



Universitatea  
Transilvania  
din Braşov

# TEZĂ DE ABILITARE

Titlu: Drumurile forestiere și calitatea lemnului – factori  
importanți în managementul forestier sustenabil

Domeniul: Silvicultură

Autor: Conf. dr. ing. Elena-Camelia MUȘAT

Universitatea Transilvania din Braşov

BRAȘOV, 2024

## Cuprins

(A) Summary .....	6
(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei .....	10
(B-i) Realizări științifice și profesionale .....	10
Capitolul I. Introducere .....	10
Capitolul II. Evoluția în timp a rețelei de drumuri forestiere și impactul acesteia asupra mediului.....	15
2.1. Evoluția în timp a rețelei de transport forestier .....	15
2.1.1. Introducere .....	15
2.1.2. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	17
2.1.3. Situația drumurilor forestiere aflate în administrarea Regiei Naționale a Pădurilor .....	17
2.1.4. Concluzii.....	22
2.2. Impactul drumurilor forestiere asupra mediului .....	22
2.2.1. Introducere .....	22
2.2.2. Impactul asupra mediului a drumurilor forestiere aflate în stadiul de proiectare .....	23
2.2.3. Influența drumurilor forestiere asupra solului.....	24
2.2.4. Influența drumurilor forestiere asupra regimului și calității apei .....	25
2.2.5. Influența drumurilor forestiere asupra ecosistemelor .....	26
2.2.6. Influența drumurilor forestiere asupra vegetației .....	26
2.2.7. Influența drumurilor forestiere asupra faunei .....	26
2.2.8. Influența drumurilor forestiere asupra calității aerului .....	27
2.2.9. Concluzii.....	27
2.3. Diseminarea rezultatelor .....	28
Capitolul III. Transportul lemnului în România.....	30
3.1. Introducere .....	30
3.2. Monitorizarea transportului de lemn în cazul unui drum forestier principal.....	31
3.2.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	31
3.2.2. Volumele transportate pe drumul forestier Ciobănuș .....	31
3.2.3. Concluzii.....	32
3.3. Analiza distanțelor impuse de transportul lemnului la diverși beneficiari .....	33
3.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	33
3.3.2. Volumele de lemn achiziționate de compania producătoare de plăci OSB .....	33
3.3.3. Distanțele de transport corespunzătoare materialului lemnos achiziționat de fabrica producătoare de plăci OSB .....	34
3.3.4. Distanțele de transport aferente materialului lemnos achiziționat de persoane fizice, ca beneficiari locali.....	35
3.3.5. Concluzii.....	36

3.4. Încărcarea lemnului în autotrenuri și autoplatforme forestiere și perioadele de staționare impuse de descărcare .....	36
3.4.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru specifice încărcării lemnului în vehicule de transport .....	36
3.4.2. Locul cercetărilor și metodologia de lucru specifice descărcării lemnului din vehicule de transport .....	37
3.4.3. Comparații între volumele încărcate și timpii corespunzători încărcării lemnului în autotrenuri și autoplatforme forestiere .....	38
3.4.4. Structura timpului la încărcarea lemnului într-un autotren forestier .....	39
3.4.5. Productivitatea la încărcarea lemnului în autotrenuri și autoplatforme forestiere.....	41
3.4.6. Duratele de staționare în vederea descărcării lemnului din vehiculele de transport de capacitate mare .....	41
3.4.7. Concluzii.....	43
3.5. Discuții.....	44
3.6. Diseminarea rezultatelor.....	46
Capitolul IV. Impactul tonajului asupra portanței drumurilor forestiere.....	48
4.1. Introducere .....	48
4.2. Evaluarea degradărilor identificate pe drumurile forestiere împietruite.....	49
4.2.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	49
4.2.2. Rezultate cu privire la structurile rutiere și traficul pe drumurile forestiere .....	50
4.2.3. Rezultate cu privire la influența traficului asupra degradărilor identificate pe drumurile forestiere .....	52
4.2.4. Concluzii.....	54
4.3. Utilizarea metodei elementului finit în evaluarea structurilor rutiere supuse la diverse încărcări	54
4.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	54
4.3.2. Deformațiile apărute în structura rutieră solicitată de trecerea a două tipuri de camioane forestiere folosite la transportul lemnului .....	59
4.3.3. Distribuția deplasărilor remanente și distribuția vectorială a deplasărilor remanente .....	60
4.3.4. Evaluarea numerică a deformațiilor în cazul structurilor rutiere tip. Deplasarea straturilor pe verticală .....	62
4.3.5. Evaluarea numerică a deformațiilor în cazul structurilor rutiere tip. Deformații maxime înregistrate .....	64
4.3.6. Evaluarea numerică a deformațiilor în cazul structurilor rutiere tip. Deformații remanente înregistrate .....	67
4.3.7. Concluzii.....	69
4.4. Discuții.....	69
4.5. Diseminarea rezultatelor .....	71
Capitolul V. Posibilități de asigurare a costurilor impuse de extinderea rețelei de transport forestier ....	73
5.1. Introducere .....	73
5.2. Criterii de calcul a taxei de peiaj pentru vehiculele folosite la transportul lemnului .....	74
5.2.1. Principii de fundamentare .....	74
5.2.2. Concluzii.....	75

5.3. Analiza costurilor de execuție a drumurilor forestiere în regie proprie sau cu terți .....	76
5.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	76
5.3.2. Costurile aferente categoriilor de lucrări necesare construcției de drumuri forestiere .....	76
5.3.3. Concluzii.....	80
5.4. Discuții.....	80
5.5. Diseminarea rezultatelor.....	81
PARTEA A II-A .....	83
Capitolul VI. Caracteristicile dimensionale, defectele și stabilitatea arborilor din zonele verzi urbane și din aliniamente.....	83
6.1. Introducere .....	83
6.2. Specii întâlnite, caracteristici dimensionale și defecte ale arborilor din parcurile din Municipiul Brașov.....	86
6.2.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	86
6.2.2. Speciile întâlnite în cele două parcuri și caracteristicile dendrometrice ale arborilor .....	86
6.2.3. Poziția arborilor și distanța până la obiective diverse.....	89
6.2.4. Defectele exterioare întâlnite la arbori din zona veche a Municipiului Brașov .....	90
6.2.5. Concluzii.....	92
6.3. Cauzele și efectele pierderii stabilității arborilor .....	92
6.3.1. Arborii și stabilitatea.....	92
6.3.2. Stabilitatea arborilor și caracteristicile coroanei.....	93
6.3.3. Influența toaletării asupra stabilității arborilor .....	94
6.3.4. Concluzii.....	95
6.4. Particularitățile coroanei arborilor și stabilitatea .....	95
6.4.1. Locul cercetărilor și metodologia de cercetare .....	95
6.4.2. Caracteristici ale coroanei la arborii de plop din pădure și din aliniament.....	96
6.4.3. Coeficientul de zveltețe la arborii de plop negru .....	98
6.4.4. Concluzii.....	99
6.5. Impactul defectelor asupra calității lemnului .....	99
6.5.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	99
6.5.2. Evaluarea calității lemnului la arborii de castan porcesc din Parcul Gheorghe Dima .....	100
6.5.3. Corespondența dintre tomograme, rezistograme și starea reală a lemnului la tei .....	101
6.5.4. Concluzii.....	107
6.6. Discuții.....	107
6.7. Diseminarea rezultatelor .....	110
Capitolul VII. Impactul incendiilor forestiere asupra calității lemnului și a dezvoltării ulterioare a arborilor .....	112
7.1. Introducere .....	112
7.2. Locul cercetărilor și metodologia de lucru.....	113
7.3. Impactul incendiilor subterane asupra arborilor de molid.....	116
7.4. Impactul incendiilor de litieră asupra arborilor de carpen .....	121

7.5. Impactul incendiilor de litieră asupra arborilor de fag .....	124
7.6. Concluzii .....	131
7.7. Discuții.....	132
7.8. Diseminarea rezultatelor .....	135
Capitolul VIII. Resursele de lemn în contextul actual. Pierderi și posibilități .....	136
8.1. Introducere .....	136
8.2. Pierderile de lemn datorate doborâturilor de vânt .....	138
8.2.1. Principalii factori care conduc la doborâturi de vânt .....	138
8.2.2. Pierderi de material lemnos înregistrate la nivel european.....	138
8.2.3. Pierderi de material lemnos înregistrate la nivelul României .....	139
8.2.4. Concluzii.....	140
8.3. Valorificarea lemnului de mici dimensiuni provenit din resturi de exploatare și plantații cu cicluri scurte de rotire .....	140
8.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru .....	140
8.3.2. Structura și caracteristicile resturile de exploatare dintr-un parchet de rășinoase.....	142
8.3.3. Caracteristici dimensionale și umiditatea tocăturii de salcie energetică .....	143
8.3.4. Concluzii.....	145
8.4. Alte beneficii ale vegetației forestiere .....	146
8.4.1. Locul cercetării și metodologia de cercetare.....	146
8.4.2. Capacitatea culturilor de salcie energetică de a îmbunătăți proprietățile solurilor contaminate.....	147
8.4.3. Crearea perdelelor forestiere de protecție .....	147
8.4.4. Concluzii.....	150
8.5. Discuții.....	150
8.6. Diseminarea rezultatelor .....	151
(B-ii) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei.....	153
1. Experiența profesională .....	153
1.1. Educație.....	153
1.2. Activitatea profesională .....	153
2. Activitatea de cercetare .....	155
3. Dezvoltarea carierei universitare .....	157
3.1. Planul de dezvoltare a activității didactice .....	157
3.2. Planul de dezvoltare a activității de cercetare.....	158
(B-iii) Bibliografie .....	160

## (A) Summary

The habilitation thesis represents, on the one hand, a natural continuation of the research addressed in the doctoral thesis with the title "*Research on the quality of standing trees in localities, parks, and street alignments*" defended at Transilvania University of Brașov, in 2011, on the quality assessment of wood from the trees growing in public areas of Brașov. On the other hand, the habilitation thesis also includes the results from the research performed during the teaching activity and research period after the PhD studies. The topics addressed are related to the subjects taught, more precisely the impact of fires on trees, the factors that lead to damage to people's health in the professional process and work accidents in the case of wood harvesting, the capitalization of the harvesting residues for energy purposes, the characteristics of the wood chips from short-rotation crops, and, of course, forest roads following sustainable forest management.

A synthesis of these concerns and studies is further presented in the habilitation thesis entitled "*Forest roads and wood quality - important factors in sustainable forest management*", structured in two parts corresponding to the two research directions addressed. The first part includes five chapters that address various aspects related to forest roads according to the current level of forest accessibility and the consequences of increasing the load capacity of vehicles used for wood transport. The second part focuses on the quality of wood and the wood resources that can be used to meet the demands of today's society, which is in continuous development and requires an increasing volume of high-quality wood.

The first chapter presents a short introduction regarding wood transport and forest roads network, and also some general information related to wood quality. At the end of the first chapter are presented the scientific publications which support the habilitation thesis.

The second chapter of the habilitation thesis, entitled "*Evolution over time of the forest road network and its impact on the environment*" is structured on the two objectives pursued. In the first part, information regarding the evolution over time of the transport routes in Romania is provided, starting from the transport by railways and water and reaching a greater expansion of road forest transport. In this context, a situation of the forest roads network under the management of the largest administrator of forests and forest roads in Romania - National Forest Administration Romsilva, is presented. The second part of the chapter explains the impact of forest roads on the environment, from the design stage to the execution stage and then to the use stage, presenting the effects of these investment objectives on the soil, water, flora, and fauna.

The selection of suitable routes for the forest roads in the design stage can lead to the protection of the threatened areas, and the negative effects on the environment can be somehow limited. The construction phase has the greatest negative impact on the environment and thus the choice of materials, working technologies, and, above all, the machinery to carry out the work present importance, especially in the limitation of unwanted effects on the soil.

The third chapter of the habilitation thesis, entitled "*Timber transport in Romania*" addresses three objectives. The first objective refers to the monitoring of timber transport in the case of a main forest road, in terms of the volumes transported and vehicles used. The second objective concerns the specific transport distances of the wood intended for both local beneficiaries and companies dealing with wood processing. Both the transport distances and volumes transported by species and assortments as well as the vehicles used for transport are analyzed. The third problem addressed in this chapter refers to the loading process in high-capacity vehicles and discusses aspects corresponding to the methods of loading round wood in forest trucks and forest platforms, the structure of the wood loading process on specific working phases, as well as issues related to productivity and the stationary times imposed if the wood reaches large processing mills.

It was noticed that the wood from the forests managed by the state through the forest districts or public institutions administrating the forests owned by local public administrations reaches mainly the local beneficiaries but also other wood processing companies. In addition, the transports with low volumes of multi-species involve short distances from the loading points to the first or the only unloading point. The type of vehicle used to transport wood can greatly influence the loaded volume for transport, but also in a load, so at the forestry platforms, the loading is done with cables, which allows the loading of several pieces at once. This leads to longer durations related to each loaded load, and also a reduced loading of means of transport. On the other hand, with forestry trucks, the loading capacity can be achieved relatively easily, because the logs are loaded one by one and can be properly placed to ensure stability during transport and efficiency.

The fourth chapter entitled "*The impact of tonnage on the bearing capacity of forest roads*" presents, in the first part, the results regarding the degradations identified on paved forest roads, as a result of traffic, large volumes transported to a race, unfavorable weather conditions that the transport was carried out, but also the failure to carry out maintenance and repair works on time. In the second part of the chapter, simulations using the finite element method for evaluating the behavior of road structures under the action of traffic, characterized either by different vehicles or different loads are presented.

These aspects are particularly important because the maximum permissible total mass for trucks with trailers and, implicitly, the mass of transport trucks have undergone significant increases in a short time, which delayed the investments in forest roads to ensure an adequate bearing capacity. In addition, the greatest degradation occurs in the months with the most transports and the highest volume, and the most common degradations were ruts and pits. As a result of the simulations carried out using the finite element method, it was found that the foundation soil is one of the main elements that influence the bearing capacity of forest roads, which increases or decreases according to whether the quality of the foundation soil is better or weaker. However, by increasing the quality of stone materials in the road structure, small increases in the bearing capacity of forest roads are obtained, which, once again, supports the recommendation to use local stone materials. However, by increasing the thickness of the road layers as well as by adding new road layers during road rehabilitation, a slight improvement in the bearing capacity of the roadway is obtained.

Chapter five, entitled "*Possibilities of ensuring the costs imposed by the extension of the forest transport network*", focused on two research directions. The first one presents possible variants through which a fee can be charged for the utilization of the forest road network, to set a fund for the construction, maintenance, repair, and rehabilitation of forest roads. The second part of the chapter presents cost comparisons imposed by the execution of forest roads in various areas of the country, assuming that these investments are made by the administrator's forces (under his direction) or with the help of specialized companies (with third parties).

Taking into account all four stated principles, each with its advantages and disadvantages, it can be said that only principle 2 can be applied uniformly, at the level of the entire country, ensuring the collection of taxes before the start of the transport. But due to the legislative regulations in force, it cannot be applied, which means that principle 3, which refers to the payment of a "forest transport vignette", becomes applicable. In addition, in the case of self-executed works, both the cost of stone materials and their transport are higher, which is identified with the higher values of works involving large quantities of stone materials. Another factor that can justify the higher values in the case of works carried out in-house consists in the insufficient provision of forestry departments with machinery specific to forest roads, which requires their rental from companies or Administrative-Territorial Units, of course with repercussions on the price of the work carried out.

The second part of the habilitation thesis focuses on the characteristics of the trees, wood quality, and the factors that can lead to a reduction in the wood quality or a significant loss of wood. These aspects are very important in the actual context when the demand for wood and wood products is in continuous growth.

Chapter six, entitled "*Dimensional characteristics, defects and stability of trees in urban green areas and in alignments*", addresses aspects of maintaining, as long as possible, the trees in public areas. Thus, issues regarding the tree species in the green spaces and their sizes are discussed. In addition, information and results are presented regarding the factors that influence the stability of trees, and finally, the investigations carried out with the tomograph and the resistograph to evaluate the internal quality of the wood and the defects that can endanger the development and longevity of the trees in the green areas.

It was found that trees in the cities, located either in the parks or along the streets, present a large number of defects that can affect their stability. The species most affected by the defects were the horse chestnut affected by multiple curves and knots, respectively the maple, in which ovality, forking, hollows, and frost-cracks predominated. The negative impact of defects, especially rot, in reducing the overall resistance of the trees to the wind and, therefore, the stability of the action of disturbing factors, was also emphasized. The black poplar trees in the alignment have crowns developed at a high height, which reduces the slenderness coefficient; they have trunks with a pronounced taper and a well-developed root system. All these lead to the good behavior of the trees under the direct action of the wind, keeping them stable. On the other hand, non-destructive or almost non-destructive techniques, such as acoustic tomograms, can be used successfully in investigations aimed at determining the changes inside the trunk, the reconstructed images providing information about the sound propagation speeds through the wood, at the analyzed level, but not for the entire trunk. In addition, the analysis of sound speeds does not reveal the type of defect, it still indicates areas of lower density that have a negative influence on sound propagation through the wood.

Chapter seven entitled "*Impact of forest fires on wood quality and subsequent tree development*", presents findings on forest fires that cause so much damage to the forest sector, reducing biodiversity and affecting trees in burned areas. To highlight the impact of different types of fires on wood quality and subsequent tree development, research was carried out in various locations in the country, with different characteristics. Thus, spruce, hornbeam, and beech that remained in the plots affected by underground or litter fires and tried to continue their existence have been evaluated.

Spruce trees left after a fire, some with a good state of vegetation but with wounds on the trunk, some with the tips already dry, and others completely dry, have inside areas with different stages of wood decay, arranged centrally or marginal on the surface of the section, with proportions that differ from specimen to specimen. According to the results obtained by using the tomograph on hornbeam trees, some trees can be considered healthy because the sound propagation speeds through the wood have been increased, others show some small internal anomalies, but there are also trees that have shown clear signs of a decrease in wood quality. The presence of the red heartwood inside the trunk influenced the overall transfer speeds of the sounds between the sensors, which were higher when the sound wave crossed the red heart.

Chapter eight, entitled "*Wood resources in the current context - Losses and possibilities*", refers to the solutions that can be adopted to ensure quantities of wood that can be sustainably exploited to balance, to some extent, the growing demand for wood worldwide, due to the increase in the world's population and of the standard of living, given that, currently, catastrophic events, such as forest fires and windfalls, are more and more frequent and violent. The chapter presents results related to the valorization of harvesting residues and the dimensional characteristics of wood chips from crops with a short rotation cycle, being presented also aspects related to the humidity of the energy willow chips. Since the forest vegetation is very diverse in our country, some solutions are presented to capitalize on



the potential of some species to improve the properties of the soil and to protect the roads from snowfall through blizzards, in the context of obtaining wood and forest fruits, as additional benefits.

It is particularly important to know the alternatives to obtain wood material suitable for certain uses, which do not require either high-quality raw material or large dimensions. To supplement the amounts of wood that can be used for energy purposes or even for the production of wood chip boards, it is important to utilize the harvesting residues and the fast-growing species. In addition, forest vegetation in various associations can help protect agricultural crops and communication routes by creating protective forest curtains. These, in addition to their protective role, can also provide, at certain time intervals, a certain amount of wood that can be used. Although the role of protective forest curtains is well-known, research has been developed in recent decades, focusing on the benefits offered for agriculture, stopping or slowing down the erosion processes of degraded lands, knowledge of the habitats created within the forest protective curtains and the protection of various objectives through changes in wind speed and direction, with direct implications on the effects they have in the case of sandstorms and snowfalls produced during the winter.

## **(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei**

### **(B-i) Realizări științifice și profesionale**

#### **Capitolul I. Introducere**

Rolul pădurilor a fost, este și va fi deosebit de important, atât pentru comunitățile locale, cât mai ales pentru economie și mediul înconjurător, cunoscut fiind faptul că pădurile reprezintă „plămâni planetei”. Toate servicii oferite de pădure, lemnul și produsele accesorii pot fi susținute de arborete și valorificate la adevărata lor valoare numai în condițiile unui management sustenabil. Însă, gestionarea durabilă a pădurilor este strâns legată de accesibilitate, care poate ajuta sau limita realizarea la timp a lucrărilor silvice și accesul în zonă în cazul unor calamități naturale, de tipul incendiilor forestiere.

În plus, extinderea și repartiția rețelei de transport forestier este cea care dictează, într-o mare măsură, prețul final al lemnului, datorită distanțelor mai mari sau mai mici de apropiat, care influențează atât productivitatea muncii, cât și costurile de exploatare. Pe de altă parte, tipul drumului, structura rutieră și lucrările de întreținere și reparații pot asigura un transport eficient al lemnului din pădure la diverși beneficiari, deoarece, în primă fază, transportul lemnului se realizează pe rețeaua de transport forestier și apoi pe rețeaua publică de transport.

Ca urmare a traficului cu autovehicule de capacitate mare, rețea de transport forestier este supusă unor modificări dinamice pe durata ciclului de viață, iar cunoașterea parametrilor săi poate ajuta în înțelegerea mai bună a ceea ce trebuie realizat, ca direcții strategice și operaționale, pentru a îmbunătăți procesul de transport (Bereziuc et al., 2015).

Activitatea de transport a reprezentat o problemă ce a fost întotdeauna actuală, întrucât costurile aferente sunt semnificative și se reflectă, în mare parte, în prețul final al produselor. Din acest motiv, organizarea mai bună a transportului poate conduce la o eficientizare corespunzătoare și la menținerea costurilor la un nivel acceptat de factorii implicați, însă acest lucru nu se poate face decât dacă sunt cunoscute o serie de elemente particulare, precum traficul rutier forestier, ca și componentă și intensitate, duratele efective de transport, dar și cele de încărcare și diverse întâzieri, precum și distanțele parcurse de mijloacele de transport și volumele încărcate la o cursă.

Pentru că existența căilor de transport este strâns legată de activitatea omului, proiectarea, construcția și întreținerea lucrărilor de infrastructură trebuie realizate astfel încât efectele asupra mediului să fie minime.

Pe de altă parte, calitatea lemnului a reprezentat și încă reprezintă unul dintre cei mai importanți factori în valorificarea superioară a acestuia, cu scopul obținerii unor avantaje economice cât mai mari. Dar, pentru a obține un sortiment de lemn de calitate, pădurile trebuie să fie administrate după reguli clare (van Goethem et al., 2008), prin tratamente care să conducă la arbori de calitate, deci la un volum de lemn de lucru cât mai mare (Tarasiuk et al., 2007). Însă, uneori apar o serie de fenomene perturbatoare, de tipul incendiilor forestiere și a doborâturilor/rupturilor de vânt și zăpadă, care zădărnicesc munca devotată a silvicultorilor și conduc la pierderi economice substanțiale.

Din acest motiv, cunoașterea calității lemnului este foarte importantă, mai ales în cazul arborilor afectați de incendii, care luptă pentru supraviețuire în ciuda tuturor prejudiciilor cauzate de foc.

Cantitățile de lemn exploatate la nivel mondial sunt extrem de mari, însă acestea reușesc cu greu să acopere cererea aflată în continuă creștere. Din acest considerent, este important să se cunoască, pe de o parte, factorii care conduc la pierderi de masă lemnoasă și cantitățile de lemn aferente doborâturilor de vânt, care reprezintă unul dintre principalii factori destabilizatori ai pădurilor, ce întrerup dezvoltarea normală și modul firesc de gospodărire. Pe de altă parte, este deosebit de importantă cunoașterea alternativelor pentru a obține material lemnos pretabil anumitor valorificări,

care nu impun nici materie primă de calitate superioară și nici dimensiuni mari. Astfel, rezidă importanța valorificării resturilor de exploatare și instalarea culturilor din specii repede crescătoare, care să suplimenteze cantitățile de lemn de mici dimensiuni ce pot fi utilizate în scop energetic sau chiar pentru producția unor plăci din aşchii de lemn.

Rezultatele cercetărilor efectuate de autor după susținerea tezei de doctorat și din care s-a realizat prezenta teză de abilitare, constau în **3** cărți cu ISBN, **10** articole indexate ISI Thompson, **5** articole indexate ISI Proceedings, **20** articole indexate BDI și **3** articole sustinute doar la conferințe.

