



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**  
**Formator modul complementar**  
**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”**,  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### Calitatea solului, factor determinant în producția vegetală

**Nume și prenume membru GT:** ARBANAȘ (MORARU) SORINA-SIMONA

**Calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand

**Titlu teză de doctorat:** Cercetări privind impactul activităților industriei siderurgice asupra potențialului edafic și vegetal al solurilor din zonele adiacente

**Conducător științific:** Prof. dr. habil. ing. fiz. ENE ANTOANETA

**Domeniul de studii:** Inginerie industrială

**Domeniu specializare inteligentă:** Bioeconomie

În termeni largi, solul este definit ca fiind acel strat de la suprafața Pământului, format în anumite condiții de mediu, sub influența factorilor exogeni și endogeni ai acestuia, capabil să asigure funcții ecologice complexe și să susțină producția vegetală [1], [2].

Solul, element central în funcționarea ecosistemelor, este situat la intersecția tuturor geosferelor (hidrosferă, atmosferă, biosferă, litosferă) și se află sub influența și relaționarea lor permanentă [3]. Formarea și evoluția solului se datorează unui cumul de factori pedogenetici, naturali (relief, geologie, climă, hidrografie, vegetație) și antropici, care sub acțiunea lor conjugată generează tipuri și subtipuri de sol cu diferite proprietăți fizico-chimice. Prin urmare, nu putem vorbi despre impactul unuia dintre acești factori asupra caracteristicilor pedonului dintr-un anumit areal fără a analiza și intensitatea acțiunii celorlalți.

La nivel mondial există o preocupare intensă în ceea ce privește cercetarea factorilor determinanți în stabilirea calității solului din perspectiva productivității lui agricole și a impactului asupra sănătății oamenilor și animalelor.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

În practica pedologică din România, calitatea solului este stabilită în funcție de nota de bonitare a terenului agricol, în acord cu totalitatea factorilor naturali și antropici implicați în modificarea în timp a condițiilor fizico-chimice de la nivelul solului [4] cu rol în creșterea plantelor și obținerea recoltelor.

Bazele bonității terenurilor în România au fost puse de [5], care a elaborat o metodologie de apreciere a calității solului și favorabilității terenului pentru anumite culturi pe baza unui număr de 18 indicatori cu impact însemnat asupra productivității solului:

- *factori fizico-geografici*: temperatura medie anuală corectată în funcție de panta și expoziția terenului, precipitațiile medii anuale corectate în funcție de panta terenului, panta terenului, tipul de alunecări de teren, adâncimea apei freatice, inundabilitatea, excesul de umiditate la suprafață.

- *factori fizico-chimici*: permeabilitatea solului, gradul de gleizare, gradul de pseudogleizare, gradul de salinizare sau alcalizare, textura solului în primii 20 cm, gradul de poluare, porozitatea totală a solului în stratul restrictiv, conținutul de CaCO<sub>3</sub> total pe adâncimea de 0-50 cm, reacția solului și gradul de saturație în baze în stratul arat sau în primii 20 cm, volumul edafic, rezerva de humus pe adâncimea de 0-50 cm. Studiile lui Teaci D. au fost continuate de [6], având drept rezultat metodologia de elaborare a studiilor pedologice.

În funcție de nivelul limitării, fiecărui indicator menționat îi este asociat un coeficient de bonitare notat de la 0 la 1. Nota de bonitare a terenului, în condiții naturale, este obținută prin înmulțirea produsului coeficienților de bonitare pentru cei 18 indicatori menționați mai sus, cu 100 după următoarea formulă generală de calcul [2]:

$$y = (x_1 \times x_2 \times x_3 \times \dots \times x_{18}) \times 100$$

unde: y – nota de bonitare în condiții naturale;

x- coeficientul de bonitare pentru fiecare dintre cei 18 indicatori

Astfel, valorile notei de bonitare a terenului se pot încadra în intervalul 0-100 (terenuri cu limitări foarte severe-teren cu limitări foarte slabe). Încadrarea terenului în clase de calitate se realizează după următoarea clasificare:

Tabel 1 Încadrarea terenurilor agricole în clase de calitate după nota de bonitare naturală [6]

Clasa de calitate	Interval note de bonitare				
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
	a V-a (teren cu limitări foarte severe)	a IV-a (teren cu limitări severe)	a III-a (teren cu limitări moderate)	a II-a (teren cu limitări slabe)	I (teren cu limitări foarte slabe)





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Pentru teritoriul României, [7] raportează o notă medie de bonitare naturală la arabil de 54 de puncte, încadrând terenul la clasa a III-a de calitate. După datele furnizate de [8a], [8b] și [9], clasele de calitate a terenului, în condiții naturale, la folosința arabil, pentru teritoriile Șendreni și Tulucești, județul Galați și teritoriul Vădeni, județul Brăila sunt redată în Tabelul 2.

Tabel 2 Situația claselor de calitate la folosința arabil, în condiții naturale pentru teritoriile Șendreni și Tulucești (jud. Galați) și Vădeni (jud. Brăila)  
(prelucrare după [8a], [8b] și [9])

Teritoriul	Clasa de calitate									
	I (ha)	NB	a II-a (ha)	NB	a III-a (ha)	NB	a IV-a (ha)	NB	a V-a (ha)	NB
<i>județul Galați</i>										
Șendreni	3.20	82	681.29	66	1585.26	55	1031.10	34	31.30	18
Tulucești	8.87	82	492.14	66	3708.96	53	532.13	34	293.92	11
<i>județul Brăila</i>										
Vădeni	-	-	2056.76	70	5537.93	53	3985.31	32	-	-

Pe plan internațional, cei mai utilizați indicatori în aprecierea calității solului fac referire la stabilitatea structurală, conținutul de materie organică, densitatea aparentă, fosforul și potasiul mobil, textura solului, conținutul de apă din sol, pH, azotul total, conductivitatea electrică, capacitatea de schimb cationic [44].

În numeroase articole internaționale, calitatea solului este stabilită în funcție de nivelul concentrației elementelor toxice sau cu potențial toxice prin intermediul unor formule de calcul pentru așa-numiții *indici de poluare*, fie ei simpli sau complecși. O selecție a formulelor de calcul pentru indicii de poluare este redată în Tabelul 3.





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Tabel 3 Indici de poluare simpli și complecși utilizați în aprecierea calității solului

Indice de poluare	Formula de calcul	Aprecieri		Referințe
<b>INDICI DE POLUARE SIMPLI</b>				
<i>Indicele de geoacumulare (Igeo)</i> - introdus de Müller, 1969	$I_{geo} = \log_2 \left[ \frac{C_i}{1.5 \cdot B_i} \right]$ <i>I<sub>geo</sub></i> – indice de geoacumulare <i>C<sub>i</sub></i> – concentrația metalului greu <i>i</i> în sol <i>B<sub>i</sub></i> – valoare de referință a metalului în fondul natural 1.5 – constantă pentru posibile variații ale valorilor de fond datorate diversității litologice	<i>I<sub>geo</sub></i> ≤ 0	sol nepoluat (clasa 0)	[10], [11], [12], [18], [19], [20], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [39], [40]
		0 < <i>I<sub>geo</sub></i> ≤ 1	sol de la nepoluat la moderat poluat (clasa 1)	
		1 < <i>I<sub>geo</sub></i> ≤ 2	sol moderat poluat (clasa 2)	
		2 < <i>I<sub>geo</sub></i> ≤ 3	sol de la moderat la puternic poluat (clasa 3)	
		3 < <i>I<sub>geo</sub></i> ≤ 4	sol puternic poluat (clasa 4)	
		4 < <i>I<sub>geo</sub></i> ≤ 5	sol excesiv poluat (clasa 5)	
		<i>I<sub>geo</sub></i> > 5	sol de la puternic la foarte puternic poluat (clasa 6)	
<i>Indicele individual de poluare (IP)</i> - introdus de Wedepohl et al., 1961	$P = \frac{C_i}{B_i}$ <i>IP</i> – indicele individual de poluare pentru metalul <i>i</i> <i>C<sub>i</sub></i> – concentrația metalului greu <i>i</i> în sol	<i>IP</i> < 1	contaminare absentă (clasa 1)	[11], [17], [14], [33], [34], [38]
		1 < <i>IP</i> < 2	contaminare slabă (clasa 2)	
		2 < <i>IP</i> < 3	contaminare moderată (clasa 3)	
		3 < <i>IP</i> < 5	contaminare puternică (clasa 4)	
		<i>IP</i> > 5	contaminare foarte puternică (clasa 5)	





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Indice de poluare	Formula de calcul	Apreciere		Referințe
	Bi – valoarea de referință a metalului greu i în fondul natural			
<p><i>Factorul de îmbogățire (FI)</i></p> <p>- inițial calculat pentru aprecierea originii elementelor din atmosferă, precipitații, apa mării de Goldberg, 1972; Chester and Stoner, 1973; Zoller et al., 1974; Duce et al., 1975; extins pentru studiul solurilor, sedimentelor, turbe, deșeuri și alte materiale de Ragaini et al., 1977; Loska et al., 1997; Reimann C., Caritat P., 2005</p>	$FI = \frac{\left[\frac{C_i}{X}\right]_{probă}}{\left[\frac{B_i}{X}\right]_{fond}}$ <p>FI – factor de îmbogățire</p> <p><math>\left[\frac{C_i}{X}\right]</math> - raportul dintre conținutul de metal (Ci) și unul dintre elementele Fe/Al/Ca/Ti/Sc/Mn (X) din proba analizată</p> <p><math>\left[\frac{B_i}{X}\right]</math> – raportul dintre concentrația metalului (Bi) și unul dintre elementele Fe/Al/Ca/Ti/Sc/Mn (X) în fondul natural</p>	<2	între carență și îmbogățire minimă	[11], [12], [15], [19], [20], [22], [23], [27], [28], [29], [32], [33], [34], [35], [37], [39], [40]
		2-5	îmbogățire medie	
		5-20	îmbogățire semnificativă	
		20-40	îmbogățire foarte mare	
		>40	îmbogățire extrem de mare	
<p><i>Factorul de contaminare (Fc)</i></p> <p>- introdus de Håkanson, 1980</p>	$F_c^i = \frac{MC_i}{Vp_i}$ <p><math>F_c^i</math> – factorul de contaminare cu metalul i</p> <p>MCi - conținutul mediu al unui metal greu i din cel puțin</p>	$F_c^i < 1$	contaminare slabă	[11], [12], [13], [19], [20], [24], [26], [27], [29], [31], [32], [33], [34], [36], [38], [39], [42]
		$1 \leq F_c^i < 3$	contaminare moderată	
		$3 \leq F_c^i < 6$	contaminare considerabilă	
		$F_c^i \geq 6$	contaminare foarte ridicată	





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Indice de poluare	Formula de calcul	Apreciere		Referințe
	cinci puncte de prelevare, distribuite uniform pe suprafața studiată $V_{pi}$ – valoarea pre-industrială de referință a metalului $i$ [13]			
<b>INDICI DE POLUARE COMPLEXI</b>				
<i>Suma contaminării (<math>C_{sum}</math>)</i> - introdus de Håkanson, 1980	$C_{sum} = \sum_{i=1}^n IP$ $C_{sum}$ – suma contaminării IP – indicele individual de poluare a unui metal greu $i$ $n$ – numărul total de metale grele analizate			[11], [12], [28], [33]
<i>Indicele de poluare Nemerow (<math>IP_{Nemerow}</math>)</i> - introdus de Zhong et al., 2010	$IP_{Nemerow} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n IP_i\right)^2 + IP_{max}^2}{n}}$ $IP_{Nemerow}$ – indicele de poluare	$\leq 0.7$	nepoluat (clasa I)	[9], [12], [28], [33], [34], [40]
		0.7-1	limita de alertă (clasa a II-a)	
		1-2	poluare slabă (clasa a III-a)	
		2-3	poluare moderată (clasa a IV-a)	





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Indice de poluare	Formula de calcul	Apreciere		Referințe
	<p>Nemerow</p> <p><math>IP_i</math> – indicele individual de poluare al unui metal greu <math>i</math></p> <p><math>IP_{max}</math> – indicele individual de poluare maxim, obținut din calculul indicelui individual de poluare al unui metal greu <math>i</math></p> <p><math>n</math> - numărul total de metale grele analizate</p>	<p><math>\geq 3</math></p>	<p>poluare puternică (clasa a V-a)</p>	
<p><i>Indicele de poluare cu metale (IPM)</i></p> <p>- introdus de Thomlinson et al., 1980</p>	<p><math>IPM = \sqrt[n]{IP_1 \times IP_2 \times IP_3 \times \dots \times IP_n}</math></p> <p>IPM – indicele de poluare cu metale</p> <p>IP - indicele individual de poluare al unui metal greu <math>i</math></p> <p><math>n</math> - numărul total de metale grele analizate</p>	<p><math>&lt; 1</math></p> <p>1</p> <p><math>&gt; 1</math></p>	<p>nepoluat</p> <p>nivel scăzut de poluare</p> <p>nivel ridicat de poluare</p>	<p>[16], [13], [14], [23], [26], [29], [31], [33], [34], [36], [42]</p>





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Indice de poluare	Formula de calcul	Apreciere		Referințe
<p><i>Indicele mediu de poluare individuală (IPmed)</i> - introdus de Gong et al., 2008</p>	$IP_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n IP_i$ <p>IPmed – indicele mediu de poluare individuală IPi- indicele individual de poluare al unui metal greu i n - numărul total de metale grele analizate</p>	<p>IPmed &gt; 1 indică o calitate scăzută a solului, datorată contaminării</p>		<p>[11], [12], [33]</p>
<p><i>Factorul de contaminare a fondului natural (BFC)</i> -introdus de Caeiro et al., 2005</p>	$BFC = \sum_{i=1}^n \frac{IP_{clasa}^2 \times Ci}{Bi}$ <p>BFC – factorul contaminare (FC) a fondului natural (B) IPclasa – clasa poluării cu metale grele în funcție de indicele de poluare individual al unui metal i Ci – concentrația metalului greu i în sol Bi – valoarea de referință a metalului greu i în fondul natural</p>	<p>0-7 7-95.1 95.1-518.1 518.1-2548.5 ≥2548.8</p>	<p>fără contaminanți (clasa 1) urme de contaminanți (clasa 2) contaminare slabă (clasa 3) contaminare medie (clasa 4) contaminare ridicată (clasa 5)</p>	<p>[11], [12], [33]</p>







UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Prin comparație, metodologia de stabilire a calității solului include pe lângă indicatorii specifici pentru proprietățile fizico-chimice, relief, climă, hidrografie (nivelul apei freatice) și indicatorul poluare. Acest indicator este considerat din prisma scăderii cantitative și calitative a producției prin raportare la solul necontaminat, dar și din punct de vedere al intensității poluării [43].

### Bibliografie

- [1] Puiu, Ș., Pedologie, Editura Ceres, București, Romania, 1980, pp 6-10.
- [2] Blaga, G.; Filipov, F.; Udrescu, S.; Rusu, I.; Vasile, D., Pedologie, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca, Romania, 2005, pp 21, ISBN 973-744-004-8.
- [3] Bulgariu, D.(coord.); Rusu, C.; Bulgariu, L.; Filipov, F., Introducere în pedogeochimia analitică, volumul 1, Editura Universității “Al. I. Cuza” din Iași, Romania, 2014, pp 26, ISBN 978-606-714-096-5.
- [4] Țărău, D., Bazele teoretice și practice ale bonității și evaluării terenurilor din perspectiva pedologică, Editura Solness, Timișoara, România, 2003.
- [5] Teaci, D., Bonitarea terenurilor agricole (Bonitarea și caracterizarea tehnologică a terenurilor agricole). Editura Ceres, București, România, 1980.
- [6] Florea, N.; Bălăceanu, V.; Răuță, C., Canarache, A. (redactori coordonatori), Metodologia elaborării studiilor pedologice, Partea II – Elaborarea studiilor pedologice în diferite scopuri, Ministerul Agriculturii, Academia de Științe Agricole și Silvicultură, Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie, nr. 20 B – Metode, rapoarte, îndrumări, Centrul de Material Didactic și Propagandă Agricolă, Redacția de Propagandă Tehnică Agricolă, București, Romania, 1987.
- [7] Dumitru, M.; Dumitru, S.; Tanase, V.; Mocanu, V.; Manea, A.; Vrânceanu, N.; Preda, M.; Eftene, M.; Ciobanu, C.; Calciu, I.; Râșnoveanu, I. *Monitoringul stării de calitate a solurilor din Romania*, Editura Sitec, Craiova, România, 2011.
- [8]. O.J.S.P.A. Galați, Studiu pedologic și agrochimic în vederea realizării și reactualizării sistemului județean sol-teren pentru agricultură, teritoriul comunal Șendreni, 2014 (a) și teritoriul comunal Tulucești, 2019 (b).
- [9] O.S.P.A. Brăila, Studiu pedologic și agrochimic în vederea realizării și reactualizării sistemului județean sol-teren pentru agricultură, teritoriul comunal Vădeni, 2018.
- [10] Müller G., Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River, *GeoJournal*, 2, 108-118, 1969.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [11] Kowalska J.B., Mazurek R., Gašiorek M., Zaleski T., Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination-A review, *Environ Geochem Health*, Springer, 2018, <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>
- [12] Qingjie G., Jun D., Calculatin Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing, *Journal of China University of Geosciences*, 19, 3, 230-241, 2008, [https://doi.org/10.1016/S1002-0705\(08\)60042-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4)
- [13] Håkanson L., An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach, *Water Research*, 14, 975-1101, 1980.
- [14] Cabrera F., Clemente L., Barrientos D.E., Lopez R., Murillo J.M., Heavy metal pollution of soils affected by the Guadiamar toxic flood, *The Science of the Total Environment*, 242, 1-3, 117-129, 1999, [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00379-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00379-4)
- [15] Reimann C., de Caritat P., Distinguishing between Natural and Anthropogenic Sources for Elements in the Environment: Regional Geochemical Surveys versus Enrichment Factor, *The Science of the Total environment*, 337, 91-107, 2005, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.06.011>
- [16] Kalavrouziotis I.K., Koukoulakis P.H., Ntzala G., Papadopolus A.H., Proposed Indices for Assessing Soil pollution Under the Application of Sludge, *Water Air Soil Pollution*, 223, 8, 5189-5196, 2012, <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1270-x>
- [17] Awadh S.M., Al-Hamdani J.A.JM.Z, Urban geochemistry assessment using pollution indices: a case study of urban soil in Kirkuk, Iraq, *Environmental Earth Sciences*, 78, 587, 1-12, 2019, <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8615-3>
- [18] El-Alfy M.A., El-Amier Y.A., El-Eraky T.E., Land use/cover and eco-toxicity indices for identifying metal contamination in sediments of drains, manzala Lake, Egypt, *Heliyon*, 6, e03177, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03177>
- [19] Nikolaidis C., Zafiriadis I., Constantinidis T., Heavy Metal Pollution Associated with an Abandoned Lead-Zinc Mine in the Kirki Region, NE Greece, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 85, 307-312, 2010, <https://doi.org/10.1007/s00128-010-0079-9>
- [20] Abraham G.M.S., Parker R.J., Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand, *Environmental Monitoring and Assessment*, 136, 227-238, <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9678-2>





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [21] Moore F., Sheykhi V., Salari M., Bagheri A., Soil quality assessment using GIS-based chemometric approach and pollution indices: Nakhlak mining district. Central Iran, Environ Monit Assess, 188, 214, 1-16, 2016, <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5152-3>
- [22] Abdulaqader Ismaeel W., Kusag A.D., Enrichment Factor and Geo-accumulation Index for Heavy Metals at Industrial Zone in Iraq, Journal of Applied Geology and Geophysics, 3, 3, 26-32, 2015, <https://doi.org/10.9790/0990-03312632>
- [23] Ahmed F., Fakhruddin A.N.M., Toufick Imam M.D., Khan N., Khan T.A., Rahman M.M., Abdulah A.T.M., Spatial distribution and source identification of heavy metals pollution in roadside surface soil: a study of Dhaka Aricha highway, Bangladesh, Ecological Processes, 5, 2, 1-16, 2016, <https://doi.org/10.1186/s13717-016-0045-5>
- [24] Raj Muthu S., Jayaprakash M., Distribution and enrichment of trace elements in marine sediments of Bay of Bengal, off Ennore, south-east coast of India, Environmental Geology, 56, 207-217, 2008, <https://doi.org/10.1007/s00254-007-1156-1>
- [25] Ackah M., Soil elemental concentrations, geoaccumulation index, non-carcinogenic and carcinogenic risks in functional areas of an informal e-waste recycling area in Accra, Ghana, Chemosphere, 235, 907-917, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.014>
- [26] Kicinska A., Environmental risk related to presence and mobility of As, Cd and Tl in soils in the vicinity of a metallurgical plant – Long-term observations, Chemosphere, 236, 124308, 1-13, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.039>
- [27] Naveedullah, Hashmi M.Z., Yu C., Shen H., Duan D., Shen C., Lou L., Chen Y., Risk Assessment of Heavy Metals Pollution in Agricultural Soils of Siling Reservoir Watershed in Zhejiang Province, China, Hindawi Publishing Corporation, BioMed Research International, 590306, 1-10, 2013, <https://dx.doi.org/10.1155/2013/590306>
- [28] Kowalska J.B., Mazurek R., Gašiorek M., Setlak M., Zaleski T., Waroszewski J., Soil pollution indices conditioned by medieval metallurgical activity – A case study from Krakow (Poland), Environmental Pollution, 218, 1023-1036, 2016, <https://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.053>
- [29] Kormoker T., Proshad R., Islam S., Ahmed S., Chandra K., Uddin M., Rahman M., Toxic metals in agricultural soils near the industrial areas of Bangladesh: ecological and human health risk assessment, Toxin Reviews, 2019, <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1650777>





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [30] Ji Y., Feng Y., Wu J., Zhu T., Bai Z., Duan C., Using geoaccumulation index to study source profiles of soil dust in China, *Journal of Environmental Sciences*, 20, 5, 571-578, 2008, [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(08\)62096-3](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(08)62096-3)
- [31] Hołtra A., Zamorska-Wojdyła D., The pollution indices of trace elements in soils and plants close to the copper and zinc smelting works in Poland's Lower Silesia, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 16086-16099, 2020, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08072-0>
- [32] Bayraklı B., Dengiz O., An evaluation of heavy metal pollution risk in tea cultivation soils of micro-catchments using various pollution indexes under humid environmental condition, *Redincoti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 31, 393-409, 2020, <https://doi.org/10.1007/s12210-020-00901-1>
- [33] Weissmannová H.D., Pavlovský J., Indices of soil contamination by heavy metals – methodology of calculation for pollution assessment (minireview), *Environ Monit Assess*, 189, 616, 1-25, 2017, <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6340-5>
- [34] Alvarado-Zambrano D., Green-Ruiz C.R., Assessment of the Pollution Status and Human Health Risk in Soils from an Agricultural Valley in Northwest Mexico, *Water Air Soil Pollut*, 230, 212, 1-13, 2019, <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4246-2>
- [35] Sow A.Y., Ismail A., Zulkifi S.Z., Geofractionation of heavy metals and application of indices for pollution prediction in paddy field soil on Tumpat, Malaysia, *Environ Sci Pollut Res*, 20, 8964-8973, 2013, <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1857-9>
- [36] Zhou Z., Yang Z., Sun Z., Liao Q., Guo Y., Chen J., Multidimensional pollution and potential ecological and health risk assessments of radionuclides and metals in the surface soils of uranium mine in East China, *Journal of Soils and Sediments*, 20, 775-791, 2020, <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02428-x>
- [37] Hojati S., Pollution assessment and source apportionment of arsenic, lead and copper in selected soils of Khuzestan Province, southwestern Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 10, 528, 1-13, 2017, <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3316-2>
- [38] Akber Md.A., Rahman Md.A., Islam Md.A., Islam Md.A., Potential ecological risk of metal pollution in lead smelter-contaminated agricultural soils in Khulna, Bangladesh, *Environ Monit Assess*, 191, 351, 1-12, 2019, <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7483-3>
- [39] Loska K., Cebula J., Pelczar J., Wiechula D., Kwapuliński J., Use of enrichment, and contamination factors together with geoaccumulation indexes to evaluate the content of





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Cd, Cu, and Ni in the Rybnik water reservoir in Poland, *Water Air and Soil Pollution*, 93, 347-365, 1997, <https://doi.org/10.1007/BF02404766>

- [40] Mazurek R., Kowalaska J., Gašiorek M., Zadrozny P., Assessment of heavy metals contamination in surface layers of Roztocze National Park forest soils (SE Poland) by indices of pollution, *Chemosphere*, 168, 3, 839-850, 2017, <https://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.126>
- [41] Long E.R., MacDonald D.D., Smith S., Calder F.D., Incidence of Adverse Biological Effects Within Ranges of Chemical Concentrations in Marine And Estuarine Sediments, *Environmental Management*, 19, 1, 81-97, 1995, <https://doi.org/10.1007/BF02472006>
- [42] Pejman A., Gholamrez Nabi B., Saeedi M., Baghvanda A., A new index for assessing heavy metals contamination sediments: A case study. *Ecological Indicators*, 58, 365-373, 2015, <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.012>
- [43] Vlad, V.; Toti, M.; Florea, N.; Mocanu, V. Corelarea sistemelor de clasificare a solurilor SRCS si SRTS – Sistemul SRTS+, Editura Sitech, Craiova, Romania, 2014, pp. 20-21, ISBN 978-606-11-4331-3
- [44] Bünemann, E.K.; Bongiorno, G.; Zhanguo, B.; Creamer, R.E.; De Deyn, G.; de Goede, R.; Fleskens, L.; Geissen, V.; Kuyper, T.W.; Mäder, P.; Pulleman, M.; Sukkel, W.; van Groenigen, J.W.; Brussaard, L., Soil quality – A critical review, *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**  
**Formator modul complementar**  
**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”**,  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### **Geometrical and process parameters analysis of laser Micro cladding process for thermal barrier coatings development**

**Nume și prenume membru GT: Botan Mihail**

**calitatea în cadrul proiectului: cercetător postdoctorat**

**Titlu program cercetare postdoctorală: STUDIUL AVANSAT AL SISTEMELOR DE PROTECȚIE TIP BARIERA TERMICA DIN DOMENIUL AEROSPAȚIAL**

**Coordonator științific: prof. univ. dr. ing. Lorena Deleanu**

**Domeniul de studii: Inginerie mecanică**

**Domeniu specializare inteligentă: Ingineria materialelor avansate/ nano-materiale și nano-tehnologii**





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

The aerospace and automotive industries start to use increasingly the direct energy deposition techniques seeing that the process is permitting developing accurate functional parts and coatings by depositing a stream of melted powders by a laser beam.

The surfacing technique by laser cladding is a used for repair, surface protection and additive manufacturing tasks [1]. Laser cladding used as an additive manufacturing method, has a lot of significant advantages compared with such well-known technique like selective laser melting and electron beam melting: independence of a working space dimension, cladding possibility on a free-form surface However, precision level of laser cladding as additive manufacturing method is not enough to manufacture miniature precise parts. [1,2]

*Al. Pascu et. al* studied laser cladding of Ni17Cr4Fe 4Si3.5B1C powder in overlapped tracks geometry. Different process parameters like laser power, cladding speed and powder feed rate are designed in order to obtain defect free deposition and for enhance the hardness of the cladded layers. Their study demonstrates that laser cladding is a complex process which is directly influenced by technological parameters reveal that powder feed rate has the most influence on the laser cladded layer geometry and mechanical proprieties. [3]

Thermal Barrier coatings (TBCs) are advanced materials systems, generally consisting of two layers of coats: a metallic bond coat and a heat insulating ceramic top coat. Usually, the bond coat are alloys of oxidation resistant metals, mostly made of NiCrAlY or NiCoCrAlY alloys, the main role of bond coat is to increases the bond strength between the substrate and the ceramic top coat. The most widely used ceramic top coat in TBCs is yttria stabilized zirconia (YSZ) which exhibits excellent performance in applications such as gas turbines, and satisfies basic requirements, such as low thermal conductivity, excellent phase stability at high temperature and high thermal expansion coefficient. [4]

Typically, TBCs are made up of different successive layers deposited on a substrate (typically made of a super alloy): the metal bond coat (BC), the thermally-grown oxide (TGO) generated at the interface by oxidation of the bonding layer, and the upper layer (top coat) in direct contact with the environment [5]. In order to operate under extreme conditions, an effective TBC must meet certain requirements, which severely limits the number of materials that can be





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

used. Low thermal conductivity, high melting point, phase stability, good adhesion to the substrate, chemical inertia, thermodynamic compatibility with the metallic substrate and TGO, high thermal cycling resistance are the major requirements to be achieved [6,7].

Ceramic materials are usually capable of satisfying the required properties. Compared to metallic materials, ceramic coatings offer several advantages due to the high hardness and wear resistance when exposed to thermal and corrosive conditions, coupled with relatively low densities [8]. Flame-sprayed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO-doped ZrO<sub>2</sub> ceramic coatings were firstly developed. However, they did not prove to be viable materials for the more advanced thermal barrier applications due to relatively high thermal conductivity and phase transitions of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, leading to shrinkage and the associated cracking effect on coating life [9,10].

Yttria-doped zirconia (ZrO<sub>2</sub> doped with 7–8 wt.% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) are presently considered as a “gold standard” in coating materials for TBC applications [11]. Compared to other ceramics, zirconia has good corrosion / erosion resistance, lower intrinsic thermal conductivity and a coefficient of thermal expansion best suited [6]. Table 1 illustrates some important properties of the traditional TBC layers.

**Table 1.** Properties of thermal barrier coatings (TBC).

TBC Properties		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (TGO)	NiCoCrAlY	8YSZ
T <sub>m</sub> ~ 2323 K	T <sub>m</sub> ~1863 K	T <sub>m</sub> ~2873 K
λ = 5.8 W m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> (1400 K)	λ = 320 W m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> (293 K)	λ~2.5 W m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> (298 K)
α = 9.6 × 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> (1273 K)	α = 10.7 × 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> (293–1273 K)	α = 10.7 × 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> (293–1273 K)
E = 30 GPa (293 K)	E = 40 GPa (293 K)	E = 40 GPa (293 K)
ν = 0.26	ν = 0.22	ν = 0.22

Symbols in the table have the following meanings: TGO—thermally grown oxide on bond coat; T<sub>m</sub>—melting point; λ—thermal conductivity; α—thermal expansion coefficient; E—Young’s modulus; ν—Poisson’s number.







UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Bibliografie**

- [1] T. V. Tarasova, G.O. Gvozdeva, S. Nowotny, R.R. Ableyeva, E.Y. Dolzhikova, Analysis of coaxial laser micro cladding processing conditions, *ARPN J. Eng. Appl. Sci.* 13 (2018) 1438–1442.
- [2] E. Boussaha, S. Aouici, A. Bahloul, M.C. Sahour, Optimization of Geometrical Features of Laser Cladding Obtained By Powder Injection, *Phys. Procedia.* 2 (2009) 1147–1152. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2009.11.076>.
- [3] A.P.E.M. Stanciu, C.C.L.S.B. Ș, I.C.Ă. Roat, M.H. Tierean, NiCrFeSiB LASER CLADDING IN OVERLAPPED GEOMETRY, *Bull. Transilv. Univ. Brașov.* 9 (2016) 9–16.
- [4] Z. Soleimanipour, S. Baghshahi, R. Shoja-razavi, Improving the Thermal Shock Resistance of Thermal Barrier Coatings Through Formation of an In Situ YSZ/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composite via Laser Cladding, *J. Mater. Eng. Perform.* 26 (2017) 1890–1899. <https://doi.org/10.1007/s11665-017-2591-0>.
- [5] L. Guo, C. Zhang, M. Li, W. Sun, Z. Zhang, F. Ye, Hot corrosion evaluation of Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> co-doped Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> stabilized ZrO<sub>2</sub> thermal barrier oxides exposed to Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> molten salt, *Ceram. Int.* 43 (2017) 2780–2785.
- [6] P.C. Patnaik, X. Huang, J. Singh, State of the art and future trends in the development of thermal barrier coating systems, NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA OTTAWA (ONTARIO), 2006.
- [7] X.Q. Cao, R. Vassen, W. Jungen, S. Schwartz, F. Tietz, D. Stöver, Thermal Stability of Lanthanum Zirconate Plasma-Sprayed Coating, *J. Am. Ceram. Soc.* 84 (2001) 2086–2090. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.2001.tb00962.x>.
- [8] G. Venkatesh, R. Subramanian, L.J. Berchmans, Phase Analysis and Microstructural Investigations of Ce<sub>2</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> for High-Temperature Coatings on Ni-Base Superalloy Substrates, *High Temp. Mater. Process.* 38 (2019) 773–782.
- [9] and Y.E.B. Özge, HEAT TRANSFER ANALYSIS OF THERMAL BARRIER COATINGS ON A METAL SUBSTRATE., *Isi Bilim. ve Tek. Dergisi/Journal Therm. Sci. Technol.* 33 (2013).
- [10] M. Bahamirian, S.M.M. Hadavi, M. Farvizi, M.R. Rahimpour, A. Keyvani, Phase stability of ZrO<sub>2</sub> 9.5Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.6Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.2Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> compound at 1100 °C and 1300 °C for advanced TBC applications, *Ceram. Int.* 45 (2019) 7344–7350. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.01.018>.
- [11] R.A. Miller, Thermal barrier coatings for aircraft engines: History and directions, *J. Therm. Spray Technol.* 6 (1997) 35–42. <https://doi.org/10.1007/BF02646310>.





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**

conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### **Rezistența *Listeria monocytogenes* la presiuni înalte**

**Nume și prenume membru GT:** Bucur Florentina Ionela

**Calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand

**Titlu teză de doctorat:** Construcția a două tulpini mutante de *Listeria monocytogenes* în vederea evidențierii mecanismului de rezistență a bacteriei la presiuni înalte și caracterizarea acestora

**Conducător științific:** prof. univ. dr. ing. Anca Nicolau

**Domeniul de studii:** Inginerie industrială

**Domeniu specializare inteligentă:** Bioeconomie

*Listeria (L.) monocytogenes* este o bacterie ubicuitară, fiind răspândită atât în medii de viață naturale (sol, apă, vegetație), cât și artificiale, precum mediul de procesare a alimentelor (NicAogáin și O'Byrne, 2016).

*L. monocytogenes* poate supraviețui și chiar prolifera în domenii largi de temperatură ( $-0,4 \div 50^{\circ}\text{C}$ ) și pH (4,5  $\div$  9,2) (Low și Donachie, 1997). Această bacterie poate tolera concentrații de sare de până la 10% (McClure *et al.*, 1989) și poate crește la o activitate a apei de 0,92 (Farber *et al.*, 1992). Mai mult, fiind un microorganism cu o capacitate mare de adaptare la condițiile de mediu pe care le întâlnește, s-a arătat că, pe lângă toleranța față de temperaturile scăzute, *L. monocytogenes* poate supraviețui chiar și în alimente congelate pe termen lung (Kataoka *et al.*, 2017; Bardsley *et al.*, 2019). Toate aceste proprietăți fac ca *L. monocytogenes* să fie dificil de controlat în produsele alimentare, microorganismul în cauză reprezentând o adevărată provocare pentru operatorii din industria alimentară (Donnelly, 2001).

Listerioza a fost descoperită, pentru prima dată, la animalele de laborator, când acestea au murit fulgerător din cauza infecției cu *L. monocytogenes* (Murray *et al.*, 1926). Cu trecerea





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

timpului, a devenit tot mai evident faptul că boala poate afecta și oamenii, fiind în principal legată de consumul de alimente contaminate (McLauchlin *et al.*, 2004).

Totuși, în ciuda incidenței scăzute, listerioza cauzează mai frecvent decese în rândul oamenilor spre deosebire de alte infecții cu bacterii patogene, înregistrând o rată de mortalitate ridicată (Tabelul 1), precum și cazuri de spitalizare multiple (Choi *et al.*, 2017).

