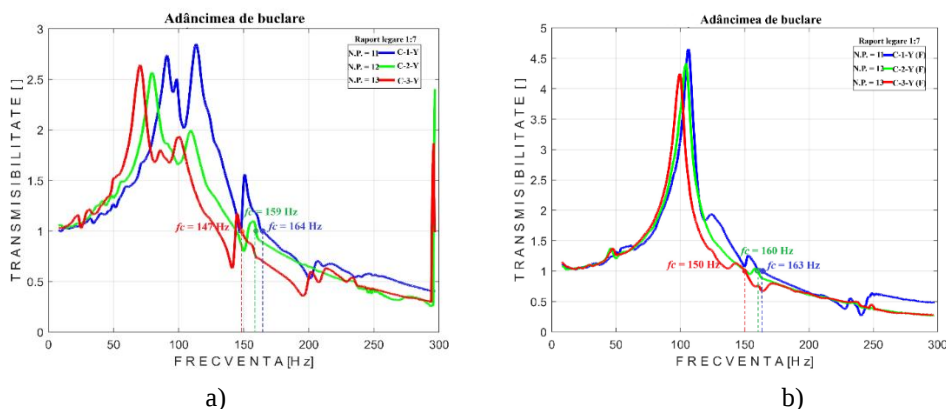


Figura 6.6. Transmisibilitatea tricoturilor nefinisate, cu straturile exterioare din bumbac și pes/elastan, în corelație cu adâncimea de buclare, pentru raportul de legare (1:3) a) nefinisat; b) finisat;

b) Transmisibilitatea tricoturilor în corelație cu raportul firului de legare

Pentru evidențierea influenței raportului firului de legare, au fost comparate curbele de transmisibilitate pentru aceleași condiții de realizare (N.P. și materie primă), variind exclusiv raportul de legare (1:1–1:15).

Setul de tricoturi cu straturile exterioare din bumbac 100%

Rezultatele evidențiază o tendință clară: creșterea raportului firului de legare determină scăderea frecvenței de rezonanță (f_r) și a frecvenței de trecere la $T = 1$ (f_c), ceea ce conduce la extinderea domeniului de izolare către frecvențe mai joase. Pentru toate valorile N.P., tricotel D (1:15) prezintă cel mai larg interval de izolare și cele mai reduse și stabile valori ale transmisibilității în domeniul $T < 1$, confirmând performanța superioară în atenuarea vibrațiilor. Aceeași ierarhie se menține și după finisare, tratamentul umido-termic influențând valorile absolute, dar fără a modifica tendința generală. În figura 6.7 se exemplifică evoluția tricoturilor din bumbac, realizate cu N.P.=11, înainte și după aplicarea finisajului umido-termic.

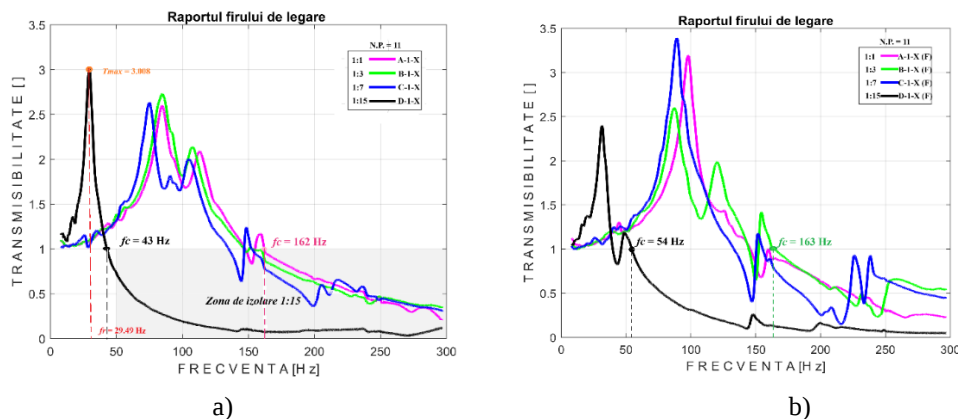


Figura 6.7. Transmisibilitatea tricoturilor cu straturile exterioare din bumbac, în corelație cu raportul firului de legare, pentru N.P.=11; a) înainte de finisare; b) după finisare;

Setul de tricoturi cu straturile exterioare din bumbac și poliester/elastan

În cazul tricoturilor cu elastan, se evidențiază aceeași tendință de scădere a frecvențelor caracteristice odată cu creșterea raportului de legare, însă diferențele dintre variante devin mai pronunțate și mai stabile. Pentru toate valorile N.P., tricotul D (1:15) se remarcă prin cel mai larg interval de izolare și prin valori reduse și uniforme ale transmisibilității în domeniul $T < 1$, diferențele față de tricoturile A–C menținându-se semnificative atât înainte, cât și după finisare. Prezența elastanului conduce la o stabilizare a comportării dinamice, fără a modifica ierarhia performanțelor, raportul de legare rămânând parametrul dominant.

În figura 6.8 se exemplifică evoluția tricoturilor din bumbac și poliester/elastan, realizate cu N.P. = 13, înainte și după aplicarea finisajului umido-termic.

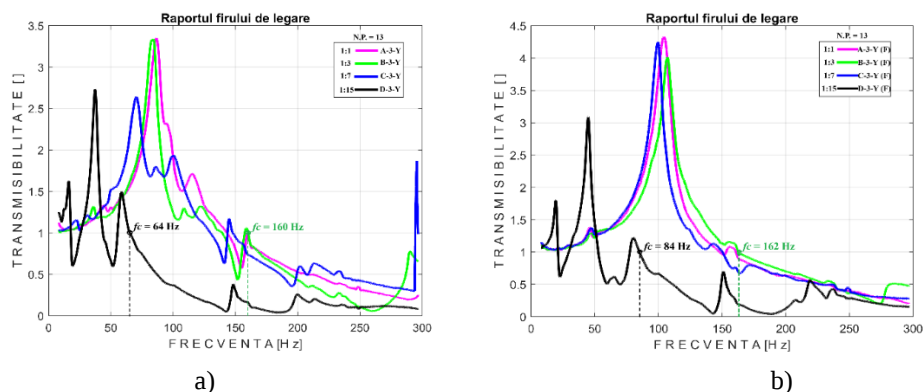


Figura 6.8. Transmisibilitatea tricoturilor cu straturile exterioare din bumbac și poliester/elastan, în corelație cu raportul firului de legare, pentru N.P.=13; a) nefinisat b) finisat;