Publicații în domeniul tezet de abilitare:

#### A. Cărți

1. **Mușat, E.C.**, 2023. Defectele exterioare și calitatea lemnului la arborii izolați. Editura Universității Transilvania din Brașov, 557 p. ISBN 978-606-19-1600-9. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/nc5TRprjZHwjJCW>
2. **Mușat, E.C.**, 2022. Defectele lemnului la arborii din zonele publice ale Brașovului. Editura Universității Transilvania din Brașov, 153 p. ISBN 978-606-19-1528-6630. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/37DNNqHLpA8yMR4>
3. Ciubotaru, A., Câmpu, V.R., **David, E.C.**, 2012. *Exploatarea și prelucrarea lemnului*. Editura Universității Transilvania din Brașov, 119 p. ISBN 978-606-19-0137-1. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/KJoR2afg8MoC8Wd>

#### B. Articole indexate ISI Thompson

1. **Mușat, E.C.\***, Abutnăriței, G.L., Hoge, D.D., Miu, L.D., Avram, V.N., Derczeni, R.A., 2024a. *Loading round wood in forestry trucks and forestry platforms: a case study for Romania*. Forests, Special Issue Sustainable Forest Operations Planning and Management, vol. 15(9), ID articol 1646. **Factor de impact 2023: 2,400. Scor relativ de influență 2023: 1,468.** DOI: [10.3390/f15091646](https://www.mdpi.com/1999-4907/15/9/1646). Articol publicat: 18.09.2024, încă neindexat. Jurnal: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/9/1646>. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/DLNLnJD56ABL9wq>
2. **Mușat, E.C.**, 2024b. *Impact of forest fires on the trees and wood quality – A case study for a beech stand*. Fire, Special Issue Post-fire effects on environment, vol. 7(9), ID articol 325. **Factor de impact 2023: 3,000. Scor relativ de influență 2023: 2,133.** DOI: [10.3390/fire7090325](https://www.mdpi.com/2571-6255/7/9/325). Articol publicat: 18.09.2024, încă neindexat. Jurnal: <https://www.mdpi.com/2571-6255/7/9/325>. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/jsAJyHEdYFZRidp>
3. **Mușat, E.C.\***, 2024a. *How well can sound tomograms characterize inner-trunk defects in beech trees from a burned plot?*. BioResources, vol. 19(4), pp. 7530-7565. **Factor de impact 2023 = 0,464. Scor relativ de influență 2023 = 1,111.** DOI: [10.15376/biores.19.4.7530-7565](https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/how-well-can-sound-tomograms-characterize-inner-trunk-defects-in-beech-trees-from-a-burned-plot/). Publicat: 27.08.2024 încă neindexat. Jurnal: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/how-well-can-sound-tomograms-characterize-inner-trunk-defects-in-beech-trees-from-a-burned-plot/>. Publicat: 27.08.2024 încă neindexat. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Yy4WmBEe7SWkyEk>
4. Kärhä, K., Seuri, M., Donagh, P.M.M., Acuna, M., Kanzian, C., Petković, V., Gonçalves, R.R.C., Costa, L.H.S., da Cruz, R.C., Krumov, T., Bradley, A., Röser, D., Pinto, C., Dian, W., Pandur, Z., Dvořák, J., Jørgensen, M.T., Muiste, P., Irdla, M., Ginet, C., Purfürst, T., Dietz, H.-U., Spinelli, R., Suzuki, Y., Shirasawa, H., Lazdiňš, A., Visser, R., Harvey, C., Skjølaas, D., Moskalik, T., Trzciński, G., Borz, S.A., **Mușat, E.C.**, Triplat, M., Oberholzer, F., Talbot, B., Tolosana, E., von Hofsten, H., Akay, A.O., Bakay, B., Conrad IV, J., Olivera, A., 2024: *Overview of global long-distance road transportation of industrial roundwood*. In: *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 25(1), pp. 217-236. **Factor de impact 2023 = 1,038. Scor relativ de influență 2023 = 1,003.** DOI: [10.5552/crojfe.2024.2286](https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2286). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Tc4moMqdMWAiZQ5>
5. **Mușat, E.C.\***, 2023. *The agreement in accuracy between tomograms, resistograms and the actual condition of the wood from lime trees harvested from cities*. In: *Bioresources*, vol. 18(1), pp. 1757-1779. **Factor de impact 2023 = 0,464. Scor relativ de influență 2023 = 1,111.** DOI: [10.15376/biores.18.1.1757-1779](https://doi.org/10.15376/biores.18.1.1757-1779). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/zF5GmWPCms4swGP>

6. **Mușat, E.C.\***, Bitir, I., 2022. *Evaluating the forest road systems subjected to different loadings by using the Finite Element Method*. In: *Forests*, vol. 13, ID article 1872, 26 p. **Factor de impact 2022: 3,282. Scor relativ de influență 2021: 1,318.** DOI: [10.3390/f13111872](https://doi.org/10.3390/f13111872). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/SCaKPP4jiBJJcX7>
7. **Mușat, E.C.**, Borz, S.A.\*, 2022. *Learning from acceleration data to differentiate the posture, dynamic and static work of the back: an experimental setup*. In: *Healthcare*, vol. 10(5), ID article 916, 22 p. **Factor de impact 2022 = 3,16. Scor relativ de influență 2022 = 0,558.** DOI: [10.3390/healthcare10050916](https://doi.org/10.3390/healthcare10050916). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/spds52pEMc8RRGA>
8. Iftime, M., **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., 2019. *Analysis of the working accidents recorded during the harvesting of the trees, between 2013 – 2018, for workers of the National Forest Administration, Romsilva, Romania*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 20(4), pp. 1717-1726. **Factor de impact 2019 = 0,161. Scor relativ de influență 2019 = 0,080.** Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/X2BiZ8sRC7dCKPt>
9. Scriba, C., **Mușat, E.C.\***, Salcă, E.A., Ciobanu, V.D., 2017. *Influence of energy willow crops on soil features in the case of a contaminated land*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 18(4), pp. 1403-1410. **Factor de impact 2017 = 0,195. Scor relativ de influență 2017 = 0,061.** Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/AkgkYbSaQgff7wk>
10. Ene, C., Ciobanu, V.D., Dumitrașcu, A.-E., **David, E.-C.**, Borz, S.A.\*, 2013. *Resource management of renewable energy of forest fuel in south-west forest districts of Romania*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology (JEPE)*, vol. 14(4), pp. 1794-1802. **Factor de impact 2013 = 0,097. Scor relativ de influență 2013 = 0,033.** Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/sSBEwn4nj7dXN5M>

#### C. Articole indexate Proceedings ISI

1. **Mușat, E.C.\***, Vântoiu, C.O., Salcă, E.A., 2024b. *The impact of litter fires on the internal structure of wood from stemm of beech trees*. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Hardwood Confrence*, 30-31 May 2024, Sopron, Hungary – în review. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/F8akqKroa9KfgP5>
2. **Mușat, E.C.\***, Salcă, E.A., 2022. *Can the characteristics of the crown influence the stability of poplar trees?* In: *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Hardwood Confrence*, 12-14 October 2022, Sopron, Hungary, pp. 142-145. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/5ZSaB9FdGWOHeJ9>
3. Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Ciobanu, D.V., Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Liampas, S.A., 2019. *Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. In: *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, The 8<sup>th</sup> Edition, pp. 161-170. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/rKswLCrqsW664dB>
4. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., Ciobanu, V.D., 2014a. *The external defects and the particularities of the trees crowns located into the green areas of Brașov*. In: *Conference Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific Geoconferences (SGEM 2014), 14<sup>th</sup> GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Oceanic Ecosystems*, vol. II, pp. 461-468. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/89fArytTyKnNtjg>
5. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., Ciobanu, V.D., 2014b. *The particularities on the crowns for poplar trees located in alignments and forest*. In: *Conference Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific Geoconferences (SGEM 2014), 14<sup>th</sup> GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Oceanic Ecosystems*, vol. II, pp. 485-492. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/fRxTDz8XMeARk4b>

#### D. Articole indexate BDI

1. Dudás, L., **Mușat, E.C.**, 2023. *Caracteristici biometrice ale arborilor din parcurile Brașovului. Studii de caz: Parcul Gheorghe Dima și Parcul Ina Schaeffler*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 138(4), pp. 1-22. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/tPcBXympYYrn55s>
2. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Bratu, C.A., Ciobanu, V.D., 2023. *Evaluation of deformations of the forest road pavements by using the Finite Element Method*. In: *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium Forest and Sustainable Development*, pp. 135-148. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/2Qcr4fqHqnSiDmJ>

3. Iftime, M.D., **Mușat, E.C.\***, 2022. *Accidentele de muncă la recoltarea lemnului în România, expresia organizării și funcționării sistemului de muncă*. In: Revista Pădurilor, vol. 137(3), pp. 1-14. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/HPXXeZDsJJTPgTj>
4. Bitir I., **Mușat E.C.**, Lunguleasa A.\*, Ciobanu V.D., 2021a. *Monitoring the transport on the Ciobănuș forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, nr. 1(63), pp. 10-16. DOI: [10.31926/RECENT.2021.63.010](https://doi.org/10.31926/RECENT.2021.63.010). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/sHEL6GiHQEgSZJB>
5. Bitir I., **Mușat E.C.\***, Ciobanu V.D., 2021b. *Analiza economică și financiară a soluțiilor tehnice utilizate în reabilitarea suprastructurii drumurilor forestiere*. In: Revista Pădurilor, vol. 136(3), pp. 41-60. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/HaojNs4wdsK3718>
6. **Mușat E.C.\***, 2021. *Soluții tehnice pentru combaterea înzăpezirilor prin crearea perdelelor forestiere de protecție: studiu de caz*. In: Revista Pădurilor, vol. 136(4), pp. 31-46. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/i3Bwdz5XFTY9YiC>
7. **Musat, E.C.**, Derczeni, R.A.\*, Barti, M.E., Dumitru-Dobre, C., 2020. *Analysis of sound velocity through the wood of spruce trees located into a burned area*. Articol susținut la: *International Symposium „Forest complex in the digital economy”*, dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the foundation of Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University (ex. Moscow Forest Technical Institute – Moscow State Forest University), 2 – 5 December, 2019, Moscow, Russia. Publicat în: *Forestry Bulletin*, T.24, nr. 4, pp.98-109. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Xy9Q3mtFaaBBpYe>
8. Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*, issue 3.2, pp. 853-860. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/nectQYonaQ9HXNF>
9. Iancu, B., Lunguleasa, A., **Mușat, E.**, Spîrchez, C., 2019. *Properties of resinous wood species used in OSB technology*. In: *Recent Journal*, vol. 59, pp. 107-112. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/s33zjaWswWHbyXF>
10. **Mușat, E.C.\***, Greșiță, C.I., Maican, I., 2019a. *Analysis of transported volumes and unloading times of raw material used in manufacturing OSB boards*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19, issue 1.4. Science and Technologies in Geology, Oil and Gas Exploration, Water Resources, Forest Ecosystems*, pp. 335-342. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/9nLyp7P2LArBQKz>
11. **Mușat, E.C.\***, Iancu, B.I., Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *Analysis of transport distances and wood volumes purchased by a woodworking company*. În: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystem*, issue 3.2, pp. 617-624. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/obR3XfNAEnzPr5>
12. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A.\*, Bitir, I., Liampas, S.A., Ciobanu, V.D., 2019c. *Analiza costurilor în cazul lucrărilor de drumuri executate în regie proprie sau cu terți*. In: Revista Pădurilor, anul 134, nr. 1, pp. 37-50. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/CiBzN8fGJBmoSsQ>
13. Vișan, J., Alexandru, V.M., Ciobanu, D.V., **Mușat, E.C.\***, 2017. *The impact of forest roads on the environment: A short review*. In: *Proceedings of the International Simposyium “Forest and Sustainable Development”*, Brașov, pp. 133-138. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/yHwk3nSxAyAdnQN>
14. **Mușat, E.C.\***, Ciubotaru, A., Száva, I., 2016e. *A short review regarding the losses recorded in windfall*. In: *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Tome XIV, fascicule 4, pp. 167-172. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/bNbiQDM5N6dNS3Y>
15. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, D.V., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016c. *Solicitările provocate de transportul lemnului cu autovehicule de tonaj sporit și portanța drumurilor forestiere secundare*. In: Revista Pădurilor, vol. 131(1-2), pp. 88-96. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Po3ozJ7RSmbq4Xj>
16. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., Vișan, J., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016d. *Analiza variantelor de structuri rutiere în contextul sporirii capacității portante a drumurilor forestiere*. In: Revista Pădurilor, vol. 131(3-4), pp. 91-99. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/zFpXaLHfAE8eGHj>

17. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V.\*, **Mușat, E.-C.**, Dumitrașcu, A.-E., Antoniadă, C., Vișan, J., 2015. *The density index of the forest road network managed by the National Forest Administration (R.N.P.)*. In: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, pp. 196-203. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/mboBLjPMKtbsKpM>
18. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., 2015. *Crown influence on the stability of trees: A short literature review*. In: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, pp. 262-269. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/GfAQTsdwCC9fMGn>
19. **Mușat, E.C.\***, Alexandru, V.M., Ciobanu, V.D., Săceanu, S.C-tin., Antoniadă căs. Roman, C., Vișan, J., 2014c. *The type and the extension of the degradations caused by the introduction in the timber transportation of the increased weight vehicles*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 129(5-6), pp. 38-43. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/KacCWkyAWBDRMaQ>
20. Ciubotaru, A.\*, **David, E.C.**, Grapă, F., 2012. *Cercetări privind structura resturilor de exploatare*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 127(5), pp. 9-13. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/wqjaLSj7b53sKp2>

#### E. Lucrări susținute sau care urmează să fie susținute la conferințe internaționale

1. Olaru-Zafiescu, A., Tesileanu, A.E., Mitrofan, I., **Mușat, E.C.\***, 2024. Assessment of wood quality at spruce trees affected by a forest fire. Acceptat spre susținere la: 11 International Symposium Forest and Sustainable Development, 17-18 October 2024, Brașov, Romania.
2. Tesileanu, A.E., Olaru-Zafiescu, A., Mitrofan, I., **Mușat, E.C.\***, 2024. The impact of forest fires on trees development and wood quality, using non-destructive and destructive methods. Acceptat spre susținere la: 11 International Symposium Forest and Sustainable Development, 17-18 October 2024, Brașov, Romania.
3. Scriba, C., **Mușat, E.C.**, 2023. Dimensional characteristics of wood chips and their moisture content for short-rotation crops of energy willow. Articol susținut la: 6<sup>th</sup> edition of the Integrated Management of Environmental Resources Conference IMER 2023, 23-24.11.2023, Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava, România.

## Capitolul II. Evoluția în timp a rețelei de drumuri forestiere și impactul acesteia asupra mediului

Drumurile forestiere reprezintă principalele căi de transport prin care se realizează aducerea lemnului din pădure în circuitul economic, atât în România, cât și în alte țări. Drept urmare, capitolul doi al tezei de abilitare abordează evoluția drumurilor forestiere la nivelul României și impactul acestora asupra mediului, cunoscută fiind necesitatea de a deschide cât mai uniform masivele păduroase pentru a asigura o gospodărire durabilă a pădurilor.

### 2.1. Evoluția în timp a rețelei de transport forestier

#### 2.1.1. Introducere

În zilele noastre, în țările cu tradiție forestieră, managementul forestier se bazează pe principiul „administrării sustenabile”, care a fost enunțat în timpul Congresului Mondial de la Rio de Janeiro (1991) și care se axează pe conservarea pădurii și pe menținerea ei în peisaj (Bereziuc et al., 2006). În plus, cu ocazia Anului Internațional al Pădurilor, ce a avut loc în 2011, s-a trasat ca linie generală diminuarea presiunii asupra pădurilor (Bereziuc et al., 2014) și dotarea pădurilor cu drumuri care să asigure toate condițiile pentru realizarea unui management sustenabil (Fannin și Lorbach, 2007).

Transportul lemnului din pădure până la beneficiari (personae fizice, firme de prelucrare/industrializare) se face, în primă fază, pe rețeaua de transport forestier și apoi pe rețeaua publică de transport. În România, ca și în alte țări (Olsson și Lohmander, 2005; Moller și Nielsen, 2007; Awasthi et al., 2011; Tahvanainen și Antilla, 2011; De Simio et al., 2013; Liebowicz, 2018), rețeaua de transport forestier a suferit o serie transformări (Olteanu și Stan, 1992), făcându-se trecerea de la transportul lemnului pe drumuri forestiere sumar amenajate și de la transportul pe apă, la transportul pe căile ferate forestiere, transformate ulterior în drumuri forestiere (Bereziuc et al., 2013), chiar dacă transportul pe calea ferată presupune costuri mai reduse, uneori la jumătatea celor obținute prin transportul pe drumuri (Tahvanainen și Antilla, 2011).

În ceea ce privește autovehiculele folosite la transportul lemnului (\*\*\*, 2012), acestea pot fi de capacități diferite și de mai multe tipuri, putând transporta lemn round sau tocătură. În cazul fabricii pentru care s-au făcut interpretările, materialul lemnos a fost transportat doar cu camioane pentru transport bușteni, cunoscut fiind faptul că pentru producerea plăcilor OSB se pot utiliza, într-un mod superior, bușteni de calitate inferioară sau chiar deșeuri lemnoase, considerate materie primă importantă în producerea plăcilor din așchii de lemn (Istrate, 1983; Mitisor și Istrate, 1983; Irle și Barbu, 2010).

Chiar dacă, de-a lungul timpului, căile de transport au variat foarte mult (Bereziuc, 2004; Asikaisen, 2001), în prezent transportul produselor pădurii se realizează aproape în totalitate pe drumuri forestiere (peste 90% - Olteanu, 1995; Ciubotaru, 1998; Popovici et al., 2003), o situație asemănătoare fiind întâlnită și în Finlanda (Tahvanainen și Antilla, 2011; Malinen et al., 2014; Palander și Karha, 2017). Alegerea drumurilor forestiere ca principale căi de transport se datorează mai multor factori (Olteanu, 1995; \*\*\*, 2011a; Mușat et al., 2014c; Sosa et al., 2015; Mușat et al., 2019c). Astfel, drumurile forestiere pătrund mai adânc în pădure (Oprea și Sbera, 2004), ceea ce conduce la o deschidere mai uniformă a masivelor păduroase (Popovici et al., 2003; Mousavi și Naghdi, 2013). În plus, drumurile forestiere pot asigura deplasarea unei game variate de autovehicule de transport, în condiții de siguranță și la declivități mai mari decât cele proprii căilor ferate (Oprea și Sbera, 2004; Palander, 2023). Pe de altă parte, rețeaua de drumuri forestiere poate asigura accesul în pădure atât pentru toți cei implicați în gospodărirea și gestionarea pădurilor (Popovici et al., 2003; Bereziuc, 2004; Derczeni et al., 2019; Palander et al., 2020), cât și unor terțe persoane care au nevoie de a ajunge în unele zone izolate, fie pentru că acolo locuiesc (Navarro Marato et al., 2010), fie că acolo trebuie să-și desfășoare activitățile profesionale sau vor doar să scape de tumultul cotidian (Potočnik et al., 2005). În plus, drumurile

forestiere pot asigura și nevoile de transport pentru alte sectoare ale economiei (Bereziuc, 2004; Potočnik et al., 2005).

Infrastructura de transport a reprezentat dintotdeauna un subiect foarte important, atât pentru inginerii de drumuri, cât și pentru terți (Gillies, 2011). În acest sens, drumurile sunt privite ca și componente critice ale dezvoltării unei civilizații (Demir, 2007), fiind indicatori care pot influența creșterea economică, socială și culturală la nivel regional sau global (Demir, 2007; Makki et al., 2013; Akay et al., 2017; Nyumba et al., 2021). Pe de altă parte, căile de transport, indiferent de tipul lor, sunt strâns legate de activitatea omului (Laurance et al., 2009), aceste lucrări de infrastructură având întotdeauna un impact, mai redus sau mai accentuat, asupra mediului (Luce și Wemple, 2001; Demir, 2007; Heinimann, 2012; Klein et al., 2015; Kleinschroth și Healey, 2017; Laschi et al., 2019; Nyumba et al., 2021). Însă, trebuie menționat că desfășurarea normală a activităților umane nu poate fi posibilă decât printr-o infrastructură de transport dezvoltată judicios și întreținută permanent (Demir, 2007), care să permită atingerea nevoilor prezente, dar care să nu limiteze sau să reducă posibilitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi (Lim, 2009; Amiril et al., 2014).

De-a lungul timpului, în România, au fost folosite trei sisteme de transport (drumuri forestiere, căi ferate forestiere și transportul lemnului pe cursurile de apă). Cea mai mare parte a rețelei actuale de transport forestier a fost contruită între 1965 și 1990, după transformarea căilor ferate forestiere în drumuri forestiere (Bitir et al., 2019b). Din 1994, extinderea rețelei forestiere de transport a prezentat o dinamică redusă, iar lipsa investițiilor în modernizarea și extinderea rețelei de transport a condus la o scădere a calității acesteia. În plus, restituirile masive de păduri au contribuit la un management mai dificil al rețelei de transport forestier. În scopul îmbunătățirii rețelei de drumuri forestiere, în perioada 2016 – 2018, la nivelul Regiei Naționale a Pădurilor Romsilva a fost dezvoltată o aplicație care permite obținerea de informații în timp real cu privire la întreaga rețea de transport administrată și natura proprietății fondului forestier deservit.

Orice rețea de transport este supusă unor modificări dinamice pe durata ciclului de viață, iar cunoașterea parametrilor săi poate ajuta în înțelegerea mai bună a ceea ce trebuie realizat, ca direcții strategice și operaționale, pentru a îmbunătăți procesul de transport (Bereziuc et al., 2015). În ceea ce privește drumurile forestiere, trebuie amintit faptul că, în trecut, aceste căi de transport erau proiectate și construite predominant în zonele bogate în păduri, de unde se exploata masă lemnoasă (Bereziuc, 2004; Turk, 2014; Begus și Pertlik, 2017), criteriul cel mai important fiind asigurarea unor distanțe reduse de colectare (Olteanu, 1995; Olteanu, 1996; Olteanu, 2008; Pentek et al., 2008; Bereziuc et al., 2015) și eficientizarea transporturilor (Akay, 2006; Demir, 2007; Acuna, 2017; Nenu, 2019). Odată cu trecerea timpului și epuizarea resurselor din zonele accesibile (Southwort și Tucker, 2001), dar și datorită limitării accesului în alte zone (Navarro Maroto et al., 2010; Makki et al., 2013), rețeaua de transport forestier a fost dezvoltată din ce în ce mai mult în interiorul pădurii (Popovici et al., 2003). Acest lucru a condus la reducerea costurilor cu transportul lemnului din pădure la beneficiar (Murphy, 2003), mai ales că această activitate este considerată foarte costisitoare (Layton et al., 1992; Asikainen, 2001; Akay, 2006; Holzleitner et al., 2011; Lindström și Fjeld, 2011; Krč și Beguš, 2013; Acuna, 2017; Lachini et al., 2018). Pe de altă parte, accesibilitatea permite valorificarea superioară a tuturor produselor pădurii (Helvey și Kochenderfer, 1990; Potočnik et al., 2005; Beldeanu, 2008; Navarro Maroto et al., 2010; Turk, 2014; Gillet et al., 2016; Zanucio et al., 2017), dar și realizarea la timp a tuturor lucrărilor de gospodărire a pădurii (Bereziuc, 2004; Ryan et al., 2004; \*\*\*, 2010), asigurarea accesului în cazul situațiilor de urgență, cum ar fi incendiile forestiere (Adeney et al., 2009; Demir et al., 2009; Eskandari și Hosseini, 2013; Sivrikaya et al., 2014; Akay et al., 2017; Martin et al., 2017), toate acestea conducând la un management durabil al pădurilor (Luce și Wemple, 2001; Ryan et al., 2004; Nevečerel et al., 2011; Grulois et al., 2014; Turk, 2014). Pe lângă acestea, o bună distribuție a drumurilor forestiere asigură dezvoltarea turismului (Potočnik et al., 2005; Demir, 2007; Vișan et al., 2017), conectarea zonelor izolate (Uhl și Vieira, 1989; Makki et al., 2013; Akgul et al., 2019) și accesul în pădure de la drumurile publice (Iordache et al., 2012).

La nivel global, transportul cu camioanele joacă un rol esențial în lanțul de aprovizionare cu lemn al industriei (Shaffer și Stuart, 2005; Hansley et al., 2007; Koirala et al., 2018). Cea mai mare cantitate de masă lemnoasă este transportată cu camioanele direct din platformele primare către diverși beneficiari



și, parțial din platformele primare în depozitele de lemn, de unde transportul se realizează pe drumuri, căi ferate sau pe apă.

Din cele de mai sus reiese faptul că drumurile forestiere servesc nu doar la transportul lemnului, ci și altor sectoare de activitate, iar o bună dezvoltare a rețelei de transport forestier poate conduce chiar la reducerea distanțelor de colectare care, în România, sunt destul de mari și afectează realizarea normală a lucrărilor de gospodărire a pădurilor, inclusiv transportul lemnului (Bereziuc et al., 2015).

### **2.1.2. Locul cercetărilor și metodologia de lucru**

Pentru a evidenția nivelul de dotare a pădurilor cu drumuri forestiere la nivelul României, s-au analizat bazele de date aferente anului 2014, puse la dispoziție de Regia Națională a Pădurilor, de Institutul Național al Lemnului și de Institutul de Cercetare-Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”, în acel moment denumit „Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice”. Astfel, s-a urmărit stabilirea lungimii și a tipurilor de căi de transport la nivel național, dar și determinarea accesibilității și a indicelui de desime pentru fondul forestier național, administrat de R.N.P. Romsilva. Din acest punct de vedere, rețeaua de drumuri forestiere a fost analizată pe direcții silvice în ceea ce privește numărul de drumuri, lungimea acestora, categoria (drumuri magistrale, principale și secundare) și starea tehnică (circulabile și necirculabile), ținându-se cont și de suprafețele de pădure accesibilizate.