**Tabelul 1.** Epidemii de listerioză apărute la nivel european în ultimii zece ani și produsele alimentare implicate

An	Țara	Îmbolnăviri/ Decese	Produse alimentare	Serotipuri implicate	Referințe
2009-2010	Austria, Germania, Republica Cehă	34/8	Brânză Quargel	1/2a	Fretz <i>et al.</i> (2010)
2009-2012	Portugalia	30/2*	Brânză	4b	Gonçalves <i>et al.</i> (2017)
2011	Elveția	6	Șuncă	1/2a	Hächler <i>et al.</i> (2013)
2012	Spania	2	Brânză proaspătă în stil latin	1/2a	de Castro <i>et al.</i> (2012)
2013	Scoția	3	Alimente gata pentru consum	1/2a	Okpo <i>et al.</i> (2015)
2013-2014	Elveția	32	Salată gata pentru consum	4b	Stephan <i>et al.</i> (2015)
2013-2014	Spania	10	Foie gras	1/2b	Pérez-Trallero <i>et al.</i> (2014)
2014	Danemarca	41/17	Ruladă din carne condimentată	-	Kvistholm Jensen <i>et al.</i> (2016)
2015-2016	Italia	24/4	Tobă de porc	1/2a	Duranti <i>et al.</i> (2018)





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

An	Țara	Îmbolnăviri/ Decese	Produse alimentare	Serotipuri implicate	Referințe
2015-2017	Austria	7	Alimente gata pentru consum	1/2a	Pietzka <i>et al.</i> (2019)
2018-2019	Germania	112/7	Sângerete, carne tocată	4b	Halbedel <i>et al.</i> (2020)

Notă: \*Avorturi

Procesarea la presiuni înalte (*engl.* HPP) este o tehnologie alternativă la procesarea termică a alimentelor, fiind utilizată cu scopul de a distruge microorganismele de alterare și patogenii de origine alimentară (Huang *et al.*, 2014). În funcție de matricea alimentară și microorganismul țintă, valoarea presiunii la care se realizează tratamentele variază, de regulă, între 250 și 700 MPa. Celulele bacteriene supuse tratamentului la presiuni înalte suferă modificări morfologice și fiziologice, care pot fi reversibile sau nu în funcție de presiunea aplicată și timpul de menținere a acesteia. Efectele principale cauzate de HPP constă în creșterea permeabilității membranei celulare, denaturarea structurii proteinelor și, în consecință, inhibarea funcțiilor metabolice, a replicării și a transcrierii (Ferreira *et al.*, 2016).

Efectul HPP asupra capacității de supraviețuire a *L. monocytogenes* a fost testat în condiții și matrici alimentare diverse precum brânzeturile (Tomasula *et al.*, 2014), sucurile de fructe (Alpas și Bozoglu, 2003), gemurile (Préstamo *et al.*, 1999), laptele integral (Hayman *et al.*, 2004) și produsele gătite RTE (Hereu *et al.*, 2012). Per ansamblu, rezultatele acestor studii indică faptul că rezistența *L. monocytogenes* depinde de tulpina testată. De exemplu, în cazul tratamentului la 350 MPa, 20°C, concentrația celulelor de *L. monocytogenes* EGDe a fost redusă cu numai 1,0 log UFC/mL, această tulpină manifestând o rezistență mai crescută decât tulpinile LO28 (reducere de 1,8 log UFC/mL) și Scott A (reducere de 3,2 log UFC/mL) (van Boeijen *et al.*, 2008).

În plus, tipul și compoziția matricilor alimentare pot influența rezistența bacteriilor la HPP. Vitaminele, aminoacizii și cationii ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) pot avea un efect baroprotector. De exemplu, studiile au arătat că  $\text{Mg}^{2+}$  stabilizează structura ribozomilor, iar  $\text{Ca}^{2+}$  fortifică membrana externă (Niven *et al.*, 1999). De asemenea, concentrațiile mari de sare din alimente pot determina bacteriile să acumuleze osmoliți, care stabilizează funcțiile acestora pe durata HPP (Abe, 2007). În acest sens, un mutant deficient în sistemul de sinteză a prolinei s-a dovedit a fi mai sensibil la HPP față de tulpina sălbatică (Considine *et al.*, 2011).





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Efectul presiunilor înalte asupra *L. monocytogenes* a fost investigat la nivel transcriptomic global prin analiză *microarray*, urmată de tehnica RT-PCR, în scopul evidențierii genelor implicate în toleranța la acest tip de stres. Studiul a indicat că nivelurile de ARN mesager (mRNA) au fost reduse global odată cu creșterea intensității și a duratei tratamentului. Mai mult, HPP a indus expresia genelor asociate cu repararea ADN-ului, transcriere, translație, diviziune celulară, secreția proteinelor extracelulare, motilitate și biosinteza membranei și a peretelui celular. Pe de altă parte, a fost observată reducerea expresiei genelor implicate în acumularea de carbohidrați, metabolismul energetic și virulență (Bowman *et al.*, 2008).

Mutațiile represorului CtsR au fost asociate cu rezistența spontană a celulelor de *L. monocytogenes* la HPP. Mutații cu rezistență stabilă au indicat inserții sau deleții de nucleotide la nivelul genei *ctsR*, care afectează în mod negativ activitatea represorului codificat. Pierderea funcției represorului CtsR a fost acompaniată de creșterea expresiei genelor *clpB*, *clpC*, *clpE* și *clpP* (Karatzas *et al.*, 2003; van Boeijen *et al.*, 2010).

Proteazele Clp au un rol bine definit în degradarea proteinelor denaturate, prevenind acumularea acestora cu potențial dăunător în celulele bacteriene (Krüger *et al.*, 2000; Tomoyasu *et al.*, 2001). Din moment ce unul dintre principalele efecte ale HPP se rezumă la denaturarea proteinelor (Moreirinha *et al.*, 2016), creșterea activității proteazelor Clp poate fi o cauză directă a toleranței *L. monocytogenes* la HPP. Totuși, în urma izolării mutațiilor rezistenți, care nu prezintă această mutație, s-a conturat ideea că există mecanisme încă necunoscute care joacă un rol major în rezistența *L. monocytogenes* la HPP (Karatzas *et al.*, 2005).

### Bibliografie

Abe, F. (2007). Exploration of the effects of high hydrostatic pressure on microbial growth, physiology and survival: perspectives from piezophysiology. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 71:10, 2347–2357. doi: 10.1271/bbb.70015

Alpas, H., Bozoglu, F. (2003). Efficiency of high pressure treatment for destruction of *Listeria monocytogenes* in fruit juices. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 35:3, 269–273. doi: 10.1016/s0928-8244(02)00446-7

Bardsley, C. A., Truitt, L. N., Pfuntner, R. C., Danyluk, M. D., Rideout, S. L., Strawn, L. K. (2019). Growth and survival of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* on whole and sliced cucumbers. *Journal of Food Protection*, 82:2, 301-309. doi: 10.4315/0362-028X





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Bowman, J. P., Bittencourt, C. R., Ross, T. (2008). Differential gene expression of *Listeria monocytogenes* during high hydrostatic pressure processing. *Microbiology*, 154:2, 462–475. doi: 10.1099/mic.0.2007/010314-0

Choi, M. H., Park, Y. J., Kim, M., Seo, Y. H., Kim, Y. A., Choi, J. Y. *et al.* (2017). Increasing incidence of listeriosis and infection-associated clinical outcomes. *Annals of Laboratory Medicine*, 38:2, 102–109. doi: 10.3343/alm.2018.38.2.102

Considine, K. M., Sleator, R. D., Kelly, A. L., Fitzgerald, G. F., Hill, C. (2011). A role for proline synthesis and transport in *Listeria monocytogenes* barotolerance. *Journal of Applied Microbiology*, 110:5, 1187–1194. doi: 10.1111/j.1365-2672.2011.04982.x

de Castro, V., Escudero, J., Rodriguez, J., Muniozguren, N., Uribarri, J., Saez, D., Vazquez, J. (2012). Listeriosis outbreak caused by Latin-style fresh cheese, Bizkaia, Spain, August 2012. *Eurosurveillance*, 17:42, 20298. doi: 10.2807/ese.17.42.20298-en

Donnelly, C. W. (2001). *Listeria monocytogenes*: a continuing challenge. *Nutrition Reviews*, 59:6, 183–194. doi: 10.1111/j.1753-4887.2001.tb07011.x

Duranti, A., Sabbatucci, M., Blasi, G., Acciari, V. A., Ancora, M., Bella, A. (2018). A severe outbreak of listeriosis in central Italy with a rare pulsotype associated with processed pork products. *Journal of Medical Microbiology*, 67:9, 1351-1360. doi: 10.1099/jmm.0.000785

Farber, J. M., Coates, F., Daley, E. (1992). Minimum water activity requirement for the growth of *Listeria monocytogenes*. *Letters in Applied Microbiology*, 15:3, 103-105. doi: 10.1111/j.1472-765X.1992.tb00737.x

Ferreira, M., Almeida, A., Delgadillo, I., Saraiva, J., Cunha, Â. (2016). Susceptibility of *Listeria monocytogenes* to high pressure processing: A review. *Food Reviews International*, 32:4, 377–399. doi: 10.1080/87559129.2015.1094816

Fretz, R., Pichler, J., Sagel, U., Much, P., Ruppitsch, W., Pietzka, A. T. *et al.* (2010). Update: Multinational listeriosis outbreak due to ‘Quargel’, a sour milk curd cheese, caused by two different *L. monocytogenes* serotype 1/2a strains, 2009-2010. *Eurosurveillance*, 15:16, 19543. doi: 10.2807/ese.15.16.19543-en

Gonçalves, M., Furtado, R., Coelho, A., Correia, C. B., Valente, A. (2017). Presença de *Listeria monocytogenes* em queijos de pasta mole da região a sul do tejo. *Portuguese Journal of Public Health*, 35:1, 37–43. doi: 10.1159/000477648





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Hächler, H., Marti, G., Giannini, P., Lehner, A., Jost, M., Beck, J. *et al.* (2013). Outbreak of listeriosis due to imported cooked ham, Switzerland 2011. *Eurosurveillance*, 18:18, 20469. doi: 0.5167/uzh-81831

Halbedel, S., Wilking, H., Holzer, A., Kleta, S., Fischer, M. A., Lüth, S. *et al.* (2020). Large nationwide outbreak of invasive listeriosis associated with blood sausage, Germany, 2018-2019. *Emerging Infectious Diseases*, 26:7, 1456–1464. doi: 10.3201/eid2607.200225

Hayman M. M., Baxter, I., O'Riordan, P. J., Stewart, C. M. (2004). Effects of high-pressure processing on the safety, quality, and shelf life of ready-to-eat meats. *Journal of Food Protection*, 67:8, 1709-1718. doi: 10.4315/0362-028x-67.8.1709

Hereu, A., Dalgaard, P., Garriga, M., Aymerich, T., Bover-Cid, S. (2012). Modeling the high pressure inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* on RTE cooked meat products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 305–315. doi: 10.1016/j.ifset.2012.07.005

Huang, H. -W., Lung, H. -M., Yang, B. B., Wang, C. -Y. (2014). Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing. *Food Control*, 40, 250–259. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.12.007

Karatzas, K. A. G., Valdramidis, V. P., Wells-Bennik, M. H. J. (2005). Contingency locus in *ctsR* of *Listeria monocytogenes* Scott A: a strategy for occurrence of abundant piezotolerant isolates within clonal populations. *Applied and Environmental Microbiology*, 71:12, 8390–8396. doi: 10.1128/aem.71.12.8390-8396.2005

Karatzas, K. A. G., Wouters, J. A., Gahan, C. G. M., Hill, C., Abee, T., Bennik, M. H. J. (2003). The *CtsR* regulator of *Listeria monocytogenes* contains a variant glycine repeat region that affects piezotolerance, stress resistance, motility and virulence. *Molecular Microbiology*, 49:5, 1227–1238. doi: 10.1046/j.1365-2958.2003.03636.x

Kataoka, A., Wang, H., Elliott, P. H., Whiting, R. C., Hayman, M. M. (2017). Growth of *Listeria monocytogenes* in thawed frozen foods. *Journal of Food Protection*, 80:3, 447–453. doi: 10.4315/0362-028x.jfp-16-397r

Krüger, E. (2001). Clp-mediated proteolysis in Gram-positive bacteria is autoregulated by the stability of a repressor. *The EMBO Journal*, 20:4, 852–863. doi: 10.1093/emboj/20.4.852

Kvistholm Jensen, A., Nielsen, E. M., Björkman, J. T., Jensen, T., Müller, L., Persson, S. *et al.* (2016). Whole-genome sequencing used to investigate a nationwide outbreak of listeriosis caused





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

by ready-to-eat delicatessen meat, Denmark, 2014. *Clinical Infectious Diseases*, 63:1, 64–70. doi: 10.1093/cid/ciw192



Instrumente Structurale  
2014-2020

Low, J. C., Donachie, W. (1997). A review of *Listeria monocytogenes* and listeriosis. *The Veterinary Journal*, 153:1, 9-29. doi: 10.1016/s1090-0233(97)80005-6

McClure, P. J., Roberts, T. A., Oguru, P. O. (1989). Comparison of the effects of sodium chloride, pH and temperature on the growth of *Listeria monocytogenes* on gradient plates and liquid medium. *Letters in Applied Microbiology*, 9:3, 95–99. doi: 10.1111/j.1472-765X.1989.tb00299.x

Moreirinha, C., Almeida, A., Saraiva, J. A., Delgadillo, I. (2016). High-pressure processing effects on foodborne bacteria by mid-infrared spectroscopy analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 212–218. doi: 10.1016/j.lwt.2016.05.041

Murray, E. G. D., Webb, R. A., Swann, M. B. R. (1926). A disease of rabbits characterised by a large mononuclear leucocytosis, caused by a hitherto undescribed bacillus *Bacterium monocytogenes* (n.sp.). *Journal of Pathology and Bacteriology*, 29, 407-439.

NicAogáin, K., O'Byrne, C. P. (2016). The role of stress and stress adaptations in determining the fate of the bacterial pathogen *Listeria monocytogenes* in the food chain. *Frontiers in microbiology*, 7, 1865. doi: 10.3389/fmicb.2016.01865

Niven, G. W., Miles, C. A., Mackey, B. M. (1999). The effects of hydrostatic pressure on ribosome conformation in *Escherichia coli*: an in vivo study using differential scanning calorimetry. *Microbiology*, 145:2, 419–425. doi: 10.1099/13500872-145-2-419

Okpo, E., Leith, J., Smith-Palmer, A., Bell, J., Parks, D., Browning, F. *et al.* (2015). An outbreak of an unusual strain of *Listeria monocytogenes* infection in North-East Scotland. *Journal of Infection and Public Health*, 8:6, 612-618, doi: 10.1016/j.jiph.2015.05.009

Pérez-Trallero, E., Zigorraga, C., Artieda, J., Alkorta, M., Marimón, J. M. (2014). Two outbreaks of *Listeria monocytogenes* infection, Northern Spain. *Emerging Infectious Diseases*, 20:12, 2155–2157. doi: 10.3201/eid2012.140993

Pietzka, A., Allerberger, F., Murer, A., Lennkh, A., Stöger, A., Cabal Rosel, A. *et al.* (2019). Whole genome sequencing based surveillance of *L. monocytogenes* for early detection and investigations of listeriosis outbreaks. *Frontiers in Public Health*, 7. doi: 10.3389/fpubh.2019.00139







UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Préstamo, G., Sanz, P. D., Fonberg-Broczek, M., Arroyo, G. (1999). High pressure response of fruit jams contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Letters in Applied Microbiology*, 28:4, 313–316. doi: 10.1046/j.1365-2672.1999.00531.x

Stephan, R., Althaus, D., Kiefer, S., Lehner, A., Hatz, C., Schmutz, C. *et al.* (2015). Foodborne transmission of *Listeria monocytogenes* via ready-to-eat salad: a nationwide outbreak in Switzerland, 2013–2014. *Food Control*, 57, 14–17. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.03.034

Tomasula, P. M., Renye, J. A., Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Kwoczak, R., Toht, M. *et al.* (2014). Effect of high-pressure processing on reduction of *Listeria monocytogenes* in packaged Queso Fresco. *Journal of Dairy Science*, 97:3, 1281–1295. doi: 10.3168/jds.2013-7538

Tomoyasu, T., Mogk, A., Langen, H., Goloubinoff, P., Bukau, B. (2001). Genetic dissection of the roles of chaperones and proteases in protein folding and degradation in the *Escherichia coli* cytosol. *Molecular Microbiology*, 40:2, 397–413. doi: 10.1046/j.1365-2958.2001.02383.x

van Boeijen, I. K. H., Chavarroche, A. A. E., Valderrama, W. B., Moezelaar, R., Zwietering, M. H., Abee, T. (2010). Population diversity of *Listeria monocytogenes* LO28: phenotypic and genotypic characterization of variants resistant to high hydrostatic pressure. *Applied and Environmental Microbiology*, 76:7, 2225–2233. doi: 10.1128/aem.02434-09

van Boeijen, I. K. H., Moezelaar, R., Abee, T., Zwietering, M. H. (2008). Inactivation kinetics of three *Listeria monocytogenes* strains under high hydrostatic pressure. *Journal of Food Protection*, 71:10, 2007–2013. doi: 10.4315/0362-028X-71.10.2007





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului țintă la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

## DIAGNOSTICAREA AUTOVEHICULELOR

**Nume și prenume membru GT:** Gingărașu Mihai

**calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand antreprenor - SDA

**Titlu teză de doctorat:** Cercetări și contribuții privind diagnosticarea stării tehnice a autovehiculelor

**Conducător științific:** Prof. univ. dr. ing. Mereuță Elena

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Energie, mediu și schimbări climatice





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



## Diagnosticarea stării tehnice a autovehiculelor

O analiză sistematică a siguranței este efectuată off-line în timpul fazei de proiectare, când vehiculul nu este operațional, pentru a evalua atât gravitatea, cât și probabilitatea posibilelor defecțiuni. Se vor detecta defecțiunile care duc la posibile consecințe nedorite și trebuie luate măsurile adecvate de atenuare pentru a asigura desfășurarea traficului rutier în condiții de siguranță [1].

Înainte ca acțiunea de atenuare să poată fi luată, sistemul trebuie să fie capabil să detecteze, în primul rând, că defecțiunea este prezentă. Mai mult, această detectare a defecțiunilor trebuie să aibă loc într-o anumită perioadă de timp, denumită latență de detecție, pentru a permite timp suficient pentru acțiunea de atenuare, în scopul menținerii comportamentului dinamic al vehiculului [2].

Diagnosticarea defecțiunilor depășește detectarea defecțiunilor prin furnizarea de informații extinse privind cauza principală a unei defecțiuni a sistemului. Diagnosticarea defecțiunilor se deosebește de detectarea defecțiunilor prin faptul că detectarea urmărește, în principal, determinarea faptului că au apărut unele defecțiuni, în timp ce diagnosticarea defecțiunilor ar putea să indice ce fel de defecțiune a avut loc, ce componente sunt responsabile și ce a cauzat defecțiunea [3].

Majoritatea activităților din domeniul diagnosticării defecțiunilor pentru sistemele auto s-au axat pe diagnosticarea off-line efectuată de tehnicieni sau mecanici de service în domeniu, pentru a descoperi la ce componente au survenit defecțiuni [4]. Chiar și codurile de diagnosticare a erorilor (DTC), deși detectate online în timpul funcționării vehiculului, sunt destinate utilizării de către un tehnician de service după ce au fost citite cu ajutorul unui instrument de scanare în scopul întreținerii off-line [5].

Sistemele auto sunt formate din componente mecanice, hidraulice, software și hardware care implementează funcții specifice vehiculelor. Aceste arhitecturi includ sisteme de control distribuite pe mai multe unități electronice de comandă (ECU) interconectate prin buses de comunicație serială, împreună cu senzori și actuatori conectați local la porturile de intrare / ieșire ale ECU-urilor. În cadrul acestei arhitecturi, eșecul unei componente permite ca funcțiile implementate pe alte componente să continue să funcționeze, iar proximitatea senzorilor care furnizează informații de intrare și servomotoarele controlate, minimizează lungimea firului și complexitatea cablajului [6], [7].





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

P.E. Lanigan și alții [6] au arătat că sistemele electronice de control auto moderne sunt sisteme distribuite, integrate în rețea. Rutinele de diagnostic implementate pe componente individuale nu pot identifica în mod adecvat adevărata cauză a comportamentului anormal, deoarece viziunea lor este limitată la informația locală a componentelor. O tendință crescătoare în cercetarea în domeniul diagnosticării acestor sisteme este de a folosi abordări la nivel de sistem pentru a diagnostica comportamentul anormal și pentru a oferi o viziune globală consecventă asupra funcționării sistemului. Abordările actuale sunt în mod obișnuit motivate de dorința de a îmbunătăți fie întreținerea off-line, fie siguranța în timp.

Într-un alt studiu, N. Y. Asabere și alții [8] au subliniat faptul că diagnosticarea vehiculelor numai cu instrumente convenționale, care a fost utilizată pentru măsurarea simplă a mărimilor electrice, nu mai este eficientă. Au fost introduse metode de diagnoză consolidate în vehicul, pentru a detecta și identifica în mod eficient cauzele defecțiunilor care apar în timpul funcționării vehiculului.

De exemplu, sistemul de diagnosticare OBD (On-Board Diagnostics), care a fost inițial destinată monitorizării emisiilor de gaze de evacuare, este acum capabil să furnizeze DTC-uri (Diagnostic Trouble Code) înregistrate și măsurători de semnal pentru diagnosticarea off-board și a altor funcții care nu sunt legate de emisii. După detectarea, testarea și confirmarea defecțiunilor, valorile semnalului implicit sau ale semnalului alternativ sunt utilizate de ECU într-un mod „de avarie” pentru ca vehiculul să poată fi deplasat către cel mai apropiat service, procesorul de diagnosticare furnizând un avertisment conducătorului auto [9], [10], [11].

Noua versiune de diagnoză la bord, OBD3, va permite transmiterea datelor de diagnoză înregistrate la bordul autovehiculelor, prin comunicare radio, direct la autoritățile competente. Acest lucru presupune comunicarea defectelor automobilului împreună cu numărul de identificare (VIN) organelor de control a stării tehnice.

Unitățile electronice de control care vor implementa standardul OBD3 vor raporta autorităților competente tipul defectului (codul de eroare) de îndată ce martorul MIL (Malfunction Indicator Lamp) va fi aprins. În plus se vor putea efectua inspecții și interogări de date ale sistemelor care au impact asupra poluării independent de utilizatorul automobilului. Automobilele dotate cu OBD3 vor fi echipate cu sisteme de transmitere a datelor la distanță [12].

Avantajul sistemului de diagnosticare OBD3 constă în eliminarea perioadelor de inspecție periodică și depistarea din timp a automobilelor care prezintă defecte ale sistemelor de reducere a poluării. De asemenea, un automobil cu probleme va fi depistat





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

destul de ușor, circulația acestuia pe drumurile publice cu defect la bord fiind ușor de dovedit și sancționat.



Instrumente Structurale  
2014-2020

Sistemul de monitorizare continuă la distanță, OBD3, va presupune utilizarea următoarelor tehnologii:

- Remote OBD Link (conexiune pentru diagnosticare la distanță)
- Data Communications Network (rețea de comunicare a datelor)
- Data Management System (sistem de management al datelor)

Regulile sistemului de monitorizare la distanță sunt reglementate de Comitetul de Inspecție și Mentenanță pentru Automobile a Statului California (IMRC). Momentan se află în desfășurare un program pilot al sistemului OBD3 în statele California, Maryland, Utah, Portland și Nevada [12].

### Concluzii

În ultimele două decenii, creșterea rapidă a performanței și a complexității sistemelor integrate electronice a permis producătorilor de vehicule să implementeze sisteme complexe de control a autovehiculelor prin utilizarea de sisteme mecatronice. Mulți senzori sunt utilizați pentru măsurarea variabilelor utilizate ca semnale de intrare pentru ECU (viteza vehiculului, turația motorului, temperatura și presiunea aerului de admisie, presiunea de injecție, presiunea gazelor de evacuare etc.). Semnalele de intrare pot fi analogice, cum ar fi semnalele de tensiune de la senzori, digitale, cum ar fi pozițiile comutatoarelor sau modulate (semnale de modulație a lățimii de semnal PWM). Utilizând aceste semnale de intrare, ECU-urile calculează parametri necesari pentru comanda dispozitivelor de execuție (actuatori).





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

### Referințe

- [1] J. V. Moniaga, S. R. Manalu, D. A. Hadipurnawan, and F. Sahidi, 'Diagnostics vehicle's condition using obd-ii and raspberry pi technology: study literature', *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 978, p. 012011, Mar. 2018, doi: 10.1088/1742-6596/978/1/012011.
- [2] T. Denton, *Advanced Automotive Fault Diagnosis: Automotive Technology: Vehicle Maintenance and Repair*. Routledge, 2016.
- [3] M. Gingarasu, E. Mereuta, V. Amortila, and C. Humelnicu, 'The influence of vehicle diagnosis on reducing gas emissions that affects the Earth's climate system', *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, vol. 19, no. 4.1, pp. 1109–1115, 2019.
- [4] M. Gingarasu, E. Mereuta, V. Amortila, and C. Humelnicu, 'The influence of the vehicle steering system missalignment on the environment', *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019*, vol. 19, no. 4.2. STEF92 Technology, 51 Alexander Malinov blvd, Sofia, 1712, Bulgaria, pp. 295–302, Dec. 09, 2019, doi: 10.5593/sgem2019V/4.2/S06.040.
- [5] M. P. Mathad and D. R. V. Kulkarni, 'Review on Expert System for Vehicle Troubleshooting & Maintenance', vol. 4, no. 1, p. 5, 2017.
- [6] P. E. Lanigan, S. Kavulya, P. Narasimhan, T. E. Fuhrman, and M. A. Salman, 'Diagnosis in Automotive Systems: A Survey', p. 22.
- [7] A. S, N. N, and C. E, *E-Learning for Car Faulty Diagnosis 1* .
- [8] N. Y. Asabere and S. Kusi-sarpong, *Mves: A Mobile Vehicle Expert System for the Automobile Industry* .
- [9] S. Baek and J.-W. Jang, 'Implementation of integrated OBD-II connector with external network', *Information Systems*, vol. 50, pp. 69–75, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.is.2014.06.011.
- [10] J. Jhou, S. Chen, W. Tsay, and M. Lai, 'The Implementation of OBD-II Vehicle Diagnosis System Integrated with Cloud Computation Technology', in *2013 Second International Conference on Robot, Vision and Signal Processing*, Dec. 2013, pp. 9–12, doi: 10.1109/RVSP.2013.55.
- [11] 'ISO 15031-3:2016(en), Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics — Part 3: Diagnostic connector and related electrical circuits: Specification and use'. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15031:-3:ed-2:v1:en> (accessed Nov. 24, 2020).
- [12] 'OBD3 – viitorul sistemului de diagnoză la bord'. <http://www.e-automobile.ro/categorie-diagnoza/51-obd3-auto.html> (accessed Dec. 15, 2020).





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**  
**Formator modul complementar**  
**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”**,  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## **MINIREVIEW**

### **Aplicații ale amestecurilor polimerice**

**Nume și prenume membru GT: Gorovei Mihaela-Claudia**

**Calitatea în cadrul proiectului: student doctorand**

**Titlu teză de doctorat: Nanostructuri polimerice**

**Conducător științific: Iulian Gabrel Bîrsan**

**Domeniul de studii: Inginerie Mecanică**

**Domeniu specializare inteligentă: Eco-nano-tehnologii și materiale avansate**

#### **ABSTRACT**

În prezent, utilizarea materialelor polimerice este atât de extinsă în societatea noastră, încât se poate lua în considerare că trăim în „epoca polimerului”. Datorită versatilității lor, polimerii sunt prezenți în fiecare etapă a întregii noastre „infrastructuri”. Este un domeniu de cercetare în creștere datorită necesității extinderii orizontului de aplicare a polimerilor cu scopul de a înlocui alte materiale (de exemplu, metalice) care sunt utilizate în mod predominant în anumite industrii. Acest articol este o recenzie care discută atât clasificarea materialelor polimerice și cercetări de ultimă generație ale altor autori cu privire la amestecurile polimerice.

**Cuvinte cheie:** amestecuri polimerice, nanoparticule, sinteză, clasificare.

#### **Introducere**

Materialele polimerice au fost folosite din timpuri preistorice. Polimerii sunt abundenți în natură, găsiți în toate sistemele vii și materiale precum lemn, hârtie, piele, fibre naturale, sunt intens utilizați pe scară largă. În timp ce polimerii naturali își păstrează importanța intrinsecă, astăzi se utilizează în cea mai mare parte materialele sintetice [1]–[4].



UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Termenul "polimer" provine din cuvintele grecești poly ("multe") și meros ("parte"). Destul de literal, un polimer constă din "multe unități". "Polimerii sunt formați dintr-un număr mare de molecule mici identice, numite monomeri [5].

Există cinci domenii principale de aplicare a polimerilor: materiale plastice, cauciucuri sau elastomeri, fibre, finisaje de suprafață, protecția podelelor acoperiri și adezivi [6], [7]–[9].

Polimerii sunt macromolecule construite prin legarea împreună a unui număr mare de molecule mult mai mici, ce rezultă prin înlanțuirea unui număr ridicat de molecule mici de monomer, legate prin legături covalente. Polimerii se obțin în urma reacției de polimerizare [10]–[15].

Tehnologia procesului polimeric este matură și este relativ ușor de realizat prin forme complexe din majoritatea materialelor în mod rentabil. Deoarece majoritatea polimerilor sunt materiale cu densitate scăzută, au avantaje specifice de serviciu în situațiile de transport și în înlocuirea metalelor, devenind importante. Materialele polimerice domină aplicațiile de ambalare, iar presiunile asupra mediului vor asigura că reciclarea și reutilizarea deșeurilor va continua să fie o zonă importantă de dezvoltare [8], [16], [17]. De asemenea o serie de noi aplicații sunt în curs de dezvoltare ca urmare a progreselor majore în domeniul biologiei moleculare și celulare.

Polimerii au fost clasificați inițial de Carothers [1929] în polimeri de condensare și aditive pe baza diferenței de compoziție dintre polimerii și monomerii din care au fost sintetizați. [10], [18], [19], [20].

### Aplicații ale amestecurilor polimerice

Aziz Babapoor și colaboratorii săi au fabricat și caracterizat compozitele nanofibrelor-nanoparticule cu materiale de schimbare de fază prin electrorotire/ electrospinning.

Din rezultatele experimentale pot fi formulate următoarele concluzii:

- (a) Diametrul fibrei este puternic dependent de conductivitatea electrică a soluțiilor; de exemplu, diametrul fibrei este redus la o valoare mai mare conductivitățile electrice. A fost găsit cel mai mic diametru mediu de fibră de 59 nm pentru compusul Fe-4;
- (b) rezultatele FTIR indică faptul că adăugarea de nanoparticule de  $Al_2O_3$  are un impact semnificativ asupra structurii de cristalizare PEG, și există o puternică interacțiune între  $Al_2O_3$  și PEG;
- (c) Dintre toate compozitele testate, temperatura inițială pentru compozitele de  $SiO_2$  a fost cea mai mare în timp ce compoziția Al-1 a oferit temperatura maximă [21].

S. E. Jasim și colaboratorii săi au fabricat nanoparticulele superconductoare YBCO (Oxid de cupru, bariu și ytriu) prin metoda electrochimică electrospinning.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Proba a fost preparată prin dizolvarea a 4,0g de acetat de Y-Ba-Cu și 3,0g de pulbere PVP în 25,0ml de amestec de acid propionic, acid acetic și metanol.

Tranziția temperaturii filmului subțire de nanoparticule YBCO a arătat o rezistență zero la 78 K, cu o lățime de tranziție semi-ascuțită de 13 K. În timp ce semifabricatul a indicat rezistența zero la 85 K și o lățime de tranziție ascuțită de 6 K.

S-a obținut un diametru tipic de nanoparticule între 20 și 50nm și s-au obținut nanoparticule aglomerate de circa 388nm. Suprafața măsurată a nanoparticulei YBCO a fost mai mare decât cea pentru semifabricat și nu a fost influențată de temperatura de calcinare [67].

Yun Wei și colaboratorii săi au fabricat nanofibre TiN / de carbon prin metoda electrospinning.

Au sintetizat nanofibrele de TiN / carbon prin electrospunerea unei poli- (vinilpirolidonă) (PVP,  $M_w = 1\ 300\ 000$ ) și titanatului de tetrabutil ( $Ti(OC_4H_9)_4$ ), urmată de procese de tratare termică cu două trepte pentru nitrare:

- $Ti(OC_4H_9)_4$  a fost dizolvat în 10ml etanol (PVP a fost adăugat la amestec pentru a controla vâscozitatea soluției);

Nanofibrele polimerice conținând Ti s-au colectat pe substrat prin aplicarea unei tensiuni înalte de 11 kV. Nanofibrele polimerice s-au calcinat la  $280\ ^\circ C$  în aer timp de 2 ore pentru a obține nanofibrele precursor. Apoi, nanofibrele precursori sintetizați s-au calcinat într-un cuptor tubat în atmosferă de amoniac la  $900\ ^\circ C$  timp de 4 ore.

În cele din urmă, după ce proba a fost răcită la temperatura camerei în atmosferă de amoniac, s-au obținut omologii TiN / carbon.

Morfologia nanofibrelor a fost examinată cu un microscop electronic de scanare și un microscop electronic de transmisie TEM, tensiune de accelerare 200 kV [68].

Lu și colaboratorii au fabricat au preparat nanoparticule PVP /  $Ag_2S$  în soluție de etanol prin metoda lui Qian.

Într-un procedeu tipic:

- 0,1 g de  $AgNO_3$  s-a dizolvat în 3,45 g etanol cu agitare puternică, apoi s-au adăugat diferite cantități de PVP (0,15, 0,31 și 0,48 g) (Aldrich, greutate moleculară medie  $M_w = 1300\ 000\ g\ mol^{-1}$ ) și s-au agitat timp de aproximativ 10 minute pentru a obține diferite concentrații de PVP (4, 8 și 12% volum masic).

-O cantitate în exces de  $CS_2$  a fost apoi introdusă în cele trei soluții de mai sus și soluțiile au fost agitate la întuneric pentru a permite reacția de sulfurare timp de 24 ore pentru a se obține raporturi diferite de PVP /  $Ag_2S$  (5,2: 1 pentru 4% în masă PVP, 10,6: 1 pentru 8% din PVP și 16,6: 1 pentru 12% în masă PVP).

Soluția vâscoasă neagră obținută a fost încărcată într-o seringă din plastic echipată cu un ac de 14 cm din platină. Acul a fost conectat la o sursă de tensiune înaltă (15 kV) care a fost aplicată la electrospunerea. O bucată de folie de aluminiu plană a fost plasată la 20 cm de vârful acului pentru a colecta nanofibrele. Electrospunerea a fost efectuată în aer.



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Imaginile fibrei au fost luate folosind microscopia electronică de scanare. Nanoparticulele  $\text{Ag}_2\text{S}$  au fost caracterizate prin microscopie electronică de transmisie. Măsurătorile prin scanare cu microscop electronic (SEM) au fost efectuate pe un microscop Shimadzu S5X-550. Experimentele cu microscop electronic de transmisie (TEM) au fost efectuate pe un microscop Hitachi S-570 cu o tensiune de accelerație de 200 kV. Formatele de difracție Xray (XRD) s-au obținut cu un difractometru Siemens D5005 utilizând radiația CuK $\alpha$ . Analiză din spectrele fotoelectronice cu raze X (XPS) a fost efectuată folosind un ESCALAB MKII utilizând Mg ca sursă interesantă [69].

Vyacheslav V și colaboratorii au fabricat fibre compozite prin metoda electrospinerii intermediare conținând  $\text{ZrOCl}_2$  și  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  ca precursori  $\text{ZrO}_2$  și  $\text{Al}_2\text{O}_3$  și aditiv PVP.

Prezența celor două faze distincte poate fi observată în mod clar în figura 1.16:  $\text{ZrO}_2$  (faza mai luminată) și  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (faza întunecată). Trebuie remarcat faptul că  $\text{Al}_2\text{O}_3$  este parțial dizolvat în  $\text{ZrO}_2$  (inserția superioară din Figura 1.16). Vârful aparținând carbonului provine de la banda de scotch conductoare utilizată pentru fixarea probelor pentru vizualizarea SEM. Formarea și evoluția structurii cristaline a fibrelor compozite cu creșterea temperaturii de calcinare este prezentată în figura 1.17. Se poate observa că fibrele  $\text{ZrOCl}_2 / \text{Al}(\text{NO}_3)_3 / \text{PVP}$  înainte de tratamentul termic sunt amorfe. Descompunerea completă a sărurilor de polimer legat, zirconiu și aluminiu la 500 ° C nu are nici un efect asupra reflexiilor principale de cristal la 20 = 30,2 °, 35,2 °, 50,2 ° și 60,2 ° [70].

Guo-Xun Sun și colaboratorii au fabricat nanofibre de zirconiu.