6.2.4. Interpretarea rezultatelor și validarea planului experimental

Interpretarea rezultatelor vizează corelarea performanțelor de izolare anti-vibrațională cu parametrii tehnologici și structurali controlați, precum și evaluarea influenței finisajului și compararea cu materialele utilizate în mod curent pentru izolarea vibrațiilor. Analiza permite validarea planului experimental și a ipotezelor formulate.

a) Influența locației adâncimii de buclare asupra capacității de izolare anti-vibrațională

Creșterea valorii N.P. conduce, în general, la îmbunătățirea performanței de izolare, prin valori ale f_c mai scăzute, efect asociat reducerii rigidității structurilor. Pentru tricoturile din bumbac, acest comportament poate fi corelat și cu permeabilitatea mai ridicată la aer, în timp ce pentru cele cu elastan este asociat în principal cu creșterea grosimii. Rezultatele sunt în acord cu literatura, care evidențiază, odată cu creșterea N.P., o scădere a rigidității pentru tricoturi fără elastan (Blaga, Seghedin, & Grosu, 2022) și o creștere a grosimii, care conduce la o scădere a permeabilității la aer, dar la o revenire mai bună din compresie, pentru tricoturile cu elastan (Liu & Hu, 2011 a).

b) Influența raportului firului de legare asupra capacității de izolare anti-vibrațională

Creșterea raportului firului de legare determină scăderea frecvențelor de trecere la $T = 1$ și extinderea domeniului de izolare, raportul 1:15 evidențiind cele mai bune performanțe și cea mai stabilă evoluție a curbei T . Tendința este confirmată de literatura de specialitate, care indică performanțe superioare pentru rapoarte ridicate ale firului de legare (Yu, Sukigara, & Masuda, 2020 b), (Chen, et al., 2022).

c) Influența introducerii firului de elastan asupra capacității de izolare anti-vibrațională

Introducerea firului de elastan a condus la creșteri semnificative ale grosimii (până la 153% în stare nefinisată și până la 234% după finisare), însă influența asupra frecvențelor f_r și f_c a fost, în general, moderată. În stare

nefinisată, variațiile f_c au fost sub 25 Hz pentru majoritatea structurilor din grupele A și D, în timp ce pentru grupele B și C s-au înregistrat local creșteri mai mari (până la 70–80 Hz).

După finisare (figura 6.9), creșterile f_c devin mai pronunțate pentru toate grupele (A: 17–66 Hz; B: 24–53 Hz; C: 8–66 Hz; D: 12–44 Hz), evidențiind influența cumulată a grosimii și a rigidizării structurii. În cadrul fiecărui grup, tricotul cu cele mai bune performanțe anti-vibraționale este cel obținut pentru poziția camei de buclare N.P. = 13, respectiv cu cea mai mare cantitate de fir de elastan și implicit cu cea mai mare grosime din grupul său. Regula grosimii nu este însă respectată și de grupul D care, pentru tricotul cel mai gros (9,15 mm), înregistrează cele mai mari f_c . Această observație conduce la ipoteza că, peste un anumit prag, creșterea grosimii poate conduce la o creștere a rigidității, ceea ce determină deplasarea frecvențelor naturale către valori mai ridicate.

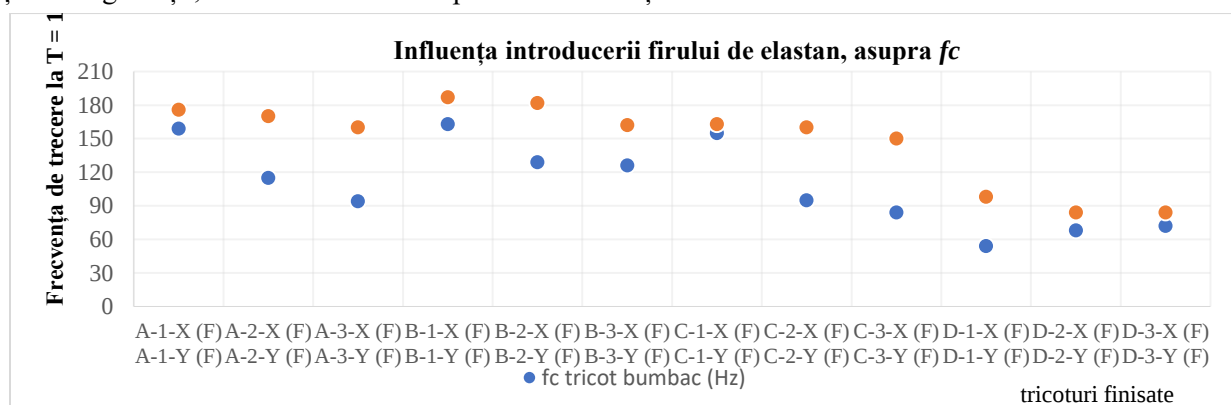


Figura 6.9. Influența introducerii firului de elastan asupra frecvențelor de trecere la $T = 1$, f_c , pentru tricoturile în stare finisată

Rezultatele indică existența unui compromis între grosime și rigiditate, fiind în acord cu literatura, care arată că introducerea elastanului conduce la creșterea grosimii, dar și la creșterea frecvențelor naturale (Yu, Sukigara, & Masuda, 2020 b).

d) **Influența finisajului umido-termic asupra capacității de izolare anti-vibrațională**

Aplicarea finisajului umido-termic a generat modificări dimensionale semnificative, însă influența asupra frecvențelor de trecere la $T = 1$ (f_c) a fost, în majoritatea cazurilor, moderată, fără modificarea ierarhiei performanțelor.

Setul de tricoturi cu straturile exterioare din bumbac 100%

Variațiile f_c au fost, în general, reduse, de ordinul câtorva hertzi, cu unele creșteri locale (ex.: B-3-X: 71 Hz → 126 Hz), fără afectarea tendinței generale. Cu toate că rezultatele privind stabilitatea dimensională au evidențiat variații semnificative, impactul asupra frecvențelor de trecere la $T = 1$ (f_c) a fost relativ redus (tabelul 6.1).