### **2.1.3. Situația drumurilor forestiere aflate în administrarea Regiei Naționale a Pădurilor**

În urma analizei situației referitoare la drumurile forestiere s-a constatat că, la nivelul anului 2014, Regia Națională a Pădurilor avea în gestiune 7.752 drumuri forestiere care totalizau o lungime de aproximativ 26.000 km (tabelul 2.1). La acestea se mai adăugau 9.067 km de drumuri forestiere aflate în condiții impropii circulației, ceea ce a condus la declararea lor ca necirculabile. Din tabelul 2.1 se constată că cele mai multe drumuri forestiere apar în județele bogate în păduri, fiind gestionate de Direcția Silvică Suceava (769 drumuri), Direcția Silvică Caraș-Severin (599 drumuri), Direcția Silvică Neamț (542 drumuri), Direcția Silvică Bacău (516 drumuri) și Direcția Silvică Maramureș (465 drumuri). La polul opus se situează zonele cu puține păduri, mai exact Direcția Silvică Constanța (2 drumuri), Direcția Silvică Călărași (3 drumuri), Direcția Silvică Brăila (7 drumuri), Direcția Silvică Galați (11 drumuri) și Direcția Silvică Ialomița (12 drumuri). Legat de categoria drumului, aflată în strânsă legătura cu suprafața de fond forestier deservită, se constată (tabelul 2.1) predominanță drumurile forestiere secundare, în proporție de 80% din lungimea rețelei, urmate de cele principale, cu 19%. Trebuie menționat că, la nivelul anului 2014, Regia Națională a Pădurilor mai deținea doar 12 drumuri forestiere magistrale, însă situația s-a schimbat între timp prin trecerea unora dintre ele în administrarea unităților administrativ-teritoriale (U.A.T.). Acest lucru se datorează faptului că drumurile magistrale prezintă o importanță turistică și economică deosebită, ceea ce a făcut ca ele să treacă în categoria drumurilor publice, pentru modernizare și pentru a asigura accesul terțelor persoane, nu ca în cazul drumurilor forestiere, care sunt drumuri de utilitate privată, pe care se poate circula doar cu acordul administratorului (\*\*\*, 2011a).

Trebuie menționat faptul că au fost luate în considerare doar drumurile forestiere administrate de Regia Națională a Pădurilor - Romsilva întrucât, ca urmare a Legii nr. 192/2010 *privind trecerea unor drumuri forestiere din domeniul public al statului și din administrarea Regiei Naționale a Pădurilor – Romsilva în domeniul public al unităților administrativ-teritoriale și în administrarea consiliilor locale ale acestora*, au intervenit modificări în rețeaua de transport forestier. Ca urmare a modificării statutului, o parte din drumurile forestiere au ajuns drumuri publice astfel că, spre deosebire de anul 2011, în 2014 (tabelul 2.2), rețeaua de drumuri forestiere s-a redus cu 6.022,71 km ca o consecință a legii mai sus menționate.

Pe de altă parte, în rețeaua de transport forestier sunt incluse și unele sectoare de drumuri publice care pătrund în pădure și care oferă posibilitatea de a se colecta lemn la drum, contribuind astfel la deschiderea zonelor păduroase. Raportat la datele oferite de R.N.P. (tabelul 2.3), lungimea drumurilor publice la care este permisă colectarea masei lemnoase totaliza 4.038,4 km la nivelul anului 2014.

Tabelul 2.1. Situația drumurilor forestiere administrate de Regia Națională a Pădurilor – Romsilva, la nivelul anului 2014 (Bereziuc et al., 2015)

Nr. crt.	Direcția Silvică	Drumuri auto forestiere, pe categorii					Lungimea drumurilor (km)	
		Număr total	I	II	III	Neclasificate	circulabile	necirculabile
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Alba	153	1	13	139		802,3	262,1
2.	Arad	322			322		1151,8	72,6
3.	Argeș	373		143	225	5	1.478,3	312,6
4.	Bacău	516	3	48	464	1	1.669,5	331,1
5.	Bihor	226			226		929,8	162,8
6.	Bistrița	39		21	17	1	123,47	375,7
7.	Botoșani	96		56	40		275,9	45,2
8.	Brașov	123		31	92		345,9	894,8
9.	Brăila	7		7			10,8	8,2
10.	Buzău	266	3	66	197		919,35	168,2
11.	Caraș – Severin	599		230	369		2.135,53	766,7
12.	Călărași	3			3		12,5	1,0
13.	Cluj	101		16	85		297,89	32,9
14.	Constanța	2			2		3,4	–
15.	Covasna	202		54	148		645,3	751,4
16.	Dâmbovița	134		3	130	1	416,5	114,5
17.	Dolj	24			24		76,8	36,2
18.	Galați	11		6	4	1	41,06	12,8
19.	Giurgiu	38	11	15	12		127,09	37,6
20.	Gorj	290		67	223		886,43	227,95
21.	Harghita	160		42	117	3	475,02	714,4
22.	Hunedoara	381		31	350		1.610,12	321,0
23.	Ialomița	12		2	10		30,8	18,6
24.	Iași	86		38	48		340,8	56,0
25.	Ilfov	29			29		91,97	49,1
26.	Maramureș	465			465		1.380,06	151,1
27.	Mehedinți	189		26	163		595,775	70,4
28.	Mureș	212	4	54	153	1	909,26	310,0
29.	Neamț	542	1	102	439		1.520,7	266,6
30.	Olt	54		21	33		151,2	61,7
31.	Prahova	219		11	208		711,6	142,4
32.	Satu Mare	135		1	134		427,68	134,2
33.	Sălaj	73		2	69	2	201,04	17,5
34.	Sibiu	159		12	147		650,5	704,0
35.	Suceava	769		137	594	38	2.318,104	305,1
36.	Teleorman	20			20		78,1	30,2
37.	Timiș	172			170	2	523,3	78,0
38.	Tulcea	74		1	73		206,8	32,8
39.	Vâlcea	336		193	139	4	965,42	476,7
40.	Vaslui	40		6	34		133,4	67,1
41.	Vrancea	102	1	21	80		383,9	446,3
	<b>Total</b>	<b>7752</b>	<b>24</b>	<b>1476</b>	<b>6197</b>	<b>59</b>	<b>26.055,169</b>	<b>9067,6</b>

Tabelul 2.2. Situația comparativă a drumurilor forestiere la nivelul anilor 2011 și 2014, ca urmare a retrocedării acestora către diverse entități (Bereziuc et al., 2015)

Nr. crt.	Direcția Silvică	Anul 2011		Anul 2014	
		Lungimea totală a drumurilor (km)	Lungimea drumurilor necirculabile (km)	Lungimea totală a drumurilor (km)	Lungimea drumurilor necirculabile (km)
0	1	2	3	4	5
1.	Alba	1148,6	262,1	802,3	27,0
2.	Arad	1166,2	72,6	1151,8	56,5
3.	Argeș	1639,3	312,6	1479,3	156,5
4.	Bacău	1570,1	331,1	1669,5	186,4
5.	Bihor	1060,0	162,8	929,8	54,7
6.	Bistrița	1071,0	375,7	123,47	–
7.	Botoșani	262,9	45,2	275,9	7,1
8.	Brașov	1236,1	894,8	345,9	0,4
9.	Brăila	9,1	8,2	10,8	–
10.	Buzău	919,0	168,2	919,35	194,6
11.	Caraș – Severin	2160,6	766,7	2135,33	413,35
12.	Călărași	8,5	1,0	12,5	–
13.	Cluj	594,9	32,9	297,87	0,9
14.	Constanța	3,4	–	3,4	–
15.	Covasna	1232,2	751,4	645,3	12,8
16.	Dâmbovița	524,0	114,5	416,5	52,8
17.	Dolj	76,7	36,2	76,8	20,1
18.	Galați	44,8	12,8	41,06	4,0
19.	Giurgiu	111,9	37,6	127,09	23,1
20.	Gorj	766,58	227,95	886,43	169,77
21.	Harghita	1560,7	714,4	475,02	19,11
22.	Hunedoara	1740,6	321,0	1610,12	54,84
23.	Ialomița	31,5	18,6	30,8	–
24.	Iași	350,7	56,0	340,8	16,7
25.	Ilfov	97,0	49,1	91,97	17,5
26.	Maramureș	1539,6	151,1	1380,06	77,58
27.	Mehedinți	463,7	70,4	595,775	168,67
28.	Mureș	1154,2	310,0	909,26	35,3
29.	Neamț	1562,9	266,6	1520,7	45,8
30.	Olt	156,6	61,7	151,2	19,4
31.	Prahova	706,2	142,4	711,6	98,2
32.	Satu Mare	431,3	134,2	427,68	129,0
33.	Sălaj	215,1	17,5	201,04	45,55
34.	Sibiu	959,7	704,0	650,50	1,6
35.	Suceava	2472,8	305,1	2318,104	42,03
36.	Teleorman	78,0	30,2	71,1	37,5
37.	Timiș	551,4	78,0	523,3	48,3
38.	Tulcea	207,8	32,8	206,8	2,3
39.	Vâlcea	1242,0	476,7	965,42	43,7
40.	Vaslui	144,5	67,1	133,4	59,8
41.	Vrancea	809,5	446,3	383,9	130,40
<b>TOTAL</b>		<b>32082,6</b>	<b>9067,6</b>	<b>26054,89</b>	<b>2473,3</b>

Legat de densitatea rețelei de drumuri forestiere se poate spune că aceasta nu este uniformă la nivelul țării și, bineînțeles, lucrurile pot fi privite din două direcții, una în care sunt luate în considerare toate drumurile forestiere și întregul fond forestier din România, iar cealaltă în care sunt luate în considerare doar drumurile forestiere și fondul forestier care se află în administrarea R.N.P. Astfel, raportat la primul punct, în literatura de specialitate se menționează că accesibilitatea fondului forestier național se află sub nivelul optim (Olteanu, 1995; Iordache et al., 2012; Musat et al., 2014c; Fornea et al., 2018; Bitir et al., 2019b), astfel că pădurile sunt accesibilizate în proporție de 65% (Popovici et al.,

2003; Iordache et al., 2012; Bereziuc et al., 2015), ceea ce conduce la un indice de desime mult sub nivelul altor țări cu relief asemănător (Popovici et al., 2003), cu distanțe mari de apropiat (Iordache et al., 2012) și repercusiuni asupra costului final al lemnului (Holzleitner et al., 2011; Acuna, 2017; Bitir et al., 2019b; Karha et al., 2024), ca produs principal al pădurii (Sosa et al., 2015).

Tabelul 2.3. Lungimea drumurilor publice la care este permisă colectarea lemnului (Bereziuc et al., 2015)

No.	Forest District	Forest roads entering forests administered by:			
		State	Garda Forestieră	private owners	Total
0	1	2	3	4	5
1.	Alba	135,0	106,0	8,0	249,9
2.	Arad	15,2	16,3	7,4	38,9
3.	Argeș	24,4	–	–	24,4
4.	Bacău	19,1	8,5	–	27,6
5.	Bihor	91,7	42,1	13,6	147,4
6.	Bistrița	10,0	60,3	–	70,3
7.	Botoșani	92,7	–	1,6	94,3
8.	Brașov	490,6	–	–	490,6
9.	Brăila	8,0	–	–	8,0
10.	Buzău	16,7	–	–	16,7
11.	Caraș – Severin	63,0	–	28,1	91,1
12.	Călărași	–	–	–	–
13.	Cluj	67,1	–	–	67,1
14.	Constanța	5,1	–	–	5,1
15.	Covasna	291,8	–	–	291,8
16.	Dâmbovița	8,0	–	9,2	17,2
17.	Dolj	50,2	–	–	50,2
18.	Galați	–	–	–	–
19.	Giurgiu	31,7	–	–	31,7
20.	Gorj	49,5	–	23,0	72,5
21.	Harghita	391,1	–	–	391,1
22.	Hunedoara	194,1	46,5	–	240,6
23.	Ialomița	–	–	–	–
24.	Iași	51,4	–	–	51,4
25.	Ifov	17,5	–	–	17,5
26.	Maramureș	26,9	30,8	–	57,7
27.	Mehedinți	42,0	–	–	42,0
28.	Mureș	209,8	83,6	18,7	312,1
29.	Neamț	76,3	–	4,0	80,3
30.	Olt	3,7	–	–	3,7
31.	Prahova	12,5	–	–	12,5
32.	Satu Mare	13,3	–	–	13,3
33.	Sălaj	8,6	–	–	8,6
34.	Sibiu	284,9	–	–	284,9
35.	Suceava	145,7	14,4	–	160,1
36.	Teleorman	–	–	–	–
37.	Timiș	195,1	–	–	195,1
38.	Tulcea	121,2	–	–	121,2
39.	Vâlcea	46,3	–	43,8	90,1
40.	Vaslui	63,1	–	–	63,1
41.	Vrancea	57,5	–	40,8	98,3
	<b>TOTAL</b>	<b>3431,7</b>	<b>408,5</b>	<b>198,20</b>	<b>4038,4</b>

În plus, rețeaua permanentă de transport forestier cuprinde și drumuri care servesc altor sectoare de activitate, precum drumuri pentru accesul în zonele miniere, cele pentru accesul în zonele cu captări de apă pentru populație, drumuri de interes turistic, care însumau 1.453 km (Bereziuc et al., 2011), la care se adaugă 58 km de cale ferată forestieră, singura rămasă în România, care se găsește și încă funcționează în Maramureș, pe valea Vaserului.

Însă, dacă se ia în considerare a doua variantă, adică fondul forestier gestionat de R.N.P. și rețeaua de transport forestier administrată de R.N.P. (tabelul 2.4), se ajunge la un indice mediu de desime 13,73 m/ha corespunzător anului 2014. Așa cum s-a menționat, nici fondul forestier și nici drumurile nu sunt distribuite uniform la nivel național, ceea ce face ca unele direcții silvice din cadrul R.N.P. să aibă un indice de desime mai mare (D.S. Covasna – 41,45 m/ha; D.S. Harghita – 37,79 m/ha; D.S. Bistrița – 30,04 m/ha; D.S. Brașov – 24,10 m/ha; D.S. Galați – 22,97 m/ha; D.S. Bacău – 22,81 m/ha; D.S. Buzău – 22,59 m/ha; D.S. Bihor – 21,52 m/ha și D.S. Olt – 20,29 m/ha). La polul opus se situează D.S. Brăila (5,19 m/ha), D.S. Constanța (6,28 m/ha), D.S. Călărași (7,66 m/ha) și D.S. Ialomița (8,07 m/ha).

Tabelul 2.4. Indicele mediu de desime la nivelul Regiei Naționale a Pădurilor, corespunzător anului 2014 (Bereziuc et al., 2015)

Nr. crt.	Direcția Silvică	Lungimea drumurilor forestiere administrate de R.N.P. (km)	Suprafața de pădure administrată de stat (ha)	Indicele de desime corespunzător R.N.P. (m/ha)
1.	Alba	802,3	72.032,00	11,14
2.	Arad	1.151,8	84.402,97	13,65
3.	Argeș	1.478,3	80.226,9	18,43
4.	Bacău	1.669,5	73.196,00	22,81
5.	Bihor	929,8	43.210,00	21,52
6.	Bistrița	123,47	4.110,7	30,04
7.	Botoșani	275,9	17.920,30	15,40
8.	Brașov	345,9	14.353,32	24,10
9.	Brăila	10,8	2.080,4	5,19
10.	Buzău	919,35	40.703,8	22,59
11.	Caraș – Severin	2.135,33	165.651,5	12,89
12.	Călărași	12,5	1.630,9	7,66
13.	Cluj	297,87	22.292,42	13,40
14.	Constanța	3,4	541,2	6,28
15.	Covasna	645,3	15.568,28	41,45
16.	Dâmbovița	416,5	28.768,6	14,48
17.	Dolj	76,8	7.582,86	10,13
18.	Galați	41,06	1.787,5	22,97
19.	Giurgiu	127,09	18.238,3	6,97
20.	Gorj	886,43	114.266,81	7,76
21.	Harghita	475,02	12.571,23	37,79
22.	Hunedoara	1.610,12	120.130,53	13,40
23.	Ialomița	30,8	3.817,60	8,07
24.	Iași	340,8	39.441,20	8,64
25.	Ifov	91,97	9.473,17	9,71
26.	Maramureș	1.380,06	103.333,83	13,36
27.	Mehedinți	595,775	35.490,87	16,79
28.	Mureș	909,26	73.928,40	12,30
29.	Neamț	1.520,7	139.452,33	10,90
30.	Olt	151,2	7.451,60	20,29
31.	Prahova	711,6	56.224,41	12,66
32.	Satu Mare	427,68	25.570,34	16,73
33.	Sălaj	201,04	10.162,83	19,78
34.	Sibiu	650,50	36.127,09	18,01
35.	Suceava	2.318,104	221.776,03	10,45
36.	Teleorman	78,1	4.732,10	16,50
37.	Timiș	523,3	50.065,17	10,45
38.	Tulcea	206,8	27.060,06	7,64
39.	Vâlcea	965,42	68.062,95	14,18
40.	Vaslui	133,4	13.597,00	9,81
41.	Vrancea	383,90	31.460,89	12,20
<b>TOTAL</b>		<b>26.055,169</b>	<b>1.898.288,33</b>	<b>13,73</b>

### **2.1.4. Concluzii**

Din analiza datelor în ceea ce privește lungimea rețelei de transport forestier și suprafețele de pădure deservite, aflate în administrarea Regiei Naționale a Pădurilor – Romsilva, se observă necesitatea stringentă de dezvoltare a rețelei de transport forestier, care să conducă la o accesibilizare mai bună a fondului forestier și la un indice de desime mai mare, ceea ce ar avea consecințe directe asupra costurilor de exploatare și a prețului lemnului.

Ca urmare a aplicării Legii nr. 192/2010 *privind trecerea unor drumuri forestiere din domeniul public al statului și din administrarea Regiei Naționale a Pădurilor – Romsilva în domeniul public al unităților administrativ-teritoriale și în administrarea consiliilor locale ale acestora*, rețeaua de transport forestier a suferit modificări în sensul reducerii considerabile a lungimii căilor de transport din anul 2011, comparativ cu 2014.

Datorită accesibilizării reduse se poate ajunge chiar la neaplicarea unor lucrări de îngrijire și conducere a arboretelor din zonele greu accesibile, cu repercusiuni directe asupra dezvoltării arboretelor.

## **2.2. Impactul drumurilor forestiere asupra mediului**

### **2.2.1. Introducere**

Drumurile forestiere asigură accesibilizarea pădurii pentru diverse resurse (lemn, sol, subsol, apă) și chiar pentru dezvoltarea turismului, oferind și premisele unui management forestier sustenabil (Vișan et al., 2017). În plus, drumurile forestiere contribuie la creșterea potențialului productiv, protectiv și recreațional al pădurilor și la valorificarea superioară a produselor pădurii (Alexandru et al., 2008; Alexandru et al., 2009). Prin conexiunea cu rețeaua publică de transport, drumurile forestiere asigură accesul în pădure atât pentru realizarea lucrărilor silvice, cât și pentru acțiuni de conservare și protecție împotriva unor amenințări.

Din aceste motive, dezvoltarea rețelei de transport forestier necesită studii bine documentate, care să îmbine considerentele economice, cu cele sociale și cu cele ecologice (Seiler, 2001). Cerințele de ordin ecologic abordează impactul drumurilor forestiere asupra mediului, astfel că evaluarea proiectelor care ar putea avea impact asupra mediului a fost implementată în 2012 la nivel european (Enache et al., 2012).

În acord cu cele menționate anterior, la nivelul României, proiectarea drumurilor forestiere este considerată o verigă foarte importantă în limitarea efectelor negative ale căilor de transport asupra mediului, motiv pentru care se solicită un acord de mediu (\*\*\*, 2018), prin care să se evalueze impactul obiectivului asupra mediului (Nenu, 2019). Evaluarea acestui impact se realizează prin metoda Indicelui de Poluare Globală (IPG - \*\*\*, 2011a), care presupune stabilirea unor note de bonitate pentru fiecare factor analizat (sol, apă, aer, încadrarea în peisaj, sănătatea umană). Aceste note pot varia de la 1, ca valoare minimă, care indică condiții necorespunzătoare vieții, la 10, ca valoare maximă, corespunzătoare unui mediu neafectat, ideal.

Pe aceleași considerente se bazează și evaluarea sustenabilității proiectelor de infrastructură (Sidle et al., 2006), fiind dezvoltate mai multe sisteme de evaluare (Clevenger et al., 2013), care încurajează societățile să includă practici sustenabile în dezvoltarea proiectelor (Amiril et al., 2014). În principiu, acestea se axează pe evaluarea aceluiași factori de influență, precum calitatea aerului și nivelul de zgomot, controlul eroziunii și a transportului de sedimente, flora și fauna, biodiversitatea, managementul resurselor și al gunoierului, moștenirea culturală, consumurile de materiale, consumurile de energie și emisiile de carbon (Jolliet et al., 2004; Lim, 2009; Culp, 2011; Clevenger et al., 2013; Amiril et al., 2014). Față de acestea apar unele diferențe atât în etapele parcurse pentru evaluarea sustenabilității proiectelor de infrastructură, cât și în gruparea factorilor analizați. Astfel, în Australia, sistemul de evaluare se bazează, în primă fază, pe analiza sustenabilității proiectului, iar apoi pe îmbunătățirea impactului asupra mediului (Amiril et al., 2014). Un alt sistem abordat în Australia se bazează pe aceea că, pe lângă factorii menționați anterior, ca fiind asemănători de la un sistem de

evaluare la altul, mai apar o serie de alți factori, considerați deosebit de importanți, precum: vibrațiile apărute ca urmare a lucrărilor de construcție și întreținere, evaluarea riscului proiectului, implicarea comunității în realizarea proiectului, compatibilitatea dintre specificațiile contractuale și cele din proiect, siguranța drumului în exploatare, siguranța lucrătorilor la drumuri, controlul calității, managementul lanțului de distribuție și reciclarea materialelor (Lim, 2009; Amiril et al., 2014). În Statele Unite, sistemele de evaluare pun accent pe stadiul de dezvoltare al proiectului (proiectare, dezvoltare, construcție și întreținere), analizând fiecare etapă printr-o serie de factori care să asigure reducerea efectelor nocive asupra mediului, crearea unor neplăceri minore populației, costuri reduse de construcție și întreținere, și asigurarea unui transport sigur, realizat cu diverse mijloace de transport (Clevenger et al., 2013). În Regatul Unit, sistemul de evaluare a sustenabilității proiectelor de infrastructură pune accent și pe schimbarea folosinței terenului și neplăcerile aduse celor care locuiesc în zona de dezvoltare a proiectului (Amiril et al., 2014).

Extinderea căilor permanente de transport trebuie gândită și planificată nu doar pe seama beneficiilor economice, ci și a impactului silvicultural, social și, mai ales, ecologic (Popovici et al., 2003; Potočnik et al., 2005; Lordache et al., 2012; Begus și Pertlik, 2017; Rauch și Borz, 2020). Întrucât lucrările de infrastructură sunt absolut necesare în orice domeniu de activitate, considerentele care stau la baza dezvoltării căilor de transport trebuie foarte bine judecate și fixate, deoarece corelarea beneficiilor economice cu cele legate de protejarea mediului va presupune întotdeauna compromisuri (Lugo și Gucinski, 2000). În plus, impactul ecologic al unei construcții este diferit în fiecare stadiu de dezvoltare, pornind de la proiectare, la execuție, întreținere și dezafectarea obiectivului (Demir, 2007; Culp, 2011; Enache și Stampfer, 2017).

### ***2.2.2. Impactul asupra mediului a drumurilor forestiere aflate în stadiul de proiectare***

Una dintre principalele preocupări ale proiectanților de drumuri forestiere este de a limita efectele lucrărilor de infrastructură asupra mediului înconjurător (Gillies, 2011), indiferent de durata de manifestare a impactului (Demir, 2007; Gillies, 2011). Astfel, activitatea de proiectare este foarte importantă pentru că de aceasta depinde întreaga influență a căii de transport asupra ecosistemelor forestiere (Culp, 2011; Lordache et al., 2012).

Uneori, traseul drumurilor forestiere poate traversa zone umede, arii protejate, zone cu peisaje de o frumusețe aparte, monumente ale naturii (Olteanu, 1995; Olteanu, 1996; Alexandru, 2000; Olteanu, 2008; \*\*\*, 2011a; Begus și Pertlik, 2017; Vișan et al., 2017), ceea ce conduce la destabilizarea unor ecosisteme sau chiar la distrugerea unor habitate (Demir, 2007; Kleinschroth și Healey, 2017; Nyumba et al., 2021). Printr-o proiectare corespunzătoare, bazată pe principii ecologice clare (Lim și Yang, 2007), aceste zone pot fi salvate, reducându-se astfel impactul, pe termen lung, al drumului asupra mediului. Cu alte cuvinte, infrastructura de transport trebuie dezvoltată sustenabil (Amiril et al., 2014), prin prisma conservării resurselor pe perioada de exploatare a lucrărilor de infrastructură și fără a avea un impact prea mare asupra mediului natural (Sidle et al., 2006; Amekudzi et al., 2009).