În experiment s-a adăugat carbonat de zirconiu ( $\text{CH}_2\text{O}_7\text{Zr}_2$ ), acid acetic ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), Nitratul de azot hexahidrat ( $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Sub agitare la 30 ° C-40 ° C, în soluție se adaugă cantitatea corespunzătoare de PVP (raport molar Zr (atomi): PVP = 1: 0,001-0,0012) amestec.

Fibrele de gel s-au obținut utilizând electrospineria. Efectul din parametrii procesului (tensiune, distanță de colectare și debit) pe morfologia și diametrele fibrelor au fost studiate. Procesele au fost sintetizate în următoarele condiții variabile de electrospinning: tensiunea în intervalul 18-20 kV, distanța de colectare

în intervalul de 10-12 cm și debitul în intervalul de 0,7 e1,0 ml / oră.

Nanofibrele de zirconiu s-au obținut după sinterizare la 1200 ° C

(timp de menținere, 2 h) sub atmosferă de aer. Fibrele de gel au fost sinterizate de la temperatura camerei la 300 ° C cu o viteză de creștere a temperaturii de 0,5 ° C / min, 1 ° C / min de la 300 ° C la 800 ° C, cu timpul de menținere timp de o oră și 5 ° C / min de la 800 ° C la 1200 ° C.

Spectrele infraroșii (IR) s-au obținut cu un Nicolet 380

Spectrometrul cu infraroșu transformat cu spectru infraroșu (FT-IR) cu ajutorul lui KBr. Structura de fază a fibrelor a fost măsurată prin analiză de difracție cu raze X folosind un Difractometru cu raze X (S8 TIGER) cu radiație Cu Ka la o viteză de 10,0 grade / minut. Analiza



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

termică termogravimetrică diferențială (TG-DTA) a fost efectuată pe un aparat termic (STA409EP) la o viteză de încălzire de  $5\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{min}$  până la  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  în aer curg. Morfologia și microstructura fibrelor a fost observată pe o microscopie electronică cu scanare emisă de câmpul SU-70.

Imaginea SEM indică faptul că fibrele au diametre de 400-600 nm. Fibrele au prezentat o flexibilitate moderată. Observarea unei singure fibre indică faptul că fibra este fabricată din granule de 20-40 nm și nu conține fisuri, având o suprafață netedă. Imaginea SEM [Fig. 1.18. (d)] prezintă o densitate și o secțiune transversală netedă a fibrei.

Spectrul de sondaj XPS și rezoluția înaltă a spectrelor detaliate ale fibrelor de  $\text{ZrO}_2$  calcinate la  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , eșantionul conține numai Zr, Y, O, precum și o cantitate mică de carbon. Existența vârfului C 1s este cauzată în principal de  $\text{CO}_2$ , care este absorbită de suprafața eșantionului. Spectrul XPS al probei prezintă o energie de legare a vârfului Zr  $3d_{5/2}$  de 181,4 eV, Y  $3d_{5/2}$  vârf de 156,7 eV [71].

Maximul de absorbție la  $1628\text{ cm}^{-1}$  este atribuit vibrațiilor de îndoire a  $\text{H}_2\text{O}$ . Picurile de absorbție ( $1556, 1456, 1352, 1032, 954$  și  $647\text{ cm}^{-1}$ ) sunt atribuite vibrațiilor de încovoiere ale grupărilor funcționale ale  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , care pot dovedi îmbinarea  $\text{CH}_3\text{COO}$  și  $\text{Zr}^{4+}$ . Viteza largă de absorbție la  $470\text{ cm}^{-1}$  este contribuția comună a polimerului din lanțul Zr-O-Zr. Din cele de mai sus, formula structurală minimalistă a acetatului poli zirconiu poate fi speculată ca  $\text{ZrO}(\text{OH})(\text{CH}_3\text{COO})\text{H}_2\text{O}$ .

Procesul de formare idealizat al solului spinat în experiment este prezentat în figura 4.19. Tranziția în soluția-sol este prima Etapa. În această etapă, s-au speculat posibila structură a acetatului de poli zirconiu (PZA) și procesul de formare idealizată a PZA. În a doua etapă, a fost adăugată polivinilpirolidona (PVP) și amestecată cu particule de sol. Apoi, în timpul procesului de filare, a apărut o tranziție de solegel (gelare). Particulele de sol au fost uscate, reticulate și în cele din urmă asamblate în gel cu o rețea coerentă.

Din curbele TG-DTA ale fibrelor de gel se poate observa că fibrele au trecut prin trei etape de pierdere în greutate de la temperatura camerei până la  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cu o pierdere totală de cca. 48,3%.

Scăderea în greutate cu 24% sub  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$  s-a datorat pierderii solvenților inclusiv apă și acid acetic. De la  $240$  la  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pierderea în greutate a fost de aproximativ 19% corespunzând descompunerii și carbonizării de PVP și acid acetic, care însoțesc eliminarea solventului molecule în rețeaua de gel. Pierderea în greutate de 5% între  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  iar  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  corespunde expulzării moleculelor de apă formate prin dehidroxilarea materialelor împreună cu îndepărtarea carbonului rezidual prin oxidare.

În curba DTA, apariția vârfurilor endoterme la  $103\text{ }^{\circ}\text{C}$  și  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  poate fi datorată îndepărtării apei adsorbante, apa legată și unele organice în fibre de gel. Atât cei slabi, piciorul exotermic la



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

230 ° C și vârful exotermic la 402 ° C a corespuns descompunerii și carbonizării acetaților și PVP. Combustia de carbon și inițierea cristalizării a fost indicată de vârful exotermic la 523 ° C, care a fost confirmat de rezultatele XRD. Vârful endotermic la 714 ° C a fost atribuită creșterii granulelor de ZrO<sub>2</sub>. Vârful endotermic slab la 1151 ° C a fost atribuită în principal creșterii în continuare a boabelor de ZrO<sub>2</sub>. [71].

### Concluzii

- Proprietățile interne ale materialelor, cum ar fi solubilitatea, interacțiunile dintre polimer și încărcătura utilă, flexibilitatea lanțului polimerului, încărcarea de suprafață, stereochimia, chimia suprafeței, greutatea moleculară și capacitatea de cristalizare etc. trebuie luate în considerare pentru alegerea metodei de preparare adecvate și pentru prelucrarea adecvată.
- Designul amestecurilor de polimeri constituie o alternativă interesantă pentru obținere a suprafețelor micro și nanostructurate.
- Costul este rezonabil și nu conține proceduri consumatoare de timp.
- În ciuda rolului crucial suprafețele superhidrofile și superhidrofobe joacă în aplicarea finală a materialului, până în prezent majoritatea studiilor privind amestecurile de polimeri au fost legate de controlul proprietăților fizice și chimice, proprietăților lor de barieră sau a conductivității electrice.
- Din revizuirea prezentă, reiese că, controlul nanostructurii polimerilor și adăugarea de nanoparticule a condus la îmbunătățiri de proprietăți structurale și funcționale într-un număr de sisteme de polimer ca un răspuns asupra cerințelor continue din sectoarele industriale avansate.
- Disponibilitatea de noi nanoparticule cu proprietăți extraordinare (adică nanotuburi de carbon, grafei, dar și nanoclays, nanoceluloză, metale și ceramică) determină posibilități noi și interesante pentru o continua extinderea piețelor de polimeri.



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

## Bibliografie

- [1] S. Thomas, A. P. Mathew, and V. P. M., Eds., *Advances in natural polymers: composites and nanocomposites*. Heidelberg ; New York: Springer, 2013.
- [2] E. M. Pearce, B. A. Howell, R. A. Pethrick, and G. E. Zaikov, Eds., *Physical chemistry research for engineering and applied sciences*. Oakville, ON, Canada ; Waretown, NJ, USA: Apple Academic Press, 2015.
- [3] B. J. Briscoe and S. K. Sinha, “Tribological applications of polymers and their composites – past, present and future prospects,” in *Tribology of Polymeric Nanocomposites*, Elsevier, 2013, pp. 1–22.
- [4] H. C. Guo, E. Ye, Z. Li, M.-Y. Han, and X. J. Loh, “Recent progress of atomic layer deposition on polymeric materials,” *Materials Science and Engineering: C*, vol. 70, pp. 1182–1191, Jan. 2017.
- [5] L. McKeen, “Introduction to Plastics and Polymers,” in *The Effect of Sterilization Methods on Plastics and Elastomers*, Elsevier, 2018, pp. 41–61.
- [6] C. S. Brazel, S. L. Rosen, and S. L. Rosen, *Fundamental principles of polymeric materials*, Third edition. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2012.
- [7] J. R. Fried, *Polymer science and technology*, Third edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2014.
- [8] M. Buggy, “Polymeric Materials,” in *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, Elsevier, 2016.
- [9] R. J. Young and P. A. Lovell, *Introduction to polymers*. Boca Raton: CRC Press, 2011.
- [10] G. G. Odian, *Principles of polymerization*, 4th ed. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience, 2004.
- [11] C. I. Awuzie, “Conducting Polymers,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 4, pp. 5721–5726, 2017.
- [12] Y. Weitsman, *Fluid effects in polymers and polymeric composites*. New York: Springer, 2012.
- [13] S. Chikkali, Ed., *Metal-catalyzed polymerization: fundamentals to applications*. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- [14] *Design and applications of nanostructured polymer blends and nanocomposite systems*, 1st edition. Waltham, MA: Elsevier, 2015.



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [15] V. Hasirci, P. Y. Huri, T. E. Tanir, G. Eke, and N. Hasirci, “1.22 Polymer Fundamentals: Polymer Synthesis ☆,” in *Comprehensive Biomaterials II*, Elsevier, 2017, pp. 478–506.
- [16] M. Soroush and M. C. Grady, “Polymers, Polymerization Reactions, and Computational Quantum Chemistry,” in *Computational Quantum Chemistry*, Elsevier, 2019, pp. 1–16.
- [17] R. Francis and D. S. Kumar, Eds., *Biomedical applications of polymeric materials and composites*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2017.
- [18] H. R. Rezaie, A. Shokuhfar, and F. Arianpour, “Nanocomposite Materials from Theory to Application,” in *New Frontiers of Nanoparticles and Nanocomposite Materials*, vol. 4, A. Öchsner and A. Shokuhfar, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 171–232.
- [19] R. O. Ebewele, *Polymer science and technology*. Boca Raton: CRC Press, 2000.
- [20] D. Banoriya, R. Purohit, and R. K. Dwivedi, “Advanced Application of Polymer based Biomaterials,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 2, pp. 3534–3541, 2017.
- [21] B. A. Howell and American Chemical Society, Eds., *Introduction of macromolecular science/polymeric materials into the foundational course in organic chemistry*. Washington, DC: American Chemical Soc, 2013.
- [22] M. S. Kondratenko, I. V. Elmanovich, and M. O. Gallyamov, “Polymer materials for electrochemical applications: Processing in supercritical fluids,” *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 127, pp. 229–246, Sep. 2017.
- [23] Y. Zhu, B. Yang, S. Chen, and J. Du, “Polymer vesicles: Mechanism, preparation, application, and responsive behavior,” *Progress in Polymer Science*, vol. 64, pp. 1–22, Jan. 2017.
- [24] R. Jordan, Ed., *Surface-initiated polymerization. I & II*. Berlin ; New York: Springer, 2006.
- [25] H. Chen *et al.*, “Thermal conductivity of polymer-based composites: Fundamentals and applications,” *Progress in Polymer Science*, vol. 59, pp. 41–85, Aug. 2016.
- [26] C. Huang, X. Qian, and R. Yang, “Thermal conductivity of polymers and polymer nanocomposites,” *Materials Science and Engineering: R: Reports*, vol. 132, pp. 1–22, Oct. 2018.



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [27] N. Mehra *et al.*, “Thermal transport in polymeric materials and across composite interfaces,” *Applied Materials Today*, vol. 12, pp. 92–130, Sep. 2018.
- [28] S. Ramakrishna, J. Mayer, E. Wintermantel, and K. W. Leong, “Biomedical applications of polymer-composite materials: a review,” *Composites Science and Technology*, vol. 61, no. 9, pp. 1189–1224, Jul. 2001.
- [29] Z. Mičicová, M. Pajtašová, S. Domčeková, D. Ondrušová, L. Raník, and T. Liptáková, “Inorganic Materials and their Use in Polymeric Materials,” *Procedia Engineering*, vol. 136, pp. 239–244, 2016.
- [30] K. R. Sharma, *Polymer thermodynamics blends, copolymers and reversible polymerization*. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2012.
- [31] K. Pielichowski and J. Njuguna, *Thermal degradation of polymeric materials*. Shawbury: Rapra Technology, 2005.
- [32] D. W. van Krevelen and K. te Nijenhuis, *Properties of polymers: their correlation with chemical structure: their numerical estimation and prediction from additive group contributions*, 4th, completely rev. ed ed. Amsterdam: Elsevier, 2009.
- [33] C.-S. Chern, *Principles and applications of emulsion polymerization*. Hoboken, N.J: Wiley, 2008.
- [34] G. Moad, D. H. Solomon, and G. Moad, *The chemistry of radical polymerization*, 2nd fully rev. ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier, 2006.
- [35] Z. Tang *et al.*, “Polymeric nanostructured materials for biomedical applications,” *Progress in Polymer Science*, vol. 60, pp. 86–128, Sep. 2016.
- [36] Ibrahim Khan, Khalid Saeed, Idrees Khan, Nanoparticles: Properties, applications and toxicities, *Arabian Journal of Chemistry*, May 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>.
- [37] Dominick Fazarro, Walt Trybula, Jitendra Tate, Craig Hanks, Nano-Safety, What We Need to Know to Protect Workers, 2017, ISBN 978-3-11-037375-2.
- [38] Rajendra Kumar Goyal, *Nanomaterials and Nanocomposites Synthesis, Properties, Characterization Techniques, and Applications*, 2018, ISBN 9781498761666.
- [39] Sulabha K. Kulkarni, *Nanotechnology: Principles and Practices*, Springer International Publishing, 2015, ISBN 978-3-319-09170-9.



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [40] Jyotishkumar Parameswaranpillai, Nishar Hameed, Thomas Kurian, Yingfeng Yu, Nanocomposite materials Synthesis, Properties and Applications, CRC Press, 2017, ISBN 13: 978-1-4822-5807-3.
- [41] NK Jain, S Pathak, Electrochemical Processing and Surface Finish, Comprehensive Materials Finishing, Volume 3, pp 358-379, 2017, doi:10.1016/B978-0-12-803581-8.09182-7.
- [42] M Ma, GC Rutledge, Nanostructured Electrospun Fibers, Polymer Science: A Comprehensive Reference, Volume 7, 2012, pp 188-210, doi:10.1016/B978-0-444-53349-4.00191-6.
- [43] P-A Mouthuy, H Ye, Biomaterials: Electrospinning, Reference Module in Biomedical Sciences, Comprehensive Biotechnology (Second Edition), Volume 5, 2011, Pages 23-36, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00434-7>.
- [44] A. Lal , H. Bleuler , R. Wuthrich, Fabrication of metallic nanoparticles by electrochemical discharges, Electrochemistry Communications 10 (2008) 488–491, doi:10.1016/j.elecom.2008.01.017.
- [45] A. V. Shmigel', P. A. Tikhonov, M. Yu. Arsent'ev, and K. E. Pugachev, Electrochemical Fabrication and Studies of Metal Silver Nanoparticles, Glass Physics and Chemistry, 2015, Vol. 41, pp. 329–333, DOI: 10.1134/S108765961503013X.
- [46] Jadhav RA, Pandharinath S. Electrochemical Synthesis and Characterization of Transition Metal Nanoparticles. Chapter 2: Preparation Methods and Characterization Techniques. Shodhganga : A Reservoir of Indian Theses @ INFLIBNET. Available from: <http://shodhganga.inflibnet.ac.in/jspui/handle/10603/84729>
- [47] T. Albrecht, S. Horswell, L.K. Allerston, N.V. Rees , P. Rodriguez, Review Article Electrochemical processes at the nanoscale, Current Opinion in Electrochemistry, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.coelec.2017.11.016>.
- [48] G.Zangari, Fundamentals of Electrodeposition, Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering, Encyclopedia of Interfacial Chemistry Surface Science and Electrochemistry, 2018, pp 141-160, doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.11700-7.
- [49] T.Hanawa, Electrodeposition of Calcium Phosphates, Oxides, and Molecules to Achieve Biocompatibility of Metals, Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering, Encyclopedia of Interfacial Chemistry Surface Science and Electrochemistry, 2018, pp 129-140, doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.11159-X.
- [50] Chang jiang Yang, Su-Moon Park , Electrochemical behavior of PbO<sub>2</sub> nanowires array anodes in a zinc electrowinning solution, Electrochimica Acta, 2013, pp 86–94, <dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2013.06.068>.
- [51] M.Costello, Electrowinning, Gold Ore Processing (Second Edition) Project Development and Operations, 2016, pp 585-594, doi.org/10.1016/B978-0-444-63658-4.00033-5.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [52] Pyry-Mikko Hannula, Muhammad Kamran Khalid, Dawid Janas, Kirsi Yliniemi, Mari Lundstrom, Energy efficient copper electrowinning and direct deposition on carbon nanotube film from industrial wastewaters, *Journal of Cleaner Production*, 2019, 1033-1039, doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.097.
- [53] Dong Hee Kang, Hyun Wook Kang, Advanced electrospinning using circle electrodes for freestanding PVDF nanofiber film fabrication, *Applied Surface Science*, 2018, pp 251-257, doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.05.211.
- [54] Elena Ewaldz, Riddhi Patel, Manali Banerjee, Blair K. Brettmann, Material selection in electrospinning microparticles, *Polymer*, 2018, pp 529-537, doi.org/10.1016/j.polymer.2018.08.015.
- [55] Mehran Shahhosseininia, Saeed Bazgir,\*, Morteza Daliri Joupari, Fabrication and investigation of silica nanofibers via electrospinning, *Materials Science & Engineering C*, 2018, pp 502-511, doi.org/10.1016/j.msec.2018.05.068.
- [56] Santhosh S. Nair, Aji P. Mathew, Porous composite membranes based on cellulose acetate and cellulose nanocrystals via electrospinning and electrospraying, *Carbohydrate Polymers*, 2017, pp 149-157, dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.07.048.
- [57] Rolf Wüthrich, Jana D. ,Abou Ziki, Chapter 2 Historical Overview of Electrochemical Discharges, *Micromachining Using Electrochemical Discharge Phenomenon (Second Edition), Fundamentals and Application of Spark Assisted Chemical Engraving*, 2015, pp 13-33 doi.org/10.1016/B978-0-444-53178-0.00003-1.
- [58] Rolf Wüthrich, Philippe Mandin, Electrochemical discharges—Discovery and early applications, *Electrochimica Acta* 54, 2009, pp 4031–4035, doi:10.1016/j.electacta.2009.02.029.
- [59] Assistant Professor Jens Muff, Chapter 3 - Electrochemical Oxidation – A Versatile Technique for Aqueous Organic Contaminant Degradation, *Chemistry of Advanced Environmental Purification Processes of Water, Fundamentals and Applications*, 2014, pp 75-134, doi.org/10.1016/B978-0-444-53178-0.00003-1.
- [60] Kuravappullam V. ,Radha, Karunamoorthy Sirisha, Chapter 11 - Electrochemical Oxidation Processes, *Advanced Oxidation Processes for Waste Water Treatment, Emerging Green Chemical Technology*, 2018, pp 359-373, doi.org/10.1016/B978-0-12-810499-6.00011-5.
- [61] S. Kobayashi and K. Müllen, Eds., *Encyclopedia of polymeric nanomaterials*. Berlin: Springer, 2015.
- [62] Muralisrinivasan Subramanian, *Basics of polymers: fabrication and processing technology*. New York: Momentum Press., 2015.
- [63] R. Das, *Polymeric materials for clean water*. 2019.



UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [64] V. K. Thakur, M. K. Thakur, and M. R. Kessler, Eds., *Handbook of composites from renewable materials. Volume 1: Structure and chemistry*. Beverly, MA: Scrivener Publishing, 2017.
- [65] E. Saldívar-Guerra and E. Vivaldo-Lima, Eds., *Handbook of polymer synthesis, characterization, and processing*. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2013.
- [66] A. Babapoor, G. Karimi, and M. Khorram, "Fabrication and characterization of nanofiber-nanoparticle-composites with phase change materials by electrospinning," *Applied Thermal Engineering*, vol. 99, pp. 1225–1235, Apr. 2016.
- [67] S. E. Jasim, M. A. Jusoh, M. Hafiz, and R. Jose, "Fabrication of Superconducting YBCO Nanoparticles by Electrospinning," *Procedia Engineering*, vol. 148, pp. 243–248, 2016.
- [68] Y. Wei *et al.*, "Fabrication of TiN/Carbon nanofibers by electrospinning and their electromagnetic wave absorption properties," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 735, pp. 1488–1493, Feb. 2018.
- [69] X. Lu, L. Li, W. Zhang, and C. Wang, "Preparation and characterization of Ag<sub>2</sub>S nanoparticles embedded in polymer fibre matrices by electrospinning," *Nanotechnology*, vol. 16, no. 10, pp. 2233–2237, Oct. 2005.
- [70] V. V. Rodaev, A. O. Zhigachev, and Y. I. Golovin, "Fabrication and characterization of electrospun ZrO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofibers," *Ceramics International*, vol. 43, no. 17, pp. 16023–16026, Dec. 2017.
- [71] G.-X. Sun, F.-T. Liu, J.-Q. Bi, and C.-A. Wang, "Electrospun zirconia nanofibers and corresponding formation mechanism study," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 649, pp. 788–792, Nov. 2015.



UNIUNEA EUROPEANĂ



Instrumente Structurale  
2014-2020

## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**

conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### **Tema: NANO-ADITIVAREA LUBRIFIANȚILOR**

pentru teza de doctorat

“Caracterizarea tribologică și reologică a lubrifiantilor nanoditivati pe bază de ulei de rapiță”

**Nume și prenume membru GT: Gulea Dionis**

**calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand antreprenor - SDA

**Titlu teză de doctorat:** Caracterizarea tribologică și reologică a lubrifiantilor nanoditivati pe bază de ulei de rapiță

**Conducător științific:** prof. dr.ing. **DELEANU Lorena**

**Domeniul de studii:** Inginerie Mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Inginerie Mecanică și Industrială

Controlul frecării și uzurii sunt probleme recunoscute pe scară largă care afectează o gamă largă de aplicații de materiale, de la unelte și componente de motor, la implanturi medicale pentru înlocuirea articulațiilor, la mașinile și tehnologii noi, cum ar fi micro și nano-electromecanice (MEMS, NEMS). Impactul aproape omniprezent de frecare și uzură în numeroase sectoare ale economiei (Figura 1) motivează în mod persistent cercetarea în ceea ce privește lubrifierea și care acoperă mai eficient aceste provocări.





UNIUNEA EUROPEANĂ



## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

Materiale lamelare, precum grafitul, MoS<sub>2</sub> și nitrura de bor hexagonală (h-BN) au fost recunoscute de mult timp ca lubrifianți de suprafață eficienți. Oferind avantajele de a fi solide, acestea filmele lubrifiante care pot fi aplicate sistemelor deschise și pot, de asemenea, să fie aplicate în alte circumstanțe în care lubrifierea lichidă nu este adecvată. În toate cazurile, ele oferă o alunecare între straturile interfeței cu rezistențe fenomenale de forfecare interfacială facilitată de interacțiunile de strat intermediar cu caracteristici slabe în interiorul materialelor.

Recent, capacitatea de a izola straturile atomice individuale de aceste materiale au promovat o nouă zonă interesantă și anume cercetarea proprietăților lor de frecare. De la descoperirea lui în 2004, în special grafenul a atras atenția considerabilă. Făcut dintr-un carbon simplu de tip figură și a fost descoperit că prezintă multe proprietăți electronice și mecanice unice, inclusiv electronul balistic transport, conductivitate termică ridicată, modul de elasticitate mare în plan și coeficient scăzut de frecare.

Aceste proprietăți dorite fac ca grafenul să aibă un interes considerabil pentru utilizarea potențială în multe aplicații inclusiv materiale compozite, transfer de energie și depozitare, dispozitive electronice și mecanice și lubrifierea în stare solidă.

Deși mecanic exfolierea produce cel mai curat grafen fără defecte, nu este posibil pentru producție de serie și aplicații la scară largă.

Nanofluidelor care conțin nanoparticule solide ar putea avea o vâscozitate mai mare decât fluidele uzuale de lucru. Efectele reale ale fracției volumice, ale temperaturii, dimensiunii particulelor și ale formei asupra vâscozității nano-lichidelor sunt determinate prin experimente [34].

Uleiurile vegetale formulate timpuriu folosesc aditivi de performanță asemănători cu cele pentru uleiurile petroliere care sunt, în majoritate, nepolare, în timp ce trigliceridele sunt foarte polare. Astfel, aditivii convenționali de petrol au probleme de solubilitate atunci când sunt adăugați în uleiuri vegetale. Frecvent, trebuie utilizat un agent de dispersie. Compușii fosfat de amină sunt utilizați în produsele biodegradabile, dar nu sunt eficiente în petrol, ca și în uleiurile vegetale. Unii aditivi anti-uzură utilizați în uleiurile vegetale reduc stabilitatea oxidativă atunci când sunt combinați cu anumiți antioxidanți. Acestea includ compuși de fosfat de amină și fosfordiitol dialchilic de molibden cu ZDDC [22].

Numărul de aditivi compatibili cu uleiuri vegetale, esteri sintetici sau polialchilen glicoli este mic în raport cu numărul de aditivi compatibili cu uleiurile de bază minerale [10].

Un pachet de aditivi pentru uleiurile vegetale poate conține: detergenți, dispersanți, agenți anti-coroziune și antioxidanți, agenți anti-spumă, modificatori de vâscozitate și aditivi anti-uzură, agenți de depreciere cu punct de curgere. Este greu de determinat influența sinergică a unui





UNIUNEA EUROPEANĂ



## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

astfel de pachet. Dar și aditivii trebuie să fie atât fără cenușă (conținând Ca, Na, K, Mg și nu alte metale) și netoxici [43]. Dintre săpunuri, săpunurile pe bază de calciu sunt considerate mai puțin toxice în comparație cu alte tipuri (de exemplu pe bază de Li), iar săpunurile în general sunt considerate mai puțin toxice decât agenții de îngroșare grafit [44].

Problemele de aditivare nano a uleiurilor vegetale sunt legate de:

- concentrația, forma și dimensiunea nanoparticulelor,
- compatibilitatea cu compoziția uleiului,
- stabilitatea chimică și fizică în timp și sub parametrii regimului de exploatare,
- aglomerări, sedimentare, dispersie,
- căderea aditivului cauzat de apa care ar putea fi prezentă în orice sistem de lubrifiere; apa, de asemenea, crește formarea de acid, deteriorarea sigiliilor, generarea ruginii și accelerarea uzurii.

Cele mai multe bio-fluide sunt mai susceptibile la ruperea hidrolitică, rezultatul fiind formarea acidă, precipitarea aditivă.

Un capitol dedicat, "Aditivi pentru lubrifianții biologici și biodegradabili" [22], a început prin compararea uleiurilor petroliere, a uleiurilor vegetale, a esterilor saturați și a polialfaolefinelor și a concluzionat că uleiurile vegetale trebuie să fie formulate pentru propriul set de proprietăți.

Recenzile privind aditivii pentru lubrifianți apar în literatură [37], [30], [45], [46], dar numai câteva se referă la influența nano-aditivilor în uleiurile vegetale, rezultatele analizate fiind nesatisfăcătoare în comparație cu aditivarea de uleiuri minerale și sintetice.

Adăugarea de nanoparticule la un ulei de bază (minerală, sintetică sau vegetală) reprezintă o abordare promițătoare pentru îmbunătățirea anumitor caracteristici, cum ar fi rezistența la frecare și rezistență la uzură, rezistența termică și chimică, dar literatura și rapoartele nu prezintă încă nicio recomandare clară să formuleze și să utilizeze noi lubrifianți aditivi fără laboratorul de testare, în special cei care ar putea oferi date care ar putea fi comparate cu cele "clasice".

Au fost utilizate particule mici cu dimensiunea nanometrilor, cum ar fi grafitul [47], nitrura de bor (BN) [42], mineralele naturale și sintetice, MoS<sub>2</sub> [48], WS<sub>2</sub> [49] și politetrafluoretilenă (PTFE) atât ca lubrifianți solizi cât și ca aditivi în lubrifianți. Aceste particule au o tendință de depozitare în timpul depozitării și utilizării datorită dimensiunii lor, iar proprietățile lor tribologice rămân slabe în prezența umidității și a oxigenului și, prin urmare, limitează aplicațiile lor [51]. Au fost investigate adăugarea de nanoparticule cu dimensiunea tipică în intervalul 2-120 nm la lubrifianți ca modificatori de fricțiune pentru reducerea eficientă a fricțiunii și a uzurii. În special, s-au investigat nanoparticule bazate pe compus carbon, metal, oxid metalic, sulfură metalică, borat metalic, carbonat metalic, compus pământuri rare și SiO<sub>2</sub> [28],





## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

[52], [53] și performanțele lor tribologice ca modificatori de frecțiune în funcție de gradul de cristalinitate (defect), mărime, formă și concentrație [30].

Există numeroase studii asupra uleiurilor vegetale obișnuite [54], [55], [13]), dar aditivarea acestor fluide lubrifiante este încă la început. O lucrare de sinteză în acest domeniu a fost realizată de Zulkifli [38], iar același autor dă rezultate experimentale pentru un oxid de metal ( $TiO_2$ ) [56]. Glicolul a fost utilizat ca solvent.

Nanoparticulele au redus COF cu până la 15% la sarcină mare și au îmbunătățit WSD, în special la sarcină mică (40 kgf), prin crearea unui strat suplimentar de protecție

Aditivarea uleiurilor vegetale este încă la început. Uleiul mineral și sintetic au fost studiate și există două tendințe privind aditivarea uleiurilor vegetale:

- să utilizeze aceiași aditivi ca și pentru uleiurile menționate mai sus,
- să formuleze noi aditivi bazați pe caracteristicile particulare ale uleiurilor vegetale.

Concentrația aditivilor nano în uleiul de bază influențează puternic proprietățile tribologice, însă valorile optime ar putea fi greu de evaluat de modelele teoretice și se determină numai prin testare. Deoarece există multe caracteristici tribologice care ar putea fi afectate de aditivare, inginerul trebuie să accepte un compromis: optimizarea unui parametru (de mare interes pentru o anumită aplicație), îmbunătățirea altora și acceptarea efectelor induse. De exemplu, nano-aditivii vor reduce uzura, dar pot crește coeficientul de frecare și temperatura în contact. Testele vor regla această abordare a sistemului, mai ales atunci când se fac cu parametrii din intervalele de aplicare efectivă.

Există cercetători care includ oxizii metalici din categoria aditivilor EP [59], dar datorită activității chimice slabe pe substrat și datorită faptului că straturile nu sunt continue și stabile în timp, acești aditivi ar putea fi tratați mai mult ca modificări de frecțiune și uzură.

Chiar dacă mulți specialiști au scris despre un tribolayer mai fin și mai compact, format pe suprafețele uzate, responsabile de reducerea frecării și a uzurii, raportul recent și investigațiile SEM arată că tribolayerul de modificatori de uzură și de frecare nu este continuu, adesea fiind un strat sub formă de pulbere Foi de nano, laminate sau nu [60], [61] [62].

Etilceluloza (EC) ar putea fi considerată un aditiv multifuncțional. Delgado [63] a raportat că adăugarea de EC în uleiurile de floarea-soarelui de mare oleic (HOSO) și ricin (CO) le face capabile să ajungă la amestecuri stabile și non-geloase, cu vâscozități la  $40^\circ C$  într-un interval larg și indicii de vâscozitate în grupa API III. Amestecul HOSO / CO / EC a prezentat o reducere a coeficientului de frecare la viteză mică și a generat o peliculă EHD stabilă la  $100^\circ C$  de aproximativ 20 nm, sugerând proprietăți de graniță mai bune decât uleiurile HOSO / EC sau CO / EC. Folosirea uleiurilor vegetale ca lubrifiante implică o cercetare asupra setului de trăsături





UNIUNEA EUROPEANĂ



## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

tribologice, inclusiv a celor care pot fi evidențiate pe triboleterul cu patru bile [64], [46]: influențele cauzate de natura lubrifiantului, chimice și reologice modificări, condiții de încărcare și viteză, influența naturii și a concentrației aditivului (aditivilor) etc.

În literatura de specialitate, sunt raportate teste pe uleiuri vegetale, dar datele sunt departe de a fi comparabile și utile pentru aplicațiile la scară industrială. Informația privind comportamentul acestor uleiuri pe mașinile cu patru bile este de interes, deoarece este posibilă compararea uleiurilor vegetale, aditivate sau nu, cu cele deja utilizate, minerale sau sintetice.

Cermak a testat uleiurile vegetale pe testerul cu patru bile, în conformitate cu standardul american ASTM D4172 și a obținut valori bune pentru coeficientul de frecare și diametrele cicatricilor de uzură de 0,53 mm pentru uleiul Cuphea și 0,89 mm pentru șteiul Lesquerella.

Unul sau mai multe mecanisme de reducere a mecanismului de frecare și anti-uzură a nanoparticulelor în lubrifianți au fost, de asemenea, raportate ca (figura 7):

- micro
- laminare,
- netezirea / nivelarea
- lustruire
- formarea filmului de protecție

Primele două mecanisme au un efect direct asupra lubrifierii. În cazul laminării, nu apar reacții chimice și nanoparticulele sferice sau ovale sunt dispuse să se rostogolească.

Forma, dimensiunea și distribuția uniformă a dimensiunilor aditivilor nano în timpul funcționării tribosisteme sunt factori importanți care afectează durabilitatea și performanța. Forma determină direct presiunile întâlnite în contact. La pornire, un aditiv sferic va susține o presiune atât de mare încât va fi aplatizat, similar cu un trombocir nano, iar contactul său cu corpul solid devine planar: sub o sarcină mai mare, aditivul poate fi laminat într-o foaie nano.

Astfel, straturile nanoplastice reduc riscul de indentare, zgâriere și / sau deformare a texturii corpurilor în contact. Problema este că foile nano tind să se rostogolească în loc să rămână laminate pe textura și să formeze aglomerări de nano-role care ar putea modifica distanța dintre corpurile în contact și să provoace fluctuații de frecare și expunere neuniformă a suprafețelor la contact direct și, astfel, la uzura mai intensă. Acest aspect a fost subliniat de Cristea [47], [79] pentru grafit și grafen în ulei de soia și de Cristea [60] pentru TiO<sub>2</sub> în uleiul de rapiță.

În ciuda ideii generale discutate acum câteva decenii, nanoparticulele nu formează un film continuu pe suprafețele de frecare [47], ele intermediază transferul de sarcină și transformă parțial glisarea în rotație.





UNIUNEA EUROPEANĂ



## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

Modificatoarele de frecare pot fi clasificate în două grupuri distincte în funcție de mecanismul de reducere a fricțiunii:

- prin filmul adsorbit,
- prin frecare cu cel de-al treilea corp (particulele aditivului acționează ca distanțiere, amortizoare sau / și elemente de rulare intermediare).

Utilizarea materialelor cu nano-carbon este mai recentă - în ultimul deceniu. Specialiștii împart materialele nanocarbon în patru clase, în funcție de alotropia de carbon: dimensiunea zero (fullerenă, dar și carbonul amorf negru), unidimensional sau 1D (nano-carbon și nano-bare de carbon), bidimensional sau 2D (grafen [86] tridimensionale sau 3D.

Pentru moment, modelele de frecare grafene și datele obținute la AFM sunt contradictorii.

Tribotesturile care permit comparații mai apropiate și apropierea de tribosistemele reale sunt puține și, prin urmare, trebuie testată influența adăugării de grafen în calitate de aditiv de ulei. Grafenul este considerat un lubrifiant în creștere [86]. În ciuda eforturilor de dezvoltare a cercetării pentru aplicațiile existente și viitoare, potențialul lor tribologic ca lubrifiant rămâne relativ neexplorat. Inerția chimică foarte ridicată, rezistența bună și capacitatea de a se rupe ușor între trombocite sau suprafețe foarte fine sunt atribute favorabile pentru un comportament tribologic foarte bun.

## CONCLUZII

Rezultatele raportate sunt încă neconcludente, iar aplicațiile acestor uleiuri se bazează mai mult pe inerția pieței sau pe experiența practică a utilizatorilor.

În ciuda avantajelor nanoparticulelor ca aditivi de petrol analizate și rezumate în această lucrare, există, de asemenea, unele provocări legate de aplicațiile lor, care ar putea forma o cercetare viitoare.