Tabel 6.1 Intervalele de izolare anti-vibrațională ale tricoturilor din bumbac, înainte și după finisaj

Tricoturi nefinisate		Tricoturi finisate	
Codificare tricot	Interval de izolare anti-vibrațională [Hz]	Codificare tricot	Interval de izolare anti-vibrațională [Hz]
A-1-X	162-300	A-1-X (F)	159-300
A-2-X	135-300	A-2-X (F)	115-300
A-3-X	118-300	A-3-X (F)	94-300
B-1-X	150-300	B-1-X (F)	163-300
B-2-X	89-300	B-2-X (F)	129-300
B-3-X	71-300	B-3-X (F)	126-300
C-1-X	152-300	C-1-X (F)	155-300

C-2-X	101-300	C-2-X (F)	95-300
C-3-X	57-300	C-3-X (F)	84-300
D-1-X	43-300	D-1-X (F)	54-300
D-2-X	74-300	D-2-X (F)	68-300
D-3-X	60-300	D-3-X (F)	72-300

Setul de tricoturi cu straturile exterioare din bumbac și poliester/elastan

Se observă aceeași tendință de creștere moderată a f_c după finisare (ex.: D-2-Y: 65 Hz $\rightarrow$ 84 Hz), în condițiile unor contracții dimensionale pronunțate, ceea ce confirmă influența dominantă a parametrilor structurali (tabelul 6.2).

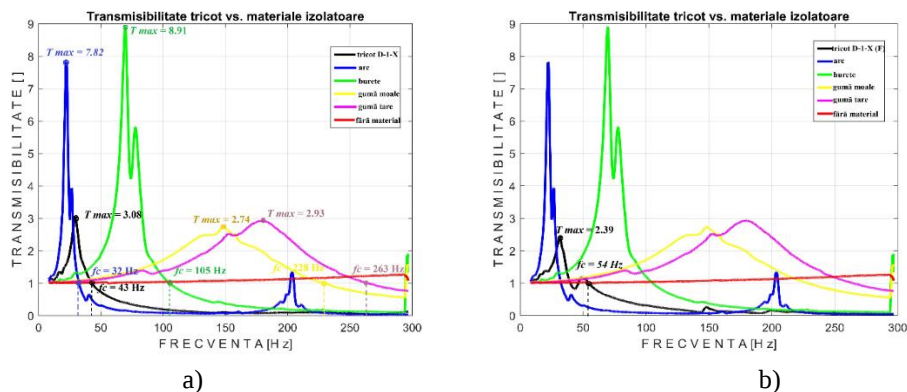
Tabel 6.2 Intervalele de izolare anti-vibrațională ale tricoturilor cu elastan, înainte și după finisaj

Tricoturi nefinisate		Tricoturi finisate	
Codificare tricot	Interval de izolare anti-vibrațională [Hz]	Codificare tricot	Interval de izolare anti-vibrațională [Hz]
A-1-Y	169-300	A-1-Y (F)	176-300
A-2-Y	150-300	A-2-Y (F)	170-300
A-3-Y	143-300	A-3-Y (F)	160-300
B-1-Y	175-300	B-1-Y (F)	187-300
B-2-Y	162-300	B-2-Y (F)	182-300
B-3-Y	160-300	B-3-Y (F)	162-300
C-1-Y	164-300	C-1-Y (F)	163-300
C-2-Y	159-300	C-2-Y (F)	160-300
C-3-Y	147-300	C-3-Y (F)	150-300
D-1-Y	85-300	D-1-Y (F)	98-300
D-2-Y	65-300	D-2-Y (F)	84-300
D-3-Y	64-300	D-3-Y (F)	84-300

Literatura de specialitate menționează numai finisajul realizat prin aburire, pentru tricoturile cu conținut de elastan, cu scopul creșterii grosimii, dar fără evaluarea performanțelor de izolare, înainte și după finisaj. (Chen F. , 2016) (Chen & Hu, 2020), (Chen, et al., 2022).

e) Evaluarea comparativă a tricoturilor cu materiale izolatoare tradiționale

Pentru evaluarea potențialului aplicativ, tricoturile cu cele mai bune performanțe (D-1-X, D-1-X (F), D-3-Y, D-3-Y (F)) au fost comparate cu materiale izolatoare uzuale. Rezultatele arată că tricoturile prezintă frecvențe de trecere la $T = 1$ (f_c) situate între cele ale arcului metalic și cele ale materialelor poroase (burete), dar cu valori ale transmisibilității maxime semnificativ mai reduse și fără reveniri în domeniul $T > 1$ la frecvențe înalte, ceea ce indică o comportare mai stabilă în exploatare (figura 6.10).



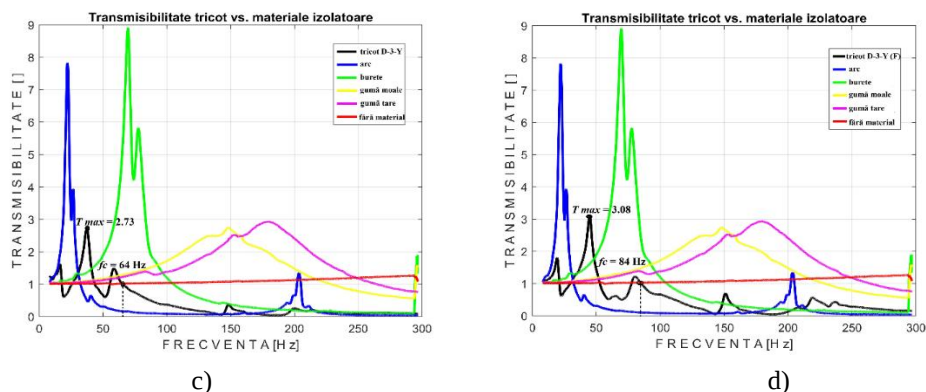


Figura 6.10. Evaluarea comparativă a tricotelor cu materiale izolatoare uzuale
tricot bumbac: a) nefinisat; b) finisat; tricot bumbac și poliester/elastan: c); nefinisat d) finisat

6.3. Evaluarea comportării tricotelor sandwich la compresie gravitațională

6.3.1. Aspecte teoretice

Rezistența la compresie gravitațională reprezintă un parametru esențial în aplicațiile antivibraționale, fiind caracterizată prin deformarea totală și reziduală, indicatori ai capacității de revenire.