Din altă perspectivă, în etapa de proiectare se stabilesc și caracteristicile viitorului drum în ceea ce privește traficul pe care trebuie să-l suporte (Cebon, 1993; Olteanu, 1995; Olteanu, 1996; Ryan et al., 2004; Trzcinski et al., 2017; Hauser et al., 2018) și categoriile de vehicule care vor circula pe drumul respectiv (Bereziuc, 2004; Bereziuc et al., 2006; Holzleitner et al., 2011; Akgul et al., 2019; Derczeni et al., 2019; Bitir et al., 2021a). Implicit se vor dimensiona structurile rutiere astfel încât să asigure o capacitate portantă corespunzătoare, care să susțină încărcările din trafic (\*\*\*, 2011a; Mușat et al., 2014; Mușat et al., 2016; Zhu și Law, 2016; Akgul et al., 2019; Bitir et al., 2019b; Yorulmaz et al., 2021). Toate aceste aspecte conduc, în final, la stabilirea numărului și tipului de utilaje (Balcom, 1988; Layton et al., 1992; Fannin și Lorbach, 2007) și la cantitățile de materiale necesare execuției lucrărilor, ceea ce are un impact direct asupra mediului, chiar dacă manifestat predominant în fazele de construcție și întreținere, și indirect, prin exploatarea drumului în cauză (Wemple et al., 2001; Demir, 2007; Laschi et al., 2019).

Pe de altă parte, în etapa de proiectare se pot alege trasee care să asigure o comportare mai bună a drumului în timp, bazată pe modul de manifestare a factorilor climatici (Wemple et al., 2001), a fenomenului de îngheț-dezghet și a expoziției asupra regimului apei (Olteanu, 1995; Olteanu, 1996; Sist, 2000; AASHTO, 2001; Ryan et al., 2004; Fannin și Lorbach, 2007; Bereziuc et al., 2006; \*\*\*, 2011, \*\*\*,

2015a; Begus și Pertlik, 2017). Astfel, un drum al cărui traseu se dezvoltă pe un versant umbrat o să prezinte o umiditate mai mare la nivelul părții carosabile, ceea ce poate conduce la apariția prematură a degradărilor, ca urmare a acțiunii combinate a traficului și a factorilor climatici (Olteanu, 1995; Olteanu, 1996; Ryan et al., 2004; Olteanu, 2008; Rodgers et al., 2009; Eskandari și Hosseini, 2013; Begus și Pertlik, 2017; Kleinschroth și Healey, 2017). De asemenea, aceste expoziții umbrite influențează și fenomenul de îngheț-dezghet, cunoscut ca având influențe distructive asupra drumului (Ryan et al., 2004; Fannin și Lorbach, 2007; Begus și Pertlik, 2017).

În principiu, zonele forestiere se caracterizează printr-un proces redus de eroziune, atâta timp cât nu sunt perturbate (Elliot et al., 1997; Silde et al., 2006; Eskandari și Hosseini, 2013). Aceste perturbații pot proveni din incendii (Edgens, 2000; Adeney et al., 2009; Veldman et al., 2009; Martin et al., 2017; Laschi et al., 2019), exploatarea arborilor și construcția de drumuri (Elliot et al., 1997; Kleinschroth și Healey, 2017), fie ele drumuri forestiere sau de colectare. Efectele factorilor disturbatori asupra proceselor de eroziune se datorează modificărilor produse în ecosisteme și a eliminării protecției arboretelor (Hartanto et al., 2003; Laurance et al., 2009; Nyumba et al., 2021).

Impactul drumurilor forestiere asupra mediului este privit diferit în funcție de nivelul la care se manifestă efectele negative (Luce și Wemple, 2001; Laurance et al., 2009). Astfel, se consideră că drumurile pot avea un impact direct, de scurtă durată, în momentul construcției, care produce cel mai mare dezechilibru în cadrul ecosistemelor, și un efect indirect, dar de lungă durată, pe perioada de exploatare a drumului (Luce și Wemple, 2001; Laurance et al., 2015; Kleinschroth și Healey, 2017; Nyumba et al., 2021). De asemenea, trebuie să se țină seama că impactul căilor de transport asupra mediului nu trebuie privit doar pe porțiunea corespunzătoare culoarului scos din producție prin construcția drumului (Seiler, 2001; Kleinschroth și Healey, 2017), ci pe o zonă mult mai mare, constituită din zonele adiacente drumului, dar și din zonele aflate la distanțe mai mari, ce pot fi afectate prin reducerea calității apei din pâraie sau lacuri (Wemple et al., 2001; Sidle et al., 2006; Thompson et al., 2010; Gillies, 2011).

Drumurile forestiere pot conduce la modificări importante ale ecosistemelor și habitatelor prin modificarea categoriei de folosință a terenului (Seiler, 2001; Sidle et al., 2006; Arévalo și Newhard, 2011; Gillet et al., 2016; Nyumba et al., 2021), care implică afectarea solului (Marra et al., 2021), diminuarea calității apei și a aerului, modificarea hidrologiei naturale a zonei (Luce și Wemple, 2001), pierderea unor specii de plante, apariția speciilor invadatoare și schimbarea comportamentului animalelor (Veldman et al., 2009; Van Der Ree et al., 2011; Ogden, 2012; Wiącek et al., 2015a).

### **2.2.3. Influența drumurilor forestiere asupra solului**

Impactul drumurilor forestiere asupra solului se manifestă prin sporirea procesului de eroziune și a transportului de sedimente (Sidle et al., 2006; Cochrane et al., 2007; Negishi et al., 2008; Thompson et al., 2010; Sidle și Ziegler, 2012; Gillet et al., 2016), datorate lucrărilor efective de construcție, care presupun eliminarea vegetației din ampriza drumului (Fannin și Lorbach, 2007), nivelarea terenurilor și modificarea topografiei naturale a acestora (Balcom, 1988; Keller și Sherar, 2003; Eskandari și Hosseini, 2013; Kleinschroth și Healey, 2017; Nyumba et al., 2021), ceea ce poate avea repercusiuni grave asupra stabilității terenurilor. Cu alte cuvinte, drumurile influențează o întreagă gamă de procese hidrologice și geomorfologice, strâns interconectate, efectele variind în timp în funcție de procesul dominant (Wemple et al., 2001; Sidle et al., 2006).

Construcția drumului este însoțită de o deranjare masivă a solului natural, prin decopertarea inițială a solului fertil și transportul pământului în scopul utilizării lui ulterioare (Thompson et al., 2010; Kleinschroth și Healey, 2017). Influența drumurilor asupra solului apare, cel mai pregnant, în perioada de construcție, motiv pentru care alegerea corectă a tehnologiei de lucru și a utilajelor este foarte importantă în reducerea impactului negativ asupra solului (Balcom, 1988; Layton et al., 1992; Fannin și Lorbach, 2007; Serin și Akay, 2010). În plus, se consideră că cele mai mari rate de producere a sedimentelor apar în anii imediat următori construcției drumului, dar se reduc în timp (Wemple et al., 2001).

Drumurile forestiere dezvoltate în regiunile montane presupun terenuri naturale înclinate (Luce și Wemple, 2001), care sunt săpate pentru a efectua terasamentele, ceea ce conduce, pe de o parte, la afectarea caracteristicilor naturale ale terenurilor și apariția dezechilibrelor în masele de pământ (Sidle



et al., 2006; Thompson et al., 2010; lordache et al., 2012; Marra et al., 2021), iar, pe de altă parte, la apariția fenomenului de spălare a suprafețelor nou create și, implicit, la erodarea acestora (Sidle et al., 2006; Marra et al., 2021), mai ales atunci când nu sunt realizate rapid lucrări de apărare-consolidare (Eskandari și Hosseini, 2013).

#### **2.2.4. Influența drumurilor forestiere asupra regimului și calității apei**

În pădurile nederanjate de influența omului, precipitațiile, de regulă, se infiltrează în sol și ajung în pâraie prin pânza de apă freatică (Bruijnzeel, 2004), motiv pentru care scurgerile de suprafață sunt minime (Sidle et al., 2006). Astfel, particularitățile zonei naturale, care pot influența procesul de eroziune, sunt legate de înclinarea și topografia locală a terenului (Ryan et al., 2004; Cambi et al., 2018), stabilitatea agregatelor minerale și vegetația de la nivelul solului (Hartanto et al., 2003; Ziegler et al., 2004; Fannin și Lorbach, 2007).

Diminuarea calității apei și modificarea hidrologiei naturale din zonă (Luce și Wemple, 2001; Laurance et al., 2009; Thompson et al., 2010) apar, pe de o parte, ca urmare a scurgerilor provocate de procesele de eroziune și transport de sedimente (Elliot et al., 1997; Gillies, 2011; lordache et al., 2012; Eskandari și Hosseini, 2013), iar, pe de altă parte, datorită lucrărilor de construcție, care presupun săpături și umpluturi cu modificarea stabilității masivelor de pământ (Keller și Sherar, 2003), modificarea sau distrugerea topografiei naturale a zonei și schimbarea profilelor de sol (Balcom, 1988; Wemple et al., 2001; Nyumba et al., 2021), cu înlocuirea sau modificarea caracteristicilor vegetației naturale și a ecosistemelor acvatice (Elliot et al., 1997; Sidle et al., 2006; Thompson et al., 2010).

Lucrările de terasamente aferente căilor de transport conduc la concentrarea suprafețelor cu scurgeri (Elliot et al., 1997; Keshkamat et al., 2012), ceea ce mărește debitul și viteza de scurgere a apelor pe suprafețele înclinate (Ryan et al., 2004; Nyumba et al., 2021), drumurile forestiere fiind responsabile pentru 50 ... 90% din transportul de sedimente din pădure (Fransen et al., 2001; Eskandari și Hosseini, 2013), sporind procesul de eroziune și de transport de sedimente (Gomi et al., 2006; Cochrane et al., 2007; Thompson et al., 2010).

Din altă perspectivă, calitatea apei poate fi afectată și prin alunecările de teren apărute ca urmare a dezechilibrelor create la realizarea terasamentelor (Wemple et al., 2001), ceea ce poate produce o cantitate de sedimente mai mare decât erodarea taluzurilor (Elliot et al., 1997; Wemple et al., 2001). Astfel, aceste alunecări de teren pot bloca sau reduce secțiunea de curgere a unor cursuri de apă (Gomi et al., 2006; Silde et al., 2006; Nyumba et al., 2021), conducând la creșteri ale turbidității (lordache et al., 2012; Kleinschroth și Healey, 2017) care afectează, în final, și fauna acvatică (Keshkamat et al., 2012), mai ales că în cazul alunecărilor de teren sunt antrenate particule mult mai mari decât cele rezultate în urma eroziunii (Elliot et al., 1997).

Întreținerea necorespunzătoare a drumurilor forestiere, a șanțurilor laterale, a taluzurilor și a podurilor și podețelor poate conduce la creșterea procesului de eroziune și la sporirea transportului de sedimente (Demir, 2007; Kleinschroth și Healey, 2017). Aceste fenomene apar ca urmare a modificărilor de la nivelul părții carosabile care nu mai permit scurgerea apelor spre șanțurile laterale (Alexandru, 2000). Aceste scurgeri sunt cu atât mai mari cu cât suprafața drumului este mai degradată (Elliot et al., 1997; Vuorimies et al., 2015). În plus, colmatarea sau erodarea șanțurilor laterale și a podurilor și podețelor împiedică evacuarea apelor în zonele laterale ale drumului, cu implicații directe în degradarea drumului prin acțiunea de spălare a apelor din precipitații (Ryan et al., 2004; Negishi et al., 2008; Gillies, 2011; \*\*\*, 2011a). Aceste influențe sunt cu atât mai grave cu cât drumul nu prezintă o structură rutieră solidă (Hauser et al., 2018), ci una din pământ (Bereziuc et al., 2006), ceea ce impune stabilirea unor restricții care să limiteze accesul pe drum în perioadele cu exces de umiditate (Elliot et al., 1997; \*\*\*, 2011a; \*\*\*, 2015a) pentru prevenirea degradărilor și asigurarea unei scurgeri normale a apei.

Din altă perspectivă, șanțurile neîntreținute, care nu sunt protejate împotriva eroziunii prin diverse metode sau au o înclinare longitudinală necorespunzătoare (Keller și Sherar, 2003; Ryan et al., 2004; Olteanu, 2008; \*\*\*, 2011a; \*\*\*, 2011b; Eskandari și Hosseini, 2013), concentrează scurgerile, cauzând eroziuni mai extinse și un transport sporit de sedimente, mai ales în primul an (Elliot et al., 1997). În plus, forma șanțului este foarte importantă, cele triunghiulare fiind mult mai ușor colmate cu sedimente și obturate de ramuri subțiri, ceea ce le face mai ineficiente față de cele trapezoidale (Eskandari și Hosseini, 2013).

### **2.2.5. Influența drumurilor forestiere asupra ecosistemelor**

Integritatea ecosistemelor forestiere este afectată, în primul rând, prin modificările structurale și funcționale apărute ca urmare a construcției drumului (Laurance et al., 2009; Arévalo și Newhard, 2011; Makki et al., 2013; Kleinschroth și Healey, 2017). Astfel, apare fragmentarea habitatelor în unele mai mici, de multe ori izolate (Laurance et al., 2009; Arévalo și Newhard, 2011; Wiącek et al., 2015a; Kleinschroth și Healey, 2017; Nyumba et al., 2021) sau chiar pierderea unor ecosisteme, dar și blocarea sau îngreunarea migrației animalelor (Luce și Wemple, 2001).

Drumurile forestiere, ca toate celelalte elemente de infrastructură, reprezintă bariere în calea mișcării naturale a animalelor (Fahrig, 2003; Dorsey et al., 2015; Makki et al., 2013; Kleinschroth și Healey, 2017), ceea ce poate conduce la pierderea sau reducerea biodiversității (Arévalo și Newhard, 2011; Van Der Ree et al., 2011; Garcia și Feintrenie, 2014; Morelli et al., 2014; Gillet et al., 2016). În același timp, căile de transport pot influența migrația unor specii non-native reprezentând coridoare de migrație, ceea ce le permite acestora depășirea unor bariere naturale, inițial de netrecut, și dezvoltarea populațiilor pe un teritoriu mai mare (Luce și Wemple, 2001; Demir, 2007; Laurance et al., 2015; Nyumba et al., 2021).

### **2.2.6. Influența drumurilor forestiere asupra vegetației**

Un prim aspect care trebuie menționat este faptul că scoaterea unor suprafețe din producție implică eliminarea vegetației naturale și înlocuirea acesteia, într-o proporție mai redusă, cu alte specii care să suplinească măcar parțial efectele ecologice ale vegetației pierdute ca urmare a construcției drumului (Keller și Sherar, 2003; Ryan et al., 2004; Fannin și Lorbach, 2007; Kleinschroth et al., 2016; Kleinschroth și Healey, 2017).

Pe de altă parte, există posibilitatea de apariție a unor specii noi, invadatoare sau pioniere, care să colonizeze noile suprafețe (Hulme, 2009; Laurance et al., 2009; Veldman et al., 2009; Catford et al., 2012). Cu toate acestea, apariția acestor specii invadatoare nu poate fi pusă doar pe seama construcției căii de transport (Nyumba et al., 2021), deși în unele studii (Costa și Magnusson, 2002; Demir, 2007; Kleinschroth et al., 2016) se afirmă că instalarea plantelor invazive este favorizată de deschiderea culoarului pentru drum.

### **2.2.7. Influența drumurilor forestiere asupra faunei**

Fauna sălbatică poate fi afectată direct prin existența căii permanente de transport, care poate reprezenta o barieră în mișcarea liberă a populațiilor (Seiler, 2001; Van Der Ree et al., 2011; Polak et al., 2013; Kleinschroth și Healey, 2017), dar și indirect, prin deprecierea calității aerului și a apei sau prin apariția vibrațiilor, zgomotelor și a prafului datorate traficului (Arévalo și Newhard, 2011; McClure et al., 2013; Dorsey et al., 2015; Nyumba et al., 2021) și a luminilor de la vehicule (Wiącek et al., 2015b).

În plus, apariția căilor de transport conduce la modificarea comportamentului natural al animalelor (Arévalo și Newhard, 2011; Wiącek et al., 2015b; Kleinschroth și Healey, 2017; Nyumba et al., 2021), care presupune fie evitarea căii de transport și a zonelor limitrofe (Barnes et al., 1991; Makki et al., 2013; Torres et al., 2016), fie invadarea zonelor locuite datorită accesului mai facil la hrană (Coleman și Fraser, 1989), fie schimbarea zonelor în care își aveau adăpostul (Wiącek et al., 2015b; Kleinschroth și Healey, 2017). Pe de altă parte, coridoarele deschise pentru lucrările de infrastructură pot crea medii propice instalării altor specii de plante (Hulme, 2009; Veldman et al., 2009; Catford et al., 2012), ceea ce le face mai bogate și mai dorite de unele specii de animale, chiar dacă astfel se expun unor riscuri (Laurance et al., 2015; Wiącek et al., 2015b).

O altă consecință negativă apare în perioada de exploatare a obiectivelor de investiții, când pot apărea accidente, soldate fie cu rănirea sau chiar moartea animalelor sălbatice (Coffin, 2007; Laurance et al., 2009; Arévalo și Newhard, 2011; Makki et al., 2013; Wiącek et al., 2015b; Kleinschroth și Healey, 2017) sau rănirea oamenilor și prejudicierea bunurilor.

### **2.2.8. Influența drumurilor forestiere asupra calității aerului**

Infrastructura de transport poate afecta calitatea aerului atât direct, cât și indirect. Influențele directe apar în perioada de construcție și de exploatare a drumului și sunt legate de emisiile de dioxid de carbon și praf ca urmare a folosirii utilajelor la construcție, precum și a traficului desfășurat pe drum (Demir, 2007; Laurance et al., 2009; Holzleitner et al., 2011; Griscom et al., 2014; Nenu, 2019; Kleinschroth și Healey, 2017). Efectele indirecte apar ca urmare a schimbării categoriei de folosință a terenului, mai ales că drumurile forestiere se dezvoltă în zone naturale, bogate în păduri (Begus și Pertlik, 2017), ceea ce face ca zona aferentă construcției să fie scoasă din circuitul forestier, deci efectele benefice ale vegetației inițiale sunt mult reduse (Seiler, 2001; Kleinschroth et al., 2016; Nyumba et al., 2021). În plus, emisiile de dioxid de carbon cresc considerabil, aproximativ 60% din totalul emisiilor de dioxid de carbon provenind din dezvoltarea și întreținerea infrastructurii forestiere de transport și din transportul lemnului (Heinimann, 2012).

### **2.2.9. Concluzii**

Indiferent de importanța și tipul lucrării de infrastructură (drumuri forestiere, drumuri de colectare, drumuri publice, căi ferate), întotdeauna vor exista influențe asupra mediului. Pentru că existența căilor de transport este strâns legată de activitatea omului, proiectarea, construcția și întreținerea lucrărilor de infrastructură trebuie realizate astfel încât efectele asupra mediului să fie minime.

Prin alegerea unor trasee potrivite pentru drumurile forestiere aflate în stadiul de proiectare, pot fi cruțate zonele de protecție pentru unele specii amenințate, efectele negative asupra mediului fiind oarecum limitate.

Întrucât faza de construcție are cel mai mare impact negativ asupra mediului, alegerea materialelor, a tehnologiilor de lucru și, mai ales, a utilajelor necesare pentru realizarea lucrărilor este foarte importantă, în special în limitarea efectelor nedorite asupra solului.

Chiar dacă existența unui drum forestier modifică regimul hidrologic din zona construcției, prin lucrările de apărare-consolidare, prin respectarea pantei taluzurilor și a șanțurilor și printr-o întreținere corespunzătoare a părții carosabile pot fi reduse procesele de eroziune și de transport de sedimente, ceea ce s-ar reflecta într-un impact negativ mai scăzut asupra calității apei.

Prin faptul că lucrările de infrastructură reprezintă, de multe ori, bariere în calea mișcării libere a populațiilor, acestea pot influența decisiv biodiversitatea dintr-o anumită zonă, putând conduce la fragmentarea habitatelor sau chiar distrugerea lor. În plus, numeroase specii de animale își schimbă comportamentul natural, fie evitând zonele limitrofe lucrărilor de infrastructură, fie apropiindu-se mai mult de oameni pentru obținerea mai facilă a hranei.

Căile de transport au o influență directă asupra florei și faunei din zona în care se dezvoltă construcția, prin modificările structurale aduse terenului natural, însă și un impact indirect, în urma exploatării drumului (noxe, praf, zgomot, vibrații, accidente). În plus, modificarea categoriei de folosință a terenului oferă posibilitatea unor specii, cu cerințe ecologice diferite de vegetația inițială, să colonizeze spațiile nou create.

Pentru desfășurarea normală a activităților, lucrările de infrastructură facilitează accesul în anumite zone, ceea ce poate influența comportamentul uman, nu întotdeauna într-un sens bun. Astfel, se pot crea premisele pentru desfășurarea unor activități ilegale (furtul de lemn și braconaj).

Cu toate consecințele, directe sau indirecte asupra mediului, drumurile forestiere pot fi privite și ca ecosisteme aparte, create artificial, datorită faptului că interacționează cu toate celelalte părți ale biotopului, fiind colonizate, într-un timp mai lung sau mai scurt, de vegetație și microfaună.

### 2.3. Diseminarea rezultatelor

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: **2** articole ISI, **1** articol în review trimis la un jurnal ISI (Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering), **1** articol Proceedings ISI, **8** articole indexate în baze de date internaționale și **1** articol prezentat la o conferință internațională.

#### Articole ISI:

1. **Mușat, E.C.\***, Abutnăriței, G.L., Hoge, D.D., Miu, L.D., Avram, V.N., Derczeni, R.A., 2024a. Loading round wood in forestry trucks and forestry platforms: a case study for Romania. *Forests, Special Issue Sustainable Forest Operations Planning and Management*, vol. 15(9), ID articol 1646. **Factor de impact 2023: 2,400. Scor relativ de influență 2023: 1,468.** DOI: [10.3390/f15091646](https://doi.org/10.3390/f15091646). Articol publicat: 18.09.2024, încă neindexat. Jurnal: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/9/1646>. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/DLNLnJD56ABL9wq>
2. **Mușat, E.C.\***, 2024d. The impact of forest roads on the environment - a narrative review". Trimis la: Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering (09.12.2022), **in review**.
3. Kärhä, K., Seuri, M., Donagh, P.M.M., Acuna, M., Kanzian, C., Petković, V., Gonçalves, R.R.C., Costa, L.H.S., da Cruz, R.C., Krumov, T., Bradley, A., Röser, D., Pinto, C., Dian, W., Pandur, Z., Dvořák, J., Jørgensen, M.T., Muiste, P., Irdla, M., Ginet, C., Purfürst, T., Dietz, H.-U., Spinelli, R., Suzuki, Y., Shirasawa, H., Lazdiňš, A., Visser, R., Harvey, C., Skjølaas, D., Moskalik, T., Trzciński, G., Borz, S.A., **Mușat, E.C.**, Triplat, M., Oberholzer, F., Talbot, B., Tolosana, E., von Hofsten, H., Akay, A.O., Bakay, B., Conrad IV, J., Olivera, A., 2024: *Overview of global long-distance road transportation of industrial roundwood*. In: *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 25(1), pp. 217-236. **Factor de impact 2023 = 1,038. Scor relativ de influență 2023 = 1,003.** DOI: [10.5552/crojfe.2024.2286](https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2286). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Tc4moMqdMWAiZQ5>

#### Articole Proceedings ISI:

1. Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Ciobanu, D.V., Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Liampas, S.A., 2019. *Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. In: *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, The 8<sup>th</sup> Edition, pp. 161-170. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/rKswLCrqsW664dB>

#### Articole BDI:

1. Bitir I., **Mușat E.C.**, Lunguleasa A.\*, Ciobanu V.D., 2021a. *Monitoring the transport on the Ciobănuș forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, nr. 1(63), pp. 10-16. DOI: [10.31926/RECENT.2021.63.010](https://doi.org/10.31926/RECENT.2021.63.010). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/sHEL6GiHQEgSZJB>
2. Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*, issue 3.2, pp. 853-860. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/nectQYonaQ9HXNF>
3. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A.\*, Bitir, I., Liampas, S.A., Ciobanu, V.D., 2019c. *Analiza costurilor în cazul lucrărilor de drumuri executate în regie proprie sau cu terți*. In: *Revista Pădurilor*, anul 134, nr. 1, pp. 37-50. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/CiBzN8fGJBmoSsQ>
4. Vișan, J., Alexandru, V.M., Ciobanu, D.V., **Mușat, E.C.\***, 2017. *The impact of forest roads on the environment: A short review*. In: *Proceedings of the International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, Brașov, pp. 133-138. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/yHwk3nSxAyAdnQN>
5. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., Vișan, J., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016d. *Analiza variantelor de structură rutieră în contextul sporirii capacității portante a drumurilor forestiere*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(3-4), pp. 91-99. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/zFpXaLHfAE8eGHj>

6. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, D.V., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016c. *Solicitările provocate de transportul lemnului cu autovehicule de tonaj sporit și portanța drumurilor forestiere secundare*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(1-2), pp. 88-96. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Po3ozJ7RSmbq4Xj>
7. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V.\*, **Mușat, E.-C.**, Dumitrașcu, A.-E., Antoniadă, C., Vișan, J., 2015. *The density index of the forest road network managed by the Natinal Forest Administration (R.N.P.)*. In: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, pp. 196-203. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/mboBLjPMktbsKPM>
8. **Mușat, E.C.\***, Alexandru, V.M., Ciobanu, V.D., Săceanu, S.C-tin., Antoniadă căs. Roman, C., Vișan, J., 2014c. *The type and the extension of the degradations caused by the introduction in the timber transportation of the increased weight vehicles*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 129(5-6), pp. 38-43. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/KacCWkyAWBDRMaQ>

**Articole prezentate la conferințe (Book of abstracts):**

1. **Mușat, E.-C.\***, Antoniadă, C.C., Vișan, J., Munteanu, H., Mușat, G., Ciobanu, V., 2015b. *Current development of the forest with auto roads. Case of five Romanian Forest Districts*. **Articol susținut la: The 14<sup>th</sup> International Symposium „Prospects for the 3<sup>rd</sup> Millennium Agriculture**, 24-26 September 2015, Cluj-Napoca. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Romania.