- să pregătească și să mențină amestecuri omogene de particule și uleiuri de nanostructură. Forța puternică van der Waals între particule îi determină să se agregeze în soluții; prin urmare, trebuie investigate diferite tehnici de modificare pentru stabilizarea nanoparticulelor din uleiurile vegetale pentru a produce lubrifianți, stabili fizic și chimic,
- testarea în condiții adecvate, mai aproape de aplicațiile viitoare,
- raportarea rezultatelor într-o manieră care permite compararea datelor și traducerea acestora în tribosistemele reale.

Concluzia este că aditivarea uleiurilor vegetale este încă la început, deoarece rezultatele raportate nu sunt atât de eficiente în comparație cu aditivarea alternativei clasice - uleiurile minerale și chiar mai puțin, comparativ cu uleiurile sintetice. Dar cercetările trebuie continuate, deoarece aceste uleiuri vegetale devin o resursă reală pentru stocurile de bază pentru lubrifianți.







UNIUNEA EUROPEANĂ



## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

## BIBLIOGRAFIE

- [1] **Șolea, L.C., Crețu, R.,** *Study of wear evolution for soybean oil and corn oil using a four ball tester*, Metalurgia International, nr. 9, 2013 – trimisă spre publicare.
- [2] **Șolea, L.C., Spânu, C., Georgescu, C.,** *Lubrication efficiency of two vegetal oils, evaluated by four ball tests*, First International Conference "Danube-Black Sea 3E – Energy, Environment and Efficiency", IWEEE, 18-21 sept., Galați, 2013.
- [3] **Spânu, C., Rîpă, M., Ciortan, S.,** *Study of wear evolution for a hydraulic oil using a four ball tester*, The Annals of University "Dunarea de Jos" of Galați, Fascicle VIII, Tribology, pp. 186, 2008.
- [4] **Syahrullai, S., Ani, F.H., Golshkough, I.,** *Wear Resistance Characteristic of Vegetable Oil*, The 2<sup>nd</sup> International Conference on Sustainable Materials Engineering, pp.44-47, 2013.
- [5] **Crudu, I.,** *Tribosistem-Tribomodel în studiul sistemelor mecanice*, Editura Galați University Press, Galați, 2008.
- [6] **O'Connor, J.J., Boyd, J., Avallone, E.A.,** *Standard Handbook of Lubrication Engineering*, Mc Graw-Hill Book Company, 1968
- [7] **Stachowiak, G.W., Batchelor, A.W.,** *Engineering Tribology*, Elsevier, Amsterdam, 1993
- [8] **Nacz, M., Amarowicz, R., Sullivan, A., Shahidi, F.,** *Current research developments on polyphenolics of rapeseed/canola: a review*, Food Chemistry, 62, pp. 489-502, 1998.
- [9] **Ștefănescu, I., Diaconu, N.,** *Practica lubrifierii tribosistemelor industriale*, Editura Europlus, Galați, 2009.
- [10] **Stepina, V., Vesely, V.,** *Lubricants and Special Fluids*, Elsevier Science B.V, Amsterdam, ISBN 0-444-98674-X, 1992
- [11] **Olaru, D.,** *Fundamente de lubrificație*, Editura Gh. Asachi, Iași, 2002.
- [12] **Pascovici, M.D., Cicone, T.,** *Elemente de tribologie*, Ed. BREN, București, 2001.
- [13] **Ștefănescu, I., Calomir, C., Spanu, C.,** *Studies concerning the vegetable oil viscosity used as biodegradable lubricants*, The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galați, fascicle VIII, Tribology, pp. 237-242, 2003.
- [14] **Hohn, B.R., Michaelis, K., Dobereiner, R.,** *Load carryng capacity properties of fast biodegradable gear lubricants*, Lubr. Eng., 15, 1999.
- [15] **Schneider, M., Smith, P.,** *Plant Oil in Total Loss & Potential Loss Applications*, Final Report, 16 May 2002
- [16] **Mortimer, R.M., Fox, M.F., Orszulik, S.T.,** *Chemistry and Technology of Lubricants – 3rd Edition*, Springer Dordrecht Heidelberg, London, New York, ISBN 978-1-4020-8661-8, 2010.
- [17] **Goyan, R.L., Melley, R.E., Wissner, P.A, Ong, W.C.O.,** *Biodegradable Lubricants*,





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat

(BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**

conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 – Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### Metode de predicție a zgomotului

**Nume și prenume membru GT:** Hulea (căs. Anton) Elena Gabriela

**Calitatea în cadrul proiectului:** Student doctorand

**Titlu teză de doctorat:** Studii și contribuții la predicția și prevenția zgomotului în vederea îmbunătățirii confortului la bordul navelor

**Conducător științific:** Prof. univ. dr.ing. Mocanu Costel Iulian

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Tehnologia informațiilor și a comunicațiilor, spațiu și securitate

Disconfortul acustic are multe efecte adverse asupra oamenilor pentru că produce tulburări de somn și iritații. Prin urmare, predicția a nivelului de zgomot pe nave este o preocupare crescândă a proprietarilor de nave. Acest lucru este valabil mai ales pentru navele de pasageri, deoarece criteriul acustic este cel mai important criteriu de confort pentru clienții navei de croazieră [1]. Și la nave comerciale se întâlnesc, de asemenea, frecvent probleme de zgomot și vibrații cu efecte acustice structurale iar zgomotul este adesea omis în criteriile de proiectare [2]. Există o serie de surse de vibrații și zgomot prezente în nave [3]. Unele surse tipice sunt motoarele, dinamica liniei arborelui, presiunile radiate și forțele portante ale elice, dispozitivele de manevră cum ar fi unitatea de propulsie transversală, sistemele de aer condiționat etc. Când este generat, sunetul dintr-o navă se propagă în diferite moduri. Sunetul transmis în aer, iradiat de o sursă, poate fi transmis prin pereți, pereți etanși și punți. La frecvență joasă această transmisie apare ca urmare a vibrației membranei a structurii, dar la cele de înaltă frecvență are caracter de undă. Mai mult, vibrația sonică poate fi transmis prin fundație și structurile corpului, cu radiația ulterioară a sunetului aerian în vecinătatea și în





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

compartimente îndepărtate. În cazul mașinilor în care energia vibrațională este produsă sub formă de vibrație sonică (pompe, compresoare, motor diesel), zgomotul în vecinătate și la distanță compartimentele apar în principal din cauza ultimului tip de transmisie a sunetului. Acest lucru este deosebit de pronunțat în cazul mașinilor montate pe fundații relativ ușoare în compartimente cu o bună izolare fonică a aerului. Aspectul zgomotului în compartimentele navei la distanță de sursa de vibrații poate fi aproape întotdeauna explicată prin transmiterea vibrației sonore prin structură a carenei. Fenomenul se numește zgomot structural și este principala preocupare a prezentei lucrări.

Analizele comune ale vibrațiilor navelor se referă în principal la vibrația indusă de motor și elice cu excitația frecvențelor care nu ating valori mari, fiind în jur de 5-10 Hz în medie. Zgomotul născut în structura structurală reprezintă de fapt marele răspuns structural al vibrației la frecvențe de mai sus 1000 Hz. Intuitiv, inginerii sunt predispuși să considere zgomotul ca pe un extinderea vibrațiilor de joasă frecvență și încercați să analizați zgomotul propagare folosind aceleași metode. În acest sens, metoda elementului finit (FEM) este alegerea tradițională. Totuși, predicția de zgomot structural din propagarea zgomotului în structurile mari ale navei prin extinderea analizei tradiționale a vibrațiilor FEM de joasă frecvență a frecvențe înalte nu este simplă. Motivul este că mărimea elementelor definite pentru evaluarea propagării zgomotului ar trebui să fie mult mai mic, ceea ce provoacă multe efecte nedorite și complică analiza. O scurtă descriere a standardului ce preia procedura de evaluare a vibrațiilor navelor și diferențele în comparație cu analiza propagării zgomotului sunt evidențiate în următoarea secțiune a lucrării.

Alte metode pentru predicția zgomotului structural, care sunt pe baza propagării energiei vibrațiilor, adică a energiei statistice (SEA) și metoda elementului energetic finit (EFEM), sunt revizuite în următoarele secțiuni ale lucrării. Aceste metode au fost dezvoltate pentru nevoile aeronautice, aerospațiale și industria navală din ultimele decenii și unele programe comerciale instrumentele pentru implementarea lor sunt disponibile pe piață. Scopul acestei revizuirii este de a afla care dintre aceste metode este cea mai elocventă pentru implementarea în predicția pentru nave mari, în special croazierele, luând în considerare simultan mai multe criterii precum costul și complexitatea implementării programului, acuratețea acestuia, feedback-ul din experiența aplicării etc. Prin urmare, intenția acestei revizuirii este pentru a rezuma pe scurt caracteristicile de bază ale metodelor și pentru a furniza recomandări pentru cercetări ulterioare. Studiile din acest raport se pot aplica navelor comerciale, și navelor de croazieră mari, ele fiind importante în ceea ce privește confortul acustic.





UNIUNEA EUROPEANĂ

## Programul Operațional Capital Uman

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat

(BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

### Metoda elementelor finite

Analiza vibrațiilor obișnuite (cu frecvență joasă) este în general rezolvată prin metoda elementului finit (FEM). O astfel de analiză este bine stabilită, menționată în literatură și are o tradiție îndelungată [4]. Analiza vibrațiilor structurilor navei poate fi împărțită în analiza globală și analiza vibrațiilor locale. Scopul evaluării globale a vibrațiilor este de a analiza comportamentul structurii navei ca întreg și vibrații globale răspunsul sub-structurilor navei (de exemplu cabină de punte). „Grosier” elementul mesh este aplicabil pentru vibrații globale cu tipic dimensiunea elementelor fi nite de la 1 la 4 m. Pe o astfel de plasă FE sunt modelate cu acuratețe doar elementele structurale primare. În altele cuvinte, elemente fiinite se extind de la un cadru web la altul în direcție longitudinală sau de la o grindă longitudinală la alta una în direcție transversală. Secundar longitudinal sau transversal rigidizatorii sunt fie incluși în elementele finite „grosiere” (elemente rigidizate ale panoului) sau pur și simplu grupate de-a lungul liniilor între limitele elementelor plăcii. În cazul navelor care au bine definite puntea de rezistență (petrolier și vrachiere), corpul navei în marfă zona de așteptare poate fi considerată ca o grindă și doar o parte din pupa nava este modelată cu elemente 3D finite. Cu toate acestea, pentru nave cu suprastructuri lungi, precum navele de pasageri și RO-RO navele, o astfel de simplificare nu este permisă. Analiza vibrațiilor globale este importantă deoarece, în cazul nivelurilor excesive de vibrații, ar fi necesare întăriri semnificative și costisitoare. Astfel trebuie subliniat faptul că este aplicabil un model FE foarte similar pentru evaluarea rezistenței navelor de pasageri și a navelor RO-RO. Este foarte important de remarcat, că modelarea întregii nave cu FE este o sarcină destul de costisitoare și consumatoare de timp, și este de aceea de mare interes pentru a putea rezolva două sarcini cu același model FE. În scopul ilustrării, un model FE al partea din spate a unui petrolier de produse petroliere este prezentată de SENJANOVIĆ, I în figura 1 în *User Manual* [5]. Parametrii de rigiditate ai corpului, adică zona secțiunii transversale, zona de forfecare și momentul de inerție al secțiunii transversale sunt determinate de interior programul STIFF, bazat pe teoria benzilor [5]. Rigiditatea corpului navei parametrii sunt apoi aplicați modelului fasciculului 1D. Masa adăugată și excitația elicei sunt calculate separate de către metode dedicate [5], [6]. Modelul fasciculului 1D este situat la nivelul linia neutră. Placarea modelului 3D este reprezentată de coajă elemente. Cadrele web și grinzile punții sunt modelate în cea mai mare parte de elementele fasciculului excentric. Vârful din spate, pupa, camera mașinilor, rezervor înclinat cu o parte din tancul de marfă din pupă, coș de fum, suprastructură și catargul radar sunt modelate.

Analiza vibrațiilor locale este destinată analizei detaliate a structurii navei, cu punți sau parte a punților, părți ale suprastructurii navei, catarg sau structuri similare. De obicei, scopul





UNIUNEA EUROPEANĂ

## Programul Operațional Capital Uman

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

analizei vibrațiilor locale este de a identifica rezonanțele substructurilor. În acest caz, poate fi analizată doar substructura în cauză. Mai mult plasa elementului finit, în comparație cu analiza globală a vibrațiilor, este de fi mai ușor de folosit. În general, lungimea undei cu cea mai mare frecvență ar trebui să fie împărțită în aproximativ 10 elemente finite pentru a descrie cu acuratețe modurile naturale. Pentru a ilustra problema, un model de rețea foarte fin a panoului rigidizat este creat folosind doar elemente shell și este prezentat în figura 2 prezentată de SENJANOVIĆ, în *User Manual* [5]. Dimensiunea ochiurilor a fost de aproximativ 50x50 mm, deci modelul este format din 11520 de elemente shell finite.

Forma tipică a modului de înaltă frecvență din vibrații libere analizată este prezentată în Figura 3 prezentată de SENJANOVIĆ, în *User Manual* [5]. Trebuie remarcat faptul că chiar și 1000 de moduri sunt detectate în interval de frecvențe de la 1000 la 1544 Hz. În plus, 300 de moduri sunt detectate în noua analiză efectuată pentru frecvență gama de la 2000 la 2100 Hz. Principala diferență între propagarea zgomotului și analiza locală a vibrațiilor este că, în primul caz, întreaga cale de la sursa de zgomot până la punctul în care este evaluat zgomotul trebuie să fie modelat de rețeaua foarte fină. Acest lucru este necesar pentru a modela fluxul de energie vibrațională prin structură. Ca acolo sunt de obicei căi diferite prin care zgomotul s-ar putea propaga, în cele din urmă se poate întâmpla ca întreaga navă să fie modelată de o astfel de plasă foarte ne ne. Evident, o astfel de analiză ar provoca dificultăți care nu pot fi manipulate cu ușurință.

### Analiza statistică energetică

Ideea de bază a analizei statistice a energiei (SEA) este de a diviza o structură complexă într-un număr de subsisteme cuplate și modelează fluxul de energie dintre ele. Ecuațiile echilibrului energetic sunt apoi stabilite pentru aceste subsisteme în ceea ce privește nivelurile de vibrații medii spațiale, rata de disipare a energiei, rata schimbului de energie și rata de intrare de energie datorată forțelor externe. SEA are o tradiție îndelungată, fiind cele mai vechi lucrări în dezvoltare din SEA realizat de Lyon și colab. datează din anii 1960 [9], [10], [11]. În urma lor, au apărut o serie de referințe pentru a contribui la îmbunătățirea teoriei, cum ar fi [12], [13], [14], [15]. Instrumente software comerciale bazate pe SEA sunt disponibile, inclusiv cele specializate pentru acustica navelor, de exemplu. [16]. Majoritatea ideilor de bază ale SEA sunt derivate din studiul două subsisteme cuplate. Concluziile făcute pentru astfel de sisteme sunt apoi generalizate pentru cazurile care sunt mai complexe.

Se iau în considerare subsistemele cuplate și fluxul de energie al acestora, așa cum este indicat în Figura 4, prezentată de SENJANOVIĆ, în *User Manual* [5]. Fiecare subsistem poate fi condus, în ambele disipându-se energie și există un schimb conservator de energie între ele.





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Conform analogiei cu fluxul de căldură, se poate concluziona că cantitatea de energie care curge de la un sistem la altul este proporțională cu diferențele de potențial relevante.

Principalele ipoteze și consecințele limitărilor SEA sunt următoarele:

1. Subsistemele și mecanismele de cuplare sunt presupuse liniare.
2. Se aplică doar forța statistică independentă, staționară.
3. Cuplarea dintre subsisteme este conservatoare și slabă.
4. Modulurile sunt statistic independente în cadrul subsistemului.
5. Formele de mod din apropierea cuplajului nu afectează energia medie a debitelor.
6. Frecvențele naturale sunt distribuite uniform în interior în banda de frecvență.
7. Banda de frecvențe care conține frecvențe naturale este îngustă în ceea ce privește frecvențele în sine.
8. Amortizarea este ușoară.
9. Fiecare subsistem este caracterizat de o valoare energetică unică.

### Metoda energiei elementului finit

Metoda energetică a elementelor finite (EFEM) este o nouă abordare pentru simularea vibrațiilor de înaltă frecvență la scară largă structuri. Se bazează pe derivarea ecuațiilor diferențiale de guvernare în ceea ce privește variabilele de densitate a energiei și utilizarea unui FEM, rezolvându-le numeric.

Principalul avantaj al EFEM este potențialul modelării structura navei prin plasă relativ grosieră de elemente finite. În mod ideal, ochiurile geometrice ar fi la fel ca pentru celelalte analize structurale efectuate în timpul fazei de proiectare structurală a navei, adică evaluarea rezistenței utilizând FEM și vibrațiile cu frecvență joasă. O astfel de abordare ar face EFEM rentabilă soluție pentru propagarea zgomotului în structuri complexe de nave. Toate pot fi utilizate și pot avea alte beneficii ale FEM standard, ca implementare ușoară de diferite surse de excitație, simplă contabilitate pentru variația parametrilor de vibrație în cadrul structurii (de exemplu, amortizarea) precum și utilizarea capacităților standard de post-procesare FE pentru reprezentarea grafică a rezultatelor.

EFEM a fost dezvoltat și aplicat în primul rând grinzilor cuplate de Nefske și Sung [17]. În loc să caracterizeze fiecare subsistem printr-o singură valoare energetică (ca în SEA), EFEM este capabil să analizeze disiparea și conducerea energiei vibraționale în interiorul fiecărui subsistem. Analiza fluxului de energie este formulată sub formă de ecuație diferențială a tipului de conducere a căldurii care poate fi rezolvată prin aplicarea unui FEM.

Aplicația EFEM pentru zgomotul structural este descrisă de mai mulți autori. Societatea de clasificare a navelor Germanischer Lloyd (GL) a raportat dezvoltarea pachetului Noise-FEM





UNIUNEA EUROPEANĂ

## Programul Operațional Capital Uman

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

capabil să prognozeze propagarea zgomotului structural în structuri complexe de nave [19]. Implementarea numerică, validarea și aplicarea EFEM la structura bărcii de pescuit este descrisă de Vlahopoulos și colab. [18]. Software-ul comercial bazat pe EFEM adecvat pentru analiza vibroacusticii de înaltă frecvență probleme în industria aerospațială, auto, navală și alte industrii este disponibil în prezent [20]. Principala sursă de referință despre cercetarea în legată de structurile navei este furnizat de Națiunea internațională și Congresul de structuri offshore (ISSC). În ultimul raport al ISSC 2009 [21], EFEM este subliniat ca fiind dezvoltat recent metodă de predicție a comportamentului vibrațional al structurilor în gama de frecvență medie și înaltă. ISSC 2009 ia în considerare distribuția spațială a densității de energie ca semnificativ avantajul EFEM comparativ cu metodele SEA, ceea ce oferă doar o valoare medie a densității energiei pentru un subsistem. ISSC 2009 a menționat, de asemenea, un alt avantaj cunoscut al EFEM: că modelele FE ale structurii pot fi utilizate pentru analiza EFEM, de exemplu același model ca și cel utilizat pentru analiza rezistenței vasul. Ca cel mai important dezavantaj al EFEM, ISSC 2009 a menționat efectele joncțiunilor dintre structurale componente, ceea ce este dificil de modelat, deoarece puterea transmis de undele de îndoire, longitudinale și de forfecare trebuie să fie luată în considerare și redistribuită la structura adiacentă componente într-un mod realist. De asemenea, se subliniază acest calcul factorilor de pierdere a cuplării (CLF) este mai dificil de comparat către CLF în analiza SEA.

### Concluzii

Din motive elaborate în secțiunea 2 a lucrării realizată de Nefske și Sung [17], metoda energiei statice energetice și metoda energiei elementului finit sunt preferate pentru analiza problemelor de propagare a zgomotului comparativ cu metoda convențională a elementului finit.

Două metode energetice sunt recomandate pentru a fi utilizate de către industrie și sunt pe scurt descrise lucrarea realizată de Nefske și Sung [17]: Analiza energetică statistică (SEA) și Metoda energiei elementelor finite (EFEM).

SEA are o tradiție îndelungată și se dezvoltă de la Anii 1960. Prin urmare, există o lungă experiență de inginerie cu aplicarea metodei. Acesta este un aspect important în ceea ce privește definiția adecvată a parametrilor de intrare, cum ar fi pierderea cuplajului factori. Principalele limitări ale SEA sunt energia vibrației nivelurilor este considerată constantă în cadrul subsistemelor și că nu este posibil să se stabilească o legătură directă între modelul SEA și FE modele utilizate pentru analiza rezistenței și vibrațiilor navelor.





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

EFEM este o nouă metodă dezvoltată în ultimele două decenii pentru nevoile industriei aerospațiale și marine. Metoda îmbunătățește cele două dezavantaje menționate ale SEA, adică EFEM este capabil asigurarea distribuției energiei în cadrul subsistemelor și a FE modelul existent poate fi utilizat cu unele intrări suplimentare. Dezavantajul EFEM este că reprezintă o metodă relativ nouă cu nu are o experiență în aplicarea pe structura navei. Prin urmare, sunt necesare cercetări suplimentare și experimente pentru a obține încredere în rezultatele EFEM.

Cu toate acestea, această metodă reprezintă o tehnologie emergentă pentru analiza propagării zgomotului în structuri complexe.

### Bibliografie

- [1] GOUJARD, B., SAKOUT, A., VALEAU, V.: "Acoustic comfort on board ships: An evaluation based on a questionnaire", *Applied acoustics* 66, 2005, p. 1063-1073.
- [2] CARLTON, J. S., VLAŠIĆ, D.: "Ship vibration and noise: Some topical aspects", *International Ship Noise and Vibration Conference*, 2005, London.
- [3] INSEL, M., et al.: "Noise Predictions for Shipboard Accommodations", *IMAM*, 2009, Turkey, pp. 203-208.
- [4] SENJANOVIĆ, I.: "Ship vibration III, University of Zagreb", Zagreb, 1990 (in Croatian).
- [5] SENJANOVIĆ, I., FAN, Y.: "User's Manual", 1990, STIFF, University of Zagreb.
- [6] GRUBIŠIĆ, R.: "Evaluation of propeller-hull interaction in early stage of ship design", *Advanced Ship Design for Pollution Prevention*, eds. Guedes Soares & Parunov, Taylor & Francis Group, 2010, London, UK, p. 261-268.
- [7] KLYUKIN, I. I.: "Control of noise and sonic vibration in ships", 1963, U. S. Department of Commerce, Office of Technical Services.
- [8] HODGES, C. H., WOODHOUSE, J.: "Theories of noise and vibration transmission in complex structures", 1986, *Rep. Prog. Phys.* 49, p. 107-170.
- [9] LYON, R. H., SCHARTON, T. D.: "Vibrational Energy Transmission in a Three Element Structure", 1965, *J. Acoust. Soc. Am.* 38(2), p. 253-261.
- [10] LYON, R. H., 1970, "What Good is Statistical Energy Analysis, Anyway?", *Shock and Vibration Digest* 3(6), p. 2-10.
- [11] LYON, R. H.: "Statistical Energy Analysis of Dynamical Systems", 1975, The MIT Press, London.
- [12] BORROUGHS, C. B., FISCHER, R. W., KERN, F. R.: "An introduction to statistical energy analysis", 1997, *J. Acoust. Soc. Am.* 101(4), p. 1779-1789.
- [13] YAN, H., PARRETT, A., NACK, W.: "Statistical energy analysis by finite elements for middle frequency vibration", 2000, *Finite elements in analysis and design* 35, p. 297-304
- [14] HOPKINS, C.: "Statistical energy analysis of coupled plate systems with low modal density and low modal overlap", 2002, *J. Sound Vib.* 251(2), p. 193-214.







UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axă prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

[15] SHENG, M. P., et al.: “Statistical energy analysis for complicated coupled systems and its application in engineering”, 2004, J. Sound Vib. 274, p. 877-891.

[16] Noise Control Engineering, 2009, Designer NOISE, Manual. [17] NEFSKE, D. J., SUNG, S. H.: “Power flow finite element analysis of dynamic systems: basic theory and applications to beams”, 1989, J. Vib. Acoust. Stress Reliability 111, p. 4-106.

[18] VLAHOPOULOS, N., LUIS OCTAVIO, G., CHRISTOPHER, M.: “Numerical implementation, validation, and marine applications of an energy finite element formulation”, 1999, J. Ship Res. 43 (3), p. 143–156.

[19] CABOS, C., JOKAT, J.: “Computation of structure-born noise propagation in ship structures using noise - FEM”, 1998, Practical design of ships and mobile units - PRADS, eds. Oostervald and Tan, Den Haag, p.927-934.

[20] Comet EnFlow User’s Manual, 2007, Comet Technology Corporation.

[21] MUMM, H. et al.: “Dynamic response”, 2009, 17th International Ship and Offshore Structures Congress 16-21 August 2009 Seoul, Korea, Volume 1, Committee II.2, p. 289-374.



Instrumente Structurale  
2014-2020





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**  
**Formator modul complementar**  
**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

# DETERMINARE A DURATEI DE VIAȚĂ A MATERIALELOR

**Nume și prenume membru GT:** Humelnicu Costel

**Calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand

**Titlu teză de doctorat/ program cercetare postdoctorală:** Efectul sinergic al proceselor de uzare și oboseală asupra degradării materialelor polimerice

**Conducător/Coordonator științific:** Prof. univ. dr.ing. Mereuță Elena

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Eco-nanotehnologii și materiale avansate





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

## Modalități de determinare a duratei de viață a materialelor

Testele la oboseală efectuate materialelor metalice sunt în cea mai mare parte standardizate. ASTM D 7791[1] este un standard care descrie modalitatea de efectuare a testelor de oboseală a materialelor metalice și ASTM E 647 [2] descrie abordarea ratei de creștere a fisurii de oboseală.

Procesul de acumulare treptată a distrugerilor sub efectul tensiunii variabile, care duce la modificări în structura și proprietățile materialului, nucleația și creșterea fisurilor, urmarea fiind distrugerea de volum este denumită oboseală (mecanică).

În cazul încărcării ciclice, curba de oboseală dă cele mai complete informații despre rezistența la oboseală a componentelor unei structuri. Aceste informații sunt de obicei obținute experimental ca rezultat al testelor care consumă mult timp, pentru un număr mare (sau o serie) de specimene nominal identice.[3]

Sosnovskiy și alții [3], au arătat că uzura materialelor în condiții de oboseală se realizează în patru etape, iar într-o reprezentare grafică le-a împărțit în regiuni. Modificările relativ mari ale durabilității, cu mici modificări ale tensiunilor, sunt tipice pentru regiunea I a oboselii cvasistatice. Ruperea în timpul testelor de oțel moale se datorează evoluției unei deformări plastice puternice: relația  $\sigma$ -  $\epsilon$  într-un ciclu de încărcare reprezintă o buclă deschisă de histerezis plastic. Exemplarele rezistă de obicei de la câteva zeci la câteva sute (uneori până la o mie) de cicluri.

O schimbare relativ mică a durabilității cu o scădere semnificativă a tensiunii este tipică pentru regiunea II a oboselii cu cicluri scăzute. Ruperea în acest caz se datorează procesului de deformare elastoplastică: relația ( $\sigma$ -  $\epsilon$  în cadrul unui ciclu de încărcare este o buclă nedeschisă de histerezis elastoplastică. Oboseala ciclului scăzut este observată în intervalul de durabilitate de aproximativ  $10^3$ -  $10^4$  cicluri.

Pentru regiunea III a oboselii materialelor, ruperea se datorează acumulării de deformări neelastice: relația  $\sigma$ -  $\epsilon$  reprezintă o buclă închisă de histerezis mecanic. Întrucât microplasticitatea care se dezvoltă în unele componente structurale ale materialului devine responsabilă pentru distrugerea la oboseală, în această regiune, curba are un model cvasibrilabil.

Regiunea IV a oboselii (teste realizate la temperatura camerei) are loc numai cu materialele care posedă o structură instabilă. Dacă structura materialului testat nu este





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

supusă îmbătrânirii prin deformare, apare o porțiune orizontală pe curba de oboseală corespunzătoare limitei (fizice) de oboseală. [4],[5]

Într-un alt studiu, Solberg, K. și alții [6] au analizat comportamentul la oboseală al unor epruvete produse din Inconel 718 prelucrate mecanic, finisate și tratate termic. Datorită acestor intervenții, suprafețele prezintă rugozități ridicate și defecte care acționează ca locuri de inițiere a oboselii. Autorii au arătat că datorită tratamentelor termice aplicate, microfisurile și imperfecțiunile au fost îndepărtate și densitatea dislocării a fost recuperată. În final, curbele SN au fost precise pe baza proprietăților de tracțiune, a durității și defectelor obținute utilizând metoda de fractografiere.

Vijay Verma și Chaitanya Sharma [7] au efectuat o serie de cercetări privind oboseala unor nanocompozite epoxidice de alumina, care au fost sintetizate cu nano materiale de umplură de  $Al_2O_3$  printr-un proces de reticulare instantanee. Pentru a evalua durata de viață la oboseală a nanocompozitelor de aluminiu epoxidic, a fost realizată curba lui Wöhler (curba SN). Rezultatele studiului au arătat că adăugarea de nanoparticule sferice de  $Al_2O_3$  au îmbunătățit substanțial durata de viață la oboseală a nanocompozitelor față de epoxidul neaditivat, indiferent de nivelurile de tensiuni aplicate.

În ceea ce privește studiul oboselii materialelor și cum poate să fie acest subiect abordat în scopul reducerii poluării cu materiale polimerice termorigide, au fost efectuate numeroase studii printre care [8],[9]. În aceste lucrări au fost investigate o serie de materiale compozite realizate dintr-o rășină epoxidică și diverse materiale de aditivare. Scopul a fost acela de a realiza un material cu proprietăți îmbunătățite, în așa fel încât produsele finite realizate din materialul respectiv să aibă o durată de viață mai îndelungată, în acest fel, acestea ajung mai târziu la gropile de gunoi [10] sau în spațiile de depozitare [11].

O altă abordare în identificarea cauzelor care conduc la distrugerea pieselor și subsansamblelor produse din diverse materiale și supuse la solicitări ciclice variabile, este prin metoda de detectare a microfisurilor din materialele respective, folosind emisiile acustice [12]. Avantajul folosirii acestei tehnici nedestructive, în comparație cu altele, este că emisiile acustice detectează activitățile din interiorul materialelor, în timp ce alte metode încearcă să examineze structurile interne ale materialelor. Metoda presupune introducerea unuia sau a mai multor senzori relativ mici pe suprafața structurii sau a piesei examinate, astfel încât aceasta să poată funcționa în condiții normale sau de laborator, în timp ce progresul de deteriorare este monitorizat continuu. Această metodă prezintă și un dezavantaj, acela că sistemele de emisie acustică comerciale pot face doar o estimare calitativă (cât de mare este fisura în material) și nu au capacitatea de a aproxima durata de viață a respectivelor componente.





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

## Concluzii

Întrucât distrugerile cauzate de oboseală pot afecta numeroase ramuri industriale, este necesară continuarea testelor și evaluărilor care s-au făcut până la momentul actual, întrucât cerințele și pretențiile consumatorului final au devenit tot mai rigide.

Tehnologiile de fabricare și acapararea pieței de către noilor tipuri de materiale precum cele confecționate din polimeri, fie termoplastici, fie termorigizi, impun necesitatea găsirii de noi metode de determinare a duratei de viață a acestora.

Folosirea materialelor polimerice termorigide ca matrice în formarea compozitelor armare cu diverse alte materiale precum fibre de sticlă, de carbon, fibre naturale, pulberi etc., sunt frecvent întâlnite mai ales în industria energetică sau a navelor de lux, sunt necesare studii de oboseală deoarece produsele finite sunt permanent supuse la solicitări variabile.

## Referințe

- [1] D20 Committee, Test Method for Uniaxial Fatigue Properties of Plastics, ASTM International, n.d. <https://doi.org/10.1520/D7791-17>.
- [2] E08 Committee, Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates, ASTM International, n.d. <https://doi.org/10.1520/E0647-15E01>.
- [3] L.A. Sosnovskiy, Tribo-Fatigue Wear-Fatigue Damage and its prediction, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2005.
- [4] Bogdanovich A V, Elovoy O M, Marchenko A V, Fundamentals of tribofatigue. Laboratory practical work, part 1, ed. by L Sosnovskiy, Belarusian, State University of Transport, Gomel, 1999. (in Russian)
- [5] Sosnovskiy L A, Complex estimate of reliability of active systems based on the criteria of fatigue and wear resistance. (Fundamentals of tribo-fatigue). Byel. Inst. of Railway Engineers, Gomel, 1988. (in Russian)
- [6] K. Solberg, D. Wan, F. Berto, Fatigue assessment of as-built and heat-treated Inconel 718 specimens produced by additive manufacturing including notch effects, Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures. 43 (2020) 2326–2336. <https://doi.org/10.1111/ffe.13300>.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

[7] V. Verma, C. Sharma, Fatigue behavior of epoxy alumina nanocomposite – role of particle morphology, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 110 (2020) 102807. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2020.102807>.

[8] C. Humelnicu, E. Mereuta, V. Amortila, M. Gingarasu, Fatigue polymeric materials - air pollution factor, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 19 (2019) 221–228.

[9] C. Humelnicu, E. Mereuta, V. Amortila, M. Gingarasu, Reducing the air pollution impact of the recycled auto vehicles, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 19 (2019) 1053–1060.

[10] How to recycle ‘nonrecyclable’ plastics, *Science News for Students*. (2020). <https://www.sciencenewsforstudents.org/article/how-to-recycle-nonrecyclable-plastics> (accessed December 13, 2020).

[11] Recycling Polymers – The Environment Protecting Polymers -, *Articles Web*. (2012). <http://www.articlesweb.org/news/recycling-polymers-%e2%80%93-the-environment-protecting-polymers> (accessed December 10, 2020).

[12] Using Acoustic Emission in Fatigue and Fracture Materials Research, (n.d.). <https://www.tms.org/pubs/journals/jom/9811/huang/huang-9811.html> (accessed December 10, 2020).





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### **O analiză a cercetărilor existente în domeniul lubrifianților vegetali aditivați**

**Nume și prenume membru GT:** Ionescu Traian- Florian

**Calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand

**Titlu teză de doctorat:** Un studiu tribologic al lubrifianților formulați pe bază de ulei de rapiță și nanoaditivi pentru reducerea frecării și uzurii

**Conducător științific:** Prof. univ. dr. ing. Deleanu Lorena

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Ingineria materialelor avansate/ nano-materiale și nano-tehnologii

### **Nanoparticule de oxizi metalici în lubrifianți**

Diversi oxizi metalici sunt folosiți ca aditivi în lubrifianți. Cel mai des utilizați ar fi  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [Uflyand, 2018], [Sanukrishna, 2018], [Kedzierski, 2015].

Mecanismele lor de lubrifiere sunt similare cu cele ale nanomaterialelor care conțin metale, inclusiv formarea de tribo-filme sau pelicule de adsorbție, efectul de rulare și efectul de aglomerare sau reparare. Un exemplu ar fi utilizarea nanoparticulelor sferice de  $\text{CuO}$  și  $\text{TiO}_2$  ca aditiv în lubrifianți și care prezintă un foarte bun comportament în reducerea frecării și uzurii, în special pentru nanoparticulele de  $\text{CuO}$  [Ingole, 2013]. Reducerea frecării poate fi explicată prin efectul viscozității la temperatură scăzută și al efectului de rulare la temperatură ridicată, iar mecanismul de uzură este asociat cu depunerea nanoparticulelor de  $\text{CuO}$  pe suprafața de frecare, care poate reduce tensiunea la forfecare și îmbunătăți proprietățile tribologice.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Tabelul 1. prezintă câteva studii în care este folosit TiO<sub>2</sub> ca aditiv de reducere a frecării și uzurii.