6.3.2. Metodologia cercetării

Metodologia de testare la compresie gravitațională a constat în aplicarea unei încărcări controlate asupra eșantioanelor, utilizând un stand experimental echipat cu traductor optic de deplasare, pentru măsurarea precisă a variațiilor de grosime. Eșantionul a fost comprimat între un suport rigid și un platou (tablă din aluminiu cu masa de 10 g), încărcat cu două mase de câte 345 g, iar evoluția deformăției a fost monitorizată în timp, evidențiind etapele de comprimare, descărcare și relaxare. Pentru evaluarea stabilității structurale și a comportării vâscoelastice, o parte dintre probe au fost retestate după 120 de ore de relaxare.

6.3.3. Rezultatele experimentului planificat

Setul de tricouri din bumbac – stare finisată

Creșterea deformăției totale de la grupul A la D indică o reducere a rezistenței la compresie, asociată scăderii unghiului de înclinare al firului de legare. Această tendință este confirmată de studiile asupra tricotelor din bătătură (fără conținut de elastan), care manifestă aceeași evoluție a unghiului de înclinare al monofilamentului, ca și tricotelor din urzeală, respectiv: creșterea raportului de legare implică scăderea unghiului de înclinare, ceea ce conduce la scăderea performanțelor la compresie (Liu & Hu, 2011 a), (Liu Y. , Hu, Zhao, & Long, 2011), (Liu Y. , Hu, Long, & Zhao, 2012), (Liu & Hu, 2014), (Zhang, Hu, Kiosev, & Liu, 2020).

Setul de tricouri din bumbac și poliester/elastan – stare finisată

Pentru tricotelor cu elastan, cu excepția grupului A (16,91%–23,31%), toate celelalte grupuri (B–D) înregistrează deformății totale sub 11%, indicând o opoziție structurală ridicată la compresie și valori reduse ale deformăției reziduale. Această comportare este asociată creșterii unghiului de înclinare al monofilamentului odată cu majorarea raportului de legare, ceea ce conduce la comprimări reduse și o stabilitate structurală superioară sub sarcină. Evoluția confirmă rezultatele raportate în literatura de specialitate, conform cărora cele mai bune rezistențe la compresie sunt obținute pentru tricotelor cu unghi de înclinare cât mai mare, apropiat de 90°, asociate cu o arhitectură tridimensională eficientă în preluarea solicitărilor verticale.

Repetarea testului după 120 h de relaxare pentru grupele C și D din setul de tricoturi de bumbac, a evidențiat valori apropiate ale deformațiilor totale și reziduale între cele două cicluri, indicând absența acumulării deformării permanente și confirmând o bună stabilitate structurală în timp, specifică materialelor cu comportare predominant elastică.

6.3.4. Interpretarea rezultatelor

Rezultatele indică diferențe evidente între cele două tipuri de tricoturi: structurile din bumbac ating deformații de până la 55%, în timp ce tricoturile cu elastan se limitează la 23%, evidențiind o stabilitate superioară sub sarcină. Repetarea testelor confirmă o bună capacitate de revenire și absența acumulării deformării permanente. Aceste concluzii, sunt susținute de literatura de specialitate, care confirmă superioritatea structurilor cu conținut de elastan, pentru aplicații cu rigiditate crescută la compresie (Yu, Sukigara, & Takeuchi, 2020 a), (Yu, Sukigara, & Masuda, 2023), (Yu A. , 2025), (Tekmedash, Ezazshahabi, & Asayesh, 2025).

6.4. Concluzii

Capitolul evidențiază comportarea tricoturilor sandwich la excitație forțată, prin analiza transmisibilității vibrațiilor, precum și a comportării la compresie, din care se desprind următoarele concluzii:

- + Standardele SR EN ISO 10819 și SR EN ISO 13753 sunt limitate la determinarea transmisibilității, dar nu oferă posibilitatea delimitării domeniului de izolare și evoluția pe întreg intervalul de frecvență.
- + Comportarea antivibrațională este determinată de parametrii structurali și tehnologici: creșterea adâncimii de buclare (N.P. = 13) și a raportului firului de legare conduc la extinderea intervalului de izolare, prin scăderea frecvențelor f_c . Grosimea influențează direct performanța, însă peste un anumit prag poate conduce la creșterea rigidității și scăderea performanțelor anti-vibraționale.
- + Introducerea firului de elastan determină creșteri de până la 230% ale grosimii, însoțite de creșteri moderate ale frecvențelor f_c .
- + Finisajul umido-termic produce variații dimensionale importante, dar influențează limitat performanța vibrațională, fără a modifica ierarhia structurilor.
- + Compararea cu materiale izolatoare uzuale arată că tricoturile din grupul D ating performanțe apropiate de arcul metalic și de burete, dar cu o comportare mai stabilă în domeniul de izolare.
- + Testele de compresie evidențiază superioritatea structurilor cu elastan, caracterizate prin deformări reduse și stabilitate structurală ridicată. Tricoturile prezintă, de asemenea, o bună capacitate de revenire, fără acumulare semnificativă a deformării permanente.

6.4.1. Contribuții personale

Contribuțiile personale vizează investigarea comportării tricoturilor sandwich în condiții de excitație forțată și compresie, precum și evaluarea performanțelor anti-vibraționale, prin:

- analiza critică a limitărilor standardelor ISO în evaluarea materialelor anti-vibraționale;
- realizarea unui program experimental extins (216 determinări) pentru 24 variante structurale, înainte și după finisare;
- corelarea comportării vibraționale cu parametrii tehnologici (N.P., raport de legare, materie primă a straturilor exterioare), pentru validarea planului experimental;
- evaluarea influenței finisajului umido-termic asupra performanțelor anti-vibraționale;
- demonstrarea comparativă a performanțelor tricoturilor sandwich față de materialele izolatoare convenționale;
- evidențierea stabilității la compresie și a capacității de revenire a structurilor analizate.

CAPITOLUL 7

APLICAȚII POTENȚIALE ALE TRICOTURILOR SANDWICH ÎN CONTROLUL VIBRAȚIILOR

7.1. Aplicații de izolare anti-vibrațională

Rezultatele obținute evidențiază faptul că tricoturile sandwich din grupul D prezintă performanțe comparabile cu materialele izolatoare uzuale, apropiate de comportarea arcului metalic. Evaluarea teoretică realizată conform cerințelor standardului SR EN ISO 13753, pe baza parametrilor dinamici determinați experimental (rigiditate specifică k_s și factor de amortizare specific c_s), indică valori ale transmisibilității sub limita $T(f) < 0,6$ pentru intervalul 50–500 Hz, pentru toate cele patru structuri selectate (tabelul 7.1).