## Capitolul III. Transportul lemnului în România

Activitatea de transport a reprezentat o problemă ce, din totdeauna, a fost actuală, întrucât costurile aferente sunt semnificative și se reflectă, în mare parte, în prețul final al produselor. Din acest motiv, organizarea mai bună a transportului poate conduce la o eficientizare corespunzătoare și la menținerea costurilor la un nivel acceptat de factorii implicați, însă acest lucru nu se poate face decât dacă sunt cunoscute o serie de elemente particulare, precum traficul forestier, ca și componentă și intensitate, duratele efective de transport, dar și cele de încărcare și diverse întârzieri, precum și distanțele parcurse de mijloacele de transport și volumele încărcate la o cursă.

Pornind de la aceste considerente, capitolul prezintă rezultate cu privire la traficul înregistrat pe un drum forestier de vale, volumele transportate și distanțele aferente în cazul în care beneficiarii sunt persoane fizice sau juridice (agenți economici), dar și volumele încărcate în autovehicule specializate pentru transportul lemnului și timpii specifici de încărcare.

### 3.1. Introducere

Pădurile reprezintă un bun public, cu multiple beneficii asupra societății, fie ele de ordin economic, ecologic sau chiar social (Potocnik et al., 2005; Grulois et al., 2014). La nivelul României, pădurile ocupă o suprafață însemnată, de aproximativ 6,9 milioane de hectare (Fornea et al., 2018), fiind situate în mare parte în regiunile alpine (Iordache et al., 2012). Diversitatea mare din punct de vedere geomorfologic și climatic a teritoriilor țării conduce la o mare varietate de compoziții în ceea ce privește speciile de arbori din păduri. Toate acestea presupun lucrări silviculturale și de gospodărire diferite, cât mai potrivite diverselor tipuri de păduri care, în România, au fie funcții de protecție, fie de producție, fie de protecție și producție (Popovici et al., 2003; Fornea et al., 2018).

Întrucât valorificarea superioară a tuturor produselor pădurii (Acuna, 2017; Bitir et al., 2019b) contribuie la produsul intern brut al României cu aproximativ 4% (Fornea et al., 2018), crearea unor căi de acces în pădure este imperios necesară (Popovici et al., 2003; Iordache et al., 2012), mai ales că depozitarea pe termen lung a lemnului în condiții improprie conduce la declasarea acestuia și la reducerea calității (Beldeanu, 2008; Tahvanainen și Antilla, 2011; Mousavi și Naghdi, 2013; Zanuncio et al., 2017), tradusă în pierderi financiare.

Lemnul, ca principal produs al pădurii, trebuie adus din pădure spre diverși beneficiari (Potocnik et al., 2005; Holzleitner et al., 2011; Mușat et al., 2016d; Fornea et al., 2018; Palander et al., 2020) cu ajutorul mijloacelor de transport (Oprea și Sbera, 2004; Mousavi și Naghdi, 2013; Mușat și Bitir, 2022; Kogler și Rauch, 2023), care diferă foarte mult, pe piață existând diverse mărci și modele (Olteanu, 1995; Holzleitner et al., 2011; Sosa et al., 2015; Palander, 2023). Alegerea unui anumit tip de autovehicul pentru transportul lemnului depinde de o serie de factori care țin de: natura lucrărilor executate în pădure (Ciubotaru, 1998; Brown, 2021); sortimentele de lemn transportate (Olteanu, 1995; Ciubotaru, 1998; Mousavi și Naghdi, 2013; Acuna, 2017; Zanuncio et al., 2017); categoria drumului pe care se circulă și distanțele de transport din pădure la beneficiari (Tahvanainen și Antilla, 2011; Sosa et al., 2015; Bitir et al., 2019b); caracteristicile constructive ale autovehiculelor și capacitatea lor de încărcare (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004; Mousavi și Naghdi, 2013; Palander și Karha, 2017; Knight et al., 2023), precum și de distribuția încărcărilor pe axe (Jucan, 1994; Olteanu, 1995; Derczeni et al., 2019; Mușat și Bitir, 2022; Karha et al., 2024).

Astfel, la transportul lemnului se pot folosi camioane, cu sau fără remorcă, autoplatforme forestiere, cu sau fără semiremorcă, autotrenuri forestiere, autocamioane cu container, toate folosite pentru transportul lemnului pe distanțe lungi (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004; Potocnik et al., 2005; Tahvanainen și Antilla, 2011; Acuna, 2017; Brown, 2021; Mușat și Bitir, 2022; Knight et al., 2023; Karha et al., 2024), dar și tractoare cu remorcă sau chiar vehicule cu tracțiune animală, în situația distanțelor reduse de transport (Oprea și Sbera, 2004; Potocnik et al., 2005). Autovehiculele de transport destinate lemnului rotund sunt prevăzute, de obicei, cu sisteme proprii de încărcare a lemnului (Holzleitner et al., 2011; Kogler și Rauch, 2023; Palander, 2023), fie de tipul macaralelor

hidraulice, fie de tipul sistemelor de încărcare cu cabluri (Ciubotaru, 1998; Bereziuc, 2004; Oprea și Sbera, 2004; Sosa et al., 2015), dar există și autovehicule care nu dispun de aceste dotări. Alegerea unui anumit tip ține seama de caracteristicile zonei din care se încarcă lemnul (Mousavi și Naghdi 2013), ale depozitelor la care ajunge lemnul (Ciubotaru, 1998; Mousavi și Naghdi, 2013), dar și de disponibilitatea unui anumit model (Mousavi și Naghdi, 2013; Brown, 2021).

## 3.2. Monitorizarea transportului de lemn în cazul unui drum forestier principal

### 3.2.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru

Drumul forestier Ciobănuș este un drum principal de vale cu o platformă de 4,5 m lățime și o cale de rulare de 3,5 m lățime, care a fost construit în anul 1973. Până în 1994 drumul forestier Ciobănuș s-a aflat în administrarea I.F.E.T. Bacău, dar apoi a trecut în administrarea R.N.P. Romsilva, prin D.S. Bacău.

De menționat este faptul că drumul forestier Ciobănuș a fost parcurs doar cu lucrări de întreținere, chiar dacă în ultimii 20 de ani a fost afectat de numeroase inundații, ceea ce a condus la o degradare excesivă a drumului. Astfel că la momentul studiului acesta prezenta risc pentru circulație, având foarte multe degradări de tipul fâgașelor și gropilor. În acest sens, precipitațiile torențiale au condus la creșterea nivelului apelor pârâului Ciobănuș (comuna Asău, județul Bacău), care au afectat terasamentul drumului, conducând pe alocuri la prăbușiri ale platformei, ceea ce face ca în unele zone lățimea platformei să fie mai mică decât cea specificată în normativ pentru drumurile principale (5,00 m din care pentru partea carosabilă revine 4,00 m, iar pentru fiecare acostament 0,50 m). În plus, amplasarea platformelor primare în vecinătatea drumului și chiar depozitarea de material lemnos pe drum a condus la contaminarea suprastructurii cu materiale necorespunzătoare (noroi și praf), care au consecințe asupra comportării drumului, afectându-i direct capacitatea portantă.

Cu scopul de a evidenția traficul de pe drumul forestier Ciobănuș au fost realizate monitorizări zilnice timp de 5 ani și jumătate, din 2014 până în 2018, primul semestru. În urma acestor monitorizări au fost obținute date cu privire la data de realizare a transportului, numărul de înmatriculare al camionului și/sau remorcii, numărului avizului de însoțire a materialului lemnos, volumele și sortimentele transportate, pe specii. Întrucât în zonă sunt prezente atât specii de foioase, cât și de rășinoase, pentru a transforma volumele în tone au fost folosiți următorii coeficienți: 0,87 tone/m<sup>3</sup> pentru rășinoase, 1 tonă/m<sup>3</sup> pentru foioase și 1,7 tone/m<sup>3</sup> pentru balast, întrucât în perioada de studiu drumul a fost parcurs cu unele lucrări de întreținere.

### 3.2.2. Volumele transportate pe drumul forestier Ciobănuș

Ca urmare a centralizării datelor, s-a constatat că în perioada 2014 – 2018 pe drumul forestier Ciobănuș s-a transportat un volum de 171.691 m<sup>3</sup>, adică 153.246 tone, ceea ce corespunde la 34.338 m<sup>3</sup> ca medie anuală, adică 30.650 tone/an. Aceste valori corespund doar încărcăturii formată, în general, din material lemnos. Dacă se ia în considerare și greutatea autovehiculelor se ajunge la 235.093 tone în perioada analizată, cu o medie anuală de 47.018 tone. De asemenea, s-a observat că volumele transportate anual au fost aproximativ egale, variind de la 30.827 m<sup>3</sup> în 2017 la 35.767 m<sup>3</sup> în 2014.

Legat de variabilitatea volumelor transportate de la o lună la alta (figura 3.1) se observă că acestea variază de la un an la altul, astfel că cele mai mari volume au fost transportate în lunile februarie (2014, 2017) și martie (2014, 2015, 2017 și 2018). Lunând în considerare distribuția lunară a valorilor transportate în anul 2017 cu datele climatice aferente perioadei, s-a constatat că cea mai mare intensitate a traficului a avut loc între octombrie și martie, perioadă caracterizată prin temperaturi scăzute, umiditate mare, zile înorate, cu mari viteze ale vântului.

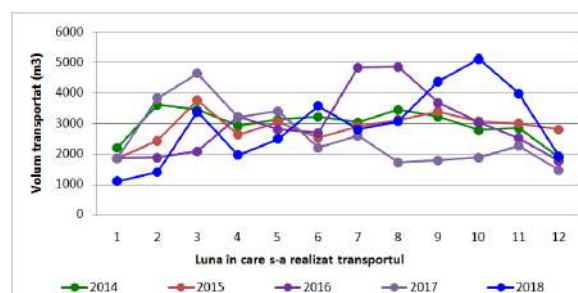


Figura 3.1. Distribuția lunară a volumelor transportate pe drumul forestier Ciobănuș în perioada 2014- 2018 (Bitir et al., 2021a)

După centralizarea datelor rezultate din monitorizarea traficului pe drumul forestier Ciobănuș, s-a constatat că la transport au fost folosite atât autotrenuri și autoplatforme forestiere, cât și mijloace de transport de capacitate mică (mai mici de 5 tone). Astfel, vehiculele de capacitate mică au fost folosite la 2% din transporturile realizate, și au fost destinate localnicilor care au achiziționat, în special, lemn de foc (tabelul 3.1), a cărui pondere a variat de la 80 la 92% din masa lemnoasă transportată cu vehicule de capacitate mai mică de 5 tone.

Tabelul 3.1. Transportul de lemn cu vehicule transport mai mici de 5 tone (Bitir et al., 2021a)

Anul	Volumul transportat cu vehicule mai mici de 5 tone		
	Volum total (m <sup>3</sup> )	Din care lemn de foc (m <sup>3</sup> )	Din care lemn de foc (%)
2014	367	292	80
2015	526	455	87
2016	581	499	86
2017	947	864	91
2018	1.341	1.230	92

Pe de altă parte, s-a constatat că pentru masa lemnoasă destinată prelucrării (lemn de lucru) au fost utilizate mijloace de transport de capacitate mare, la unele transporturi fiind depășită chiar reglementarea cu privire la masa maximă total admisă de 38 tone (\*\*\*, 2011a). În acest sens, din analiza tabelului 3.2 s-a observat că cele mai multe transporturi depășesc reglementările, ceea ce explică, într-o oarecare măsură, și starea avansată de degradare în care se afla drumul la momentul investigațiilor. În plus, trebuie menționat și faptul că drumul forestier Ciobănuș a fost construit după normativul AND-582/2002 (\*\*\*, 2002) care prelua vechile reglementări cu privire la dimensionarea sistemelor rutiere în acord cu un tonaj maxim de 25 tone, și până la momentul determinărilor nu a fost parcurs cu lucrări de reparații capitale și nici reabilitat. Aceste aspecte fac ca noile solicitări din trafic să le depășească pe cele considerate la proiectarea drumului, cu impact direct în reducerea capacității portante a acestuia.

Tabelul 3.2. Volumele transportate în perioada 2014 – 2018 prin prisma cantităților transportate la o cursă cu diverse mijloace de transport (Bitir et al., 2021a)

Anul	Tonajul vehiculului folosit la transport (tone)					Tonaj total pe an (tone)
	0 - 5	5 - 12	12 - 24	24 - 38	peste 38	
2014	367	1.044	892	9.740	23.724	35.767
2015	526	859	621	7.628	24.973	24.607
2016	581	736	431	6.170	27.275	35.193
2017	947	428	216	5.415	23.821	30.827
2018	1.341	91	344	4.586	28.935	35.297
Total	3.762	3.158	2.504	33.539	128.728	171.691

### 3.2.3. Concluzii

Nevoia de lemn la nivelul societății este în continuă creștere, ceea ce impune o eficientizare a procesului de transport (Tahvanainen și Antilla, 2011; Mușat et al., 2014c; Sosa et al., 2015; Acuna, 2017; Karha et al., 2024). În principal, transportul lemnului din pădure la diverși beneficiari se realizează cu vehicule de capacități și tipuri diferite (Oprea și Sbera, 2004; Tahvanainen și Antilla, 2011; Sosa et al., 2015; Mușat et al., 2019b; Knight et al., 2023; Palander, 2023; Karha et al., 2024), care permit încărcături diferite pe autovehicul, dar și solicitări mai mici sau mai mari asupra căilor de transport (Olsson și Lohmander, 2005; Potocnik et al., 2005; Mușat și Bitir, 2022). Astfel, drumurile pot condiționa folosirea mijloacelor de transport de capacitate mare, prin caracteristicile constructive, zona în care sunt construite, dar și starea în care se află (Holzleitner et al., 2011; Mousavi și Naghdi, 2013; Visser și Harley, 2021; Karha și Rantala, 2022; Karha et al., 2024).

Din analiza volumelor transportate pe drumul forestier Ciobănuș (D.S. Bacău) în perioada 2014 – 2018 se constată o distribuție anuală relativ uniformă, fără variații mari de la un an la altul.



Chiar dacă volumul transportat nu a variat foarte mult, faptul că numărul de curse a scăzut a condus la o creștere a volumului mediu transportat la o cursă și, inclusiv, a tonajului.

Annual pe drumul forestier Ciobănuș au fost transportate volume corespunzătoare drumurilor forestiere principale, dar faptul că acesta a fost dimensionat și construit după alte reglementări decât cele în vigoare explică starea intensă de degradare în care se afla drumul.

### **3.3. Analiza distanțelor impuse de transportul lemnului la diverși beneficiari**

#### **3.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru**

Pentru a evalua distanțele de transport în cazul materialelor lemnoase destinate unor beneficiari diverși, au fost realizate analize cu privire la situația intrărilor de masă lemnoasă într-o fabrică din Brașov și au fost studiate unele avize de însoțire a materialului lemnos emise de O.S. Codrii Cetăților R.A. au fost analizate volumele de lemn achiziționate în anul 2013 de o companie care se ocupă cu prelucrarea lemnului și fabricarea plăcilor OSB, și au fost luate în considerare și distanțele de transport aferente pentru a vedea dacă distanța reprezintă unul dintre factorii hotărâtori pentru achiziția de masă lemnoasă. În plus, au fost analizate și intrările de material lemnos pentru anii 2016 și 2017, urmărindu-se informații legate de mijloacele de transport folosite și eșalonarea volumelor în metri steri, pe luni și pe specii.

Locul cercetărilor, ca și metodologia de lucru sunt structurate în acord cu obiectivele fixate pentru atingerea scopului propus. Cercetările desfășurate pentru a evalua distanțele de transport în cazul lemnului destinat beneficiarilor persoane fizice s-au desfășurat în județul Brașov, în cadrul unității de producție (U.P.) II Codlea, în pădurile administrate de O.S. Codrii Cetăților R.A.

Pentru lucrările de teren au fost luate în considerare 5 parchete de exploatare, diferite în ceea ce privește tratamentul aplicat, volumul de lemn recoltat și distanța față de municipiul Codlea unde se regăsesc toți beneficiarii masei lemnoase transportate. Astfel, un parchet a fost parcurs cu tăieri progresive, obținându-se produse principale cu un volum de 424 m<sup>3</sup>. Două parchete au fost parcurse cu lucrări de igienă, unde au fost recoltate volumele: de 51 m<sup>3</sup> – fag, respectiv 249 m<sup>3</sup> fag și molid, iar alte două parchete cu lucrări de îngrijire – rărituri, de unde au fost recoltate volume de 16 m<sup>3</sup> – carpen și fag și 169 m<sup>3</sup> – carpen, gorun și fag. În toate cazurile, materialul lemnos recoltat și pregătit pentru transport s-a regăsit sub formă de sortimente și multipli de sortimente.

Determinările privind distanțele de transport, realizate în județul Brașov, au implicat studiul a 200 de avize de însoțire a masei lemnoase. Din avizele de însoțire au fost extrase date cu privire la sortimentele transportate, cantitatea și dimensiunile pieselor (pe specii), tipul mijlocului de transport, precum și punctele de încărcare și cel de descărcare. Pentru a calcula distanțele de transport a fost folosit un GPS Garmin Montana 680 A cu care au fost luate coordonatele GPS din platformele primare. În funcție de acestea au fost determinate, cu ajutorul Google Maps Pro, distanțele din platformele primare (punctele de încărcare) până la diverșii beneficiari (puncte de descărcare).

#### **3.3.2. Volumele de lemn achiziționate de compania producătoare de plăci OSB**

Dacă se analizează datele puse la dispoziție de firma producătoare a plăcilor OSB, în raport cu posibilitatea pădurilor și procentul de material lemnos achiziționat în anul 2013 (figura 3.2 – a.), se poate observa că din trei județe (Brașov, Covasna și Bistrița Năsăud) masa lemnoasă achiziționată reprezintă 32 – 39% din posibilitatea pădurilor din zonă, la polul opus situându-se județele Maramureș (2,4%) și Gorj (1,4%).

În urma centralizării și interpretării datelor s-a constatat că masa lemnoasă achiziționată pentru fabricarea plăcilor OSB provine din toată țara, fiind transportată de la punctul de achiziționare până la fabrică cu ajutorul autotrenurilor forestiere sau pe calea ferată.

Dacă lucrurile sunt analizate în raport de distanța de transport (figura 3.2 – b.), se constată că valorile variază în limite destul de largi, achizițiile fiind realizate de la distanțe cuprinse între 50 km (Brașov) și 370 km (Maramureș). Acest lucru nu corespunde unor date din literatură (Lindt et al., 2009), unde se menționează că o distanță fezabilă de transport pentru materialele energetice ar trebui să se situeze între 20 – 120 km. Apar și alte mențiuni (Tahvanainen și Antilla, 2011), unde se afirmă că

transportul pe calea ferată poate reprezenta o alternativă a transportului pe drumuri, chiar și la distanțe mai mari de 100 km. Pe de altă parte, firma producătoare de plăci OSB nu este influențată de distanțele de transport, întrucât aceasta achiziționează material lemnos adus la poarta fabricii, cheltuielile de transport fiind suportate în totalitate de către agenții economici care vând materialul lemnos.

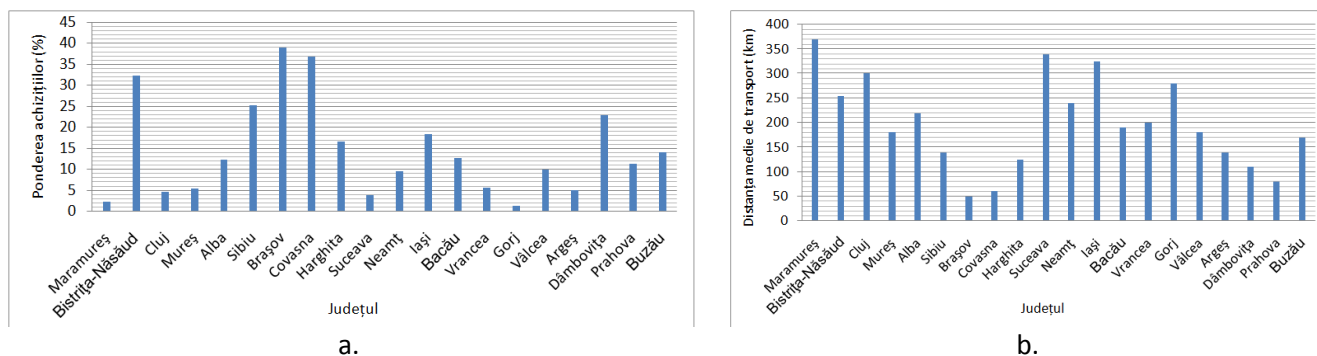


Figura 3.2. Ponderea masei lemnoase achiziționate în raport cu posibilitatea pădurilor din zonă (a.) și distanța medie de transport pentru masa lemnoasă achiziționată (b.) (Mușat et al., 2019b)

Referitor la volumele achiziționate în 2016 și 2017 (figura 3.3 - a), se poate menționa că acestea au fost mai mari în lunile mai – septembrie, cu toate că se observă o scădere în luna iunie a anului 2016. Volumele mari achiziționate la sfârșitul anului 2016 au influențat și asupra celor achiziționate la începutul anului 2017, ceea ce presupune că firma a avut suficientă materie primă pentru a reduce achizițiile de lemn, în vederea obținerii unor prețuri mai bune.

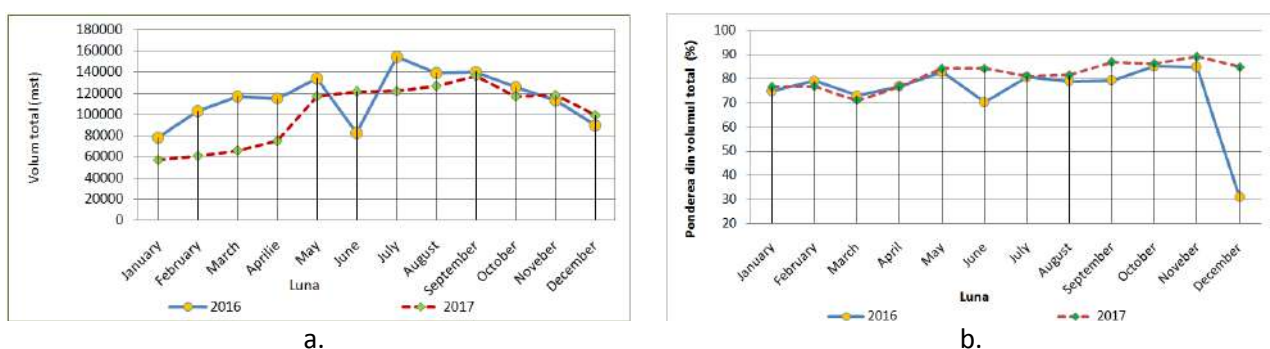


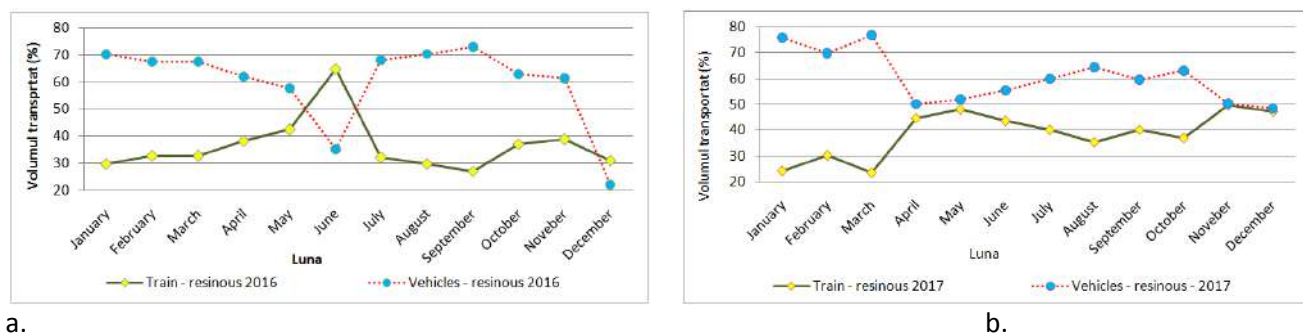
Figura 3.3. Volume totale achiziționate în 2016 și 2017 (a.) și ponderea lemnului de rășinoase (b.) (Mușat et al., 2019b)

Raportat la speciile achiziționate, se constată, cu ușurință, predominanța rășinoaselor (figura 3.3 – b.), ponderea lemnului de rășinoase situându-se constant peste 70% din întregul volum achiziționat. Justificarea constă în faptul că lemnul speciilor de rășinoase și al celor de foioase de esență moale conferă plăcilor o culoare mai deschisă, iar indicele de curbare este mai mic decât în cazul speciilor de esență tare (Beldeanu, 2008). În plus, lemnul de esență moale presupune o cantitate mai mare de aşchii decât lemnul de esență tare pentru a ajunge la aceleași valori de rezistență, însă acest lucru este practic benefic pentru placă, deoarece straturile de la suprafață prezintă un caracter mai compact (Lunguleasa, 2004).