Tabel 1. Cercetări și publicații cu TiO<sub>2</sub> ca aditiv

Autori/ An/ Referință	Lubrifiant			Testare				Rezultate	
	Ulei de bază	Aditivul		Tester	Sarcină	viteză	Temp. uleiului	Reducerea uzurii	Reducerea frecării
		Mărime	Concentrație					alte observații	
[Sanukrishna, 2018]	mineral	20-25 nm	0.25wt%	4 bile	14,7 N	0,05 m/s	Temp. camerei	21%	
[Ionescu, 2019]	Ulei de rapiță	21 nm	0,25, 0,5 și 1 wt%	4 bile	Regim normal 100 N, 200 N și 300N	0,38, 0,53, 0,69 m/s	temp. camerei		
[Xia, 2017]	Ulei în apă	30 nm	0, 0,5, 2, 4, 6 wt%	Bilă pe disc	50 N	50 mm/s	80 °C	Redusă semnificativ	
[Wu, 2018]	Ulei pe bază de apă	20 nm	4 wt%	Bilă pe disc	5 N	50 mm/s	Temperatura camerei	34%	20%
[Gu, 2014]	Lichid de tăiere pe bază de apă	20 nm	0,1-1,6 wt%	4 bile	147 N	1440 rpm		34,8%	De la 0,17 la 0,04
[Laad, 2017]	Ulei de motor multi-grad	10-25 nm	1,5 wt%	Pin pe disc	40, 60, 90 N	0,5, 1 și 1,5 m/s		Redusă semnificativ	
[Ilie, 2016]	Ulei de bază API 1509	50-100 nm	0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 wt%	4 bile Bilă pe disc	100 N		75 °C	Reduse în comparație cu uleiul de bază	
[Zaimovskaya, 2013]	Vaselină		De la 0,1 la 2 wt%	4 bile	200 N	1460 rpm			29,4%
[Zulkifli, 2013]	Trimetilo-propan ester/ ulei de palmier		0,1 wt%	4 bile	160kg	1200 rpm	Temperatura camerei	11%	15%

Au fost făcute multe studii privind utilizarea nanoparticulelor de TiO<sub>2</sub> ca aditivi pentru lubrifiante [Arumugam, 2013], [Laad, 2018], [Xia, 2017]. Într-un caz particular, aditivarea uleiului de palmier cu nanoparticule de ZnO în concentrație de 0,1%, a dus la obținerea unui coeficient de frecare și al diametrului urmei de uzură mici.

O serie de cercetători au utilizat nanoparticule de ZnO și CuO, ca aditivi în lubrifiante [Trajano, 2014], [Bhaumik, 2018], [Arumugam, 2014]. De exemplu, biolubrifiante pe bază de uleiuri vegetale (soia și floarea soarelui), aditivati cu nanoparticule de ZnO și CuO, sunt biodegradabili și au bune performanțe în ungera limită. Tabelul 2 face o sinteză a lucrărilor în care este folosit ZnO ca aditiv.







UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Tabel 2. Cercetări și publicații cu ZnO ca aditiv

Autori/ An/ Referință	Lubrifiant		Testare				Rezultate		
	Ulei de bază	Aditivul		Tester	Sarcină	Viteză	Temp. uleiului	Reducerea uzurii	Reducerea frecării
		Mărime	Concentrație					Sau alte observații	
[Alves, 2013]	Mineral, PAO, floarea soarelui, soia	11,71 nm	0,5%	High frequency reciprocating test rig	10 N		50 °C	Eficient cu uleiul mineral	
[Meng, 2016]		24 nm		Bilă pe disc	5 N	5 cm/s	25-400 °C	Nu se modifică semnificativ valorile coeficientului de frecare	
[Ionescu, 2019]	ulei de rapiță	14 nm	0,25, 0,5 și 1 wt%	4 bile	100 N, 200 N, 300N	0,38, 0,53, 0,69m/s	temp. camerei		

**Bibliografie**

1. Uflyand, I.E., Zhinzhiro, V.A., Lapshina, L.S., Novikova, A.A., Burlakova, V.E., Dzhardimalieva, G.I., Conjugated Thermolysis of Metal Chelate Monomers Based on Cobalt Acrylate Complexes with Polypyridyl Ligands and Tribological Performance of Nanomaterials Obtained, Chemistry Select, 3(31), pp. 8998-9007), 2018
2. Sanukrishna, S.S., Prakash, M.J., Experimental studies on thermal and rheological behaviour of TiO<sub>2</sub>-PAG nanolubricant for refrigeration, International Journal of Refrigeration, volume 86, pp. 356-372, 2018
3. Kedzierski, M.A., Brignoli, R., Quine, K.T., Brown, J.S., Viscosity, density and thermal conductivity of aluminum oxide and zinc oxide nanolubricants, International Journal of Refrigeration, 74, pp. 3-11, 2017
4. Ingole, S., Charanpahari, A., Kakade, A., Umare, S.S., Bhatt, D.V., Menghani, J., Tribological behavior of nano TiO<sub>2</sub> as an additive in base oil, Wear, 301, pp. 776-785, 2013
5. Ionescu T.F., Guglea D., Dima D., Georgescu C., Deleanu L., Rapeseed oil with anti-wear additives on the four ball tester, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”, Iași, Facultatea de Inginerie Mecanică, ACME 2020, 4-5 iunie 2020, Iași, România





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

6. Xia, W., Zhao, J., Cheng, X., Sun, J., Wu, H., Yan, Y., Jiao, S., Jiang, Z., Study on growth behavior of oxide scale and its effects on tribological property of nano- TiO<sub>2</sub> additive oil-in- water lubricant, *Wear* (376-377), pp. 792-802, 2017
7. Wu, H., Zhao, J., Cheng, X., Xia, W., He, A., Yun, J.H. Huang, S., Wang, L., Huang, H., Jiao, S., Jiang, Z., Friction and wear characteristics of TiO<sub>2</sub> nano-additive water-based lubricant on ferritic stainless steel, *Tribology International* (117), pp. 24-38, 2018
8. Gu C, Zhu G, Li L, Tian X, Zhu G, Tribological effects of oxide based nanoparticles in lubricating oils *Journal of Marine Science and Applications* 8, pp 71-76, 2009
9. Laad, M., Jatti, V.K.S., Titanium oxide nanoparticles as additives in engine oil, *Journal of King Saud University- Engineering Sciences*, (30), pp. 116-122, 2018
10. Ilie, F., Covaliu, C., Tribological properties of the lubricant containing titanium dioxide nanoparticles as an additive, *Lubricants* 4, pp. 12, 2016
11. Zaimovskaya, T.A., Oganosova, E.Y., Kuzmina, G.N., Ezhov, A.A., Ivanov, V.K., Parenago, O.P., Titanium- containing compounds as efficient triboadditives to oils, *Journal of Friction and Wear*, (34), 6, pp. 487–493, 2013
12. Zulkifli, N.W.M., Kalama, M.A., Masjukia, H.H., Yunus, R., Experimental analysis of tribological properties of biolubricant with nanoparticle additive *Procedia Engineering* 68 pp. 152–157, 2013
13. Arumugam, S., Sriram, G., Preliminary Study of Nano- and Microscale TiO<sub>2</sub> Additives on Tribological Behavior of Chemically Modified Rapeseed Oil, *Tribology Transactions*, (56), 5, pp. 797-805, 2013
14. Trajano, M.F., Moura, E.I.F., Ribeiro, K.S.B., Alves, S.M., Study of oxide nanoparticles as additives for vegetable lubricants, *Materials Research*, 17(5), pp. 1124-1128, 2014
15. Bhaumik S., Maggirwar R., Datta S., Pathak S. D., Analyses of anti-wear and extreme pressure properties of castor oil with zinc oxide nano friction modifiers, *Applied Surface Science* 449, pp 277-286, 2018
16. Alves, S.M., Barros, B.S, Trajano, M.F, Ribeiro, K.S.B, Moura, E., Tribological behavior of vegetable oil-based lubricants with nanoparticles of oxides in boundary lubrication conditions *Tribology International* 65 pp. 28–36, 2013





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

17. Meng, Y., Su, F., Chen, Y., Effective lubricant additive of nano-Ag/MWCNTs nanocomposite produced by supercritical CO<sub>2</sub> synthesis, Tribology international, (118), pp. 180-188, 2018
18. Ionescu T.F., Guglea D., Deleanu L., Alexandru P., Georgescu C., Tribological behavior of coarse rapeseed oil additivated with nanoparticles of Zinc oxide, 17-19 May, 2019, 16<sup>th</sup> International Conference on Tribology, Kragujevac, Serbia, Proceedings on Engineering Sciences, Volume 1 Number 1 2019, Publisher: Faculty of Engineering, University of Kragujevac, DOI: 10.24874/PES01.01.002





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**  
**Formator modul complementar**  
**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## **MINIREVIEW**

### **ALGORITMUL MUSIC**

**Nume și prenume membru GT: NECULA STAN MARIA**

**Calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand

**Titlu teză de doctorat:** Împrăștierea acustică pe sisteme complexe de formă cilindrică și sferă, rigide și elastice.

**Conducător științific:** Prof.dr.fiz. Luminița Moraru

**Domeniul de studii:** Inginerie industrială

**Domeniu specializare inteligentă:** Tehnologia Informațiilor și comunicațiilor, spațiu și securitate.

### **METODA MUSIC**

O metodă folosită pentru estimarea direcției de incidență a undelor în simulatorul Matlab este metoda MUSIC. Se implementează o arie de microfoane unidimensională, cu elemente echidistante. Prima simulare arată cum algoritmul MUSIC recunoaște un semnal care formează un unghi de incidență de  $45^\circ$  cu aria de microfoane.[1]

Zgomotul suprapus peste semnalul util este zgomot alb gaussian ideal.

### **Influența tipului de semnal**

De regulă se consideră o singură sursă de semnal. Se iau în considerare două situații : una în care semnalul dorit este un semnal sinusoidal, și o situație în care semnalul dorit este un semnal vocal.

În mod matricial pentru propagarea undelor într-un plan (2D) sau în 3D fără restricții asociate cu geometria distribuției obstacolelor se iau în considerare două restricții, și anume problema analizată trebuie să permită considerarea undelor acustice ca serii discrete de funcții proprii





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

ortogonale iar imprastierea undei incidente pe obstacole trebuie sa fie liniară. Interpretarea fizica a matricii consta in aproximarea campurilor imprastiate de fiecare obstacol printr-un singur camp imprastiat construit prin contributiile individuale ale obstacolelor considerate. De asemenea, matricea depinde numai de caracteristicile obstacolului, adica de material, dimensiune, forma și orientarea acestuia și este independentă de câmpul incident. Aceasta înseamnă că pentru orice tip de obstacol, matricea trebuie să fie calculată doar o singură dată și poate fi folosită pentru calcule repetate.

Pentru detectarea fiabila a obstacolelor folosite in simulare ar trebui să se utilizeze o țintă acustică robustă și unică si detectia bistatică (cand locatia receptorului difera de locatia sursei). In acest caz vorbim de o configurație bistatică sursă-receptor.[8]

Se poate observa cu ușurință faptul că, în momentul în care la intrare este un semnal vocal, performanțele

sistemului scad foarte mult, comparativ cu situația în care semnalul este de tip sinusoidal. Maximul spectral nu mai este la fel de pronunțat, iar lățimea lobului se mărește. În concluzie, precizia cu care algoritmul MUSIC estimează direcția de incidență a unei surse de semnal vocal este redusă.

In lucrarea [3], Pooja Gupta a prezentat o privire de ansamblu asupra DoA cu algoritmul MUSIC. Acest algoritm constă într-o căutare a vârfurilor de putere pentru a estima unghiul de sosire. Simulări in MatLab arată factori care pot îmbunătăți acuratețea. Acești factori sunt spațierea elementelor din array, numărul de elemente ale array-ului, numărul de snapshot-uri și diferența unghiului de incidență a semnalului.

Algoritmul MUSIC este cea mai clasică și acceptată tehnică de estimare a parametrilor, care poate fi folosită atât pentru array-uri liniare uniforme cât și pentru array-uri liniare neuniforme. Abordarea fundamentală a acestui algoritm este descompunerea în valori proprii (Eigen) a matricii de covarianță a semnalului recepționat. Deoarece ia în considerare zgomotul necorelat, această matrice de covarianță este diagonală. Subspațiile de semnal și de zgomot sunt calculate algebric și se găsesc a fi ortogonale una față de cealaltă. Astfel, algoritmul exploatează proprietatea de ortogonalitate pentru a izola subspațiile de semnal și zgomot. Pentru a determina direcția de sosire, este necesară căutarea prin întreaga matrice a vectorului de direcție și a scoate exact acei vectori de direcție care sunt ortogonali. Mediul de lucru și semnalele incidente nu sunt singurii parametri care influențează modul de lucru al algoritmului MUSIC.

Următorii parametri pot varia eficiența estimării:

- Spațierea elementelor: S-a luat în considerare un array cu 10 elemente, iar spațierea acestor elemente a variat de la 1/6 din lungimea de undă, jumătate din lungimea de undă, și o lungime





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

de undă. S-au obținut rezultate mai bune la creșterea de la 1/6 din lungimea de undă la jumătate de lungime de undă, dar, pentru spațieri mai mari, eficiența spectrală a scăzut.

- Creșterea numărului de elemente ale array-ului: Cu creșterea numărului de elemente a dus la creșterea rezoluției.
- Creșterea numărului de snapshoturi: Cu această creștere, vârfulurile de putere au devenit din ce în ce mai înguste.
- Creșterea diferenței unghiului de incidență: S-a observat că cele mai bune estimări au fost obținute pentru diferențele maxime între unghiurile de incidență.

Algoritmul MUSIC are un avantajul important față de alți algoritmi de estimare datorită vârfulurilor foarte ascuțite obținute în spectru, care pot estima eficient semnale independente cu o precizie ridicată. Astfel, are foarte multe aplicații practice. De asemenea, s-a dovedit că algoritmul MUSIC are rezultate mai bune în medii cu semnale multiple. Are rezoluție, precizie și acuratețe mai bune pentru mai multe semnale. Dar, aceste lucruri se obțin când semnalele incidente pe array sunt necoerente, eficiența algoritmului scăzând dacă semnalele sunt coerente.

Lucrarea [2] a prezentat o privire de ansamblu asupra DoA cu algoritmul MUSIC. Acest algoritm constă într-o căutare a vârfulurilor de putere pentru a estima unghiul de sosire. Simulări în MatLab arată factori care pot îmbunătăți acuratețea. Acești factori sunt spațierea elementelor din array, numărul de elemente ale array-ului, numărul de snapshot-uri și diferența unghiului de incidență a semnalului. Algoritmul MUSIC este cea mai clasică și acceptată tehnică de estimare a parametrilor, care poate fi folosită atât pentru array-uri liniare uniforme cât și pentru array-uri liniare neuniforme. Abordarea fundamentală a acestui algoritm este descompunerea în valori proprii (Eigen) a matricei de covarianță a semnalului recepționat. Deoarece ia în considerare zgomotul necorelat, această matrice de covarianță este diagonală. Subspațiile de semnal și de zgomot sunt calculate algebric și se găsesc a fi ortogonale una față de cealaltă. Astfel, algoritmul exploatează proprietatea de ortogonalitate pentru a izola subspațiile de semnal și de zgomot.

În lucrarea [2] a fost pe de o parte, implementarea unui front end RF, cu patru canale, de cost redus, pentru a îmbunătăți algoritmi pasivi de detectare a direcției (passive direction finding) în medii de laborator, iar pe de altă parte, de a testa algoritmi de beamforming și interferometrie pentru AoA.

S-a realizat un front end RF cu patru canale. Fiecare canal are un amplificator de zgomot (low noise amplifier), urmat de un mixer RF, și un amplificator de frecvență intermediară (IF). Canalele sunt pe același PCB și folosesc același oscilator local. Sistemul amplifică semnalele RF





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

care sosesc și le transpune pe o frecvență intermediară, mai joasă, pentru partea de procesare a semnalului.

#### Beamforming

Sistemul este, de fapt, un array linear uniform, (uniform linear array, ULA), cu  $M$  elemente, cu o spațiere constantă de jumătate de lungime de undă a frecvenței de interes.

Un beamformer [5] la recepție este adesea folosit pentru estimarea direcției de sosire a unui semnal, în prezența zgomotului și a interferențelor. Într-un astfel de beamformer, ieșirile array-ului de senzori sunt combinate liniar folosind vectorul de ponderi în așa fel încât semnalele venind dintr-o direcție dorită sunt trimiși la ieșirea beamformer-ului nedistorsionați, iar celelalte semnale sunt atenuate. În cazuri în care sunt mai multe surse, estimarea DoA este realizată prin metode de înaltă rezoluție. Aceste metode sunt cunoscute ca fiind mai robuste ca tehnicile convenționale. Cele "mai generale" tehnici de beamforming includ beamformer-ul convențional și cel adaptiv. Pentru beamformer-ul convențional ne-adaptiv, vectorul de ponderi pentru o anumită DoA este independent de datele recepționate, și depinde doar de răspunsul array-ului și poate fi calculat dinainte. Astfel, acesta este un beamformer independent și are un răspuns constant pentru toate scenariile de semnal/interferență. Pe de altă parte, beamformer-ul adaptiv este dependent de date, deoarece vectorul de ponderi este calculat ținându-se cont de semnalul incident. Acesta are o rezoluție mai bună și capabilități de rejectie a interferențelor mai bune ca beamformer-ul independent de date. Cu toate acestea, în sistemele de array-uri practice, tehnicile tradiționale de beamforming se degradează.

În lucrarea [6] se discută algoritmi adaptive de beamforming pentru antene smart. Un semnal de antrenare, cunoscut atât de transmițător cât și de receptor este trimis de la transmițător la receptor în timpul perioadei de antrenare. Beamformer-ul de la receptor folosește informația de la semnalul pilot pentru a calcula vectorul de ponderi optim.

Mai jos, vizualizăm direcția de sosire asociată secțiunii transversale acustice (ACS, dB) configurațiilor acustice alese și distribuția intensității câmpului total generat de o undă plană care „lovește” obiecte neconvexe în formă de deltoid cu trei dimensiuni diferite, în condiții de frontieră și proprietăți acustice ale materialului: ușor penetrabil acustic; rigid sau impenetrabil acustic; și absorbant acustic.

Rezultatele experimentale sunt obținute în așa numita estimare de parametru unic sau bistatică (adică receptorul este plasat în altă poziție față de emițătorul). Pentru simulare, se folosesc trei dimensiuni de obstacole cu secțiune transversală în formă de deltoid neconvexe. Acestea sunt următoarele:[5]





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

A.  $x(t) = (\cos t + 0.65 \cos 2t, 1.5 \sin t) \quad 0 \leq t \leq 2\pi$

B.  $x(t) = (\cos t + 0.75 \cos 2t, 1.5 \sin t) \quad 0 \leq t \leq 2\pi$

C.  $x(t) = (\cos t + 0.75 \cos 2t, 2 \sin t) \quad 0 \leq t \leq 2\pi$



Instrumente Structurale  
2014-2020

De asemenea, se folosesc două lungimi de unda  $k = (4\pi) 12,5664$  și  $(2\pi) 6,2832$ . Sunt prezentate rezultatele simulării pentru intensitatea câmpului împrăștiat în spatele obstacolelor de la o undă plană care se propagă pe direcția x.

A. $t = (\cos t + 0.65 \cos 2t, 1.5 \sin t), 0 \leq t \leq 2\pi$		
A. Usor penetrabil acustic	B. Rigid sau impenetrabil acustic	C. Absorbant acustic
$k=4*\pi,$ Estimarea erorii matricei T 5.27e-07	$k=4*\pi,$ Estimarea erorii matricei T 6.18e-05	$k=4*\pi,$ Estimarea erorii matricei T 1.66e-05







UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

<b>k=2*pi,</b> Estimarea erorii matricei T 1.36e-07	<b>k=2*pi,</b> Estimarea erorii matricei T 1.01e-07	<b>k=2*pi,</b> Estimarea erorii matricei T 1.25e-07

Intensitatea câmpului exterior și detectarea regiunii fără radiații (umbre) în spatele obstacolului în formă de deltoid (liniile 1 și 3) și variația secțiunii transversale acustice (ACS) pentru un obstacol în formă de deltoid calculată folosind matricea T (liniile 2 și 4). Modelarea folosește detectia bistatică.

$B \cdot x \cdot t = \cos t + 0.75 \cos 2t, 1.5 \sin t \quad 0 \leq t \leq 2\pi$		
A. Usor penetrabil acustic	B. Rigid sau impenetrabil acustic	C. Absorbant acustic
<b>k=4*pi,</b> Estimarea erorii matricei 5.13e-06	<b>k=4*pi,</b> Estimarea erorii matricei 7.47e-04	<b>k=4*pi,</b> Estimarea erorii matricei 1.30e-04





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

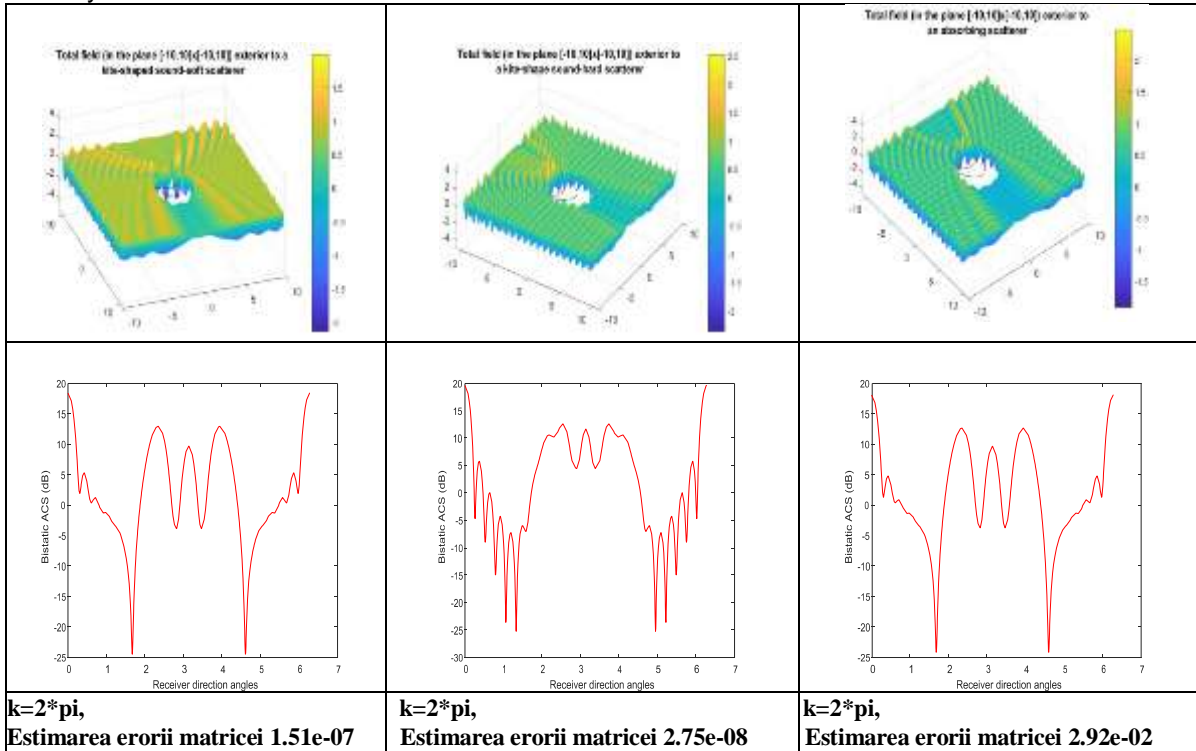
Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

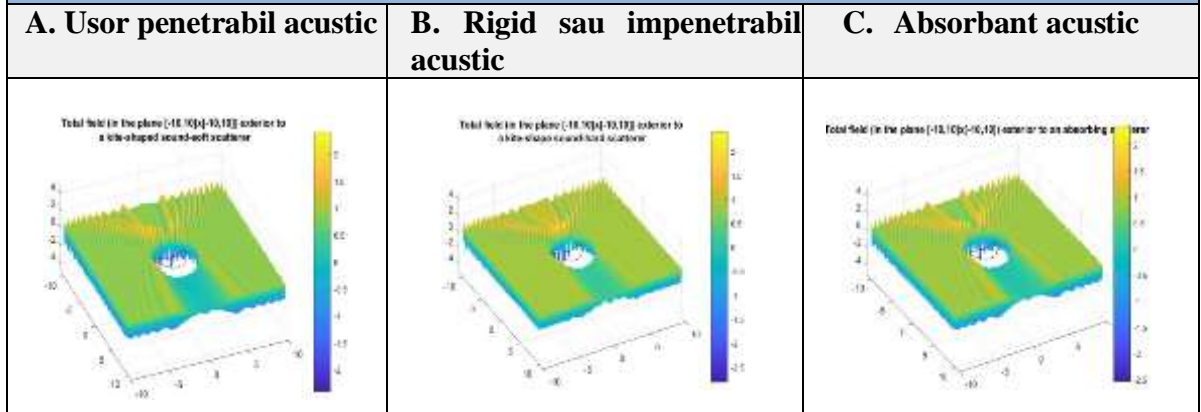
Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020



C.  $t = \cos t + 0.75 \cos 2t, 2 \sin t \quad 0 \leq t \leq 2\pi$





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

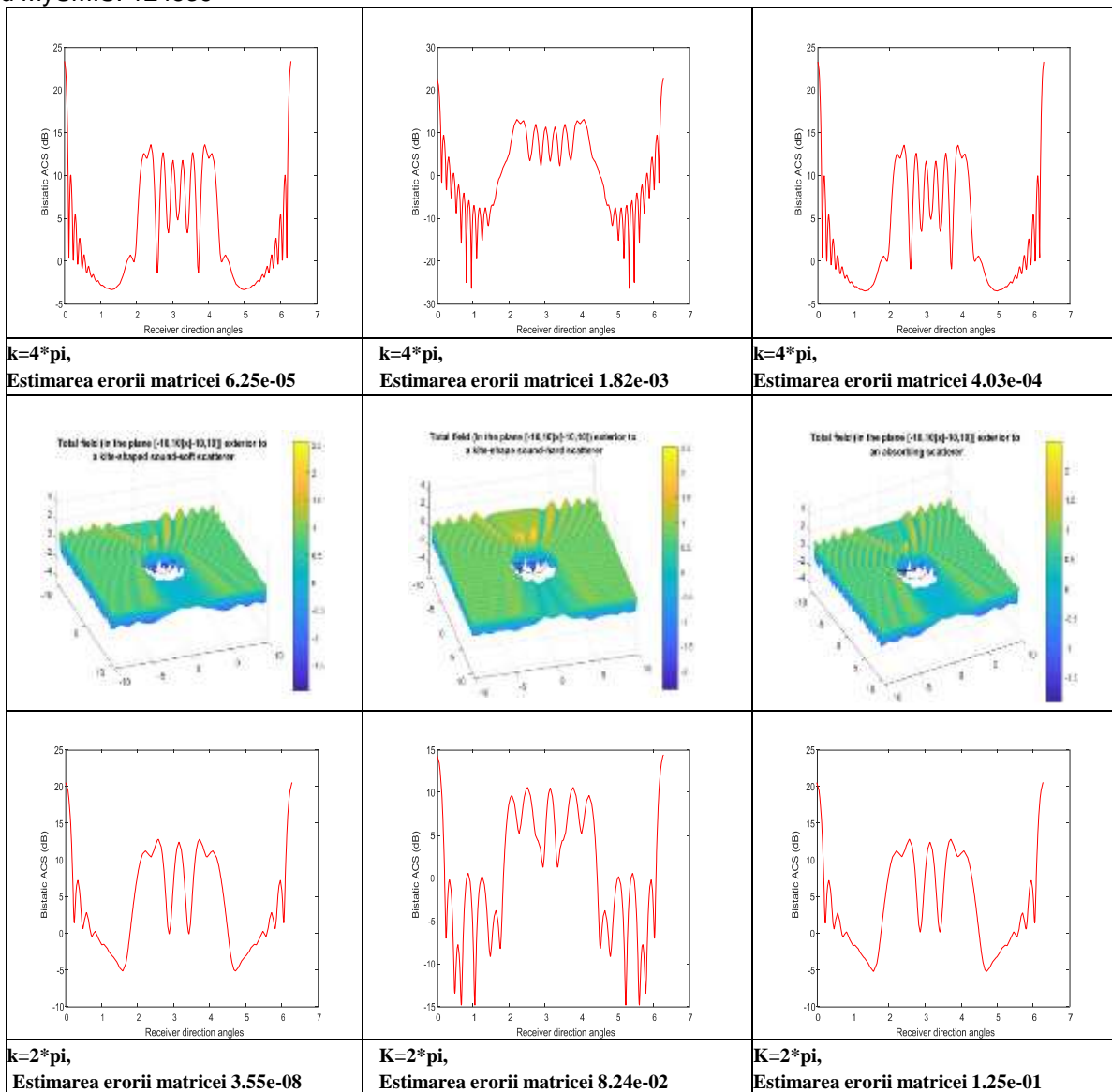
Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020



Remarcăm că se poate obține o estimare mai mare a erorii matricei T în câmpul îndepărtat indus de o undă cu lungime de undă mai mică (frecvența mai mare). De asemenea, se observa o acuratețe mai mare în estimarea ACS prin creșterea numărului de „peak-uri” dese, imprecizia secundară este mai bine pusă în evidență în cazul obstacolului rigid sau impenetrabil acustic





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

### CONCLUZII

În această secțiune, a fost prezentată o aplicație a formalismului matricei T pentru a calcula împrăștierea acustică pe obstacole neconvexe în formă de deltoid cu secțiuni diferite și două frecvențe ale undelor în domeniul acustic. S-au analizat valorile erorilor de simulare și de măsurare pentru retro-împrăștierea acustică pe obiecte cu formă neconvexă în spațiul 2D. Rezultatele simularilor indică o acuratețe mai mare a modelului matricei de tranziție pentru cazurile câmpului îndepărtat generat de unde acustice cu lungimi de undă mai mici.

Conform rezultatelor de mai sus obstacolele de dimensiuni mici necesită mai puține grade de libertate în comparație cu obstacolele mai mari cu formă similară.

### Bibliografie

- [1] Peter Quoc Cuong Ly, "Fast and Unambiguous Direction Finding for Digital Radar Intercept Receivers", PhD Thesis, School of Electrical and Electronic Engineering, The University of Adelaide, Adelaide, South Australia, 2013.
- [2] Low Cost RF Front End Realization for an Experimental Passive Direction Finding Testbed, Feth Eddine MEKKI\*,<sup>1</sup>, Hamza BOUHEDJEUR\*, Kamal TOURCHE\*, Omar GUERMOUA\*, Abderrazak ABBANE\* and Med Laid BENCHEIKH\*, 7th SEMINAR ON DETECTION SYSTEMS: ARCHITECTURES AND TECHNOLOGIES (DAT'2017) February 20-22, 2017, Algiers, Algeria.
- [3] Pooja Gupta, and S.P. Kar, "MUSIC and Improved MUSIC algorithm to Estimate Direction of Arrival", IEEE ICCSP 2015 Conference, 2015.
- [4] Angle of Arrival and Source Polarization estimation with circularly polarized multibeam antenna using MUSIC Algorithm, Burak Sahinbas<sup>1</sup>, Lars Weisgerber<sup>1</sup> Mario Schühler<sup>1</sup>. <sup>1</sup> RF and SatCom Systems Department, Fraunhofer IIS, Erlangen, Germany.
- [5] V. Krishnaveni, T. Kesavamurthy, and B. Aparna, "Beamforming for Direction-of-Arrival (DOA) Estimation-A survey", International Journal of Computer Applications, Volume 61, No.11, January 2013. [6] Beamforming Techniques for Large-N Aperture Arrays, AJ Faulkner, 2010.





UNIUNEA EUROPEANĂ



Instrumente Structurale  
2014-2020

## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”**,

conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

### Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### Cercetări în domeniul modelării biomecanice a membrului superior uman

**Nume și prenume membru GT: Novetschi I. Iuliana-Monica**

**Calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand

**Titlu teză de doctorat:** Modele matematice și aplicații informatice pentru analiza biomecanică

**Conducător științific:** Prof. Dr. Ing. Elena Mereuță

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Bioeconomie

Cunoașterea mecanicii și a controlului comportamentului sistemului musculo-scheletal este o cerință a proiectării sistemelor de asistare a persoanelor cu dizabilități, de tipul protezelor, ortezelor și neuroprotezelor.

Metodele folosite pentru detectarea pozițiilor și orientărilor segmentelor membrului superior uman au fost împărțite de unii autori (Prat J.L., 2011) în funcție de mijloacele utilizate, în metode bazate pe principii optice (camera video, markeri activi sau pasivi, camera în infraroșu), precum și metode bazate pe principii diferite de cele optice.

Realizarea unui model al brațului a constituit o provocare pentru mulți cercetători din cauza lanțului cinematic complex, precum și din cauza restricțiilor impuse de prezența cuplelor cinematice. Astfel, a fost creat un model cu 26 de grade de libertate de către Vardy A, (1998) bazat pe convenția Denavit-Hartenberg, considerând că toate degetele au aceeași structură și câte 5 grade de libertate, cu excepția policelui, neglijând articulația încheieturii și considerând palma





## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

un lanț cinematic cu 7 articulații. Sistemul de referință a fost amplasat în încheietura mâinii, iar spațiul activ al mâinii a fost determinat în raport cu acest referențial.

Un model asemănător a fost creat de Yasumuro Y., Chen Q., Chihara K. în 1997. Modelul propus are 6 grade de libertate în încheietura mâinii, iar spațiul activ este determinat în raport cu un sistem de axe fix amplasat în exteriorul spațiului topologic. Modelul a fost folosit pentru a crea un model tridimensional, animat al mâinii pe baza unui număr redus de parametri ai acesteia.

Complexitatea sistemului osteoarticular al mâinii face ca modelarea cinematică să fie o provocare. Această complexitate obligă cercetătorii să dezvolte ipoteze simplificatoare pentru a facilita înțelegerea și gestionarea modelelor [Bullock I.M., 2012]. Cu toate acestea, ipotezele formulate au implicații importante în precizia modelului final [Valero-Cuevas F., 2003]. Această analiză se axează pe analiza cinematică a membrului superior uman și ipotezele simplificatoare care sunt utilizate într-o gamă largă de modele descrise în literatura de specialitate după cum urmează: descrieri cu privire la biomecanica mâinii [Brand P.W., 1999], modele cinematice realizate în vederea studiului controlului neuromuscular [Cuevas V.F., 2005], analiza tehnicilor de identificare a gesturilor [Pavlovic V.I., 1997; Erol A., 2007], analize privind mișcarea degetelor în vederea dezvoltării de roboți manipulatori cu degete multiple [Zhaojie J., 2008], analize referitoare la vastul domeniu de utilizare a modelelor mâinii umane [Sancho-bru J.L., 2011], metode de măsurare al spațiului activ al mâinii în vederea reabilitării sau în domeniu ergonomiei [Kuo L.C., 2009].

Studiile anterioare au raportat că multe sarcini fine necesită o dexteritate ridicată cu poziții și mișcări precise precum și forțe de prehensiune aplicate în mod corespunzător [Johansson R.S., 1984, Johansson R.S., 1992, Li Z.M., 2006, Dun S., 2007].

Un model cinematic al antebrăului a fost conceput de către Furnstahl P. (2009) care s-a bazat pe morfologia articulară a pacientului în vederea reproducerii cu acuratețe a mișcărilor de pronație-supinație.

Experimentul a fost realizat prin studiul mișcărilor de pronație, respectiv supinație prin intermediul scanării tomografice (fig.1.1.a), rezultând astfel reprezentarea analitică a mișcării de alunecare din articulație.

$$p_0 = \Gamma_{dist}^R \left( t_{r0} + \frac{\varphi}{\varphi_{max}} + (t_{r1} - t_{r0}) \right) \quad (1)$$

$$q_0 = \Gamma_{dist}^U \left( t_{u0} + \frac{\varphi}{\varphi_{max}} + (t_{u1} - t_{u0}) \right) + \Delta * n_t \quad (2)$$



## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

unde parametrii  $p_0$  și  $q_0$  reflectă mișcarea de alunecare a osului radius,  $t_{r0}$  respectiv  $t_{r1}$  reprezintă timpul inițial și final de descriere al curbei  $\Gamma_{dist}^R(t)$ , iar  $t_{u0}$  și  $t_{u1}$  momentul inițial și final de descriere a curbei  $\Gamma_{dist}^U$  (fig.1.1.b).