Tabel 7.1. Transmisibilitatea tricoturilor, pentru intervalul de frecvență (50-500 Hz)

Cod tricot	$T_{(50)}$	$T_{(63)}$	$T_{(80)}$	$T_{(100)}$	$T_{(125)}$	$T_{(160)}$	$T_{(200)}$	$T_{(250)}$	$T_{(315)}$	$T_{(400)}$	$T_{(500)}$
D-1-X	0,049	0,033	0,020	0,013	0,008	0,006	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002
D-1-X (F)	0,059	0,040	0,025	0,016	0,010	0,007	0,008	0,007	0,005	0,004	0,003
D-3-Y	0,076	0,049	0,030	0,019	0,013	0,009	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003
D-3-Y (F)	0,112	0,070	0,042	0,017	0,012	0,011	0,008	0,006	0,004	0,004	0,004

Extinderea analizei către domeniul frecvențelor joase (10–40 Hz) arată că performanța depinde de structură și finisaj, tricoturile cu elastan atingând domeniul de izolare de la frecvențe mai reduse (până la 10 Hz) comparativ cu cele din bumbac (tabelul 7.2).

Tabel 7.2. Transmisibilitatea tricoturilor, pentru intervalul de frecvență (10-40 Hz)

Cod tricot	$T_{(10)}$	$T_{(12,5)}$	$T_{(16)}$	$T_{(20)}$	$T_{(25)}$	$T_{(31,5)}$	$T_{(40)}$
D-1-X	8,670	1,796	0,640	0,339	0,184	0,111	0,072
D-1-X (F)	4,446	1,446	0,607	0,341	0,198	0,124	0,081
D-3-Y	0,924	0,600	0,391	0,232	0,145	0,094	0,063
D-3-Y (F)	0,584	0,389	0,271	0,174	0,116	0,079	0,055

Analiza teoretică indică potențialul ridicat de utilizare ca materiale reziliente integrate în zona palmei mănușilor anti-vibrații, respectiv pentru acoperirea mânerelor uneltelor vibrante. Pentru o astfel de analiză este importantă cunoașterea condițiilor de exploatare, care pot fi legate de parametrii de generare a vibrațiilor (masa și accelerația), sau de constrângeri impuse de confortul sau funcționalitatea produsului. De exemplu, SR EN ISO 10819 limitează grosimea materialelor reziliente la maximum 8 mm, ceea ce ar însemna excluderea din analiza teoretică a tricotului D-3-Y (F), cu o grosime de 8,51 mm, din potențialele aplicații de protecție pentru sistemul mână-braț. Totodată, tricoturile din grupul D au înregistrat rigiditate crescută la încovoiere, limitând utilizarea sa în aplicații ce necesită dexteritate. Aceleași caracteristici (grosime ridicată și rigiditate mare la încovoiere) pot deveni avantaje importante în aplicații cu rezistență ridicată la compresie, precum pernele pentru scaune.

7.2. Aplicații de amplificare vibrațională

În majoritatea aplicațiilor ingineresti, se urmărește utilizarea acestor materiale în domeniul în care transmisibilitatea este subunitară ($T < 1$), respectiv în zona de izolare. Cu toate acestea, pot exista și aplicații punctuale în care transmiterea vibrațiilor ($T = 1$) sau amplificarea controlată a acestora ($T > 1$) este dorită. În apropierea frecvenței de rezonanță, sistemele elastice prezintă valori supraunitare ale transmisibilității, ceea ce

conduce la amplificarea mișcării. Această proprietate poate fi valorificată în diverse aplicații în care energia vibrațională este utilizată pentru transmiterea mișcării, pentru stimulare mecanică sau pentru recuperarea energiei vibraționale (*vibration energy harvesting*).

Structurile tricotate sandwich dezvoltate în cadrul prezentei cercetări, caracterizate prin rigiditate relativ redusă și comportare elastică, pot prezenta potențial de utilizare în astfel de aplicații. Domeniile posibile de utilizare includ: *dispozitive portabile și electronice* (huse pentru telefoane mobile), *echipamente sportive* (materiale elastice utilizate în structura suprafețelor de joc), *sisteme biomecanice* care pot contribui la stocarea și restituirea energiei elastice în timpul mișcării, sau *dispozitive de stimulare vibrațională și wellness* (sisteme utilizate în fotolii sau aparate de masaj corporal), evidențiind astfel versatilitatea funcțională a acestor materiale.

7.3. Concluzii

Capitolul sintetizează direcțiile de aplicabilitate ale tricaturilor sandwich și potențialul acestora în controlul vibrațiilor, din care se formulează următoarele concluzii:

- ✚ Analiza teoretică realizată în raport cu cerințele standardului SR EN ISO 13753 indică potențialul structurilor selectate de a fi integrate în echipamentele individuale de protecție destinate sistemului mână-braț;
- ✚ Pe lângă aplicațiile de izolare anti-vibrațională, tricaturile sandwich pot fi utilizate și în aplicații de transmitere sau amplificarea controlată a vibrațiilor, evidențiind versatilitatea funcțională a acestora.

✚ 7.3.1. Contribuții personale

Contribuțiile personale din cadrul acestui capitol vizează valorificarea rezultatelor experimentale prin:

- realizarea unei analize teoretice a transmisibilității în raport cu SR EN ISO 13753, evidențiind potențialul utilizării ca materiale reziliente în echipamente individuale de protecție;
- extinderea domeniului de aplicabilitate incluzând atât izolarea, cât și transmiterea sau amplificarea controlată a vibrațiilor.

CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Concluzii generale

Cercetarea realizată a permis investigarea complexă a comportării tricaturilor sandwich la vibrații, prin corelarea parametrilor structurali și tehnologici cu răspunsul dinamic al materialelor, evidențiind potențialul acestora de a fi utilizate ca materiale izolatoare eficiente și conducând la formularea următoarelor concluzii generale:

- Expunerea profesională la vibrații mecanice constituie un factor major de risc pentru sănătatea lucrătorilor, ceea ce justifică necesitatea dezvoltării unor materiale reziliente eficiente, în condițiile limitărilor de confort și ergonomie ale soluțiilor convenționale.
- Analiza literaturii de specialitate și planul experimental elaborat au demonstrat potențialul tricaturilor sandwich ca materiale izolatoare active, cu proprietăți controlabile, prin parametri structurali și tehnologici (adâncimea de buclare, raportul de legare și materia primă).
- Determinarea proprietăților textile, precum permeabilitatea la aer sau rigiditatea la încovoiere, este esențială pentru asigurarea simultană a confortului și performanțelor anti-vibraționale.
- Caracterizarea comportării dinamice a evidențiat importanța frecvențelor naturale (f_n), a frecvențelor de trecere spre $T = 1$ (f_c) și a transmisibilității (T), precum și complementaritatea metodelor utilizate pentru generarea vibrațiilor.
- Metoda de excitație de tip impuls permite determinarea frecvențelor naturale, însă nu oferă informații privind comportarea pe întreg domeniul de frecvență, în timp ce metoda de excitație forțată permite

analiza completă a transmisibilității și identificarea domeniilor de izolare și amplificare, depășind limitările standardelor ISO.

- Rezultatele experimentale au validat planul experimental, demonstrând că majorarea raportului firului de legare și a adâncimii de buclare, conduc la extinderea intervalului de izolare prin reducerea frecvențelor de trecere spre $T = 1 (fc)$, creșterea grosimii determină, în general, scăderea acestor frecvențe, introducerea elasthanului crește grosimea și influențează moderat comportarea dinamică, iar finisajul umido-termic are un efect secundar, confirmând rolul dominant al parametrilor structurali.
- Tricoturile sandwich dezvoltate au înregistrat performanțe anti-vibraționale comparabile cu materialele izolatoare convenționale, situându-se între comportarea unui sistem elastic ideal (arcul metalic) și cea a materialelor poroase (burete).
- Comportarea la compresie evidențiază o capacitate ridicată de revenire și stabilitate la solicitări repetate, în special în cazul structurilor care conțin elasthan.
- Structurile tricotate sandwich pot fi proiectate atât pentru izolare, cât și pentru amplificarea controlată a vibrațiilor, prin ajustarea frecvențelor proprii, un izolator eficient fiind caracterizat prin rigiditate dinamică redusă.

Contribuții teoretice

Contribuțiile teoretice ale prezentei cercetări reflectă aportul în dezvoltarea cadrului conceptual și metologic al studiului comportării materialelor textile în condiții de vibrații, fiind sintetizate după cum urmează:

- Sintetizarea conceptelor privind vibrațiile mecanice, în corelație cu expunerea profesională și cadrul legislativ.
- Analiza critică a materialelor și produselor anti-vibraționale și evidențierea limitărilor soluțiilor convenționale.
- Clasificarea structurilor tricotate și identificarea relației structură–proprietăți–comportare la vibrații.
- Analiza metodelor de măsurare a vibrațiilor și fundamentarea teoretică a cercetărilor experimentale privind caracterizarea comportării dinamice a tricoturilor sandwich.
- Identificarea direcțiilor de aplicabilitate pentru tricoturile sandwich dezvoltate.

Contribuții experimentale

Contribuțiile experimentale vizează aportul propriu în investigarea comportării tricoturilor sandwich, printr-un program extins de testare și analiza, concretizat prin:

- Elaborarea unui plan experimental fundamentat pe corelarea parametrilor tehnologici și structurali identificați în literatura de specialitate și validați prin investigarea unor structuri tricotate de referință.
- Determinarea proprietăților specifice materialelor textile și corelarea acestora cu variabilele experimentale.
- Caracterizarea comportării dinamice printr-un volum extins de măsurători: 360 de determinări ale frecvențelor naturale prin metoda excitației de tip impuls, 216 determinări ale transmisibilității prin metoda excitației forțate cuasiarmonice și 30 de determinări la compresie gravitațională.
- Evaluarea influenței finisajului umido-termic asupra răspunsului vibrațional.
- Compararea experimentală a tricoturilor sandwich dezvoltate cu materialele izolatoare convenționale și poziționarea performanțelor obținute.

Direcții viitoare de cercetare

Rezultatele obținute în cadrul prezentei cercetări conturează o serie de direcții viitoare de dezvoltare, menite să extindă aplicabilitatea tricotelor sandwich în controlul vibrațiilor, după cum urmează:

1. **Dezvoltarea unor modele predictive pentru comportarea anti-vibrațională a tricotelor**, pe baza corelării parametrilor structurali și tehnologici cu răspunsul dinamic.
2. **Investigarea influenței finisajelor de funcționalizare** - tratamente antibacteriene/ antimicrobiene, de hidrofobizare, depuneri de micro/nanoparticule (SiO_2 sau TiO_2) și acoperiri polimerice (poliuretanică sau siliconică) - asupra rigidității și răspunsului dinamic al materialului.
3. **Proiectarea unor structuri inteligente prin integrarea senzorilor de măsurare a vibrațiilor în tricoteuri**, în vederea obținerii unor produse capabile să monitorizeze în timp real nivelul expunerii la vibrații și să semnaleze apropierea sau depășirea pragurilor critice de expunere, stabilite de legislația în vigoare.
4. **Evaluarea subiectivă a percepției vibrațiilor și a confortului**, pe baza unor chestionare aplicate utilizatorilor, pentru corelarea rezultatelor experimentale cu răspunsul uman.

Limitările cercetării

Cercetarea prezintă o serie de limitări, determinate de condițiile experimentale disponibile și de evaluarea în condiții concrete de utilizare.

1. **Caracterizarea comportării vibraționale s-a efectuat în condiții de laborator**, pe un interval controlat de frecvență și sarcină, în absența posibilității de testare într-un cadru standardizat, la nivel național.
2. **Evaluarea performanțelor a fost realizată la nivel de materiale**, fără integrarea structurilor în produse finite, cu o anumită destinație.