### 3.3.3. Distanțele de transport corespunzătoare materialului lemnos achiziționat de fabrica producătoare de plăci OSB

În ceea ce privește modalitatea de transport, se constată că și pe calea ferată sunt transportate cantități importante de masă lemnoasă. Dacă se analizează situația per total, se constată că, la nivelul anului 2016 (figura 3.4 – a.), între 27 – 42% din întregul volum achiziționat a fost transportat pe calea ferată, cu un maxim în luna iunie, de 65%. Acest aspect ar putea fi explicat prin faptul că pe calea ferată s-a transportat predominant lemn de rășinoase, iar pe drumuri atât rășinoase, cât și foioase. În 2017

(figura 3.4 – b.), volumele transportate pe calea ferată nu mai prezintă aceleași fluctuații, remarcându-se o pondere de 24 – 49% de masă lemnoasă transportată, cu un minim în lunile ianuarie, februarie și martie.



a.

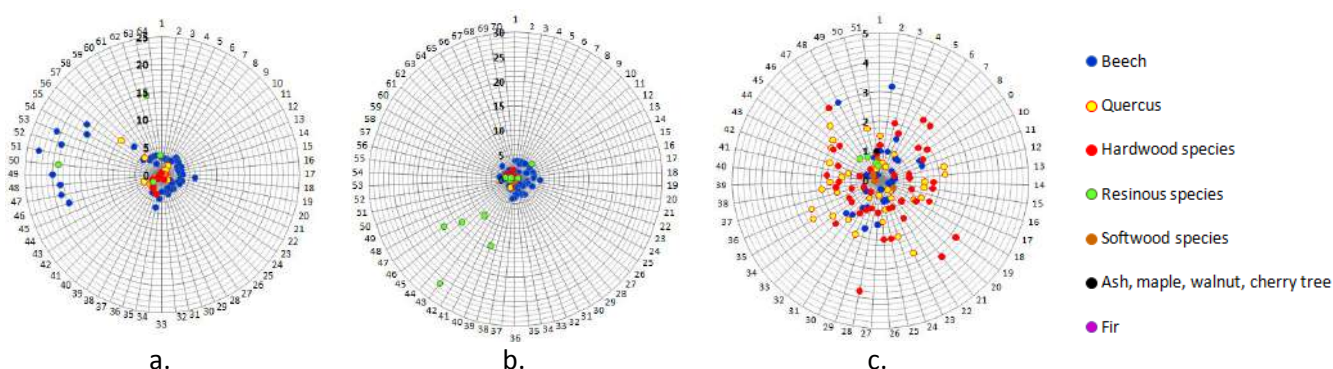
b.

Figura 3.4. Repartizarea volumelor de rășinoase achiziționate în 2016 (a.) și 2017 (b.) (Mușat et al., 2019b)

### 3.3.4. Distanțele de transport aferente materialului lemnos achiziționat de persoane fizice, ca beneficiari locali

Pentru evaluarea distanțelor de transport a materialelor lemnoase spre diverși beneficiari locali, au fost preluate informații din 200 de avize de însoțire a materialului lemnos recoltat din fondul forestier administrat de O.S. Codrii Cetăților R.A. – Codlea. Cele 200 de avize de însoțire a materialului lemnos corespund la 5 parchete de exploatare, de unde au fost emise 64, 13, 2, 70 și 51 de avize. Volumele exploatare diferă în raport cu lucrarea efectuată, ceea ce implică diferite sortimente de lemn în actele de punere în valoare. De menționat este faptul că în majoritatea cazurilor transportul masei lemnoase din platformele primare a fost realizat cu ajutorul vehiculelor de transport de capacitate mică, de tipul camionetelor și tractoarelor cu remorcă.

Din analiza graficelor ilustrate în figura 3.5, corepunzătoare parchetelor cu mai multe avize primare de însoțire a masei lemnoase, se poate observa cu ușurință predominanța speciilor de foioase, mai ales a fagului, urmat de speciile de cvercinee. Însă apar și specii de rășinoase, într-o proporție mult redusă. Legat de volumele încărcate la un transport / o cursă, se constată, de asemenea, faptul că aceste volume sunt reduse, de cele mai multe ori având un volum mai mic de 5 m<sup>3</sup>. Apar însă câteva situații în care volumele transportate sunt de 15 – 25 m<sup>3</sup> la o cursă. La o analiză mai atentă a figurii 3.5 se observă că atunci când sunt transportate volume mai mari, acestea sunt constituite dintr-o singură specie sau un grup de specii. În cazul de față pentru APV 1318628 – parchet parcurs cu lucrări progresive, apar transporturi doar cu lemn de fag, în timp ce în parchetul corespunzător APV – ului 1523712, parcurs cu lucrări de igienă apar transporturi doar cu lemn de rășinoase.



a.

b.

c.

Figura 3.5. Volumele pe specii din fiecare transport realizat la O.S. Codrii Cetăților R.A. (Mușat et al., 2024a): a. APV 1318628 (u.a. 18B); b. APV 1523712 (u.a. 86B, 87 și 88); c. APV 1578154 (u.a. 22A)

La Ocolul Silvic Codrii Cetăților R.A. situația este cu totul alta (figura 3.6), în sensul că materialul lemnos a fost transportat pe distanțe scurte, de 3 – 16 km, fiind destinat populației pentru utilizarea în scop energetic.

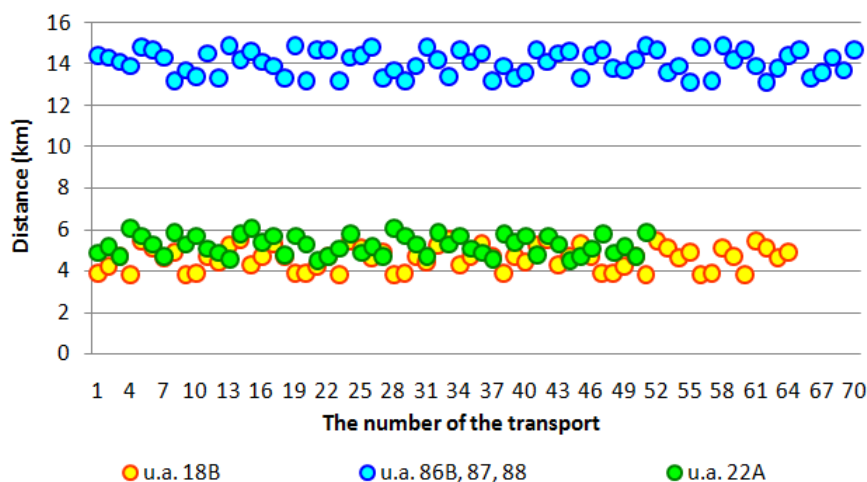


Figura 3.6. Distanțele de transport specifice O.S. Codrii Cetăților R.A. (Mușat et al., 2024a)

### 3.3.5. Concluzii

Din pădurile gestionate de ocoale silvice de stat sau regii publice ce administrează pădurile proprietate a administrațiilor publice locale, materialele lemnoase ajung, în principal, la beneficiari locali, dar și la unele firme de prelucrare a lemnului.

Transporturile cu volume reduse de lemn aparținând mai multor specii presupun distanțe reduse la punctele de încărcare până la primul sau singurul punct de descărcare.

În cazul fabricii producătoare de plăci OSB, distanța de transport aferentă transportului rutier nu prezintă importanță, întrucât costurile aferente transportului sunt suportate integral de vânzător, mai exact de agenții economici care aduc materialul lemnos la poarta fabricii.

## 3.4. Încărcarea lemnului în autotrenuri și autoplatforme forestiere și perioadele de staționare impuse de descărcare

### 3.4.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru specifice încărcării lemnului în vehicule de transport

Studiul încărcării lemnului în diverse mijloace de transport, precum și determinările privind productivitatea la încărcarea lemnului s-au desfășurat în două locații din țară, mai exact în județul Sibiu și județul Caraș - Severin. În județul Sibiu, unele dintre cercetări s-au desfășurat în unitatea amenajistică (u.a.) 13A, unitatea de producție (U.P.) I Miercurea, aflată în administrarea O.S. Miercurea Sibiului. Arboretul luat în studiu a fost parcurs cu tăieri progresive în urma cărora a fost extras un volum de 254,48 m<sup>3</sup> preponderent din specia gorun. Sortimentele destinate transportului au fost pregătite după metoda trunchiuri și catarge. În județul Caraș - Severin au fost realizate lucrări de teren în parchete de exploatare aparținând Ocolului Silvic Bocșa Montană (U.P. IV Smidă) și Ocolul Silvic Bocșa Română (U.P. IX Dagnecea). În arboretele studiate a fost aplicat tratamentul tăierilor progresive, în urma recoltării rezultând bușteni sub formă de sortimente și multipli de sortimente, din diverse specii foioase.

Pentru a observa dacă apar diferențe la încărcarea lemnului rotund lung din platforma primară în diverse mijloace de transport, au fost realizate cercetările din județul Caraș – Severin. Acestea au impus determinări privind timpii de încărcare a fiecărei sarcini în parte, în situația utilizării la transport a autotrenurilor forestiere dotate cu macara hidraulică (figura 3.7 – a.) și a autoplatformelor forestiere marca ROMAN dotate cu trolu TA – 2Am pentru încărcare (figure 3.7 – b.).



Figure 3.7. Autovehiculele luate în studiu (Mușat et al., 2024a): a. autotren forestier (ATF) echipat cu macara hidraulică; b. autoplatformă forestieră (APF) echipată cu troliu TA-2 AM

În județul Sibiu au fost realizate lucrări de teren cu privire la eșalonarea fazelor de lucru în cazul încărcării lemnului în autotrenuri forestiere. Astfel, a fost filmat întregul proces de încărcare, considerând ca punct de start pregătirea autovehiculului de transport și ca punct de final finalizarea actelor de transport. Determinările au vizat 11 autotrenuri diferite, însă la unul dintre acestea – marca MAN TGS 33.510 (cu tracțiune 6x6) procesul de lucru specific încărcării lemnului atât în autotren, cât și în remorca atașată, a fost împărțit în timp productiv și timp neproductiv, în acord cu fazele de lucru. Astfel, procesul de lucru specific încărcării lemnului în autotrenuri forestiere dotate cu macara hidraulică pentru încărcare a fost structurat ținând cont de următoarele faze de lucru, codificate pentru a facilita centralizarea și interpretarea datelor (figura 3.8 – a. și b.): a. Vehicle preparation (PA); b. Actuation of the levers that activate the arm and the grapple (IPZ); c. Log measurement (CL); d. Transfer of the log to the trailer (TBC); e. Placement/arrangement of log in trailer (AABC); f. Returning the arm and grapple from the trailer to the log (RB); g. Other activities (AA); h. Sectional technical break (PTS); i. The end of loading process by placing the arm in the transport position (II); j. Getting off the crane (CM).

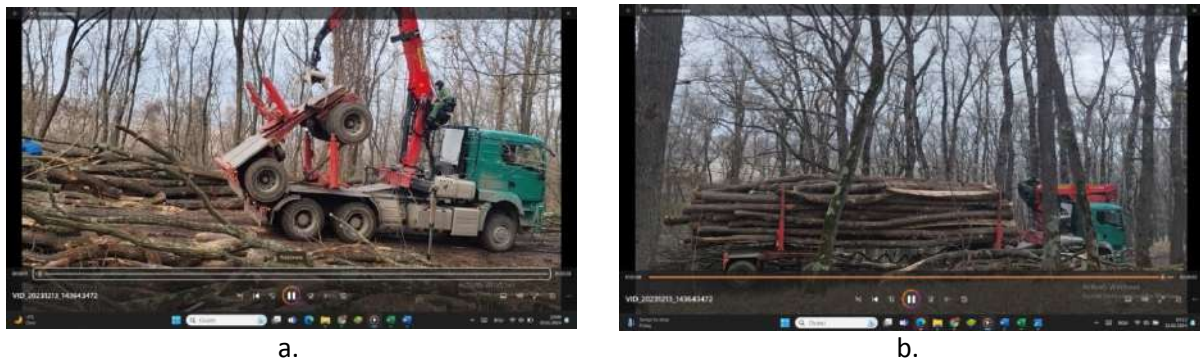


Figure 3.8. Etape de lucru (Mușat et al., 2024a): a. pregătirea vehiculului (PA); b. coborârea de pe macara (CM) după încărcare

### **3.4.2. Locul cercetărilor și metodologia de lucru specifică descărcării lemnului din vehicule de transport**

Pentru a evalua duratele de staționare ale mijloacelor de transport în vederea descărcării lemnului au fost efectuate determinări la o companie din județul Covasna. Au fost luate în considerare toate transporturile de material lemnos care au intrat în fabrică în lunile iulie și octombrie 2016, în zilele de 10 și 23 ale fiecărei luni. De menționat este faptul că fabrica achiziționează material lemnos atât din țară (20%), cât și din import, situație în care masa lemnoasă este transportată pe calea ferată, punând mai mult accent pe specie și calitatea lemnului.

În cazul achizițiilor de la nivel național, lemnul este adus la fabrică de către agenții economici care achiziționează masă lemnoasă de la ocoalele silvice, deci toate cheltuielile de transport sunt

suportate de vânzător (agentul economic) și nu de achizitor (fabrică). Centralizarea datelor a fost realizată ținând cont de numărul de înmatriculare a camionului și remorcii (înregistrată separat față de camion), notându-se ora de intrare și ora de ieșire din fabrică a vehiculului de transport, ceea ce a permis calcularea timpului de descărcare ca diferență între cele două. Acesta include atât descărcarea propriu-zisă a lemnului din mijlocul de transport, cât și predarea/întocmirea documentelor cu privire la lemnul intrat în gestiune și cântărirea mijlocului de transport cu și fără încărcătură, deoarece impun un anumit consum de timp ce sporește durata de staționare a vehiculului de transport, cu influențe asupra numărului de curse ce pot fi realizate într-o zi.

### 3.4.3. Comparații între volumele încărcate și timpii corespunzători încărcării lemnului în autotrenuri și autoplatforme forestiere

Cercetările legate de compararea celor două tipuri de autovehicule de transport material lemnos rotund și lung, foarte răspândite în România, respectiv autoplatforme și autotrenuri forestiere, s-au desfășurat la două ocoale silvice din cadrul Direcției Silvice Caraș – Severin. Din analiza graficului ilustrat în figura 3.9 – a. se constată că în autotrenurile forestiere se pot încărca volume mai mari de material lemnos. Pentru situațiile analizate volumul de material lemnos transportat la o cursă a variat între 10 și 30 m<sup>3</sup> la autotrenuri forestiere, în timp ce cu autoplatformele forestiere au fost transportate volume de 10 – 14 m<sup>3</sup>/cursă.

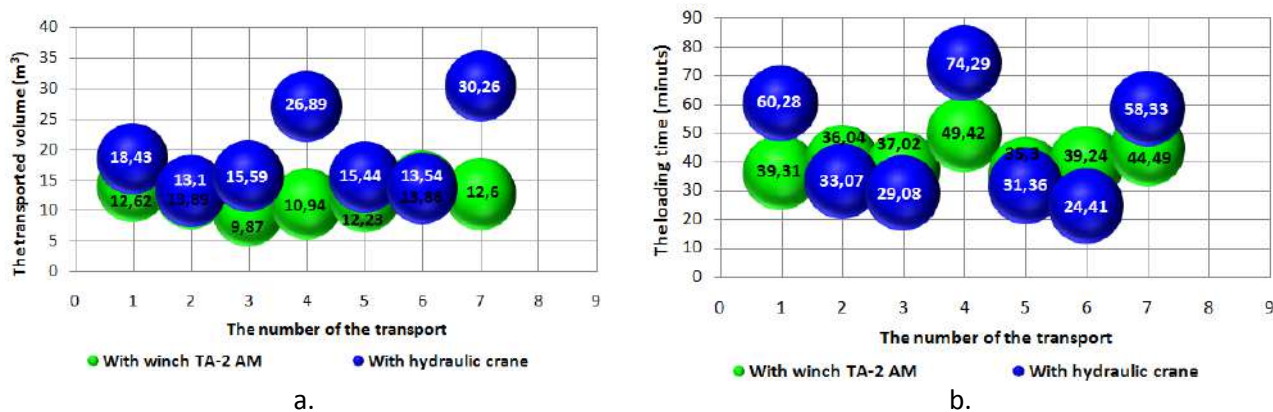


Figure 3.9. Volumele transportate la o cursă (a.) și durata totală a încărcării materialului lemnos în mijloace auto de transport (b.) la O.S. Boșca Montană și O.S. Boșca Română (D.S. Caraș-Severin) (Mușat et al., 2024a)

Legat de timpii de încărcare ai fiecărui tip de autovehicul (figura 3.9 - b.), se constată o variație foarte mare, de la 25 la 75 minute pentru autotrenuri forestiere, respectiv de 35 – 50 minute pentru autoplatforme forestiere. Această variație foarte mare în cazul autoplatformelor forestiere se poate datora faptului că sarcinile presupun mai multe piese încărcate o dată cu ajutorul cablurilor și, pe de altă parte, faptului că la autoplatformele forestiere sunt necesare manevre suplimentare pentru fiecare sarcină în parte.

Comparând timpii de încărcare ai fiecărei sarcini în autotrenuri forestiere (figura 3.10 – a.) și, respectiv în autoplatforme forestiere (figura 3.10 – b.), se observă diferențe clare între cele două mijloace de transport. Astfel, la autotrenuri încărcarea unei sarcini durează, în medie, 1 minut (figura 3.10 – a.), în timp ce la autoplatforme, durata medie variază între 9 și 12 minute (figura 3.10 – b.). În plus, se constată că la autotrenuri duratele maxime ale încărcării unei sarcini prezintă valori apropiate, de aproximativ 2 minue/sarcină (figura 3.10 – a.). În schimb, la autoplatforme duratele maxime la încărcarea sarcinilor variază în limite largi, de 11 – 17 minute (figura 3.10 – b.).

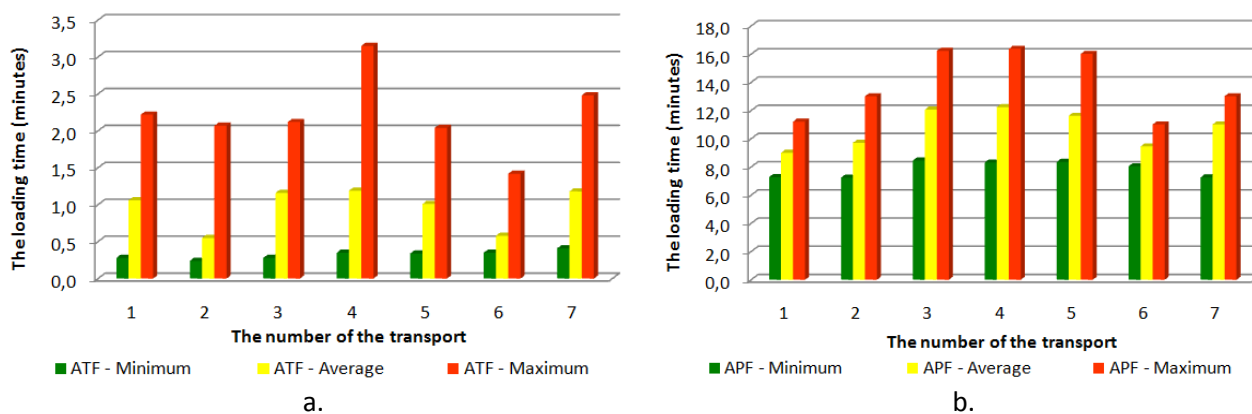


Figure 3.10. Indicatori statistici descriptivi ai timpilor de încărcare a fiecărei sarcini în parte în cazul autotrenurilor forestiere (a.) și autoplatformelor forestiere (b.) (Mușat et al., 2024a)

Pe de altă parte, toate aceste aspecte sunt corelate cu volumele încărcate la o sarcină, cunoscut fiind faptul că la autotrenurile forestiere încărcarea presupune mai puține piese cuprinse într-o sarcină, mai ales dacă acestea au volume mari, sau mai multe piese, dacă au volume reduse. În cazul de față, sarcinile încărcate în autotrenuri au fost constituite din 1 până la 6 piese. Astfel, la o sarcină au fost încărcate volume de  $0,04 - 0,47 \text{ m}^3$  ca valori minime, respectiv de  $0,83 - 1,16 \text{ m}^3$  ca valori maxime, cu medii ce au variat între  $0,33$  și  $0,67 \text{ m}^3$  (figura 3.11 – a.). Prin comparație, în autoplatformele forestiere supuse studiului, sarcinile au fost constituite din 4 – 10 piese ca valori minime, respectiv 8 – 15 piese ca valori maxime. Numărul mare de piese indică, într-o oarecare măsură, și volumele corespunzătoare unei sarcini. În acest sens, din analiza figurii 3.11 – b. se observă că volumele minime pe sarcină au variat între  $1,90$  și  $2,98 \text{ m}^3$ , în timp ce valorile maxime au oscilat între  $3,67$  și  $5,93 \text{ m}^3$ , iar mediile au fost de  $2,73 - 4,07 \text{ m}^3/\text{sarcină}$ .

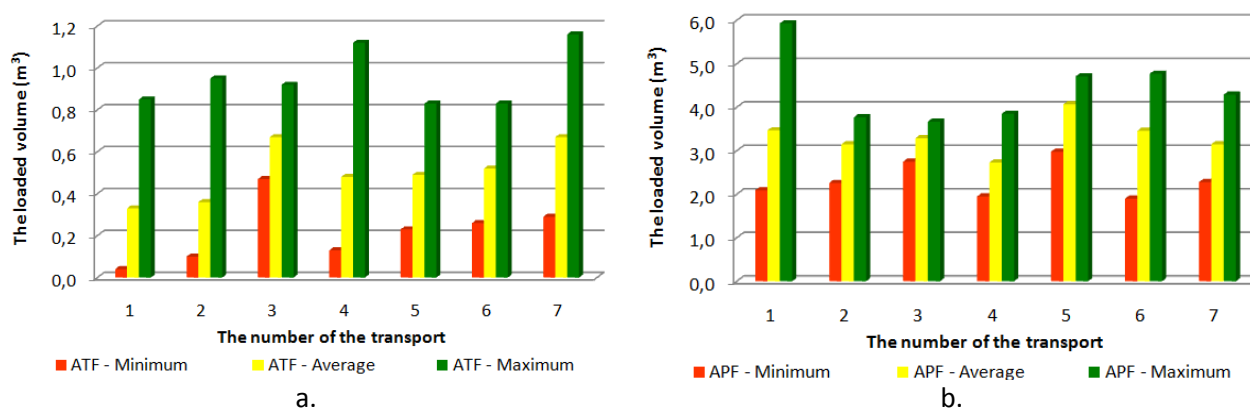


Figure 3.11. Indicatori statistici descriptivi privind volumele încărcate la fiecare sarcină în cazul autotrenurilor (a.) și autoplatformelor forestiere (b.) (Mușat et al., 2024a)

#### 3.4.4. Structura timpului la încărcarea lemnului într-un autotren forestier

Pentru evaluarea procesului de încărcare a lemnului în mijloace de transport a fost ales un autotren forestier marca MAN TGS 33.510, cu tracțiune 6x6. Operatorul de pe autovehicul avea o experiență de 16 ani, și a lucrat doar în acest domeniu. În urma cubării lemnului, a reieșit că piesele de lemn încărcate cu macaraua hidraulică au avut lungimi de  $5,5 - 13 \text{ m}$  și diametre cuprinse între  $20$  și  $40 \text{ cm}$ .