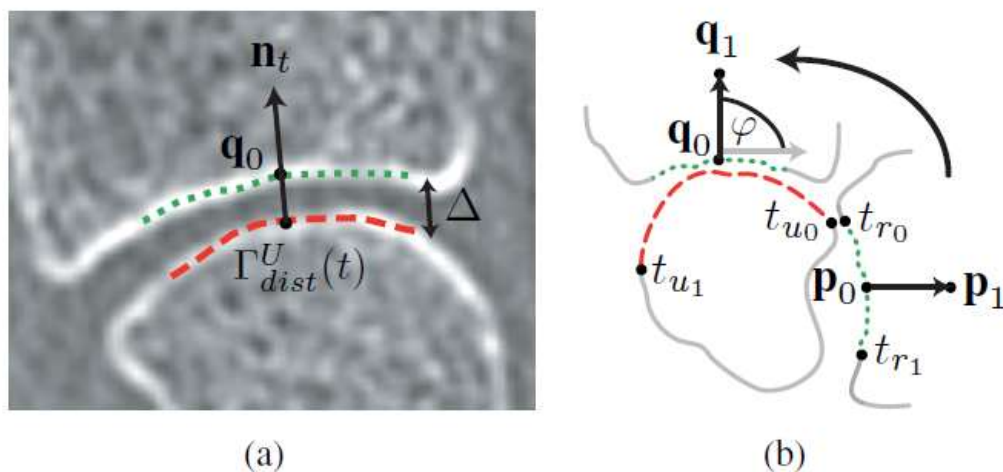


Fig.1.1. Simularea mișcării: a) Distanța  $\Delta$  dintre oase datorită cartilajului; b) Mișcarea de alunecare pentru  $\varphi = 90^\circ$

Mișcările de pronăție și supinație realizate de către oasele antebrăului au fost studiate și de către Weinber A.M. (2000) plecând de la modelul cinematic (fig.1.2) realizat de Fick R. (1904) și trecând peste limitările acestuia referitoare la imposibilitatea de a reproduce corespunzător mișcarea ulnei. Această mișcare evazivă care se produce în timpul rotației antebrăului a fost studiată și de către Nakamura T. (1999), Nojiri K.(2008) pe baza rezonanței magnetice. Astfel, a fost conceput un model cinematic simplificat similar cu cel elaborat de Kasten P. (2002) ce prezintă 7 grade de libertate (fig.1.3) și care ține cont de mișcarea relativă dintre oasele antebrăului. Pe baza acestui model autorul a reușit să anticipeze intervalul de fracturare al antebrăului raportat la amplitudinea mișcării. Aceste rezultate pot sta la baza re-instituirii de către chirurgii a mobilității antebrăului.

## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Fig.1.1. Modelul Fick al antebrațului

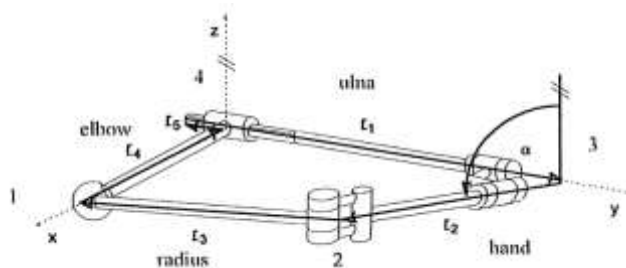


Fig.1.3. Modelul cinematic al mișcării de pronație-supinație

Studiul mișcării de supinație- pronație realizat de către Kesckemethy A., (2003) a dus la dezvoltarea unui model cinematic cu 2 grade de libertate la nivelul articulației humerusului și ulnei (fig.1.4), ce permite ulnei balansarea și executarea mișcărilor axiale. Pentru determinarea traiectoriilor, autorul propune o abordare cinetostatică ce oferă o nouă metodă de comparare a modelelor cu multiple grade de libertate.

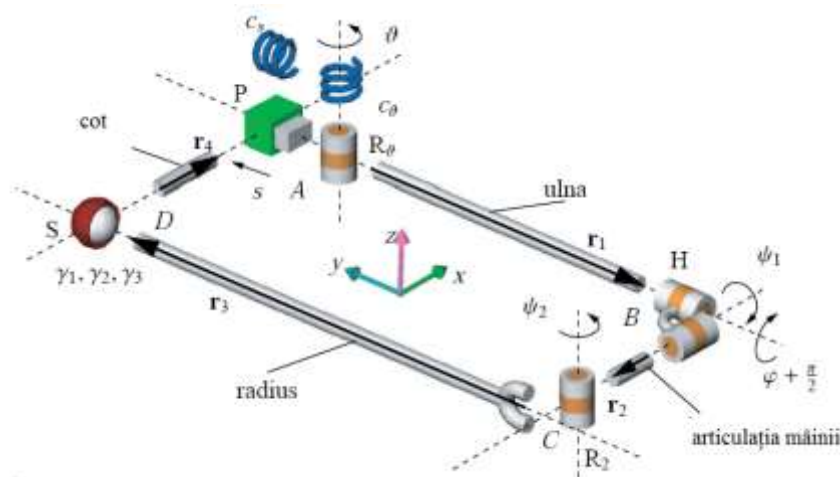


Fig.1.4. Modelul Kesckemethy pentru mișcarea de pronație-supinație.

Complexitatea cinematicii membrului superior uman, mai precis a articulației umărului, implică mișcări complexe caracterizate prin centre de rotație variabile [Doorembosch C.A.M., 2001]. Prin urmare, centura membrului superior este neglijată (scapula fiind considerată de cele mai multe ori fixă), iar articulația umărului este tratată ca o articulație de rotație cu 3 grade de libertate. Cu toate că centura membrului superior prezintă o mobilitate scăzută, aceasta ajută brațul la evitarea ciocnirilor cu trunchiul în timpul mișcării.



## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

Klopčar M. (2007) a propus un model cinematic complex al umărului cu 6 grade de libertate ce conține și centura membrului superior (fig.1.5.). Spațiul generat de mișcarea modelului cinematic a fost comparat cu spațiul de lucru al unui subiect supus unui tratament de recuperare (fig.1.6.). Rezultatele numerice și grafice obținute din evaluarea spațiului activ pot fi folosite în reabilitări și ergonomie.

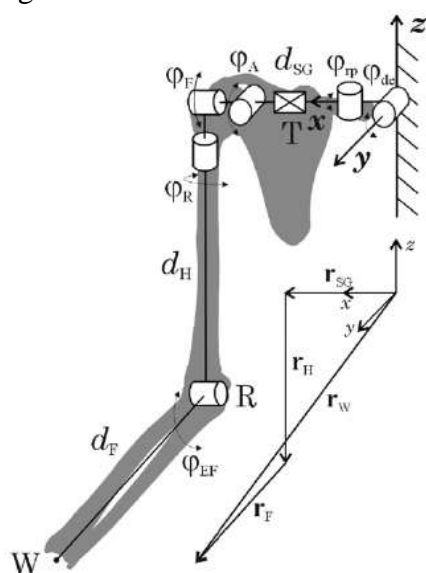


Fig.1.5. Model cinematic al umărului

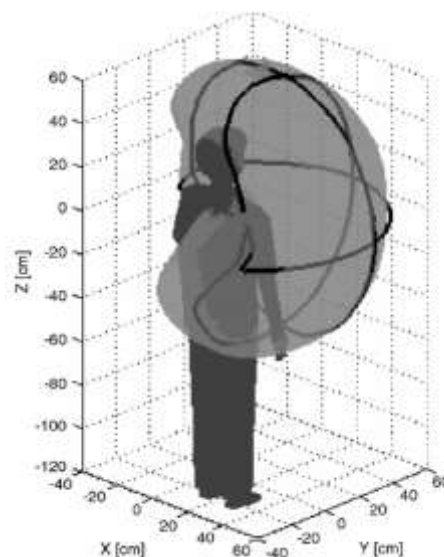


Fig.1.6. Spațiul de lucru

Un alt model cinematic al membrului superior uman a fost realizat de către Iqbal J., (2012) în scopul analizării spațiului activ al unui manipulator robotizat. Acest lanț cinematic prezintă 6 grade de libertate și este compus din următoarele elemente cinemate: talie, umăr, cot și încheietura mâinii (fig.1.7). Fiecare articulație prezintă câte 1 grad de libertate, excepție făcând articulația mâinii care prezintă 2 grade de libertate. Validarea modelului cinematic s-a bazat pe convenția Denavit–Hartenberg [Denavit J., 1955], deoarece numărul de constrângeri și de elemente cinemate este nelimitat la modelare.



UNIUNEA EUROPEANĂ



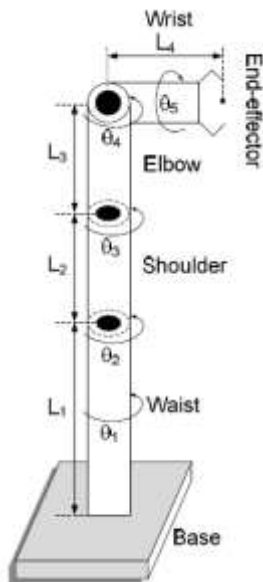
Instrumente Structurale  
2014-2020

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

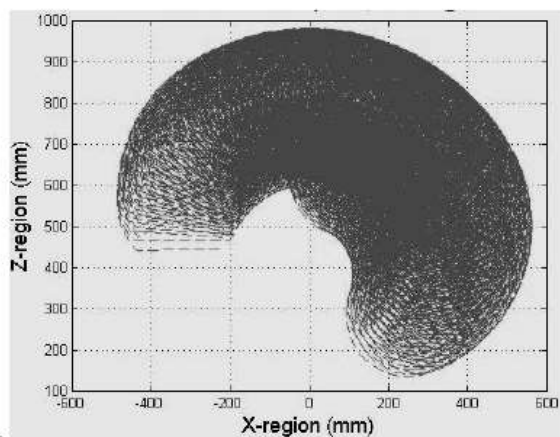


Tabel 1 Lungimea elementelor cinematice

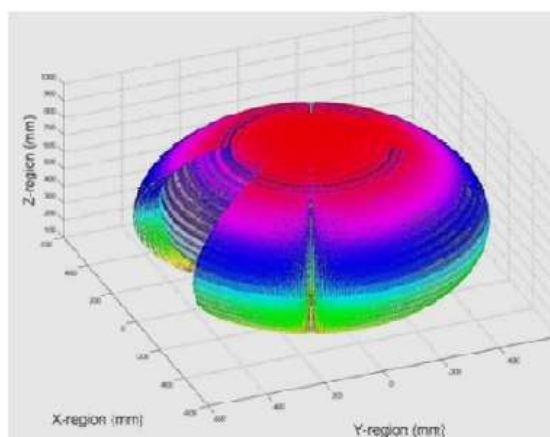
Articulație	Talie	Șold	Cot	Încheietură
Simbol	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
Lungimea segmentelor	385	220	220	155

Fig.1.7. Model cinematic al membrului superior uman

Modelul cinematic a fost validat cu ajutorul programului Matlab ce a compilat datele numerice din componența matricei de transfer rezultând spațiul activ (fig.1.8). al manipulatorului robotic ce are la bază modelul cinematic cu 6 grade de libertate.



a)



b)

Fig.1.8. Spațiul activ al manipulatorului robotic: (a) Spațiul activ 2D; (b) Spațiul activ 3D





## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

### **BIBLIOGRAFIE**

1. Ackermann M., *Dynamics and Energetics of Walking with Prostheses*, Institute of Engineering and Computational Mechanics University of Stuttgart, 2007.
2. Alexandru C., *Modelarea constrângerilor din mecanisme considerate sisteme multicorp* Revista Mecanisme și Manipulatoare, volume 5 , nr. 1, pag. 27 – 32, 2006.
3. Avramescu T. E., *Bazele anatomice ale mișcării*, 2017 [http://cis01.central.ucv.ro/educatie\\_fizicakineto/pdf/studenti/cursuri%20licenta/carte\\_anatomie\\_LP.pdf](http://cis01.central.ucv.ro/educatie_fizicakineto/pdf/studenti/cursuri%20licenta/carte_anatomie_LP.pdf), (accesat august 2019).
4. Baciuc C., *Aparatul locomotor*, Editura Medicală, București, 1981.
5. Bașic F., Panaitescu-Liess, R., *A 8 DOF hand-arm dynamic model*, Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics - SISOM 2013, May 21-22, Bucharest, Romania. CD-ROM Edition.
6. Bjørnstrup J., *Estimation of Human Body Segment Parameters - Historical Background*, Internat Tec-Report for Ph.D. thesis on "Image Processing Based Estimation of Body Segment Parameters --- with Application to Motion Analysis", 1995.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### Metode avansate de segmentare a imaginilor medicale

**Nume și prenume membru GT:** Obreja Cristian-Dragoș

**Calitatea în cadrul proiectului:** cercetător postdoctorat

**Titlu teză de doctorat:** Analiza conținutului informațional util din imagini medicale. modelare hemodinamică și procesare imagistică pentru îmbunătățirea diagnosticării

**Conducător științific:** Prof. univ. dr. ing. fiz. Luminița Moraru

**Domeniul de studii:** Inginerie industrială

**Domeniu specializare inteligentă:** Tehnologia informațiilor și comunicațiilor, spațiu și securitate

Imagistica medicală facilitează și îmbunătățește acuratețea detectării unor tipuri de afecțiuni, cum ar fi retinopatia diabetică sau accidentele vasculare cerebrale. Astfel, pentru a identifica anomaliile microvasculare ale vaselor de sânge sunt folosite imagini oculare digitale, însă, din cauza iluminării neuniforme a imaginii, al fundalului complex și a asimetriei sistemului vascular ocular, măsurătorile sunt de multe ori inexacte [1,2].

În această lucrare sunt folosite bazele de date de imagini DRIVE [3], pentru sistemul circulator retinal și Radiopaedia [4], pentru imaginile care descriu sistemul vascular cerebral. De asemenea, imaginile procesate obținute sunt imagini proprii.

#### I. Segmentarea bazată pe histogramă

Această tehnică reprezintă un mod de binarizare ce face parte din spațiul trăsăturilor sau culorilor, având la bază numărul de apariții ale nivelurilor de gri dintr-o imagine. Metodele de segmentare folosind histograma se bazează pe fluctuația nivelurilor de gri, care oferă posibilitatea





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

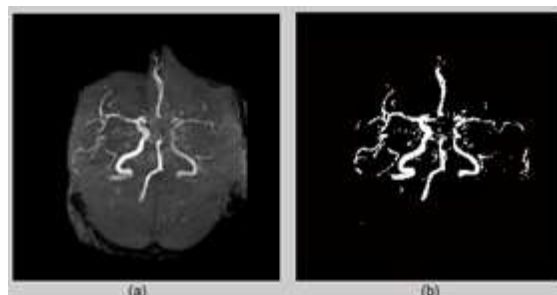
aplicării diferitelor praguri (threshold), această tehnică ducând la separarea obiectelor analizate de fundal [5].



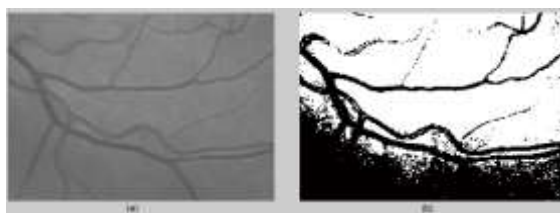
Instrumente Structurale  
2014-2020

**I.1. Metoda Fisher** este folosită atât pentru a găsi variația unui estimator cu ajutorul inegalității Cramer-Rao, cât și pentru determinarea comportamentului asimptotic al estimării probabilităților maxime. Astfel, pentru o variabilă aleatoare  $x$  și  $p(x, \theta)$  funcția probabilității de masă pentru un model de date cu parametrul  $\theta$ , metoda Fisher urmărește maximizarea probabilității prin maximizarea verosimilității parametrului  $\theta$  [6].

**I.2 Metoda Otsu** este o metodă de prăguire care realizează segmentarea unei imagini separând obiectele de fundalul imaginii [7].



**Figura 1** Anevrism cerebral. (a) imagine originală (b) imagine segmentată prin metoda Fisher.

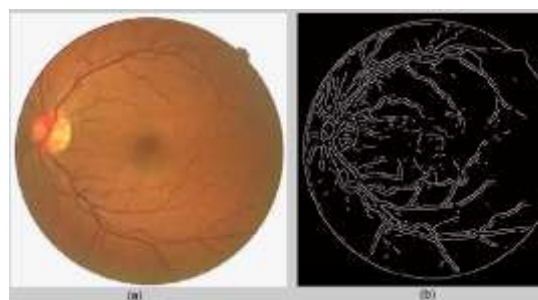


**Figura 2** Arbore vascular retinal. (a) imagine originală; (b) segmentare prin metoda Otsu.

## II. Metode de detecție a muchiilor

**II.1 Metoda Sobel** realizează o măsurare a gradientului unei imagini în domeniul bidimensional și, în felul acesta, pune în evidență muchiile obiectelor din imagine. De obicei, operatorul este folosit pentru a determina intensitatea aproximativă a gradientului în fiecare punct din imaginea de gri. [8].

**II.2 Metoda Canny** de detecție a muchiilor este considerat de mulți specialiști ca fiind detectorul optimal. Această metodă funcționează după următoarele criterii: scade rata de eroare deoarece nu pierde puncte de frontieră și nu răspunde la puncte care nu se află pe muchie; punctele deplasate pe muchie sunt bine localizate și detectorul furnizează un singur răspuns la fiecare punct plasat pe muchie [9].



**Figura 3** Sistem vascular retinal. (a) imagine originală; (b) imagine segmentată prin metoda Canny.





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**II.3 Metoda Prewitt** este un algoritm de detecție a muchiiilor verticale și orizontale specifice obiectelor din imagine. Acesta este un operator diferențial discret care este format din convoluția a două matrici. [10]

**II.4 Metoda Roberts** pentru detecția muchiiilor este bazată tot pe o măsurătoare a gradientului imaginii. Mai exact, pune în evidență regiunile spațiale specifice valorilor celor mai mari ale gradientului, care de multe ori corespund muchiiilor. [11]

**II.5 Filtrul Gabor** bidimensional este setat pe reprezentarea frecvenței și orientării. Această tehnică reprezintă o funcție Gauss modulată de o undă sinusoidală orientată la un anumit unghi. Funcția este după cum urmează:  $G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \exp[j\omega_x(x\cos\theta + y\sin\theta)]$ , unde  $\sigma$  este abaterea standard a funcției gaussiene pe direcțiile  $x$  și  $y$ ,  $\omega_x$  reprezintă frecvența unei unde sinusoidale și  $\theta$  indică orientarea filtrului [12].

### Bibliografie

- [1] A. Frangi, W. Niessen, K. Vincken, M. Viergever, *Multiscale vessel enhancement filtering, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention MICCAI98* 130-137, 1998.
- [2] G. Azzopardi, N. Petkov, *Automatic detection of vascular bifurcations in segmented retinal images using trainable COSFIRE filters. Pattern Recognition Letters* 34:922–933, 2013.
- [3] Image Science Institute, University Medical Center Utrecht, <http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE/>. Accesat: 15.08.2015, 15:12.
- [4] Radiopaedia, <https://radiopaedia.org/cases/left-middle-cerebral-artery-territory-infarct>. Accesat 7 Dec. 2015, 19:55.
- [5] S.S. Al-amri, N.V. Kalyankar, S.D Khamitkar, *A Comparative Study of Removal Noise from Remote Sensing Image, Journal of Computing* 2(5):83-86, 2010.
- [6] R.A. Fisher, *Theory of statistical estimation. Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 22: 700-725, 1925.
- [7] D. Csetverikov, *Basic Algorithm for Digital Image Analysis-a course, Institute of Informatics, Eotvos Lorand University Budapest, Budapest*, 2003.
- [8] O.R. Vincent, O. Folorunso, *A Descriptive Algorithm for Sobel Image Edge Detection, Proceedings of Informing Science & IT Education Conference* 97-107, 2009.
- [9] J. Canny, *A computational approach to edge detection, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 8(6):679–698, 1986. doi: 10.1109/TPAMI.1986.4767851
- [10] R.C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing, 2nd ed. Prentice Hall*, 2002.
- [11] G.T. Shrivakshan, *A Comparison of various Edge Detection Techniques used in Image Processing, IJCSI International Journal of Computer Science Issues* 9, 5(1), 2012.
- [12] M. Barlaud, *Wavelets in Image Communication, Elsevier*, 1995.





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### Considerații teoretice asupra zgomotului și vibrațiilor transmise omului în mediul ocupațional

**Nume și prenume membru GT:** *Picu Constantin Laurențiu*

**Calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand

**Titlu teză de doctorat:** *Studiul vibrațiilor și zgomotelor transmise de echipamentele navelor fluviale în diferite condiții de operabilitate și al răspunsului biodinamic al corpului uman*

**Conducător științific:** *Prof. dr. ing. Eugen Victor Cristian RUSU*

**Domeniul de studii:** *Inginerie mecanică*

**Domeniu de specializare inteligentă:** *Energie, mediu și schimbări climatice*

### 1. Caracteristicile undelor

Unda reprezintă procesul de propagare a unei oscilații într-un mediu elastic, în aproape toate punctele sale, imprimându-le acestora o mișcare oscilatorie. În acest mod apar două procese distincte: fiecare particulă se deplasează în jurul poziției de echilibru și deformația se propagă de la o particulă la alta, din cauza acțiunii forțelor elastice exercitate între particulele mediului [1].

Perturbația  $\Psi(\vec{r}, t)$  ce se propagă prin spațiu este în general o funcție ce depinde de poziția din spațiu și de timp și se numește funcție de undă.

Suprafața de undă (sau frontul de undă) reprezintă locul geometric al punctelor care oscilează cu aceeași fază la un moment dat, adică suprafața de undă este mulțimea punctelor din spațiu în care perturbația  $\Psi$  are la un moment dat aceeași valoare constantă:

$$\Psi(\vec{r}, t) = \text{constant} \quad (1)$$

După forma suprafeței de undă avem: unde sferice, cilindrice și plane (Fig. 1).





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

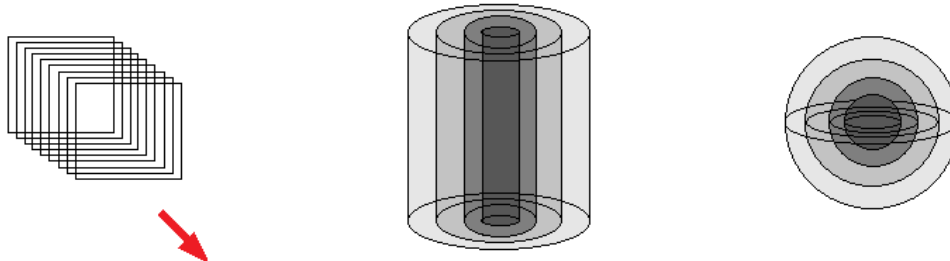
Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020



(a) unde plane (după [2])      (b) unde cilindrice (după [3])      (c) unde sferice (după [4])

**Figura 1** Diferite forme ale suprafețelor de undă

Mediile prin care se propagă undele pot fi:

- a) liniare, dacă rezultanta ( $\psi$ ) obținută prin componerea mai multor unde ( $\psi_i$ ) se exprimă printr-o relație liniară, de exemplu:  $\psi(x, y, z, t) = \sum \psi_i(x, y, z, t)$ ; dacă nu este satisfăcută această condiție, mediul se numește neliniar.
- b) omogene, dacă mărimile caracteristice undei nu depind de poziție; în caz contrar, mediul este neomogen.
- c) izotrope, dacă în orice punct mărimile caracteristice undei nu depind de direcția în care sunt măsurate; în caz contrar, mediul este anizotrop.
- d) conservative, dacă propagarea undelor se face fără generare de entropie; în caz contrar, mediul este disipativ.
- e) nedispersive, dacă perturbațiile cu frecvențe foarte apropiate se propagă cu aceeași viteză (independentă de valoarea frecvenței); în cazul în care  $v=f(v)$ , mediul este dispersiv.

În continuare se va considera numai propagarea perturbațiilor în medii liniare, omogene, izotrope, conservative și nedispersive.

## 2. Mărimi caracteristice undelor sonore

Termenul de acustică provine de la grecescul *akouein* (a auzi) și se referă, în general, la știința sunetelor. Un sunet este o formă de energie; sunetul se deplasează printr-un mediu prin contractarea și extinderea alternativă a părților mediului prin care se deplasează. Această compresie și expansiune creează o diferență de presiune pe care o percepem ca sunet (Fig. 2) [5]. Forma de undă este o reprezentare picturală a variației presiunii în aer care se propagă ca sunet. Aceste unde sunt alternativ regiuni de înaltă presiune și joasă presiune.



**Figura 2** Unda sonoră (după [5])







UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

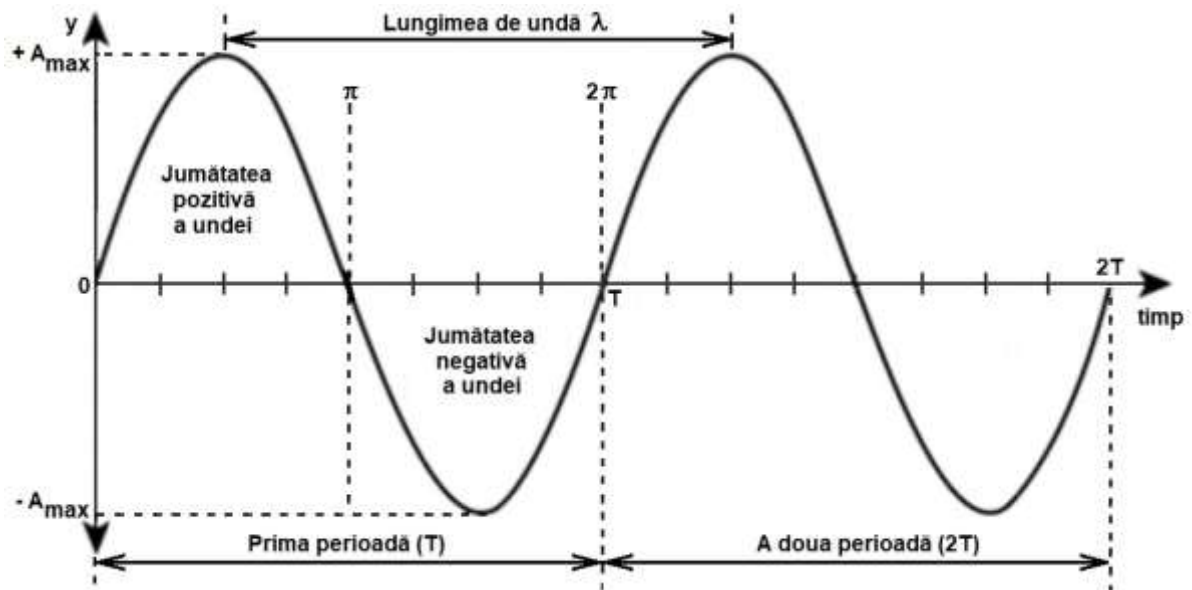
Cod MySMIS: 124539



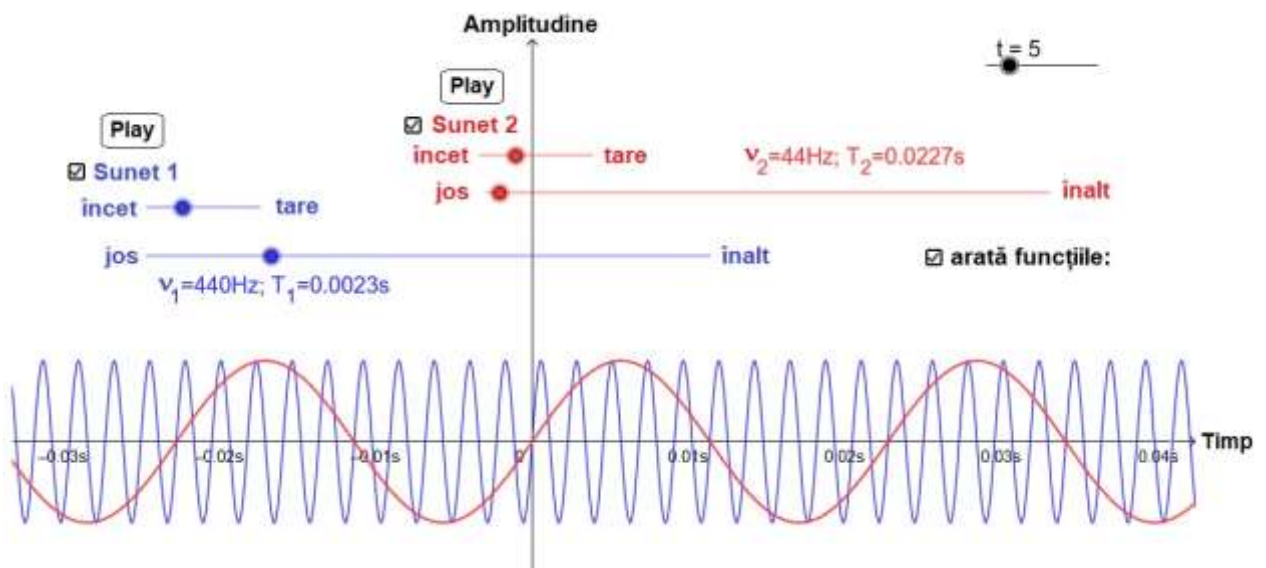
Instrumente Structurale  
2014-2020

Diferite aplicații prezintă grafic forma undelor analizate și le pot afișa astfel încât să poată fi comparate. Mai jos prezentăm câteva astfel de situații.

Diapazonul emite un sunet pur, unda are o formă sinusoidală regulată (Fig. 3).



**Figura 3** Undă sinusoidală regulată



**Figura 4** Undele sonore modelate ca funcții sinusoidale (după [6])





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

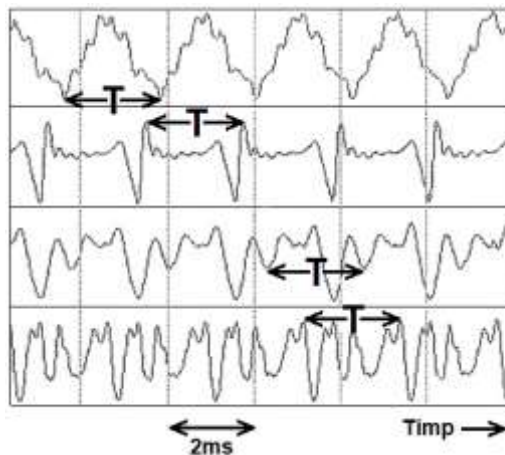


Instrumente Structurale  
2014-2020

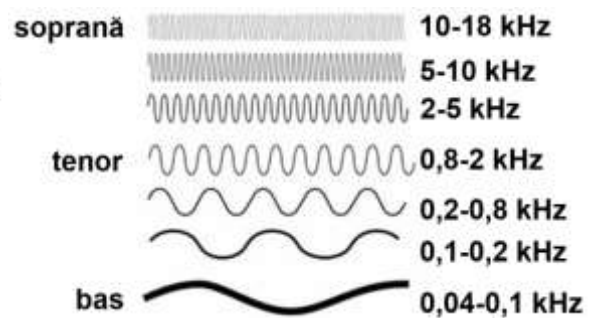
În Fig. 4 se vede că cele două funcții au aceeași amplitudini, dar frecvențe diferite ( $v_1=10v_2$ ) ecuațiile acestora fiind:

$f_1(t) = 2,5 \cdot \sin(v_1 2\pi t) = 2,5 \cdot \sin(2764,6 \cdot t)$  și  $f_2(t) = 2,5 \cdot \sin(v_2 2\pi t) = 2,5 \cdot \sin(276,46 \cdot t)$ .

Dacă se studiază mai multe surse sonore, se vede că fiecare are o vibrație caracteristică, după care urechea umană recunoaște această sursă. În Fig. 5 sunt prezentate funcțiile de undă pentru 4 instrumente muzicale. Aceste instrumente generează unde cu forme aproximativ regulate, în formă apropiată de dinții de fierăstrău și toate au aceeași frecvență/ perioadă.



**Figura 5** Reprezentarea funcțiilor de undă având aceeași perioadă T (după [7])



**Figura 6** Sunete joase (frecvență mică) și sunete înalte (frecvență mare) dar cu aceeași amplitudine (după [8])

Orice sunet simplu poate fi caracterizat prin:

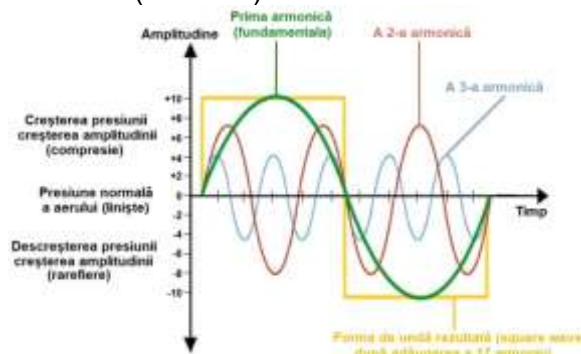
- înălțime,
- intensitate,
- timbru (calitate).

Aceste caracteristici corespund celor 3 mărimi:

- frecvență,
- amplitudine,
- tipul de undă (tipurile de armonici).

Sunetele sunt percepute ca fiind joase sau înalte. În cazul în care amplitudinea rămâne constantă, urechea umană poate auzi o aceeași notă muzicală cu frecvențe diferite (Fig. 6).

Zgomotul este un sunet complex, un amestec de mai multe frecvențe și armonici. Aceste armonici determină timbrul (calitatea) sunetului.



**Figura 7** Percepția amplitudinii unui zgomot (după [9])





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

În acustică, amplitudinea se referă la mărimea compresiei și rarefierii mediului străbătut de unda sonoră (Fig. 7). Această amplitudine este percepută de urechile noastre ca zgomot. Amplitudinea mare este echivalentă cu sunetele puternice.

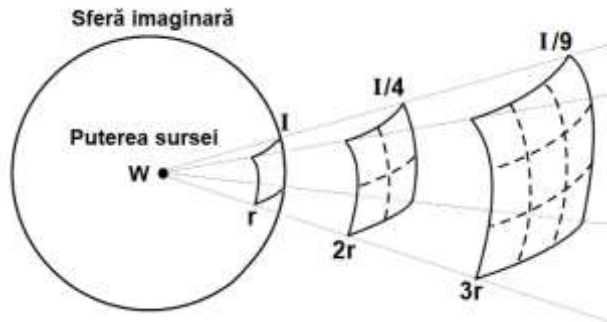


Figura 8 Legea inversului pătratului razei (la suprafața sferei  $I=W/4\pi r^2$ ) (după [10])

Intensitățile undelor acustice se reprezintă pe o scară logaritmică. Intensitatea sunetelor depinde de distanța de la sursa sonoră până la receptor (ureche) și se determină ca o medie a energiei undei pe unitatea de suprafață, perpendicular pe direcția de propagare; de regulă, pentru o undă sferică, intensitatea scade cu pătratul distanței de la sursă (Fig. 8).

La propagarea sunetelor prin aer, trebuie să se ia în considerare temperatura, presiunea, umiditatea, particulele din atmosferă care pot împrăști undele acustice, deci legea invers proporționalității cu distanța nu se poate aplica într-un mediu real.

Urechea umană poate percepe de la șoapte (10dB) până la pragul de durere (140dB). Dacă intensitatea este mai mare decât acest prag, apare surzenia. De exemplu, s-a determinat că pentru un zgomot puternic, o explozie cu 150dB, surzenia care se instalează este imediată și permanentă.