LISTA DE LUCRĂRI PUBLICATE

Lucrări publicate în reviste cotate ISI (Web of Science cu factor de impact)

C. Grosu, M. Blaga, R. Harpa, D. Fărîmă, M. Penciu, A. R. Ciobanu, M. Perdevară, *Influence of wet thermal treatment on the performance of three-dimensional weft-knitted fabrics intended for personal protective equipment applications*, în *Industria Textilă*, 2026, Vol. 77, Nr. 3, pag. 453-460, <https://doi.org/10.35530/IT.077.03.2025154>, (I.F. 2025 = 1; cuartila Q3 – Web of Science);

C. Grosu, M. Blaga, N.-E. Seghedin, M.-L. Avădanei, M. Perdevară, A. Marmarali, *Knitted linings for protective equipment against vibrations*, în *Industria Textilă*, 2025, Vol. 76, Nr. 1, Special Issue on Textiles for human performance, pag. 44-51, <http://doi.org/10.35530/IT.076.01.2023142> (I.F. 2025 = 1; cuartila Q3 – Web of Science);

Blaga, M., Seghedin, N.E., Horodincă, M., **Grosu, C.**, Gaaloul, H., Babay, A., Dhouib, S., Azouz, B., *Behaviour of Knitted Materials in a Vibrating Environment*, în *Materials*, 2025, Vol. 18, Nr. 3, ISSN 1996-1944, <http://dx.doi.org/10.3390/ma18030479> (I.F. 2025 = 3,7; cuartila Q2 – Web of Science);

M. Blaga, N. E. Seghedin, **C. Grosu**, *Measuring the natural frequencies of knitted materials for protection against vibrations*, în *Industria Textilă*, 2022, Vol. 73, Nr. 1, Special Issue on Biotechnology and Protection against Hazards, pag. 89-95, <http://doi.org/10.35530/IT.073.01.202057> (I.F. 2022 = 1,3; cuartila Q2 – Web of Science);

Lucrări publicate în reviste indexate BDI

M. Perdevară, **C. Grosu**, I. O. Rusu, D. A. Plăcintă, M. Blaga, *Using the vibration transmissibility of knitted fabrics for various applications*, în Proceedings of the 2nd International Textile & Fashion Congress “Innovate, Integrate, Inspire: The Future of Textiles” (ITFC 2026), pag. 465-469, ISBN 978-975-561-775-6, <https://www.itfc2026.com/publications>;

C. Grosu, M. Blaga, M. Horodincă, N.E. Seghedin, *Methods for assessing vibration transmissibility in materials with intrinsic damping properties*, în Proceedings of the 12th International Conference TEXTEH, 2025, vol. 10, pag. 116-122, PDF ISBN 978-83-68412-04-8, <https://doi.org/10.2478/9788368412048-015>;

M. Blaga, **C. Grosu**, N.E. Seghedin, A.R. Ciobanu, A. Marmarali, *Design of Knitted Fabrics for Anti-Vibration Glove Liners*, în Proceedings of The International Symposium "Technical Textiles - Present and Future", 2023, pag. 72-79, PDF ISBN: 978-83-67405-35-5, <https://doi.org/10.2478/9788367405355-012>;

C. Grosu, M. Blaga, *Overview of the knitted materials with vibrations damping capacity*, în Proceedings of the 10th International Conference TEXTEH, 2021, vol. 10, pag. 342-347, ISSN 2068 – 9101, <https://doi.org/10.35530/TT.2021.54>

C. Grosu, R.-V. Scarlat, E.-I. Ștefan, M. Blaga, *Interactive guide for study the vibrations protection textile materials*, în Proceedings of The 17th International Scientific Conference eLearning and Software for Education Bucharest (ELSE), 2021, <https://doi.org/10.12753/2066-026X-21-158>;

Lucrări publicate în reviste neindexate

C. Grosu, M. Blaga, *Human body vibration. Study about the influence of knitted structures parameters against the negative effects of the phenomenon*, în Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Editura POLITEHNIUM, 2021, Vol. 62 (71), No. 1-4, Secția TEXTILE. PIELĂRIE;

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Blaga, M., Seghedin, N., Horodincă, N., **Grosu, C.**, Gaaloul, H., Babay, A., Dhoub S., Azouz, B., 2025, *Behaviour of Knitted Materials in a Vibrating Environment*, în Materials, 18 (3), pag. 1-22, <https://doi.org/10.3390/ma18030479>.
- Blaga, M., **Grosu, C.**, Seghedin, N.-E., Ciobanu, A.-R., Marmarali, A., 2023, *Design of Knitted Fabrics for Anti-Vibration Glove Liners*, în Proceedings International Symposium "Technical Textiles - Present and Future", pag. 72-79, PDF ISBN: 978-83-67405-35-5, <https://doi.org/10.2478/9788367405355-012>
- Blaga, M., Seghedin, N. E., **Grosu, C.**, 2022, *Measuring the natural frequencies of knitted materials for protection*, în Industria Textila, 73 (1), pag. 89-95, <http://doi.org/10.35530/IT.073.01.202057>.
- Chen, F., Wang, J., Gao, S., Ning, X., Yan, P., Tian, M., 2022, *An experimental study on the vibration behavior and the physical properties of weft-knitted spacer fabrics manufactured using flat knitting technology*, în Textile Research Journal, 93 (3-4), <https://doi.org/10.1177/00405175221124929>.
- Chwalik-Pilszyk, G., Cirkel, D., Cirkel, M. S., 2025, *Application of Polyurethane Foam as a Material for Reducing Vibration of Wheelchair User*, în Materials, 18 (6), pag. 1-14, <https://doi.org/10.3390/ma18061280>.
- Erol, I., 2025, *Damping Rates of Anti-Vibration Gloves Made of Different Materials*, în Applied Sciences, 15, pag. 1-16, <https://doi.org/10.3390/app15126630>.
- Frydrysiak, M., Pawliczak, Z., 2024, *Design and Testing of 3D Textile Materials with VibroInsulating Properties, Applicable in the Construction of Vibroisolating Seats for Machine and Device Operators*, în Fibres & Textiles in Eastern Europe, 32 (3), pag. 57-68, <https://doi.org/10.2478/ftce-2024-0020>.
- Goggins, K. A., Thompson, T. J., Lessel, C. E., Kelly, E. A., O'Hara, D. E., & Eger, T. R., 2024, *The effects of standing foot-transmitted vibration on self-reported discomfort ratings*, în WORK: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 78 (1), pag. 153-165, <https://doi.org/10.3233/WOR-230491>.