Din analiza figurii 3.12, care redă succesiunea fazelor de lucru proprii încărcării lemnului în autotrenuri forestiere, se constată caracterul ciclic al unor faze de lucru, precum: acționarea manetelor care pun în mișcare brațul hidraulic – extensia brațului și apucarea bușteanului, cubarea lemnului, transferul bușteanului până la remorcă, așezarea/aranjarea bușteanului în remorcă și readucerea brațului și graifărilor din remorcă la bușteni.

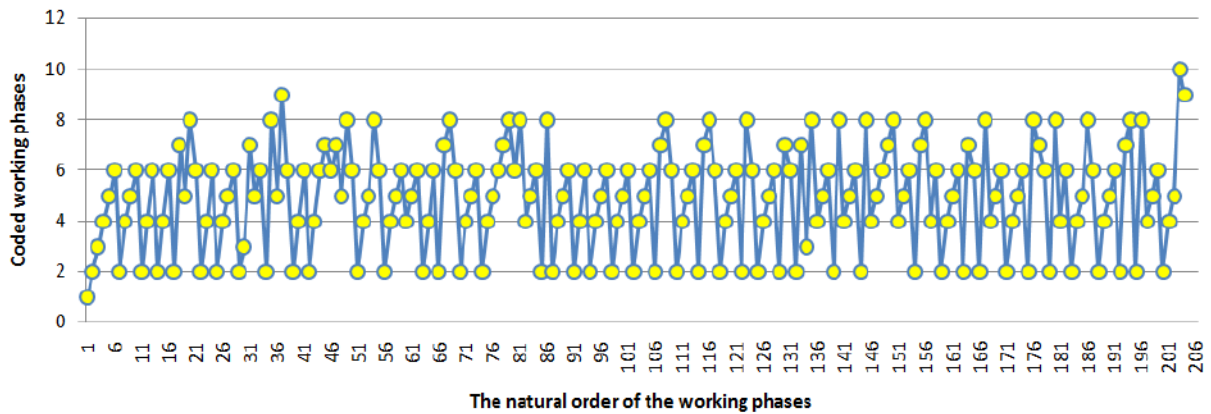


Figura 3.12. Succesiunea fazelor de lucru de la încărcarea lemnului în autotrenul forestier (Mușat et al., 2024a): 1 – PA (pregătirea autovehiculului); 2 – IPZ (acționarea manetelor care pun în acțiune brațul, extensia brațului, apucarea bușteanului); 3 – CL (cubarea lemnului); 4 – TBC (transferul bușteanului până în remorcă); 5 – AABC (așezarea/aranjarea bușteanului în remorcă); 6 – RB (readucerea brațului și graifărului din remorcă la buștean); 7 – AA (alte activități); 8 – PTS (pauză tehnică secționare); 9 – CM (coborârea de pe macara); 10 – II (încetarea încărcării prin așezarea brațului în poziția de transport)

În urma reprezentării grafice a fazelor de lucru specifice (figura 3.13), s-a constatat că ponderea cea mai mare revine pauzei tehnice impuse de metodologia de lucru (pauză pentru secționare PTS - 23%), urmată de transferul bușteanului din stivă în remorcă (TBC - 22%) și de așezarea/aranjarea bușteanului în remorcă (AABC). Din perspectiva încadrării fazelor de lucru în categorii de timp productiv și neproductiv, se observă că în 64% din timp sunt realizate activități productive, care conduc la realizarea procesului de lucru, în timp ce timpilor neproductivi le revine o pondere de 36%. Din ilustrarea grafică a activităților productive (figura 3.13) se observă predominanța fazei de lucru ce presupune transferul piesei de lemn de la stivă în remorcă (TBC), urmat de așezare/aranjarea pieselor în remorcă (AABC). Din categoria fazelor neproductive, pauza tehnică impusă de necesitatea secționării pieselor de lemn, prezintă cea mai mare pondere (64%) din durata totală neproductivă.

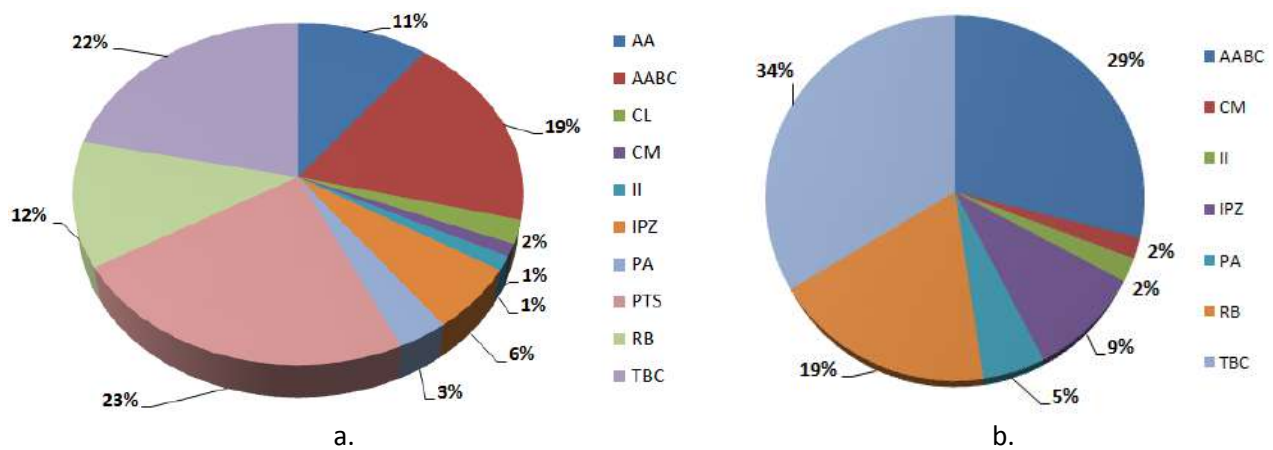


Figure 3.13. Ponderea fazelor de lucru de la încărcarea lemnului în autotrenul forestier TG 33.510 (a.) și ponderea fazelor de lucru din categoria timpilor productivi (b.): PA – pregătirea autovehiculului; UM – urcare pe macara; IPZ - acționarea manetelor care pun în acțiune brațul, extensia brațului, apucarea bușteanului; TBC – transferul bușteanului până în camion; AABC - așezarea/aranjarea bușteanului în camion/remorcă; RB – readucerea brațului și graifărului din camion la buștean; II – încetarea încărcării prin așezarea brațului în poziția de transport; CM – coborârea de pe macara; CL – cubarea lemnului; PTS – pauză tehnică secționare; AA – alte activități (Mușat et al., 2024a)



### 3.4.5. Productivitatea la încărcarea lemnului în autotrenuri și autoplatforme forestiere

Cunoscând atât volumele încărcate, cât și duratele corespunzătoare pentru încărcarea fiecărei sarcini, au fost realizate o serie de determinări cu privire la productivitatea la încărcarea propriu-zisă a lemnului. Din compararea celor două tipuri de mijloace de transport folosite (figura 3.14 – a. și b.), se observă foarte ușor multitudinea de sarcini corespunzătoare unui transport în cazul autotrenurilor forestiere, comparativ cu autoplatforme forestiere. În plus, se poate constata că productivitatea la încărcarea lemnului în autotrenuri forestiere este, predominant în jurul a  $0,5 \text{ m}^3/\text{minut}$  (figura 3.14 – a.), în timp ce la autoplatforme forestiere, variază între aproximativ  $0,2$  și  $0,6 \text{ m}^3/\text{minut}$  (figura 3.14 – b.). Această variație se datorează procesului de lucru de la încărcarea lemnului, specific fiecărui tip de mijloc de transport din cele două studiate. Impactul sortimentelor de lemn nu poate fi foarte mare, întrucât în ambele parchete au fost aplicate tăieri progresive, rezultând material lemnos de mari dimensiuni.

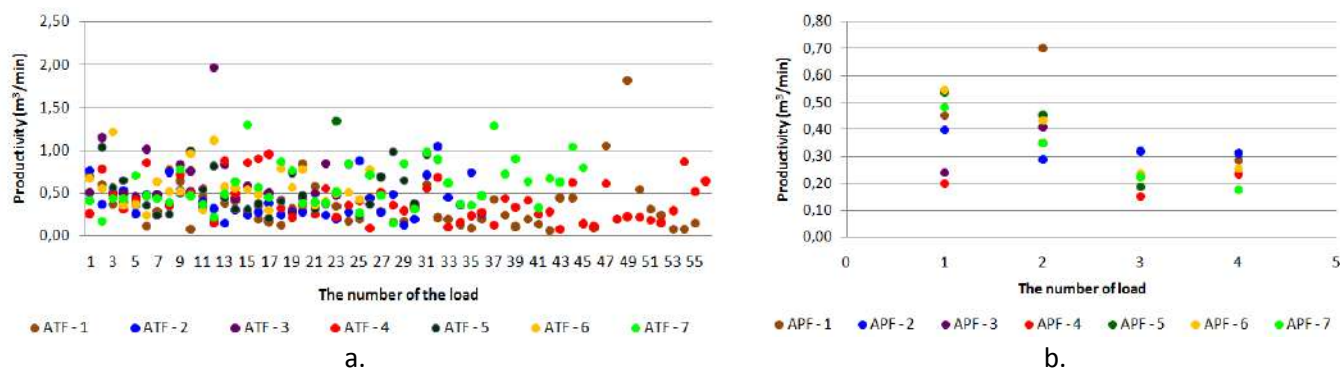


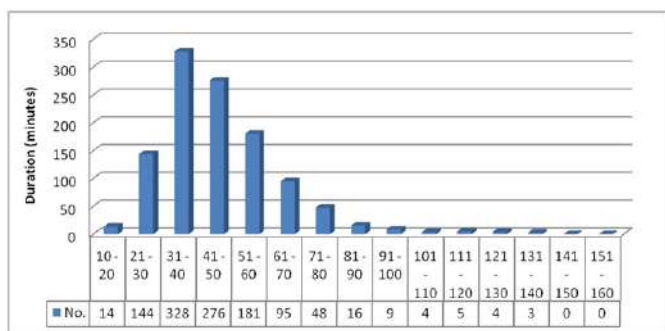
Figure 3.14. Productivitatea încărcării lemnului în autotrenuri forestiere (a.) și autoplatforme forestiere (b.) (Mușat et al., 2024a)

De menționat este și faptul că productivitatea în cazul autoplatformelor forestiere se reduce din ce în ce mai mult după prima sarcină încărcată, în timp ce la autotrenurile forestiere apar variații ale productivității, indiferent de numărul sarcinii încărcate.

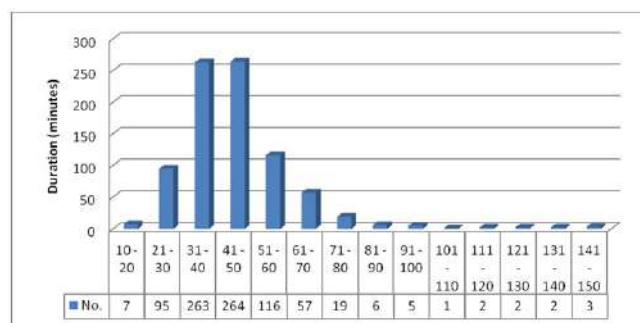
### 3.4.6. Duratele de staționare în vederea descărcării lemnului din vehiculele de transport de capacitate mare

Pentru a evalua duratele de staționare impuse de descărcarea lemnului din mijloace de transport au fost realizate determinări la o fabrică producătoare de plăci OSB din județul Covasna. Analizând duratele de staționare ale mijloacelor de transport (figura 3.15 – a. și b.) se constată că predomină valorile de 31 – 40, respectiv 41 – 50 minute. Astfel, în ambele luni, camioanele și remorcile care au aprovizionat fabrica cu material lemnos au staționat, în peste 50% (iulie) și chiar peste 60% (octombrie) din cazuri, între 31 – 50 minute, ceea ce reprezintă un timp foarte bun, mai ales că descărcarea propriu-zisă și, implicit actele impuse de preluarea lemnului în gestiune se desfășoară în ordinea intrării mijloacelor de transport în fabrică. De menționat este și faptul că fabrica achiziționează material lemnos atât din țară, cât și din străinătate, o parte din volumele recepționate fiind transportate pe calea ferată, ceea ce conduce la o prioritizare a procesului de descărcare a lemnului din vagoane și apoi a celui din camioane și remorci.

Raportând greutatea vehiculului de transport la greutatea încărcăturii, se constată că, atât în luna iulie, cât și în luna octombrie 2019, valorile sunt centralizate în două zone (figura 3.16 – a. și b.). Legat de masa maximă total admisă pentru vehiculele cu remorci (38 tone pe drumurile forestiere - \*\*\*; 2012; aceiași și în Finlanda - Tahvanainen și Anttila, 2011), se constată că în cea mai mare parte aceasta este respectată, fiind înregistrat doar un singur transport în luna iulie (39,920 tone) și 8 în luna octombrie (38,280 – 44,270 tone). De asemenea, trebuie menționat că intrările în fabrică au fost înregistrate diferit, astfel că, în unele cazuri, camioanele cu remorcă au fost considerate ca intrări diferite, iar în altele, au fost înregistrate ca o singură intrare.



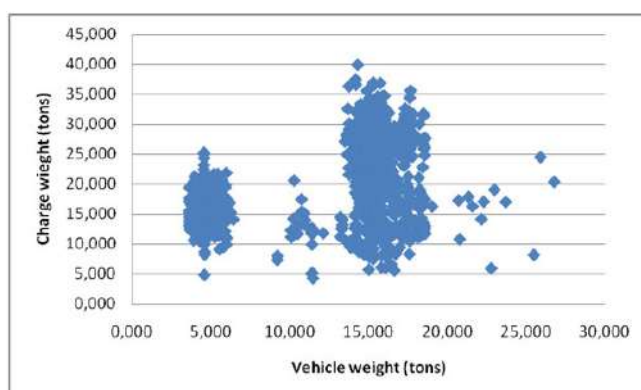
a.



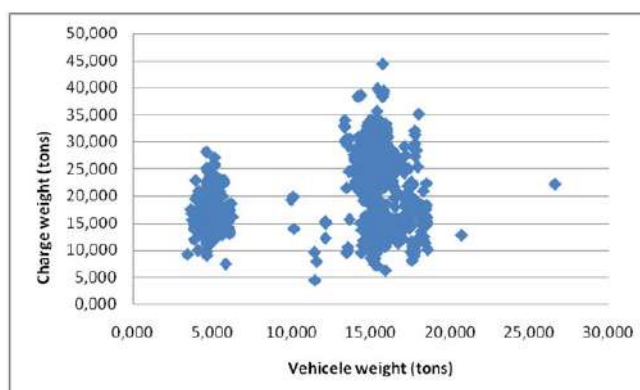
b.

Figure 3.15. Distribuții ale duratelor de încărcare (Mușat et al., 2019a):

a. în luna iulie 2016; b. în luna octombrie 2016



a.



b.

Figure 3.16. Greutatea vehiculului de transport raportată la greutatea încărcăturii (Mușat et al., 2019a):

a. în luna iulie 2016; b. în luna octombrie 2016

În ceea ce privește numărul de transporturi pentru fiecare categorie în parte (figura 3.17), se poate menționa că cele mai multe au fost înregistrate ca o singură intrare (camion și remorcă – 46%, respectiv 43%), dar există și situații în care transportul a fost făcut doar cu camionul (fără remorcă - 2% în luna iulie, respectiv 1% în luna octombrie).

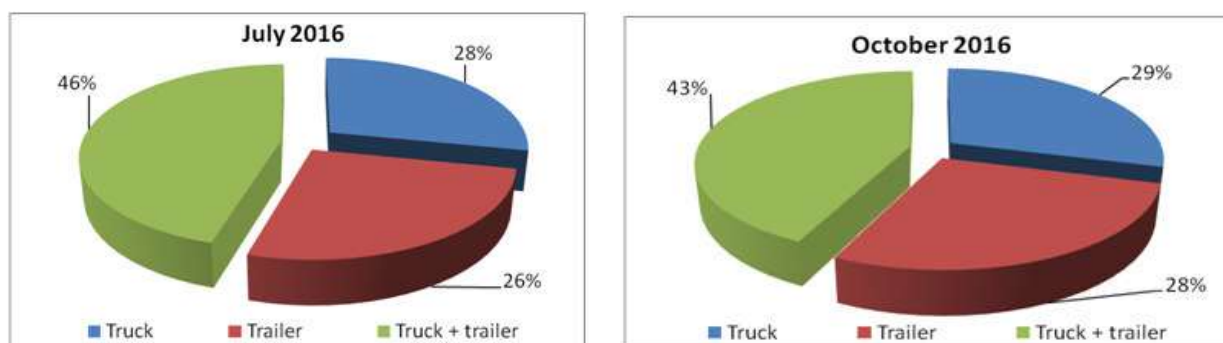


Figura 3.17. Numărul de transporturi realizate cu camioane, remorci sau camioane cu remorcă (Mușat et al., 2019a)

Referitor la volumul transportat (figura 3.18), se constată că volumele cele mai însemnate provin din transportul realizat cu ajutorul camioanelor cu remorcă (59%, respectiv 57%). De asemenea, se poate observa că, deși în puține cazuri materialul lemnos a fost transportat cu camioane fără remorcă, volumul total transportat cu ajutorul remorcilor (înregistrate ca intrări separate) este mai mare decât cel transportat cu camioane (doar camion sau camion înregistrat diferit de remorcă).

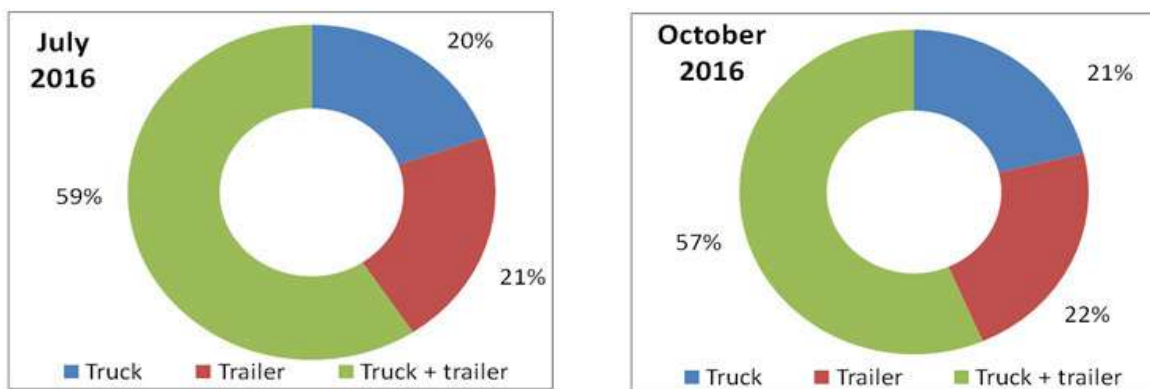


Figura 3.18. Vomule transportate cu camioane, remorci sau camioane cu remorcă (Mușat et al., 2019a)

### 3.4.7. Concluzii

Tipul autovehiculului folosit la transportul lemnului poate influența foarte mult volumul de lemn încărcat la o cursă, dar și la o sarcină.

La autoplatformele forestiere încărcarea se realizează cu cablurile, ceea ce a permis încărcarea mai multor piese o dată, însă acest lucru a condus la durate mai mari aferente fiecărei sarcini încărcate, dar și la o încărcare mai redusă a mijloacelor de transport.

La autotrenurile forestiere capacitatea de încărcare poate fi atinsă relativ ușor prin aceea că piesele de lemn sunt încărcate rând pe rând și pot fi așezate corespunzător pentru a asigura stabilitatea pe timpul transportului și eficiența acestuia.

La autotrenurilor forestiere durata de încărcare a unei sarcini este oarecum constantă, în timp ce la autoplatformele forestiere variază foarte mult, observându-se diferențe de la prima sarcină la următoarele.

Autoplatformele forestiere necesită un spațiu mai mare la dispoziție pentru încărcarea lemnului comparativ cu autotrenurile forestiere, iar procesul de lucru este mai laborios și impune mai multă muncă fizică și un număr mai mare de muncitori față de autotrenurile forestiere la care încărcarea este realizată doar de operatul autovehiculului, prin acționarea unor comenzi care implică atenție și concentrare, dar nu efort fizic.

Încărcarea lemnului din depozit, unde materialul lemnos este sortat, este mai eficientă decât în cazul încărcării lemnului din platforma primară, unde piesele de lemn trebuie măsurate și, uneori, secționare.

În situația de față, s-a considerat ca durată de descărcare, intervalul de timp de când mijlocul de transport a intrat în fabrică, până în momentul în care a ieșit din fabrică, și include atât descărcarea propriu-zisă, cât și documentația care trebuie realizată pentru recepția materialului lemnos.

Duratele de staționare în vederea descărcării variază în limite relativ largi, dar se situează ca medie la 45 – 46 minute.

În cazul duratelor mai mari de staționare în vederea descărcării, unul dintre factorii care conduce la prelungirea perioadei de staționare poate fi reprezentat de faptul că recepția materialului lemnos și descărcarea se face în ordinea intrării în fabrică a mijloacelor de transport, însă descărcarea lemnului din vagoane are întotdeauna prioritate la recepție și descărcare față de cel transportat cu mijloace auto de transport.

Majoritatea intrărilor de masă lemnoasă au fost înregistrate ca o singură înregistrare (camion + remorcă), dar există și situații în care camioanele au fost înregistrate separat de remorcă.

Referitor la tipul mijlocului auto folosit la transport, se constată că majoritatea constau în camioane cu remorci, dar există și situații în care materialul lemnos este adus la fabrică doar cu camionul (fără remorcă).

### 3.5. Discuții

Distanțele de transport și sortimentele de lemn transportate sunt direct influențate de tipul de tăiere, tipul de arboret, dar și de modul în care administratorul pădurii alege să valorifice materialul lemnos (Potocnik et al., 2005; Mousavi și Naghdi, 2013; Fornea et al., 2018). În România, în situația unor parchete administrate de ocoale silvice de stat (Mușat et al., 2014c; Bitir et al., 2019b; Bitir et al., 2021a) sau de ocoale silvice care administrează pădurile autorităților publice locale (U.A.T.-uri), o parte din masa lemnoasă recoltată este vândută locuitorilor din comunele aflate în apropierea suprafețelor împădurite (Bitir et al., 2019a). Acest lucru face ca materialul lemnos să fie vândut direct din platforma primară, iar cumpărătorul este cel care trebuie să-și asigure transportul (Oprea și Sbera, 2004). Pentru că lemnul este vândut către beneficiari locali, volumele sunt reduse și în acord cu necesitățile fiecărei familii în parte, iar mijloacele de transport trebuie alese în mod corespunzător (Potocnik et al., 2005; Bitir et al., 2019b; Knight et al., 2023).

Într-un studiu realizat de Potocnik și colaboratorii săi (2005), care evaluează impactul caracteristicilor traficului asupra drumurilor forestiere din Slovenia, se menționează că 15% din lemn a fost transportat cu tractoare cu remorci, fiind destinat nevoilor domestice. O situație asemănătoare apare și în cercetarea de față, când distanțele de transport au variat între 3 și 16 km pentru materialul lemnos vândut beneficiarilor persoane fizice din apropierea Ocolului Silvic Codrui Cetăților. În schimb, s-a constatat că atunci când este transportat lemn de lucru dintr-o specie sau din specii înrudite distanțele cresc, uneori considerabil. Aceste situații au apărut în cazul lemnului de lucru transportat la un întreprinzător local aflat la 63 km și a lemnului pentru celuloză transportat pe o distanță de 232 km. Într-un studiu realizat de Mușat et al. (2019b), care analizează distanțele de transport ale unei fabrici ce achiziționează material lemnos necesar producerii plăcilor OSB, se menționează că transporturile au fost realizate cu vehicule de capacitate mare, care au parcurs între 50 și 370 km de la locul încărcării până la destinație. Tot legat de distanțele de transport, Karha și colaboratorii săi (2024) menționează că în unele țări precum Bulgaria, Polonia, Turcia și Uruguay distanțele de transport depășesc 200 km, iar în altele acestea sunt de cel mult 60 km (Danemarca, Estonia, Japonia și Slovenia).

În România, deși autovehiculele folosite la transportul lemnului sunt foarte variate, predomină însă autotrenurile și autoplatfoamele forestiere (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004; Derczeni et al., 2019; Bitir et al., 2021a). Tipul autovehiculului folosit la transportul lemnului poate influența foarte mult volumul de lemn încărcat la un transport (Knight et al., 2023; Karha et al., 2024). Astfel, lucrările de teren realizate în pădurile administrate de Direcția Silvică Caraș-Severin au indicat faptul că în autoplatfoamele forestiere au fost încărcate volume mai mici de lemn comparativ cu autotrenurile forestiere.