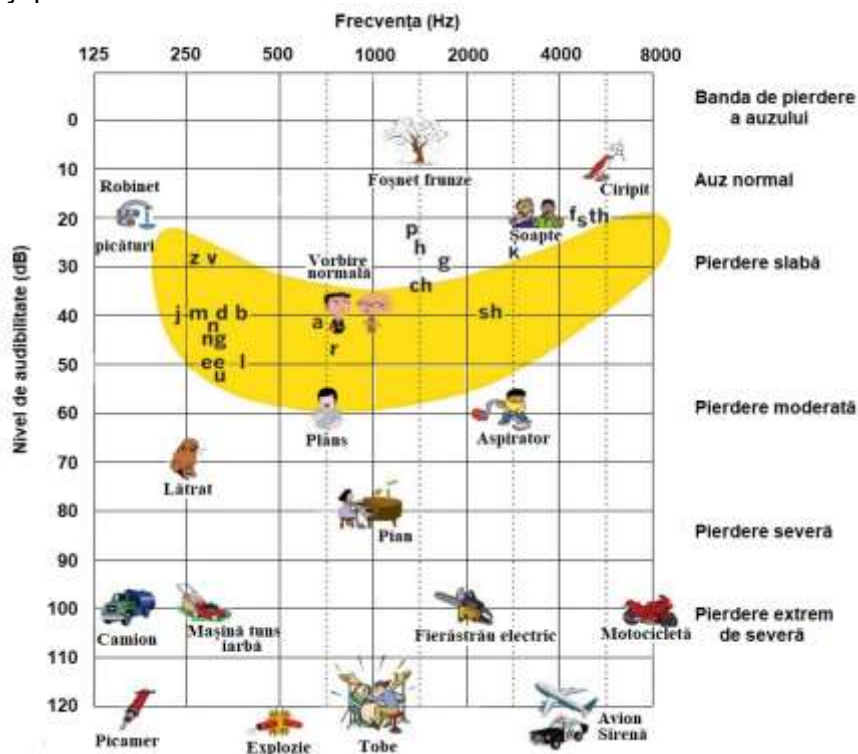


Figura 9 Banana vorbirii (după [11])





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

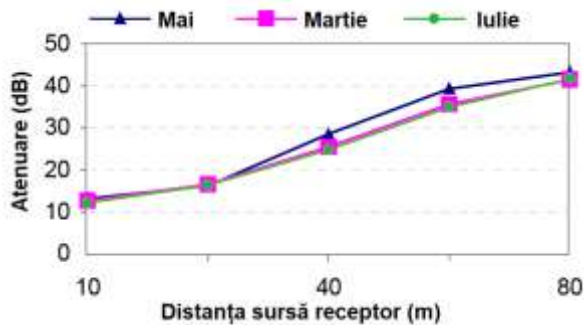
Cod MySMIS: 124539



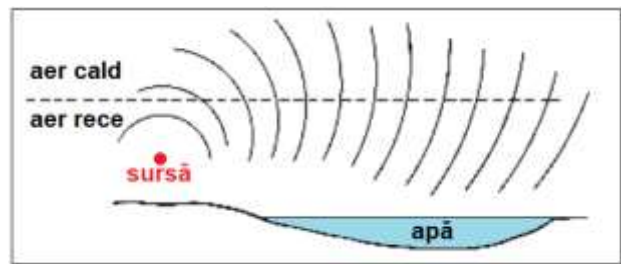
Instrumente Structurale  
2014-2020

În funcție de frecvență, există litere sau grupuri de litere care pot fi auzite mai clar sau mai puțin clar (Fig. 9). Acest lucru este deosebit de important în timpul unei activități, pentru a auzi și a înțelege mesajele transmise.

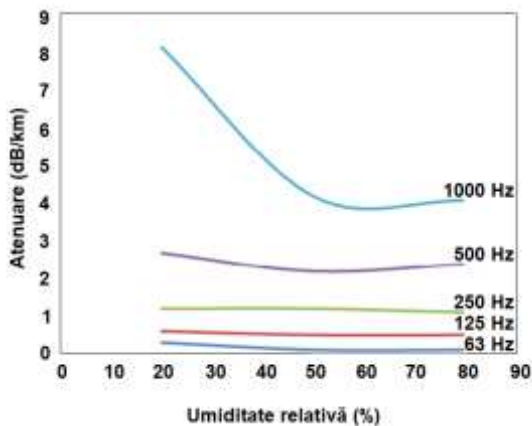
În timpul propagării sunetelor, acestea ajung la suprafețe de separație dintre diferite medii, unde undele acustice suferă fenomene de reflexie și refracție. Vitezele de deplasare și atenuările depind de densitățile mediilor, de frecvența undelor și de condițiile exterioare (temperatură, umiditate, curenți de aer) (Fig. 10 ÷ 13). În zonele mai reci, sunetul se propagă mai încet, iar în zonele calde, mai repede.



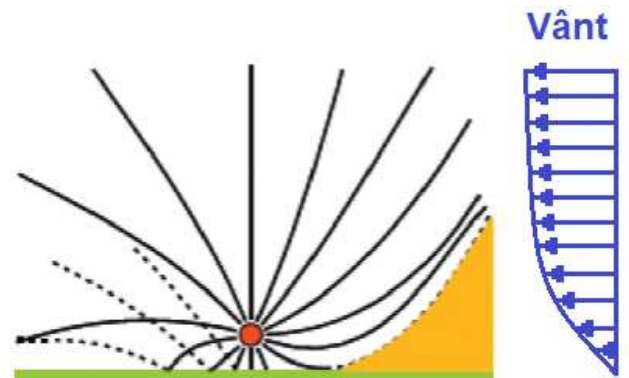
**Figura 10** Dependența atenuării sunetului de temperatură (mai-iunie) și distanță (după [11])



**Figura 11** Propagarea sunetului la separația a două medii cu temperaturi diferite (după [12])



**Figura 12** Dependența atenuării sunetului de frecvență și umiditate (după [13])



**Figura 13** Influența vântului asupra propagării sunetului (● sursa); în direcția vântului, lângă sursă, apare o zonă de umbră (■) (după [14])

Undele acustice se supun și fenomenelor de difracție (Fig. 14) și interferență (Fig. 15), în urma cărora sunetele rezultante pot avea intensități mai mici decât cele ale sunetelor componente. Dacă sunetele au frecvențe diferite, în urma interferenței se obțin sunete cu frecvențe egale cu suma sau diferența frecvențelor inițiale sau se obțin sunete complexe și distorsionate.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

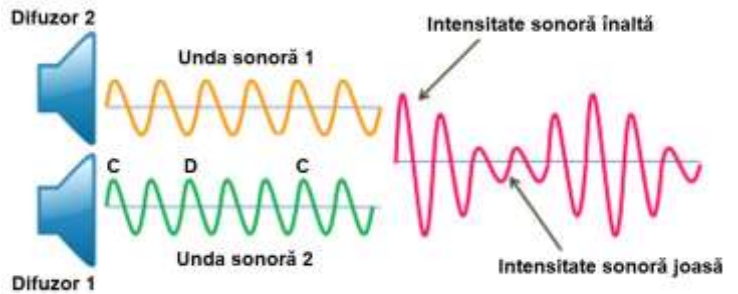
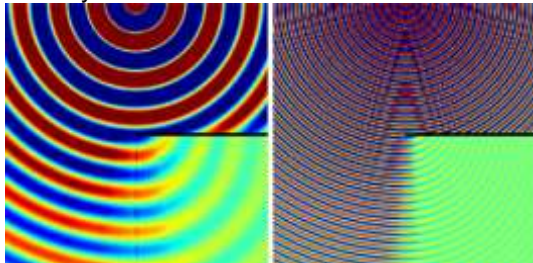
Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

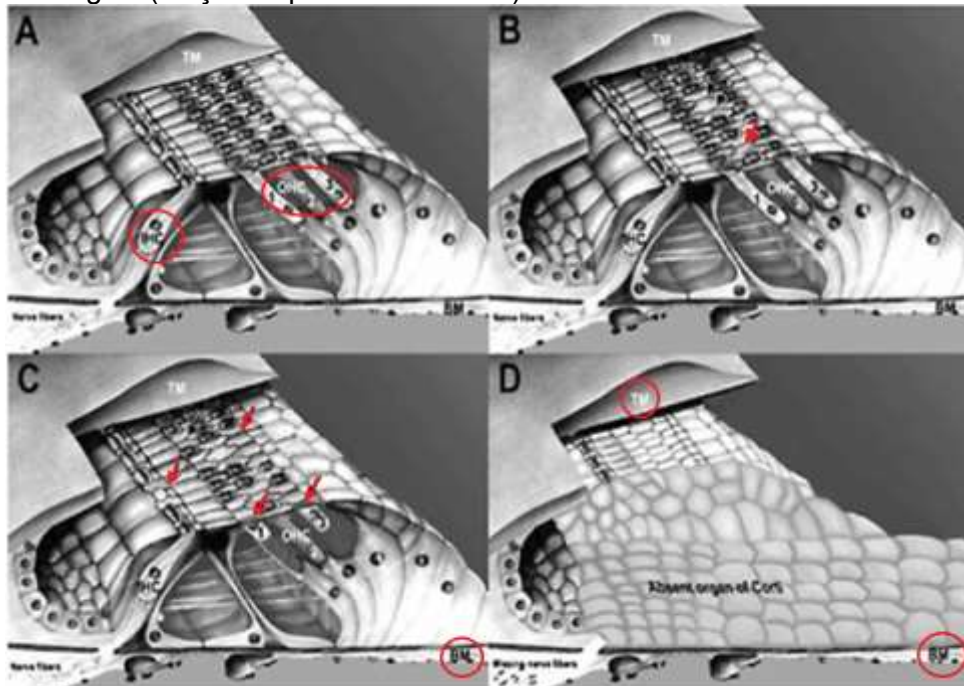


**Figura 14** Difracția undelor acustice [15]

**Figura 15** Interferența undelor acustice (după [16])

Peste 60 de milioane de muncitori din Europa suferă de dificultăți ale auzului legate de expunerea profesională la zgomot. Pierderea auzului din cauza zgomotului reprezintă o treime din totalul bolilor legate de profesie, situându-se înaintea problemelor de piele și de respirație (Fig. 16). Pierderea auzului din cauza zgomotului este provocată de expunerea prelungită la zgomot puternic. Primele simptome: incapacitatea de a auzi sunetele înalte, iar mai târziu: dificultăți de percepție a sunetelor joase. Acestea sunt afecțiuni permanente. Pierderea auzului și dificultățile de auz sunt cele mai cunoscute efecte adverse, dar nu sunt singurele; mai există și:

- acufene (sunete deranjante permanente),
- risc crescut de accidente (împiedică perceperea semnalelor de avertizare sau atragerea atenției)
- perturbă comunicarea verbală,
- tulburări psihologice (lipsa concentrării),
- efecte fiziologice (creșterea presiunii arteriale).



**Figura 16** Organul lui Corti (desen modificat al lui David Bellucci) (cu permisiunea [17])





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Figura 16 prezintă modificările pe care le suferă organul lui Corti în procesul de deteriorare a auzului: "(A) organul nedeteriorat al lui Corti unde sunt prezenți toți cilii interiori (IHC) și cilii exteriori (OHC 1, 2, 3); (B) începutul deteriorării din cauza zgomotului în care lipsesc 3 celule exterioare ale cililor (săgeată); (C) deteriorarea moderată din cauza zgomotului în care lipsesc 11 celule exterioare de cili și 1 celulă de cil interioară (gradul pierderii indicat de săgeți) și (D) daune grave cauzate de zgomot în care o porțiune întreagă a organului Corti este absentă și este înlocuită pe membrana bazilară (BM) de un epiteliu scuamos nediferențiat. De asemenea lipsesc fibrele nervoase din zona membranei tectorială (TM)" [17].

Pentru a reduce efectele zgomotului asupra muncitorilor, Comisia Europeană a elaborat Directiva 2003/10/CE care se aplică tuturor sectoarelor de activitate fără excepție [18, 19].

### 3. Mărimi caracteristice vibrațiilor transmise omului

Vibrațiile transmise omului se regăsesc în viața de zi cu zi (în autobuze, trenuri, mașini, etc), sau la locul de muncă (vibrații produse de scule manuale, utilaje sau vehicule grele). Vibrațiile pot fi dăunătoare, atunci când intensitatea, frecvența și timpul de expunere sunt mari.

Cele două tipuri de vibrații întâlnite la locul de muncă sunt: vibrațiile transmise sistemului mână braț (HAV) și vibrațiile transmise întregului corp (WBV).

În primul caz, apare sindromul degetelor albe (Raynaud) (Fig. 17), caz în care degetele își schimbă culoarea în alb și devin dureroase. Vibrațiile mecanice transmise de la uneltele electrice și alte dispozitive vibratoare către corpul uman pot avea un impact negativ direct asupra țesuturilor individuale și vaselor de sânge, pot provoca excitația vibrațiilor organelor interne sau ale părților corpului și chiar a structurilor celulare.



Figura 17 Sindromul Raynaud [20]

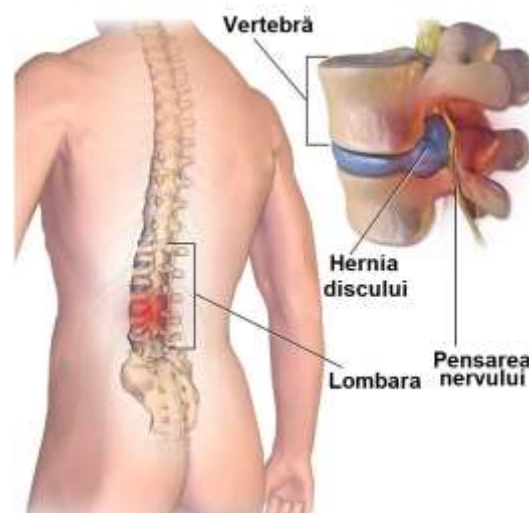


Figura 18 Boală osteoarticulară (după [21])

Vibrațiile mecanice transmise de la uneltele electrice și alte dispozitive vibratoare către corpul uman (WBV) pot avea un impact negativ direct asupra țesuturilor individuale și vaselor de sânge, pot provoca excitația vibrațiilor organelor interne sau ale părților corpului și chiar a structurilor celulare.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

În practică, cele mai periculoase sunt vibrațiile mâinii transmise părților superioare ale corpului, care pot provoca modificări patologice în sistemul nervos, vascular (cardiovascular) și osteoarticular. Modificările din corpul uman rezultate din contactul cu vibrațiile mecanice sunt recunoscute ca o boală profesională, numită sindromul vibrațiilor. Cele trei forme ale bolii vibrațiilor sunt identificate: neurovascular, osteoarticular și mixt (Fig. 18).

În ceea ce presupune evaluarea expunerii la vibrații mecanice, se poate spune că acțiunea vibrațiilor poate fi caracterizată de:

- nivelul de accelerație (valori eficace);
- conținutul în frecvență (analiză spectrală);
- locul de contact al corpului cu sursa de vibrații (vibrații globale sau vibrații transmise sistemului mână-braț);
- durata totală de expunere [19].

O mișcare vibratorie simplă poate fi exprimată printr-o mișcare armonică, de tipul:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \tag{2}$$

unde:  $x$  este elongația liniară sau unghiulară,  $A$  elongația maximă sau amplitudinea,  $\omega$  pulsația vibrației,  $\varphi$  este faza inițială.

Viteza, respectiv accelerația mișcării armonice sunt date de:

$$v = \frac{dx}{dt} = \dot{x} = -A \omega \sin(\omega t + \varphi) \tag{3}$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x} = -A \omega^2 \cos(\omega t + \varphi) \tag{4}$$

Unitățile de amplitudine selectate pentru a exprima fiecare măsurătoare au o influență mare asupra clarității cu care se manifestă fenomenele de vibrație. Astfel, așa cum se poate vedea în Figura 19, deplasarea prezintă cele mai mari amplitudini la frecvențe joase (de obicei sub 10 Hz), viteza o face la un interval intermediar de frecvențe (între 10 și 1.000 Hz), iar accelerația prezintă această situație la frecvențe înalte (peste 1.000 Hz).

Există mai mulți parametri, care trebuie calculați:

- RMS valoarea „rădăcină pătrată medie” este o măsură statistică a mărimii unui semnal ponderat,
- Vârful este abaterea maximă a semnalului de la linia zero,
- Factorul creștere este raportul dintre nivelul de vârf al vibrației și valoarea RMS,
- VDV este doza de vibrație, ce exprimă nivelul de vibrație cumulat pe o perioadă de 8 sau 16h,
- MSDV este valoarea dozei ce produce rău de mișcare.

Media pătratică a accelerației este media pătratelor accelerațiilor în timp, măsurate cu accelerometrul; valoarea sa este întotdeauna pozitivă [22, 23].





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- Rădăcina pătratică medie (r.m.s.  $\equiv$  root-mean-square) a accelerației este radicalul pătrat al mediei pătratice a accelerației obținută mai sus. Dacă ciclul receptat de accelerometru este o sinusoidă pură, cu valoarea medie 0, de exemplu o vibrație staționară, rădăcina pătratică medie a accelerației va fi de 0,707 din maximul accelerației sinusoidale (dacă s-ar fi folosit doar o medie simplă, atunci media ar fi fost 0). Pentru o curbă perfect sinusoidală, valoarea efectivă este 0,707 din valoarea de vârf. Dacă valorile instantanee ale curbei pe o perioadă sunt simplu mediate (prin inversarea semnului alternanței negative), valoarea medie rezultă 0,636 din valoarea de vârf sau 0,9 din valoarea efectivă. Există două relații importante:

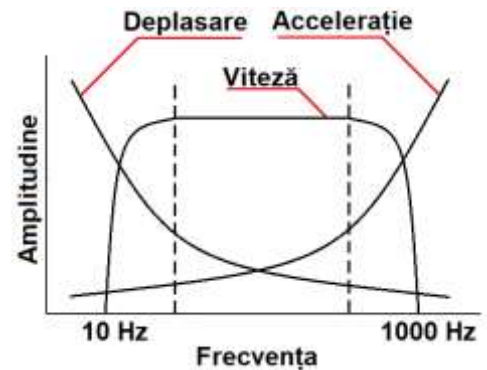


Figura 19 Mărimile de interes în funcție de frecvență (după [24])

$$\text{Factorul de vârf} = \frac{\text{Valoarea de vârf}}{\text{Valoarea efectivă}} = 1,414 \quad (5)$$

$$\text{Factorul de formă} = \frac{\text{Valoarea efectivă}}{\text{Valoarea medie}} = 1,111 \quad (6)$$

Atunci când se studiază o curbă pur sinusoidală este absolut corect să se facă o simplă măsurătoare a valorii medii (0,636 x valoarea de vârf) și să se multiplieze rezultatul cu factorul de formă 1,111 (care corespunde la 0,707 din valoarea de vârf) și se obține astfel valoarea efectivă. Problema constă în aceea că această metodă este corectă numai pentru curbe pur sinusoidale, însă aceste curbe nu se întâlnesc în realitate. De asemenea, pentru caracterizarea vibrațiilor, se mai pot folosi și:

- media pătratică a amplitudinii: 
$$X_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \quad (7)$$

- media amplitudinii: 
$$X_{med} = \frac{1}{T} \int_0^T |x| dt \quad (8)$$

- valoarea de vârf a amplitudinii: 
$$X_{vârf}$$

Vibrațiile transmise omului se măsoară în unități de accelerație  $m/s^2$  r.m.s. ponderate pe o octavă sau o treime de octavă, în funcție de intervalul de frecvență de interes.

Reprezentarea logaritmică a amplitudinilor este utilă pentru stabilirea nivelurilor generale ponderate, unde orice asemănare cu  $m/s^2$  se datorează ponderării. Standardele ISO 2631 pentru măsurarea vibrațiilor omului iau în considerare legătura dintre nivelul accelerației și timpul de expunere. Nivelul ponderat de vibrații este exprimat în  $m/s^2$  ponderat sau în decibeli. Nivelul ponderat de vibrații în decibeli este de 20 de ori logaritmul în bază 10 din raportul accelerației ponderate la accelerația de referință.







UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

Sau matematic, accelerația este ponderată în concordanță cu una din cele patru frecvențe de ponderare 0,1÷0,63Hz, 1÷80Hz (întregul corp, direcțiile x și y), 1÷80Hz (întregul corp, direcția z), 8÷1000Hz (mână-braț, toate direcțiile).

Accelerația de referință este de 1μm/s<sup>2</sup>. Când se face referire la nivelul ponderat al accelerației, trebuie indicate frecvența ponderată și timpul ponderat liniar sau exponențial întrebuintate. Măsurarea vibrațiilor este indicat să se facă pe mai multe axe.

Pentru semnale continue sau repetitive se pot face măsurători consecutive pe axele x, y și z, la maximul valorii eficace ponderate a accelerației  $A_w$ , obținută din:

$$A_w = \sqrt{A_{wx}^2 + A_{wy}^2 + A_{wz}^2} \quad (9)$$

unde  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ ,  $a_{wz}$  sunt accelerațiile pe cele trei axe, ponderate în frecvență, mediate în timp.

Această relație conduce la valoarea maximă a valorii eficace ponderate a accelerației. Valoarea minimă va fi reprezentată de cea mai mare valoare măsurată pe o singură axă [25]. În vederea determinării efectelor expunerii corpului omenesc la vibrații mecanice, s-a introdus mărimea numită rădăcină pătratică medie a accelerației, care este rădăcina pătrată a ariei de sub densitatea spectrală a accelerației funcție de curba frecvenței:

$$A_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T A_w^2(t) dt} \quad (10)$$

unde  $a_w(t)$  este accelerația ponderată în funcție de timp și T durata de măsurare.

Vibrațiile se clasifică după valorile gradului lor de percepție: abia perceptibile, perceptibile, puternic perceptibile, supărătoare.

Există și alte modalități de a efectua un studiu al vibrațiilor, anume analiza semnalelor din domeniul frecvenței. Pentru aceasta se folosește graficul de amplitudine față de frecvență, care este cunoscut sub numele de spectru. Așadar, ceea ce face un analizator de spectru, care lucrează cu transformarea rapidă Fourier, este să capteze un semnal, să calculeze toată seria de semnale sinusoidale conținute în semnalul complex și să le afișezi individual într-o diagramă de spectru.

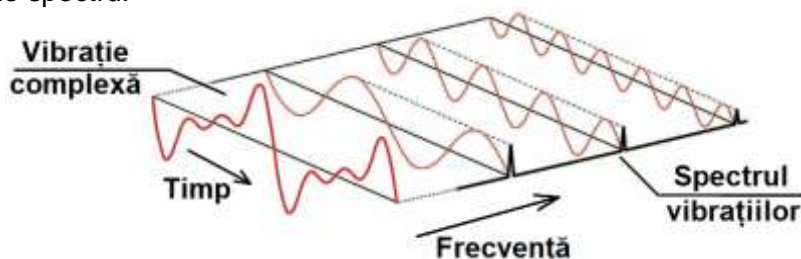


Figura 2.20 Prelucrarea FFT a unui semnal de vibrație complex (după [24])

În Fig. 20 este o reprezentare tridimensională a unui semnal de vibrație complexă; pentru acest semnal sunt calculate toate semnalele sinusoidale din domeniul timpului care îl compun și, în final, fiecare dintre ele este afișat în domeniul frecvenței.

Doza de vibrație este un parametru care combină mărimea vibrațiilor și timpul în care acestea acționează. Valoarea dozei de vibrație (VDV): la evaluarea vibrațiilor intermitente este necesară utilizarea valorii dozei de vibrație, o măsurătoare cumulativă a nivelului de vibrație primit într-o perioadă de 8 ore sau 16 ore. Se preferă să se facă măsurare directă a





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

acelerației, deoarece vibrația poate varia și în multe cazuri este intermitentă. Dacă nivelul vibrațiilor este „constant”, atunci se pot utiliza măsurători mai scurte ale accelerației în următoarele formule.

Formulele VDV utilizează accelerația RMS ridicată la puterea a patra și este cunoscută sub numele de metoda root-mean-quad. Această tehnică asigură că VDV este mai sensibilă la vârfurile niveluri de accelerație.

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T a^4(t)dt} \tag{11}$$

unde VDV este valoarea dozei de vibrație în  $m/s^{1.75}$ ;  $a(t)$  este accelerația ponderată în frecvență în  $m/s^2$ ;  $T$  este perioada totală de măsurare în secunde.

Valoarea estimată a dozei de vibrație ( $e_{VDV}$ ): este posibilă estimarea valorii dozei de vibrație folosind o formulă alternativă:

$$e_{VDV} = k \cdot a_{rms} \cdot t^{0.25} \tag{12}$$

unde  $k=1,4$  pentru factorul de creștere sub 6; (pentru factorul de creștere peste 6, ecuația  $e_{VDV}$  poate fi inexactă și această estimare nu trebuie utilizată);  $a_{rms}$  este accelerația ponderată RMS ( $m/s^2$ );  $t$  este timpul total cumulat (s) al evenimentelor (vibrațiilor) sau a perioadei de vibrație [26].

**Bibliografie**

[1] Hristev A., Mecanică și acustică, Ed. Didactică și pedagogică, București, 1982  
 [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Traveling\\_plane\\_wave](https://en.wikipedia.org/wiki/Traveling_plane_wave)  
 [3] [https://acoustics.org/pressroom/httpdocs/163rd/Hwang\\_1aPA6.html](https://acoustics.org/pressroom/httpdocs/163rd/Hwang_1aPA6.html)  
 [4] <https://esswu.weebly.com/spherical-standing-waves.html>  
 [5] Dima V., Acustica, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1985  
 [6] <https://www.geogebra.org/m/Vet82Qy3>  
 [7] <https://www.google.com/search?q=waveform+for+flute,+oboe,+violin&client>  
 [8] <https://mybrainstormings.wordpress.com/category/sound-acoustics/>  
 [9] <http://www.linguisticsnetwork.com/the-basics-about-acoustic-phonetics/>  
 [10] Embleton T.F.W., Mean Force on a Sphere in a Spherical Sound Field. I. (Theoretical), The Journal of the Acoustical Society of America, 1954, 26(1), pp 40-45  
 [11] Tarrero Fernández A.I., González J., Machimbarrena M., Arenal M., Temperature & trees influence on propagation outdoors, Proceedings of 17<sup>th</sup> International Congress on Acoustics, September 2001, Rome  
 [12] Ingård U., A Review of the Influence of Meteorological Conditions on Sound Propagation, 1953, *Journal of the Acoustical Society of America*, 25(3), pp 405-411  
 [13] Liptai P., Badida M., Lukáčová K., Influence of Atmospheric Conditions on Sound Propagation - Mathematical Modeling, Óbuda University e-Bulletin, 2015, 5(1), pp 127-134  
 [14] Baqtaşch M., Van Dam J., Sndergaard B., Rogers A.. Wind turbine noise - An overview, Canadian Acoustics, 2006, 34(2), pp 7-15





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

[15] Pisha L., Atre S., Burnett J., Yadegari S., Approximate diffraction modeling for real-time sound propagation simulation, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1922, 148(4), 1922-1933

[16] <https://blog.myrank.co.in/beats/>

[17] Humes L.E., Joellenbeck L.M., Durch J.S., Noise and Military Service: Implications for Hearing Loss and Tinnitus, Chapter: 2 Noise-Induced Hearing Loss, Institute of Medicine of National Academies, The National Academies Press, Washington DC, 2006

[18] EUROPEAN COMMISSION, Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)

[19] EUROPEAN COMMISSION, Non-binding guide to good practice for the application of Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum safety and health requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (Noise), 2007

[20] Birnstingl M., The Raynaud syndrome, *Postgraduate Medical Journal*, 1971, 47(547), pp 297-310

[21] Otvaga I.S., Vylegzhani N.T., Effect of local vibration on the osteoarticular system of workers, *Vrachebnoe Delo*, 1988, Vol. 6, pp 106-108

[22] EUROPEAN COMMISSION, Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)

[23] International Standard Organization, ISO 2631-1:1997 – Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements

[24] Fernandez A., Study of vibration, Power-MI, *Vibration analysis fundamentals*, <https://power-mi.com/content/study-vibration>

[25] Village J., Morrison J.B., Leong D.K.N., Whole-body vibration in underground load-haul-dump vehicles, *Ergonomics*, 1989, 32(10), pp 1167-1183

[26] Gracey & Associates, Acoustic Glossary, <http://www.acoustic-glossary.co.uk/>





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**  
**Formator modul complementar**  
**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## **MINIREVIEW**

### **STUDIUL IMPACTULUI BALISTIC ASUPRA COMPOZITELOR MULTI-STRAT HIBRIDE**

**Nume și prenume membru GT:** Pîrvu Cătălin

**Calitatea în cadrul proiectului:** cercetător postdoctorat

**Titlu program cercetare postdoctorală:** Studiul impactului balistic asupra compozitelor multi-strat hibride

**Conducător științific:** Prof. univ. dr. ing. Deleanu Lorena

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Eco-nanotehnologii și materiale avansate

#### **Introducere**

Structura standard a unui pachet balistic implică un anumit număr de straturi de material sau semifabricat pentru protecție balistică, care poate varia în limite destul de largi între 8 - 40 de straturi (pliuri) în funcție de arhitectura acestuia, depinzând de caracteristicile materialului de protecție balistică utilizat [1]. Straturile sunt disponibile sub formă de țesătură sau semifabricat din fibre unidirecționale (fig. 1), putând fi combinate în structuri și compozite variate, fiecare tip având performanțe de protecție unice, formând pachete de protecție balistică cu diferite întrebuințări oferind protecție pentru o gamă largă de amenințări [2].





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

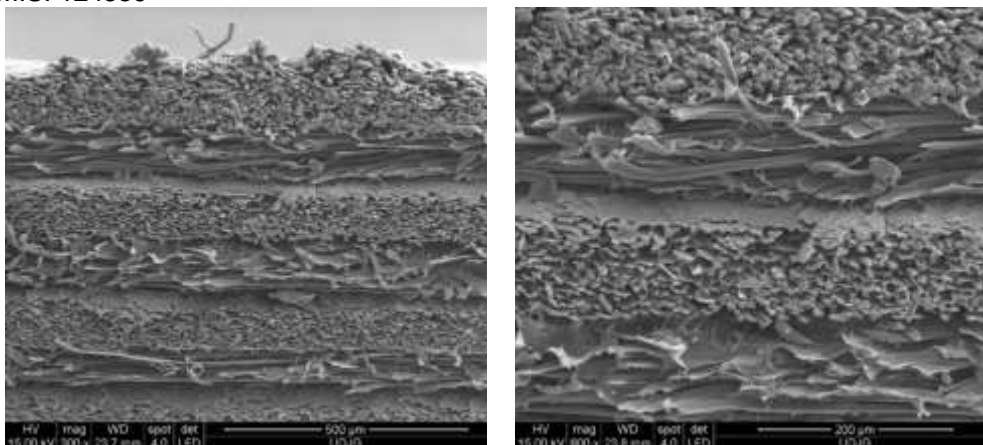
Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020



*Figura 1 Imagini SEM ale semifabricatului LFT SB1plus in taietura*

Arhitectura pachetului ballistic se poate realiza din același tip de material sau combinații de două sau mai multe materiale, făcând imposibil de comparat un pachet ballistic cu altul doar pe baza numărului de straturi din structura compozitului [2].

Pentru realizarea pachetelor s-au folosit semifabricatul Twaron LFT SB1 plus, mărcă ale firmei Teijin Aramid [3], semifabricat relativ nou în protecția ballistică individuală.

### **Testarea pachetelor balistice pe bază de fibre aramidice**

În practică, pentru a evalua rezistența la impact a unui sistem de protecție, există standarde de referință care propun metode și moduri de evaluare, cum este de exemplu, NIJ Standard-0101.06/2008 [4], rezultatele dând posibilitatea de a include sistemul într-un nivel de protecție [5].

Pentru pachete destinate armurilor individuale, standardele NIJ Standard-0101.06 [4] și NIJ Standard-0101.04 [5] cer absența perforației plus o condiție referitoare la urma generată în materialul suport, la lovirea pachetului de glonț (de cele mai multe ori plastină ballistică). Standardul [4] prevede o limită superioară a adâncimii lăsate în materialul suport de 44 mm, considerată la extremă pentru vulnerabilitatea corpului omenesc.





UNIUNEA EUROPEANĂ

## Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

### 2.1 Sistemul de testare

Programul de teste experimentale a avut ca scop evaluarea comportării pachetelor de protecție balistică realizate, la acțiunea gloanțelor de 9 mm FMJ, prin trageri în laborator și este conform standardului [4] (fig. 2).

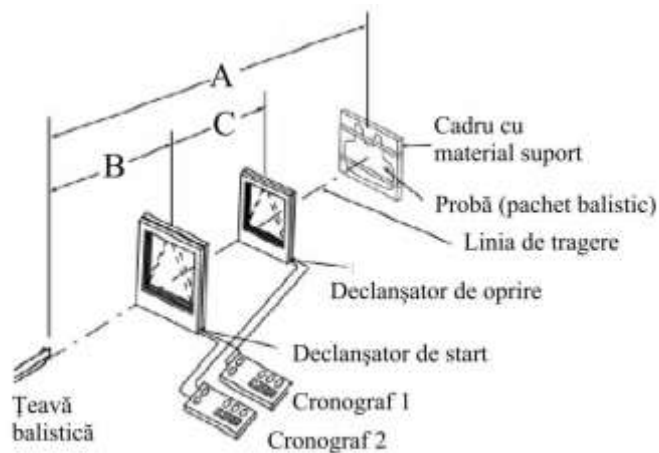


Figura 2 Schema echipamentului de monitorizare a tragerii [4]

Aceste teste au avut ca scop caracterizarea rezistenței balistice la fel ca în studiile lui Lim et al. [6] și Pirvu [7] asupra pachetelor flexibile de protecție pe bază de fibre aramidice, prin testarea balistică.

### 2.2 Procedura de testare

Determinarea rezistenței balistice a materialelor de protecție balistică la acțiunea gloanțelor de infanterie se realizează conform NIJ 0101.04/2004 [5], astfel: la glonț calibru 9 mm, cu viteza inițială de 400 - 420 m/s, la distanța de 3 m (condiții normale).

Programul experimental din acest studiu a urmărit comportamentul pachetelor de protecție balistică la gloanțe 9 mm FMJ, prin trageri în laborator. Armamentul și muniția necesare executării încercărilor se păstrează în magazii special destinate, cu regim reglementat, iar experimentele au fost efectuate conform procedurilor operaționale sau instrucțiunilor de lucru aprobate. Urma în plastilina balistică a fost măsurată conform standard [5], cu un șubler de adâncime, cu precizia de  $\pm 0,1$  mm. După fiecare măsurare, șublerul a fost șters pentru a evita





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

păstrarea eventualelor urme de plastilină pe zona de măsurare. Au fost respectate regulamentele și normele de protecție specifice acestui tip de laborator. Toate pachetele obținute au ca scop reducerea masei specifice și a deformațiilor în materialul suport (plastilină balistică), pentru a diminua riscul unei traume. Testarea comportării la glonț 9 FMJ a pachetelor de protecție realizate urmărește punerea în evidență a rezistenței la penetrare prin adâncimea urmei lăsate în materialul suport (Back Face Signature, BFS). Aprecierea penetrării totale a unui pachet este în multe cazuri simplă, atunci când se constată existența unei găuri cu diametrul cel puțin egal cu al calibrului glonțului și trecerea în întregime a glonțului prin aceasta. La testarea echipamentelor de protecție balistică individuală, traumatismul asupra corpului uman se apreciază prin adâncimea amprentei BFS care se formează în plastilina pe care se fixează proba. Standardul admite ca satisfăcătoare materialele și echipamentele la care amprenta în plastilina suport nu depășește 44 mm [5].

### Analiza rezultatelor obținute pentru pachetele flexibile

S-a realizat o investigație a distrugerilor pachetelor flexibile cu ajutorul unui aparat de fotografiat profesional pentru a evidenția caracteristici dependente de materiale și de numărul de straturi. Un studiu amănunțit, pe ultimul strat (fig. 3) penetrat din pachetele balistice testate a fost realizat pentru a scoate în evidență procesul de cedare a materialului.





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

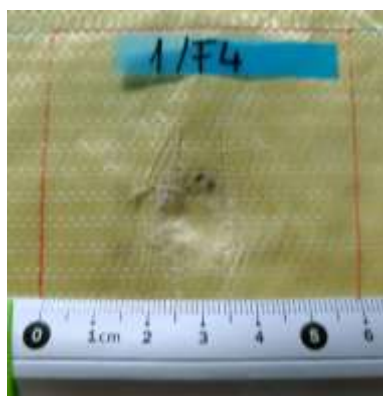
Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

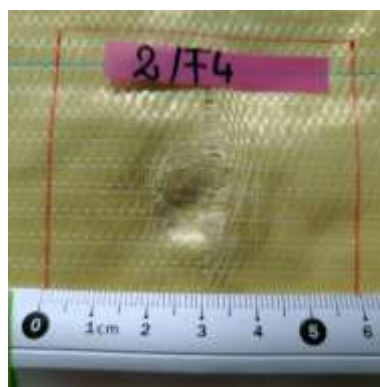
Cod MySMIS: 124539



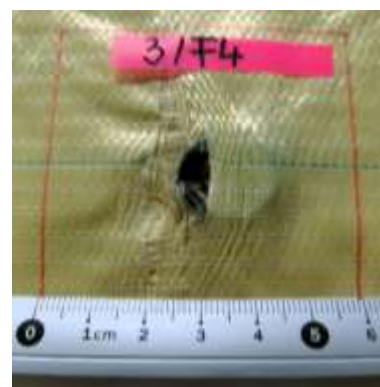
Instrumente Structurale  
2014-2020



a)



b)



c)

Figura 3 Vedere frontală, proba LFT SB1plus, stratul 4 cu detalii gaura penetrare

Stratul 4 este ultimul strat din pachetul LFT SB1plus prin care au trecut sau s-au oprit gloanțele. La fel ca Termonia [8] și Shim [9] s-a determinat că în cazul actual de cedare, primele 4 straturi au rolul de a încetini, chiar opri și deforma proiectilul.







UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

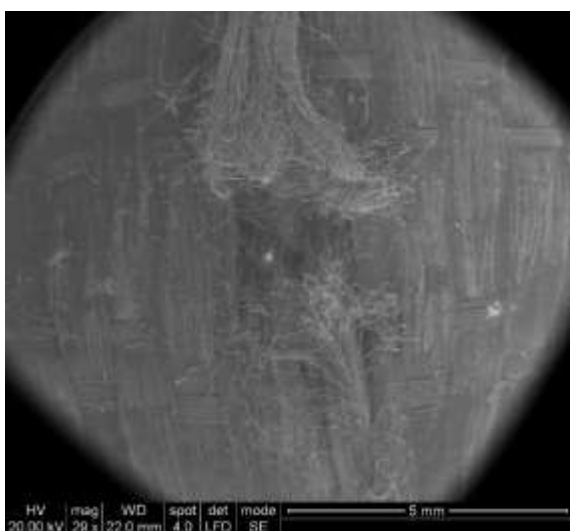
Cod MySMIS: 124539



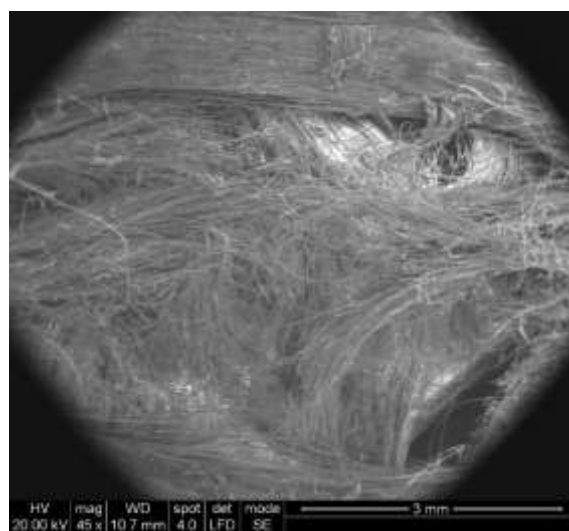
Instrumente Structurale  
2014-2020

Câteva aspecte particulare ale distrugerii fibrelor aramidice s-au putut evidenția cu ajutorul imaginilor SEM, pentru pachetul balistic de 12 straturi testat. Conform imaginilor SEM ruperea unei fibre dintr-un fir se poate realiza prin forfecare, fibrilare, și răsucire (fig. 4).

Kirkwood et al. [10] a pus accentul pe firele din țesături pentru a determina proprietățile balistice individuale ale acestora..



a) Fața stratului 1 (lovitura 1)



b) Fața stratului 2 (lovitura 1)

Figura 4. Aspectul fibrelor rupte pentru pachetul balistic LFT SB1plus

În figura 4 a) se poate observa două fire principale rupte pe primul strat de fire unidirecționale. Capetele fibrelor rupte se relaxează după tensionare și de aici, aspectul de fibre împrăștiate. În figura 4 b) se observă devierea fibrelor secundare de pe substratul 2 (din cele 4 substraturi ale unui strat) și un aspect mai dezordonat al fibrelor, comparativ cu stratul 1.

## Concluzii

Obiectivul principal se concentrează pe proiectarea și testarea sistemelor de protecție utilizând materiale avansate pe baza de fibre aramidice pentru viteze mari de impact de până la 410 - 420 m/s. Raportul identifică problematica curentă a materialelor de protecție, provocările majore și probleme tehnologice pentru dezvoltarea acestor tipuri de sisteme, inclusiv problematica cerințelor pentru impactul balistic conform NIJ Standard-0101.06 [4].





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

### Bibliografie

- [1] Chitrangad E., Midlothian V., Aramid Ballistic Structure, E. I. du Pont de Nemours and Company, Wilmington, Patent Number: 6.030.683, Feb. 29, 2000.
- [2] Shim V. P. W., Lim C. T., Foo K. J., Dynamic Mechanical Properties of Fabric Armour, International Journal of Impact Engineering, Elsevier Ltd., 2001.
- [3] \*\*\* Ballistics Teijin Aramid, Ballistics material handbook, <https://www.tejinaramid.com/wp-content/uploads/2018/10/Teijin-Aramid-Ballistic-handbook.pdf> (Accessed: 14.11.2020).
- [4] \*\*\* Ballistic Resistance of Body Armor, NIJ Standard-0101.06, U.S. Department of Justice Office of Justice Programs National Institute of Justice, 2008.
- [5] \*\*\* Ballistic Resistance of Personal Body Armor NIJ Standard-0101.04, U.S. Department of Justice Office of Justice Programs National Institute of Justice, 2004.
- [6] Lim J. S., Lee B. H., Lee C. B., Han I.-S., Effect of the Weaving Density of Aramid Fabrics on their Resistance to Ballistic Impacts, Engineering, volume 4, pp. 944-949, 2012.
- [7] Pirvu C., Contribuții la studiul experimental și numeric al pachetelor de protecție balistică cu fibre aramidice (PhD thesis), "Dunarea de Jos" University (Galati University Press, 2015.
- [8] Termonia Y., Impact Resistance of Woven Fabrics, Textile Research Journal, volume 748, pp. 723-729, 2004.
- [9] Shim V.P.W., Guo Y.B., Tan V.B.C., Response of woven and laminated high-strength fabric to oblique impact, International Journal of Impact Engineering, volume 48, pp. 87-97, 2012.
- [10] Kirkwood J. E., Kirwood K. M., Lee Z. S., Egres R. G., Yarn Pull-Out as a Mechanism for Dissipating Ballistic Impact Energy in Kevlar ®KM-2 Fabric. Part II: Predicting Ballistic Performance, Textile Research Journal, 74, 11, pp. 939, Sage Publications, 2004.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

# ANALIZA SI PREDICTIA VIBRATIILOR LA BORDUL NAVELOR

**Nume și prenume membru GT:** Pohilca Alin Marius

**calitatea în cadrul proiectului:** student doctorand antreprenor SDA

**Titlu teză de doctorat:** *Analiza, predicția și prevenirea vibrațiilor la bordul navelor cu scopul îmbunătățirii confortului pasagerilor și echipajelor – Studii și contribuții*

**Conducător științific:** prof. univ. dr. Mocanu Costel Iulian

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Tehnologia informațiilor și a comunicațiilor, spațiu și securitate.

In recent years, more and more focus has been placed on problems caused by vibrations onboard vessels. Vibrations are no longer accepted as part of the occupation health and vibrations levels are kept under strict control by regulating authorities. Unnecessary vibrations are to be eliminated and certain threshold limits are put in place when vibrations cannot be avoided. (Kim and Kong, 2016)

Vibration problems can be controlled, more refined methods are developed to control and model the aspects of onboard vibrations from the early ship design stages. Together with technological advances, the structural design of vessel is being optimized more and more. This approach coupled with demands of higher and higher speeds encourages ship structure vibration problems. (Senjanovic et al, 2016)

Vibrations are a way to describe oscillation within the frame of a mechanical system. A vibration is characterized by frequency and amplitude. Vibrations can be free or forced.





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Table 1 - Sources of Onboard Vibrations**

Sources of onboard vibration	
Machinery vibration	Hull Vibration
Prime movers – typical diesel engines	Vortex shedding – sea chests, skegs and fins
Propellers	Slamming
Shaft lines	
Bow thruster and stern thruster	
Air conditions systems	
Cargo handling machinery	
Mooring machinery	
Intakes and exhausts	

In most cases, the ever-existing vibrations are not an issue that cause adverse effects. Adverse effects are usually related to:

- Stress
- Reduced comfort
- Crew annoyance
- Structural damage due to fatigue
- Machinery failure

Usually, vibrations will become a factor of distress for the crew before causing failures of structures but can cause major failure of equipment onboard without reducing the comfort of those onboard. (J . S. Carlton and D Vlastic, 2005)

Reliable methods are required to analyse the behaviour of vessels from early design changes to avoid corrective work during service which are often costly and time consuming.

A design stage control procedure involves a great number of parameters, (magnitude and frequency of propeller and engine excitation, characteristics of shaft system and the ship structure). The aim is to integrate all these parameters and obtain an optimum solution for the engine-propeller-shaft-superstructure combination.





UNIUNEA EUROPEANĂ

Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

In order to be able to focus efforts in significant areas where vibration problems usually occur, 5 major parts are of interest. First 3 elements are structural and are excited by the forces transmitted.

- Hull Girder
- Major Structural Substructures
- Local Structure
- Shipboard Equipment – generator set (active), electrical transformer (passive)
- Main propulsion and machinery

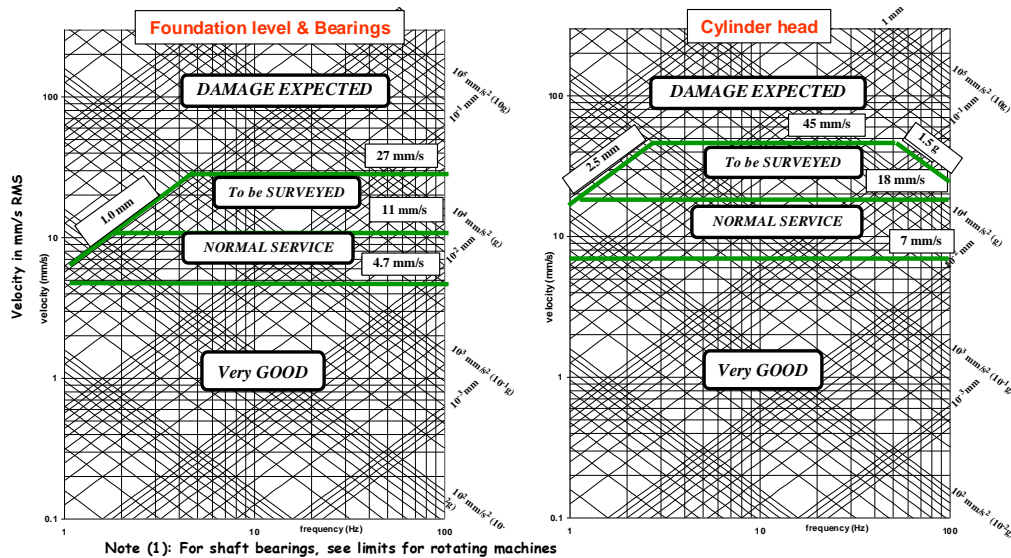


Figure 1- Recommended Limits for Machinery Vibrations (BV NR 207 SMS E and ISO 10816) DIESEL & ALTERNATE MACHINES OVER 750 kW

The vibration criteria as setup in class recommendations, international standards and building specifications issued by the owner can be further divided in 3 parts:

- Critical criteria for crew and passengers

Current regulations are aiming to enforce comfort and health and safety. (ISO 6954 :2000) is the standard that is broadly used in the industry for passenger and commercial vessels.

- Accommodation areas – upper value is  $6\text{mm/s}^2$
- Working areas – upper value is  $8\text{mm/s}^2$





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Table 1 — Overall frequency-weighted r.m.s. values from 1 Hz to 80 Hz given as guidelines for the habitability of different areas on a ship**

	Area classification					
	A		B		C	
	mm/s <sup>2</sup>	mm/s	mm/s <sup>2</sup>	mm/s	mm/s <sup>2</sup>	mm/s
Values above which adverse comments are probable	143	4	214	6	286	8
Values below which adverse comments are not probable	71,5	2	107	3	143	4

NOTE The zone between upper and lower values reflects the shipboard vibration environment commonly experienced and accepted.

Three different classification areas are presented:

- Classification A;
- Classification B;
- Classification C.

NOTE For guidance, Classification A can be passenger cabins, Classification B crew accommodation areas, and Classification C working areas.

Figure 2 - Excerpt from [ISO 6954:2000](#)

- Critical criteria for equipment integrity and functioning

Critical criteria for equipment and machinery vibration as set in ([DNVGL Part 6 Chapter 8, 2015](#)) is a combination between internal moving parts and connection with other pieces of equipment and its analysed on a case by case scenario.

- Critical criteria for vibration

As per ([DNVGL Part 6 Chapter 8, 2015](#)) the criteria for vibration is:

- Steel (4-200 Hz) – upper value is 45 mm/s<sup>2</sup>
- Aluminium (4-200 HZ) – upper values is 15 mm/s<sup>2</sup>





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539

Global Vibration Measurements – typical measurement positions are recommended by (ISO 20283-2:2008).



Instrumente Structurale  
2014-2020

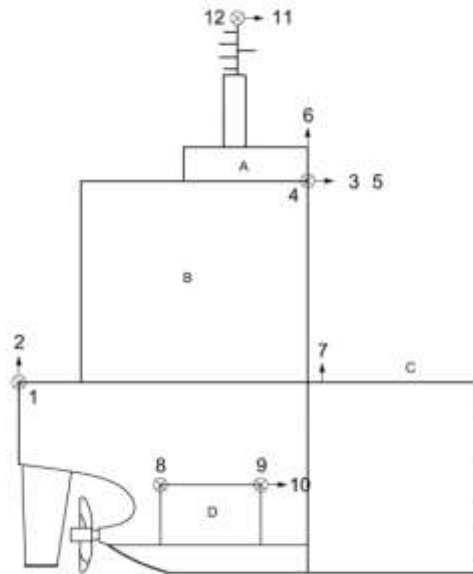


Figure 3 - Recommended Positions for Global Vibration Measurements Points

As a conclusion, during this briefly explained process, the initial design stage is still using preliminary data and comparing in service vessel data against the numbers of main engine cylinder and propeller blades to assess the excitation forces and levels of vibrations (SSC 350, 1990). Much more data is available during detail design stage and results obtained are usually compared with the onboard measurements during sea trials. Each stage assesses the vibration characteristics and if not satisfactory, vibration control methods are employed as the ones described above.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

## References

1. DNVGL Rules for Classification, Part 6 Additional Class Notations, Chapter 8 “*Living and working conditions*”, Edition October 2015
2. ISO 6954-2000, “*Mechanical vibration – Guidelines for the measurements, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships*”, 2000
3. BV NR 207 SMS E, “*Building and Operation of Vibration – Free Propulsion Plants and Ships*”, November 1987
4. The Danish Fishermen’s Occupational Health Services “*How to handle noise and vibrations in ships*”, July 2000
5. ISO 20283-2:2008 , “*Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 2: Measurement of structural vibration*“, October, 2008
6. “*Ship Vibration and Noise: Some Topical Aspects, 1st International Ship Noise and Vibration Conference: London, June 20-21, 2005*”, J. S. Carlton and D. Vlastic’
7. “*An Integral Procedure For Ship Vibration Analysis*”, Ivo SENJANOVIĆ et al, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval
8. “*Ship Vibration Design Guide*”, Ship Structure Committee,1990
9. “*Vibration control of ship*”, Kuk-Su Kim, Young-Mo Kong, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., LTD







UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

**Vizat**

**Formator modul complementar**

**„Etica în cercetare și drepturi de autor P2”,**  
conf. univ. dr. fiz. Simona Condurache-Bota

**Activitatea 7. Participarea grupului tinta la modulele de cursuri complementare oferite prin proiect**

*Subactivitatea 7.2 - Dezvoltarea și furnizarea cursului complementar de „Etica în cercetare și drepturi de autor”*

## MINIREVIEW

### **Comportamentul materialelor compozite stratificate hibride epoxidice la solicitări de impact cu viteză redusă**

**Nume și prenume membru GT:** SCHIȚANU (BUNEA) Marina

**Calitatea în cadrul proiectului:** cercetător postdoctoral

**Titlu program cercetare postdoctorală:** Rezistența mecanică reziduală după impact a compozitelor epoxidice hibride armate cu țesături

**Coordonator științific:** Prof. univ. dr. ing. BÎRSAN Iulian Gabriel

**Domeniul de studii:** Inginerie mecanică

**Domeniu specializare inteligentă:** Eco-nanotehnologii și materiale avansate

În ultimele decenii materialele compozite sunt aprofundat studiate de către oamenii de știință datorită proprietăților lor speciale, având o deosebită importanță și o largă utilizare în toate domeniile: aeronautică, naval, auto, alimentar, construcții, utilaje casnice etc. În general, prin combinarea mai multor componente de natură diferită într-un singur material se pot obține materiale compozite avansate multifuncționale, putând fi aplicate în condiții de lucru speciale. Aceste materiale, în general combină avantajele componentelor utilizați și reduc dezavantajele acestora. Astfel, poate fi proiectată o gamă largă de materiale multifuncționale cu proprietățile dorite în funcție de scopul urmărit. Materialele compozite termorigide sunt ușoare, rezistente la coroziune și la diverși agenți chimici, au durată de exploatare mai mare, sunt ușor de reparat și ușor de înlocuit datorită costurilor reduse ș.a. [1], [2].

Proprietățile electrice, termice, mecanice și rezistența la impact ale materialelor compozite cu matrice epoxidică pot fi proiectate în funcție de tipurile de armătură, de natura rășinii, de tipurile de aditivi, de calitatea interfețelor matrice-armătură și matrice-aditiv oferită, de orientarea fibrelor etc. Pentru îmbunătățirea rezistenței la impact a compozitelor epoxidice, de obicei, acestea sunt armate cu țesături bidirecționale plane, care din cauza nivelului ridicat





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

de ondulare al fibrelor are proprietăți mecanice mai mici comparativ cu celelalte tipuri de țesături cum ar fi twill sau satin, dar prezintă o rezistență mai bună la solicitările de impact cu viteză redusă. În general, materialele armate țesături sunt utilizate în toate domeniile și se pot fi enumerate la nesfârșit toate aplicațiile acestor compozite. Performanța la impact a laminatelor epoxidice armate țesături plane depinde de caracteristicile acestora precum tipul țesăturii, natura fibrei, număr de filamente într-un fascicul, numărul de fascicule urzeală și fascicule bătaie pe  $\text{cm}^2$ , densitatea și grosimea țesăturii. Tipul de țesătură utilizat este foarte important, deoarece, de exemplu, țesătura din fibră de sticlă are proprietăți anticorozive și rezistență la umiditate, fiind utilizată în construcția navelor maritime, țesătura din fibră de carbon având proprietăți electrice remarcabile este utilizată în industria construcțiilor aeronavelor, iar țesătura aramidică având rezistență ridicată la impact este utilizată în aplicații militare. În ceea ce privește performanța la impact materialele compozite armate cu țesături de carbon sau grafit nu prezintă rezultate bune, dar sunt aplicate în diverse domenii datorită rigidității ridicate și proprietăților mecanice excelente [3]–[7]. Pentru îmbunătățirea caracteristicilor de impact la elaborarea materialelor compozite stratificate acest tip de țesătură poate fi utilizată în combinație cu alte tipuri de țesături precum cele de sticlă, aramidice, de bazalt ș.a.

Pentru obținerea materialelor compozite cu proprietăți multifuncționale se pot aplica tehnici mixte de elaborare a acestora, care să conducă la obținerea unor compozite hibride. Pe parcursul cercetărilor științifice, rezultatele experimentale obținute au arătat că în cazul studiilor comportamentului materialelor compozite epoxidice solicitate la impact cu viteză redusă, caracteristicile compozitelor hibride au prezentat valori medii încadrate între valorile maxime și minime ale caracteristicilor compozitelor armate cu țesăturile pure, din care au fost formate compozitele hibride [8], [9], însă această regulă nu a fost dovedită în cazul altor proprietăți mecanice. Materialele compozite hibride pot fi elaborate prin utilizarea diferitor tipuri de țesături sau a țesăturilor hibride (carbon-aramidă, carbon-sticlă, carbon-aramidă-sticlă+cupru și alte tipuri).

Cunha și alții [10] au determinat că utilizarea țesăturii hibride Kevlar/sticlă pentru straturile de mijloc și cele exterioare ale unui compozit armat cu țesătură de sticlă cu 11 straturi a îmbunătățit rezistența la impact cu viteză redusă și a redus aria deteriorată. De asemenea, Uzay și alții [11] au obținut că laminatele armate cu țesătură mixtă carbon/aramidă au prezentat îmbunătățirea caracteristicilor la impact cu 71.6 % și 23.5 % în comparație cu laminatele armate cu țesătură de carbon pură, respective țesătură aramidică pură.

În cazul materialelor stratificate armate cu diferite tipuri de țesături comportamentul la impact depinde aranjamentul tipurilor de țesături în structura laminatelor. Metin Sayer și alții [12] au investigat comportamentul la solicitări de impact cu viteză redusă în intervalul de energie 15-75J ale materialelor compozite hibride GC, CG și CG1, ale căror configurație a straturilor sunt  $[G_0/G_{90}/G_{\pm 45}/G_{90}/G_0] + [C_0/C_{90}/C_{\pm 45}]$ ,  $[C_0/C_{90}/C_{\pm 45}] + [G_0/G_{90}/G_{\pm 45}/G_{90}/G_0]$  și  $[C_0/C_{90}/C_{\pm 45}]_s + [G_0/G_{90}/G_{\pm 45}]_s$  respectiv. Conform rezultatelor experimentale obținute s-a determinat că capacitatea de absorbție a energiei de impact în cazul compozitului hibrid CG a fost mai mică decât cea a compozitului hibrid GC, respectiv pragul de perforare al materialului hibrid CG a fost mai mare decât cel al materialului hibrid GC. Comparând rezultatele plăcilor hibride CG și CG1 s-a observat că





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

dublarea numărului de straturi din țesătură de carbon nu a contribuit semnificativ la mărirea pragului de perforare.

Ercan Sevkati și alții [13] au testat la impact patru tipuri de materiale compozite armate cu țesături simple din fibră de sticlă și țesături simple din fibră de grafit cu grosimea de aproximativ 6,35 mm, ale căror număr de straturi pentru fiecare material variază datorită diferenței grosimilor țesăturilor din fibre de sticlă și fibre de grafit. Primul material compozit era format din 37 straturi din țesătură de sticlă și a fost numit GL. Al doilea material compozit prezintă un compozit hibrid format din 34 straturi, ale cărui nouă straturi exterioare de fiecare parte erau armate cu țesătură din fibre de sticlă, iar miezul prezenta 18 straturi armate cu țesătură din fibre de grafit, numindu-se GL/GR/GL. Al treilea material compozit GR/GL/GR, de asemenea, prezenta un laminat hibrid format din 32 de straturi, ale cărui opt straturi exterioare de fiecare parte erau armate cu țesătură din fibre de grafit, iar miezul a fost format din 16 straturi armate cu țesătură din fibră de sticlă. Al patrulea material compozit GR a fost armat cu 28 de straturi din țesătură din fibre de grafit. Pentru determinarea caracteristicilor la impact ale acestor laminate au fost aplicate nivelele de energie de 47 J, 60 J, 71 J și 122 J. Rezultatele experimentale obținute au arătat că materialul compozit GL a prezentat rezistența la impact cea mai ridicată, iar materialul compozit GR cea mai redusă. Plăcile hibride GL/GR/GL și GR/GL/GR au prezentat caracteristici la impact cu valori cuprinse între cele ale compozitelor GL și GR. Materialul compozit hibrid GL/GR/GL prezintă rezistență la solicitări de impact mai ridicată comparativ cu materialul compozit hibrid GR/GL/GR. Rezultă că procesul de hibridizare permite controlarea anumitor parametri de impact ca: forța de impact, energia absorbită și deteriorarea suprafețelor.

Modurile de deteriorare a materialelor compozite armate cu țesături la impact cu viteză redusă prezintă fisuri ale matricei, delaminări interlaminare și translaminare, despicarea țesăturilor în direcția fibrelor, ruperea și scoaterea fibrelor. Apariția și propagarea delaminărilor în urma solicitărilor de impact se realizează de obicei între straturile adiacente ale laminatelor armate din diferite tipuri de țesături [14], precum ar fi carbon/sticlă, sticlă/aramidă sau carbon/aramidă ș.a. din cauza flexibilității fibrelor.

Procesul de apariție a fisurilor matricei și de inițiere a delaminărilor se poate bine observa prin reducerea rapidă a forței la o valoare de repaus datorită reducerii rigidității transversale a laminatului, iar o fază de reîncărcare la o valoare de repaus a plăcii poate apărea dacă impactorul a stocat energie potențială reziduală suficientă [15], [16]. Inițierea deteriorărilor în zona de impact poate fi determinată cu ajutorul curbelor forță-deplasare și forță-timp [17]. Deteriorările incipiente la impact pot reduce semnificativ rezistența și stabilitatea structurală a compozitelor [18] prin extinderea fisurilor matricei până la interfața a două lamine, progresând ca delaminare. Extinderea delaminării va continua în funcție de cantitatea de energie necesară pentru fracturarea interfeței matrice-fibră [8]. Energia de impact este absorbită de materialul compozit prin deformații elastice, deformații plastice și prin crearea noilor suprafețe ca efect al ruperii matricei [8]. În cazul materialelor compozite cu matrice termorigide deformațiile plastice sunt ne semnificative sau nu există. Inițial energia de impact este absorbită prin deformații elastice până la o valoare limită a energiei, iar după atingerea acestei limite energia





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

de impact este absorbită în continuare prin modurile de deteriorare ale materialului compozit respectiv.

Unii factori care influențează comportamentul la impact al materialelor compozite polimerice sunt geometria și masa impactorului și caracteristicile plăcilor [19]–[21]. Forma impactorului afectează mecanismul de cedare și capacitatea de disipare a energiei. Zona deteriorată descrește cu mărirea dimensiunilor impactorului pentru aceeași energie de impact. Impactorul conic prezintă penetrare locală, rezultând o disipare scăzută a energiei de impact. Impactorii plăți și semisferici prezintă mecanisme de cedare și nivele similare de disipare a energiei, iar deteriorările interioare cauzate de impactorul plat sunt mai mici comparativ cu cele produse de impactorul semisferic la aceleași nivele de viteză [22].

Rezultatele testelor de impact a compozitelor armate cu țesătură de carbon efectuate de Mitrevski și alții [23] cu trei tipuri de impactori cu diametrul de 12 mm: cu cap semisferic, cap ogival și cap conic au demonstrat că forma impactorului duce la producerea unor moduri diferite de deteriorare ale materialelor (în mod individual) ca fisurarea matricei, delaminarea și ruperea fibrelor. Astfel, impactorul cu cap semisferic produce cea mai mare suprafață deteriorată caracterizată de delaminare, iar forma conică a impactorului produce o arie deteriorată mai mare decât impactorul de formă ogivală, prezentând mai multe fibre rupte.

În ref. [24] s-a determinat că orientarea fibrelor compozitelor subțiri armate cu fibre de grafit și matrice epoxidică și ale compozitelor subțiri armate cu fibre grafit și matrice poliesterică influențează zona de impact. Laminele  $[0/45/90]_{4s}$  suferă deteriorări mai mari la impact decât laminele  $[0/90]_{6s}$ . Dahsin Liu [25] a demonstrat că orientarea fibrelor la diferite unghiuri afectează capacitatea de absorbție a energiei, testând la impact cinci tipuri de laminate armate cu țesătură de sticlă. Arhitectura laminatelor este  $[0_5/\theta_5/0_5]$ , unde  $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$  și  $90^\circ$ . Conform rezultatelor experimentale obținute s-a determinat că laminele  $[0_5/0_5/0_5]$  au prezentat cele mai mici valori ale limitelor de penetrare și perforare, iar laminele  $[0_5/15_5/0_5]$  cele mai ridicate valori ale acestor limite. Valorile limitelor de penetrare și de perforare s-au redus cu creșterea mărimii unghiurilor de la  $15^\circ$  la  $90^\circ$  ale orientării fibrelor laminelor din mijloc, cu excepția unghiului de  $0^\circ$ . Bunea și alții [26] au determinat că orientarea fibrelor la diverse unghiuri ( $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, 45^\circ$  și  $90^\circ$ ) a redus rezistența la impact a materialelor compozite hibride armate cu diferite tipuri de țesături (carbon, aramidă, sticlă și hibridă) și cu matrice epoxidică modificată cu trei tipuri de amestecuri de aditivi (amidon, pulbere aramidică, negru de fum, ferită barică, fibre scurte de sticlă și fibre scurte de carbon) între anumite straturi.

O altă modalitate de îmbunătățire a rezistenței la impact cu viteză redusă se poate realiza prin adăugarea aditivilor în matricea epoxidică. Astfel, în ref. [27] autorii au analizat comportamentul la solicitări de impact cu viteză redusă la nivele de energie de 45 J și 90 J a 4 tipuri de laminate epoxidice hibride armate cu 4 tipuri de țesături (carbon, sticlă, aramidă și hibridă). Toate laminele au fost formate din 17 straturi, pentru a căror al 9-lea strat a fost utilizată o țesătură hibridă plană formată din fibre de carbon/aramidă/sticlă+fir de cupru în direcția bătăii și fibre de 1carbon/2aramidă în direcția urzelii. Celelalte straturi ale laminatelor au fost aranjate simetric față de stratul de mijloc. Între anumite straturi ale laminatelor în amestecul pre-polimeric s-au adăugat 2 tipuri de amestecuri de aditivi (amidon, negru de fum,





UNIUNEA EUROPEANĂ

### Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

ferită barică și pulbere aramidică). În funcție de aranjamentul tipurilor țesături rezultatele experimentale au prezentat o rezistență ridicată la impact în cazul materialelor compozite cu straturile exterioare de sticlă. În cazul matricii nemodificate cele mai bune rezultate au fost obținute în cazul laminatelor cu straturi exterioare de sticlă alternate de straturi de aramidă, iar adăugarea amestecurilor de aditivi în matricea epoxidică a îmbunătățit rezistența la impact a laminatelor cu straturi exterioare de sticlă alternate de straturi de carbon.

### Bibliografie

- [1] U. A. Khashaba and R. Othman, 'Low-velocity impact of woven CFRE composites under different temperature levels', *International Journal of Impact Engineering*, vol. 108, pp. 191–204, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.ijimpeng.2017.04.023.
- [2] A. A. Nassr, T. Yagi, T. Maruyama, and G. Hayashi, 'Damage and wave propagation characteristics in thin GFRP panels subjected to impact by steel balls at relatively low-velocities', *International Journal of Impact Engineering*, vol. 111, pp. 21–33, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.ijimpeng.2017.08.007.
- [3] J. Körbelin, M. Derra, and B. Fiedler, 'Influence of temperature and impact energy on low velocity impact damage severity in CFRP', *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 115, pp. 76–87, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.compositesa.2018.09.010.
- [4] J. A. Artero-Guerrero, J. Pernas-Sánchez, J. López-Puente, and D. Varas, 'Experimental study of the impactor mass effect on the low velocity impact of carbon/epoxy woven laminates', *Composite Structures*, vol. 133, pp. 774–781, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.compstruct.2015.08.027.
- [5] M. Salvetti *et al.*, 'On the mechanical response of CFRP composite with embedded optical fibre when subjected to low velocity impact and CAI tests', *Composite Structures*, vol. 179, pp. 21–34, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.compstruct.2017.07.063.
- [6] J. Krollmann, T. Schreyer, M. Veidt, and K. Drechsler, 'Impact and post-impact properties of hybrid-matrix laminates based on carbon fiber-reinforced epoxy and elastomer subjected to low-velocity impacts', *Composite Structures*, vol. 208, pp. 535–545, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.compstruct.2018.09.087.
- [7] H. Tuo, Z. Lu, X. Ma, J. Xing, and C. Zhang, 'Damage and failure mechanism of thin composite laminates under low-velocity impact and compression-after-impact loading conditions', *Composites Part B: Engineering*, vol. 163, pp. 642–654, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.compositesb.2019.01.006.
- [8] M. V. Hosur, M. Adbullah, and S. Jeelani, 'Studies on the low-velocity impact response of woven hybrid composites', *Composite Structures*, vol. 67, no. 3, pp. 253–262, Mar. 2005, doi: 10.1016/j.compstruct.2004.07.024.
- [9] R. C. T. dos S. Felipe, R. N. B. Felipe, A. C. de M. C. Batista, and E. M. F. Aquino, 'Polymer Composites Reinforced with Hybrid Fiber Fabrics', *Materials Research*, vol. 20, no. 2, pp. 555–567, Mar. 2017, doi: 10.1590/1980-5373-mr-2016-0587.
- [10] R. D. da Cunha, R. A. D. da Cunha, W. F. de Amorim Junior, and R. C. S. Freire Júnior, 'Study of the Resistance Variation in Intraply/Yarn Kevlar/Glass Composite after Low-





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- Velocity Impact', *Journal of Materials Engineering and Performance*, Aug. 2020, doi: 10.1007/s11665-020-05015-1.
- [11] Ç. Uzay, D. Acer, and N. Geren, 'Impact Strength of Interply and Intraply Hybrid Laminates Based on Carbon-Aramid/Epoxy Composites', *European Mechanical Science*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, Mar. 2019, doi: 10.26701/ems.384440.
- [12] M. Sayer, N. B. Bektaş, and O. Sayman, 'An experimental investigation on the impact behavior of hybrid composite plates', *Composite Structures*, vol. 92, no. 5, pp. 1256–1262, Apr. 2010, doi: 10.1016/j.compstruct.2009.10.036.
- [13] E. Sevkat, B. Liaw, F. Delale, and B. B. Raju, 'Drop-weight impact of plain-woven hybrid glass-graphite/toughened epoxy composites', *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 40, no. 8, pp. 1090–1110, Aug. 2009, doi: 10.1016/j.compositesa.2009.04.028.
- [14] S. Long, X. Yao, and X. Zhang, 'Delamination prediction in composite laminates under low-velocity impact', *Composite Structures*, vol. 132, pp. 290–298, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.compstruct.2015.05.037.
- [15] G. Belingardi and R. Vadori, 'Low velocity impact tests of laminate glass-fiber-epoxy matrix composite material plates', *International Journal of Impact Engineering*, vol. 27, no. 2, pp. 213–229, Feb. 2002, doi: 10.1016/S0734-743X(01)00040-9.
- [16] D. D. R. Cartié and P. E. Irving, 'Effect of resin and fibre properties on impact and compression after impact performance of CFRP', *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 33, no. 4, pp. 483–493, Apr. 2002, doi: 10.1016/S1359-835X(01)00141-5.
- [17] G. A. Schoeppner and S. Abrate, 'Delamination threshold loads for low velocity impact on composite laminates', *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 31, no. 9, pp. 903–915, Sep. 2000, doi: 10.1016/S1359-835X(00)00061-0.
- [18] R. Olsson, 'Analytical prediction of large mass impact damage in composite laminates', *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 32, no. 9, pp. 1207–1215, Sep. 2001, doi: 10.1016/S1359-835X(01)00073-2.
- [19] A. K. Kaw, *Mechanics of composite materials*, 2nd ed. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2006.
- [20] A. Maier, R. Schmidt, B. Oswald-Tranta, and R. Schledjewski, 'Non-Destructive Thermography Analysis of Impact Damage on Large-Scale CFRP Automotive Parts', *Materials*, vol. 7, no. 1, pp. 413–429, Jan. 2014, doi: 10.3390/ma7010413.
- [21] N. Padaki, R. Alagirusamy, B. Deopura, S. Sridharan, and R. Fanguero, 'Low velocity impact behaviour of textile reinforced composites', *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, vol. 33, Jun. 2008.
- [22] U. Farooq and P. Myler, 'Efficient computational modelling of carbon fibre reinforced laminated composite panels subjected to low velocity drop-weight impact', *Materials & Design (1980-2015)*, vol. 54, pp. 43–56, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2013.08.004.





UNIUNEA EUROPEANĂ

**Programul Operațional Capital Uman**

Axa prioritară 6 - Educație și competențe

Proiect: Burse pentru educația antreprenorială în rândul doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat (BeAntreprenor!)

Cod MySMIS: 124539



Instrumente Structurale  
2014-2020

- [23] T. Mitrevski, I. H. Marshall, and R. Thomson, 'The influence of impactor shape on the damage to composite laminates', *Composite Structures*, vol. 76, no. 1–2, pp. 116–122, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.compstruct.2006.06.017.
- [24] D. C. Jegley and L. R. Center, *Effect of Low-speed Impact Damage and Damage Location on Behavior of Composite Panels*. National Aeronautics and Space Administration, Office of Management, Scientific and Technical Information Program, 1992.
- [25] D. Liu, 'Characterization of Impact Properties and Damage Process of Glass/Epoxy Composite Laminates', *Journal of Composite Materials*, vol. 38, no. 16, pp. 1425–1442, Aug. 2004, doi: 10.1177/0021998304042741.
- [26] M. Bunea, A. Cîrciumaru, M. Buciumeanu, I. G. Bîrsan, and F. S. Silva, 'Low velocity impact response of fabric reinforced hybrid composites with stratified filled epoxy matrix', *Composites Science and Technology*, vol. 169, pp. 242–248, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.compscitech.2018.11.024.
- [27] V. Stefanescu, M. Bunea, and A. Cîrciumaru, 'Impact Analysis of Fabric Reinforced Plates', *Materiale Plastice*, vol. 52, pp. 198–203, 2015.