- Grosu, C.**, Blaga, M., Harpa, R., Fărimă, D., Penciu, M., Ciobanu, A., Perdevară, M., 2026, *The influence of wet thermal treatment on the performance of the three-dimensional weft-knitted fabrics intended for personal protective equipment applications*, în *Industria Textilă*, 77 (3).
- Grosu, C.**, Blaga, M., Seghedin, N., Avadanei, M., Perdevara, M., & Marmarali, A., 2025, *Knitted linings for protective equipment against vibrations*, în *Industria Textila*, 76 (1), pag. 44-51, <https://doi.org/10.35530/IT.076.01.2023142>.
- Grosu, C.**, Blaga, M., Horodincă, M., Seghedin, N. E., 2025, *Methods for Assessing Vibration Transmissibility in Materials with Intrinsic Damping Properties*. în *Proceedings Tex Teh International Conference*, ediția XII, pag. 116-122, Editura Certex, doi:<https://doi.org/10.2478/9788368412048-015>.
- Grosu, C.**, Blaga, M., 2021 a, *Human Body Vibration. Study About the Influence of Knitted Structures Parameters Against the Negative Effects of the Phenomenon*, în *Buletinul Institutului Politehnic din Iași*, 62 (71), Secția TEXTILE. PIELĂRIE, pag. 73-82.
- Grosu, C.**, Blaga, M., 2021 b, *Overview of the knitted materials with vibrations damping capacity*, în *Proceedings Tex Teh Conference*, ediția X, pag. 342-347, Editura Certex. <https://doi.org/10.35530/TT.2021.54>.
- Grosu, C.**, Scarlat, V. R., Ștefan, E. I., Blaga, M., 2021, *Interactive guide for study the vibrations protection textile materials*, în *Proceedings International Scientific Conference eLearning and Software for Education (ELSE)*, ediția XVII, pag. 144-154, doi:10.12753/2066-026X-21-158.
- Huang, J., Liu, Y., 2025, *Anisotropic structure-induced in-plane heterogeneous compression behavior of 3D mesh fabric*, în *Textile Research Journal*, 95 (23-24), pag. 1-15. <https://doi.org/10.1177/00405175241305143>.
- Johanning, E., 2026, *An Adverse Outcome Resulting from an Aftermarket Modification of a Suspension Seat: A Sentinel Health Event Investigation*, în *Vibration*, 9 (11), pag. 1-12, <https://doi.org/10.3390/vibration9010011>.
- Kongjaroen, A., Pruktharathikul, V., Chaiklieng, S., 2025, *Seat suspension design for reduction of whole-body vibration of forklift drivers in warehouse*, în *International Journal of Public Health Asia Pacific*, 4 (9), pag. 89-100, <https://doi.org/10.62992/b055dr50>.
- Liu, Y., Hu, H., 2015 b, *Vibration isolation behaviour of 3D polymeric knitted spacer fabrics under harmonic vibration testing conditions*, în *Polymer Testing*, 48, pag. 120-129, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2015.09.003>.
- Luintel, M. C., 2024, *Textbook of Mechanical Vibrations*, Editura Springer, <https://doi.org/10.1007/978-981-99-3614-4>.
- Pang, Z., Chen, Y., Li, S., Du, C., Fan, Q., Lai, F., Liu, H., 2026, *Advances in Damping Gel Materials: From Characterization and Design to Applications*, în *Advanced Functional Materials*, <https://doi.org/10.1002/adfm.202530908>.
- SR EN ISO 13753:2008 *Vibrații și șocuri mecanice. Vibrații mână braț. Metodă de măsurare a factorului de transmitere a vibrațiilor pentru materialele elastice solicate de sistemul mână braț*.
- SR EN ISO 10819:2013 *Vibrații și șocuri mecanice. Vibrații mână-braț. Măsurarea și evaluarea factorului de transmitere a vibrațiilor de la mână la palmă*.
- Tarabini, M., Eger, T., Goggins, K. A., Moorhead, A. P., Goi, F., 2021, *Effect of the Shoe Sole on the Vibration Transmitted from the Supporting Surface to the Feet*, în *Vibration*, 4 (4), pag. 743-758, <https://doi.org/10.3390/vibration4040041>.
- Tekmedash, M. I., Ezazshahabi, N., Asayesh, A., 2025, *The influence of fabric structure on the static and dynamic compressional performance of weft-knitted spacer fabrics*, în *Mechanics of Time-Dependent Materials*, 2 (42). <https://doi.org/10.1007/s11043-025-09778-9>.
- Wang, Y. L., Chen, H. R., Yu, a., Masuda, A., Takeuchi, S., 2025, *Evaluation of anti-vibration properties in work gloves using novel 3D knitted padding*, în *Journal of Industrial Textiles*, 55, pag. 1-22, <https://doi.org/10.1177/15280837251315943>.
- Yan, S. N., Wang, Y. L., Yu, A., 2026, *Influence of Connective Architectures of Inlaid Weft-Knitted Spacer Fabric on Compression, Impact Force Absorption, and Vibration Isolation*, în *Polymers*, 18 (151), pag. 1-15, <https://doi.org/10.3390/polym18020151>.
- Yu, A., 2025, *Design and Development of an Anti-Vibration Glove: Integrating Ergonomics and Materials Fabrication*, proiect cercetare, Hong Kong Polytechnic University.
- Yu, A., Sukigara, S., Masuda, A., 2023, *Vibration Isolation Properties of Novel Spacer Fabric with Silicone Inlay*, în *Polymers*, 15 (5), (1089), pag. 1-12, <https://doi.org/10.3390/polym15051089>.
- Yu, A., Sukigara, S., 2021, *Evaluation of the design and materials of anti-vibration gloves: Impact on hand dexterity and forearm muscle activity*, în *Applied Ergonomics*, 98 (2022), pag. 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103572>.
- Yu, A., Sukigara, S., Shirakihara, M., 2021, *Effect of Silicone Inlaid Materials on Reinforcing Compressive Strength of Weft-Knitted Spacer Fabric for Cushioning Applications*, în *Polymers*, 13 (3645), pag. 1-12. <https://doi.org/10.3390/polym13213645>.
- Zhang, Y., Hu, H., Kiosev, Y., & Liu, Y., 2020, *Finite element modeling of 3D spacer fabric: Effect of the geometric variation and amount of spacer yarns*, în *Composite Structures*, 236 (111846), <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111846>.