Datorită modalității de încărcare a lemnului, în cazul celor două tipuri de mijloace de transport luate în studiu, variază atât volumele sarcinilor, cât și timpii de încărcare. Astfel, la autoplatfoamele forestiere luate în considerare, numărul de piese încărcate la o sarcină face să fie înregistrate durate mai mari aferente tipului de încărcare, dar și volume mai mari pentru fiecare sarcină în parte. Potrivit lui Karha și colaboratorilor săi (2024), cu cât masa maximă admisă și volumul încărcat la o cursă sunt mai mari, cu atât costurile de transport pe distanțe mari sunt mai reduse pentru lemnul rotund. Cu toate acestea, camioanele de transport cu sau fără sisteme proprii de încărcare reprezintă principalele mijloace de transport ale lemnului din pădure la beneficiari și în alte țări, precum Slovenia (Potocnik et al., 2005), Austria (Holzleitner et al., 2011), Iran (Mosavi și Naghdi, 2013), Irlanda (Sosa et al., 2015) sau Australia (Brown, 2021).

Modalitatea de încărcare este cea care poate influența și volumul încărcat o dată, la o sarcină. Astfel, în cazul autoplatformelor forestiere încărcarea unei sarcini presupune un număr variabil de piese care sunt încărcate o dată, prin intermediul cablurilor (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004). În schimb, în cazul autotrenurilor forestiere încărcarea masei lemnoase se realizează cu ajutorul brațului hidraulic și a graifărului din dotarea autotrenului (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004). Acest lucru permite ca sarcinile să poată fi constituite din una sau mai multe piese (6 în cazul de față), în funcție de diametrul și lungimea pieselor. În acest sens, piesele groase sunt încărcate rând pe rând, iar piesele subțiri pot fi încărcate mai multe o dată, în funcție de capacitatea brațului și a graifărului. Toate aceste

aspecte influențează și timpii de încărcare ai unei sarcini, ceea ce face ca în situația de față la autotrenurile forestiere duratele să fie minime, în timp ce la autoplatfoamele forestiere au fost mai mari.

Pe de altă parte, autotrenurile forestiere, prin modul de încărcare a pieselor de lemn, permit o aranjare optimă a acestora, ceea ce conduce la atingerea capacității maxime de încărcare a mijlocului de transport (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004; Kogler și Rauch, 2023). În plus, prin brațul hidraulic și graifărul din dotare, piesele de lemn pot fi manevrate astfel încât să fie așezate în mijlocul de transport mult mai bine, aspect care conduce la o stabilizare a încărcăturii pe durata transportului (Oprea și Sbera, 2004). În schimb, la autoplatfoamele forestiere masa lemnoasă trebuie aranjată de muncitori înainte de întinderea cablurilor de sarcină (Oprea și Sbera, 2004), ceea ce presupune un consum mai mare de timp, risc crescut de accidentare (Iftime et al., 2019; Iftime și Mușat, 2022) și efort foarte mare din partea muncitorilor (Mușat și Borz, 2022).

În cadrul proceselor de lucru studiate s-a constatat că productivitatea la încărcarea lemnului în autotrenuri forestiere este oarecum uniformă, de  $0,5 \text{ m}^3/\text{minut}$ , în schimb la autoplatfoame variază foarte mult, în acord cu numărul sarcinii încărcate ( $0,2 - 0,6 \text{ m}^3/\text{minut}$ ). Astfel, volumul încărcat la o sarcină scade de la prima la ultima, prima sarcină fiind cea mai voluminoasă și cu cea mai redusă durată (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004). Cu alte cuvinte, dotările mijloacelor de transport joacă un rol deosebit de important în creșterea productivității, alături de sortimentul de material lemnos încărcat și de experiența operatorului (Koirala et al., 2017; Smidt et al., 2021; Karha et al., 2024).

Pe lângă tipul de autovehicul folosit la transport și sortimentul materialului lemnos încărcat, o importanță deosebită asupra productivității o poate avea și locul unde se realizează încărcarea (Karha et al., 2024). Astfel, dacă procesul de încărcare se realizează în platforma primară, procesul de lucru este mai anevoios din cauza faptului că, de cele mai multe ori, lemnul nu este secționat și cubat inițial, ceea ce impune o serie de pauze în procesul de lucru, pentru realizarea acestor activități. În cazul încărcării lemnului din depozit, productivitatea este mai ridicată pentru că masa lemnoasă ce urmează să fie încărcată este deja secționată la dimensiunile dorite de beneficiar și este așezată în stive. Aceste aspecte fac ca procesul de încărcare să nu fie întrerupt, deci asigură o eficiență mai mare.

Pe de altă parte, autoplatfoamele forestiere necesită un spațiu mai mare de manevră pentru încărcarea lemnului în comparație cu autotrenurilor forestiere (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004), pentru întinderea cablurilor și aranjarea manuală a pieselor de lemn în vederea încărcării, care impune o pondere însemnată a efortului fizic (Mușat și Borz, 2022). O recomandare în acest sens este redată de Mousavi și Naghdi (2013) care recomandă ca platformele parchetelor să fie amplasate pe ambele părți ale drumului, pentru ca încărcarea lemnului în mijloace de transport să fie mai ușoară, din ambele părți ale autocamionului.

În plus, productivitatea la încărcarea lemnului în autoplatfoame forestiere este condiționată și de așezarea pieselor de lemn direct pe sol și nu pe unele traverse, care să ajute în timpul întinderii cablurilor (Ciubotaru, 1998; Oprea și Sbera, 2004).

Din altă perspectivă, productivitatea la transportul lemnului este condiționată și de întârzierile (Holzleitner et al., 2011; Acuna, 2017) datorate unor factori ce țin de organizarea transportului și operațiile de la recepția masei lemnoase la fabrici (Conrat, 2021b; Karha et al., 2024). În plus, reducerea timpilor de la încărcarea lemnului și a celor de așteptare poate avea efecte semnificative asupra duratei unei curse în cazul camioanelor care transportă lemn (Deckard et al., 2003; Dowling, 2010). La nivelul României, durata medie a unui transport este de 3,5 ore/cursă (Mușat et al., 2016a) - 4 ore/cursă (Derczeni et al., 2019), ceea ce face posibilă realizarea a două cursă/zi. Această durată include timpii de odihnă pentru conducătorii auto, durata încărcării, transportul propriu-zis și durata descărcării. Astfel, timpul de încărcare a unui mijloc de transport de capacitate mare a fost, în medie, de o oră pe cursă, iar cel de descărcare de 0,5 ore/cursă (Mușat et al., 2016a). În cazurile studiate, timpii de încărcare au variat foarte mult, în principal în raport cu materialul lemnos încărcat, între 25 și 75 minute/cursă pentru autotrenurile forestiere și, respectiv, între 35 și 50 minute pentru autoplatfoamele forestiere.

În ceea ce privește volumele încărcate la o cursă, acestea au variat în situațiile date între 10 și 30  $\text{m}^3$  la autotrenurile forestiere și între 10 și 14  $\text{m}^3$  în cazul autoplatformelor forestiere, fiind respectate reglementările privind masa maximă total admisă de 38 tone (Mușat et al., 2019a). Această limită variază de la țară la țară (Tahvanainen și Antilla, 2011; Mousavi și Naghdi, 2013; Sosa et al., 2015; Mușat

și Bitir, 2022), în funcție de categoria drumurilor, astfel că în unele țări masa maximă total admisă este mai mică de 35 tone, iar în altele atinge valori duble (Karha et al., 2024).

Analiza studiului de caz realizat pentru autotrenul forestier MAN TGS 33.510 cu scopul de a evidenția fazele de lucru specifice încărcării lemnului indică predominanța activităților productive, din care cea mai întâlnită fază de lucru presupune încărcarea efectivă a pieselor de lemn. Acest lucru poate fi pus pe seama faptului că numărul de piese încărcate este mare, iar încărcarea mijlocului de transport a presupus activități repetitive prin care piesele de lemn au fost aduse în camion/remorcă, iar brațul hidraulic a fost readus din camion/remorcă către următoarea piesă ce trebuie încărcată. Pe de altă parte, timpii neproductivi sunt foarte mult influențați de fazele de lucru în care se realizează secționarea lemnului la dimensiunile impuse de mijlocul de transport și/sau de beneficiar. În plus, fiecare transport trebuie însoțit de o serie de documente de transport care să ateste atât proveniența materialului, specia, cât și tipul de material, în sensul calitativ (lemn rotund – lemn de steri, lemn de lucru – lemn de foc), și cantitativ (dimensiuni și volum). Pentru întocmirea avizelor de transport, așa cum se numesc actele care însoțesc transportul de la locul de încărcare la cel de descărcare, este nevoie de dimensiunile pieselor de lemn. Cum acestea nu sunt pregătite anterior transportului, ci sunt secționate chiar înainte de a fi încărcate, fiecare piesă este măsurată și trecută într-un program specific. Toate aceste faze de lucru, considerate neproductive pentru încărcarea lemnului în mijloace de transport, impun întreruperi în procesul de muncă. În plus, realizarea acestor activități în momentul încărcării lemnului presupune un grad foarte mare de risc pentru muncitorii care le realizează (Iftime et al., 2019; Iftime și Mușat, 2022), întrucât se deplasează printre bușteni și foarte aproape de mijlocul de transport aflat în timpul lucrului.

### 3.6. Diseminierea rezultatelor

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: **5** articole ISI, **1** articol Proceedings ISI, **8** articole indexate în baze de date internaționale și **1** articol susținut la conferință.

#### Articole ISI:

1. **Mușat, E.C.\***, Abutnăriței, G.L., Hoge, D.D., Miu, L.D., Avram, V.N., Derczeni, R.A., 2024a. Loading round wood in forestry trucks and forestry platforms: a case study for Romania. *Forests, Special Issue Sustainable Forest Operations Planning and Management*, vol. 15(9), ID articol 1646. **Factor de impact 2023: 2,400. Scor relativ de influență 2023: 1,468.** DOI: [10.3390/f15091646](https://doi.org/10.3390/f15091646). Articol publicat: 18.09.2024, încă neindexat. Jurnal: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/9/1646>. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/DLNLnJD56ABL9wq>
2. Kärhä, K., Seuri, M., Donagh, P.M.M., Acuna, M., Kanzian, C., Petković, V., Gonçalves, R.R.C., Costa, L.H.S., da Cruz, R.C., Krumov, T., Bradley, A., Röser, D., Pinto, C., Dian, W., Pandur, Z., Dvořák, J., Jørgensen, M.T., Muiste, P., Irdla, M., Ginet, C., Purfürst, T., Dietz, H.-U., Spinelli, R., Suzuki, Y., Shirasawa, H., Lazdiņš, A., Visser, R., Harvey, C., Skjølaas, D., Moskalik, T., Trzciński, G., Borz, S.A., **Mușat, E.C.**, Triplat, M., Oberholzer, F., Talbot, B., Tolosana, E., von Hofsten, H., Akay, A.O., Bakay, B., Conrad IV, J., Olivera, A., 2024: *Overview of global long-distance road transportation of industrial roundwood*. In: *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 25(1), pp. 217-236. **Factor de impact 2023 = 1,038. Scor relativ de influență 2023 = 1,003.** DOI: [10.5552/crojfe.2024.2286](https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2286). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Tc4moMqdMWAiZQ5>
3. **Mușat, E.C.\***, Bitir, I., 2022. *Evaluating the forest road systems subjected to different loadings by using the Finite Element Method*. In: *Forests*, vol. 13, ID article 1872, 26 p. **Factor de impact 2022: 3,282. Scor relativ de influență 2021: 1,318.** DOI: [10.3390/f13111872](https://doi.org/10.3390/f13111872). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/SCaKPP4jiBJcX7>
4. **Mușat, E.C.**, Borz, S.A.\*, 2022. *Learning from acceleration data to differentiate the posture, dynamic and static work of the back: an experimental setup*. In: *Healthcare*, vol. 10(5), ID article 916, 22 p. **Factor de impact 2022 = 3,16. Scor relativ de influență 2022 = 0,558.** DOI: [10.3390/healthcare10050916](https://doi.org/10.3390/healthcare10050916). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/spds52pEMc8RRGA>
5. Iftime, M., **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., 2019. *Analysis of the working accidents recorded during the harvesting of the trees, between 2013 – 2018, for workers of the National Forest Administration*,

*Romsilva, Romania*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 20(4), pp. 1717-1726. **Factor de impact 2019 = 0,161. Scor relativ de influență 2019 = 0,080.** Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/X2BiZ8sRC7dCKPt>

#### Articole Proceedings ISI:

1. Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Ciobanu, D.V., Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Liampas, S.A., 2019. *Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. In: *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, The 8<sup>th</sup> Edition, pp. 161-170. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/rKswLCrqsW664dB>

#### Articole BDI:

1. Iftime, M.D., **Mușat, E.C.\***, 2022. *Accidentele de muncă la recoltarea lemnului în România, expresia organizării și funcționării sistemului de muncă*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 137(3), pp. 1-14. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/HPXXeZDsJJTPgTj>
2. Bitir I., **Mușat E.C.**, Lunguleasa A.\*, Ciobanu V.D., 2021a. *Monitoring the transport on the Ciobănuș forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, nr. 1(63), pp. 10-16. DOI: [10.31926/RECENT.2021.63.010](https://doi.org/10.31926/RECENT.2021.63.010). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/sHEL6GiHQEgSZJB>
3. Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*, issue 3.2, pp. 853-860. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/nectQYonaQ9HXNF>
4. **Mușat, E.C.\***, Greșiță, C.I., Maican, I., 2019a. *Analysis of transported volumes and unloading times of raw material used in manufacturing OSB boards*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19, issue 1.4. Science and Technologies in Geology, Oil and Gas Exploration, Water Resources, Forest Ecosystems*, pp. 335-342. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/9nLyp7P2LArBQKz>
5. **Mușat, E.C.\***, Iancu, B.I., Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *Analysis of transport distances and wood volumes purchased by a woodworking company*. În: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystem*, issue 3.2, pp. 617-624. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/obR3XfNAEnzPrR5>
6. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, D.V., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016c. *Solicitările provocate de transportul lemnului cu autovehicule de tonaj sporit și portanța drumurilor forestiere secundare*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(1-2), pp. 88-96. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Po3ozJ7RSmbq4Xj>
7. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., Vișan, J., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016d. *Analiza variantelor de structuri rutiere în contextul sporirii capacității portante a drumurilor forestiere*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(3-4), pp. 91-99. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/zFpXaLHfAE8eGHj>
8. **Mușat, E.C.\***, Alexandru, V.M., Ciobanu, V.D., Săceanu, S.C-tin., Antoniadă c. Roman, C., Vișan, J., 2014c. *The type and the extension of the degradations caused by the introduction in the timber transportation of the increased weight vehicles*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 129(5-6), pp. 38-43. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/KacCWkyAWBDRMaQ>

#### Articole prezentate la conferințe (Book of abstracts):

1. **Mușat, E.-C.\***, Antoniadă, C.C., Vișan, J., Munteanu, H., Mușat, G., Ciobanu, V., 2015b. *Current development of the forest with auto roads. Case of five Romanian Forest Districts*. **Articol susținut la: The 14<sup>th</sup> International Symposium „Prospects for the 3<sup>rd</sup> Millennium Agriculture**, 24-26 September 2015, Cluj-Napoca. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Romania.

## Capitolul IV. Impactul tonajului asupra portanței drumurilor forestiere

Evoluția accelerată a tuturor sectoarelor economiei afectează și domeniul construcțiilor forestiere, ceea ce-i face pe specialiști să fie în permanență preocupați de asigurarea unor condiții optime pentru transport, întrucât doar o bună deschidere a masivelor păduroase prin drumuri forestiere, cu o stare tehnică bună, poate conduce la un management forestier sustenabil, cu implicații economice și ecologice pozitive pe termen lung. În plus, nu există aproape nicio arie de activitate care să nu impună necesitatea transportului, iar în domeniul forestier transportul lemnului, ca produs principal al pădurii, este caracterizat de volume mari transportate la o cursă, concentrate în anumite perioade ale anului, de regulă bogate în precipitații.

Aceste caracteristici ale rețelei de transport forestier, precum și folosirea unor vehicule cu capacități din ce în ce mai mari de încărcare, în condițiile rețelei actuale de transport, dimensionată pentru alte solicitări, fac ca traficul să lase urme evidente, conducând la apariția degradărilor. Din aceste motive, capitolul urmărește prezentarea rezultatelor cu privire la degradările întâlnite pe drumurile forestiere împietruite ca urmare a traficului desfășurat. De asemenea, pentru a evidenția influența tonajului asupra comportării structurilor rutiere sunt prezentate unele variante constructive de structuri rutiere și sunt realizate simulări, cu ajutorul metodei elementului finit, pentru a ilustra și mai bine impactul tonajului și a tipurilor de vehicule asupra portanței drumurilor forestiere.

### 4.1. Introducere

Drumurile forestiere, ca orice alt tip de construcție, suferă în urma exploatării o serie de modificări structurale (Kochenderfer et al., 1984; \*\*\*, 1995 – Legea 10/1995; Alexandru, 2000; \*\*\*, 2011b) care se află în strânsă legătură cu nivelul de solicitare la care au fost expuse (Mușat et al., 2014c; Săceanu, 2014; Antoniadă, 2015; Kharavassefat et al., 2015; Kharavassefat et al., 2016; \*\*\*, 2018 – Australia; Akgul et al., 2019; Bitir et al., 2019b; Bitir et al., 2021a), cu dimensionarea construcției în raport cu solicitările viitoare (Kosztka et al., 2008; \*\*\*, 2011a; Mușat et al., 2014c; Mușat et al., 2016c și 2016d; Zhu și Law, 2016; Bitir et al., 2019b) și materialele folosite la construcție (Alexandru, 2000; Constantinescu și Suci, 2002; Șerbulea, 2002; Grajewski et al., 2020; Yozulmaz et al., 2021), dar și cu respectarea sau nerespectarea condițiilor de exploatare proprii obiectivului de investiții (Olteanu, 1995; Olteanu, 1996; Olsson și Lohmander, 2005; Li și Sandu, 2007; Zanucio et al., 2017; Bitir et al., 2019b; Yozulmaz et al., 2021).

Datorită importanței deosebite pe care drumurile forestiere, ca instalații permanente de transport forestier, o au în asigurarea accesibilizării unei zone (Pentek et al., 2005; Enache et al., 2011; Trzcinski et al., 2017; Derczeni et al., 2019), în evitarea suprasolicitării zonelor accesibile (Southworth și Tucker, 2001; Popovici et al., 2003; Navarro Maroto et al., 2010; Bereziuc et al., 2015), în asigurarea unei gestionări durabile a pădurilor (Popovici et al., 2003; Bereziuc, 2004; Potocnik et al., 2005; Grulois et al., 2014; Turk, 2014) și susținerea comunităților locale (Southworth și Tucker, 2001; De Clercq et al., 2007; Huang și Yeh, 2008; Krc și Begus, 2013; Turk, 2014; Akgul et al., 2019), devine imperios necesară menținerea în stare de funcționare a actualei rețele de transport forestier, dar și proiectarea viitoarelor drumuri în acord cu noile cerințe din trafic (Cebon, 1993; Olteanu, 1995; Olteanu, 1996; \*\*\*, 2011a; Săceanu, 2014; Antoniadă, 2015; Zhu și Law, 2016; Trzcinski et al., 2017; Akgul et al., 2019), mai ales că slaba dezvoltare a rețelei de drumuri forestiere se reflectă în costurile mari de la colectarea lemnului (Bereziuc et al., 2015; Lachini et al., 2018), activitatea de transport fiind cea care are cel mai mare impact în prețul final al lemnului (Kochenderfer et al., 1984; Layton et al., 1992; Asikainen, 2001; Akay, 2006; Lindstrom și Fjeld, 2011; Ghajar et al., 2013; Acuna, 2017). În acest sens, pentru a corespunde cât mai bine solicitărilor din trafic și pentru a se comporta cât mai bine în exploatare, elementele geometrice și constructive ale drumurilor forestiere trebuie să corespundă caracteristicilor constructive ale mijloacelor de transport care vor tranzita pe drumurile respective (Olteanu și Stan, 1992; Olteanu,



1995; Olteanu, 1996) și de capacitatea lor de încărcare (Holzleitner et al., 2011; Akgul et al., 2019), practic portanța noilor drumuri trebuie să corespundă solicitărilor traficului de tonaj sporit (Bereziuc, 2004; \*\*\*, 2011a; Mușat et al., 2014c; Săceanu, 2014; Antoniaade, 2015; Mușat et al., 2016a și 2016d; Zhu și Law, 2016; Yorulmaz et al., 2021).

În plus, datorită modului de repartizare a sarcinilor pe suprafața drumului, straturile care intră în componența structurii rutiere sunt solicitate diferit (Ciobanu, 1998; Alexandru, 2000; Beskou et al., 2015; Chen et al., 2015; Zhu și Law, 2016), ceea ce face ca structura rutieră nedimensionată corespunzător să cedeze sub trafic într-o perioadă mai scurtă de timp, mai ales atunci când traficul se desfășoară în perioadele de îngheț/dezghet (Olsson și Lohmander, 2005; Li și Sandu, 2007; Akgul et al., 2019; Yorulmaz et al., 2021) sau în perioade cu umiditate crescută (Trzcinski și Kaczmarzyk, 2006; Rodgers et al., 2009; Trzcinski et al., 2017; Akgul et al., 2019). De asemenea, trebuie menționat că la consolidarea părții carosabile a drumurilor forestiere se folosesc straturi rutiere de grosimi și rezistențe diferite (Trzcinski și Kaczmarzyk, 2006; Kharavassefat et al., 2015; Kharavassefat et al., 2016), alcătuite din materiale a căror calitate poate descrește cu adâncimea (Alexandru, 2000). Astfel, straturile de la suprafață trebuie să fie alcătuite din materiale mai rezistente, care să fie bine împănate, astfel încât structura rutieră să se apropie de una rigidă (Alexandru, 2000), care să limiteze acțiunea factorilor climatici asupra întregii structuri. Pe de altă parte, succesiunea și grosimea straturilor trebuie să asigure scăderea presiunilor unitare astfel încât la nivelul terenului de fundare, acestea să fie mai mici decât capacitatea portantă a terenului (Bereziuc, 1981; Alexandru, 2000; Trzcinski și Kaczmarzyk, 2006; Li și Sandu, 2007).

Cu alte cuvinte, buna desfășurare a traficului forestier este condiționată de principalele elemente caracteristice, respectiv calea de transport și vehiculul de transport (Bereziuc et al., 2008). Interacțiunea dintre cele două, foarte dinamică în timp și influențată de factori diverși, poate afecta relația „cale-vehicul” și, deci, relația „portanță-solicitare” (Bereziuc et al., 2006; Bereziuc et al., 2008). Deși portanța drumurilor a apărut ca preocupare a specialiștilor în domeniu încă din anul 1950 (Visser și Koesrindartono, 2000), aceasta pune probleme și în prezent prin creșterea tonajului la vehiculele de transport, cu repercusiuni directe asupra capacității portante a căilor de transport nedimensionate corespunzător traficului actual.

Un prim indiciu al necorespondenței dintre solicitările din trafic și portanța drumurilor constă în apariția degradărilor, din ce în ce mai accentuate, odată cu creșterea solicitărilor și existența unor factori favorizanți, precum excesul de umiditate. Deci, față de prima etapă de proiectare, mai apare și problema comportării în exploatare a construcțiilor (\*\*\*, 1995; Bitir et al., 2021a), în cazul drumurilor care au fost proiectate ținând seama de solicitări mai reduse din partea traficului.

La nivel național, majoritatea drumurilor forestiere au fost dimensionate pentru un tonaj maxim admis de 25 tone (AND 582/2002). Actualul normativ de proiectare a drumurilor forestiere (\*\*\*, 2011a) ia în considerare pentru dimensionare un tonaj maxim admis de 38 tone, mai apropiat de cerințele din trafic, așa cum se menționează și în alte cercetări (Cebon, 1993; Tahvanainen și Antilla, 2011; Akgul et al., 2019). Astfel, urmărirea comportării în timp a construcțiilor poate scoate în evidență problemele care apar datorită suprasolicitării, motiv pentru care o simulare a modului de comportare sub trafic a celor mai uzuale structuri rutiere este necesară. În acest sens, metoda elementului finit este considerată o metodă cu aplicabilitate în diverse domenii ale ingineriei, fiind folosită în numeroase cercetări care vizează drumurile și structurile rutiere nerigide (Rodgers et al., 2009; Ambassa et al., 2013; Beskou et al., 2015; Chen et al., 2015; Kharavassefat et al., 2015; Kharavassefat et al., 2016; Leonardi et al., 2020; Rahmani et al., 2020).

## **4.2. Evaluarea degradărilor identificate pe drumurile forestiere împietruite**

### **4.2.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru**

Pentru a analiza degradările apărute pe drumurile forestiere ca urmare a transportului lemnului au fost alese două drumuri forestiere aflate în administrarea Regiei Naționale a Pădurilor Romsilva. Primul – drumul forestier Ciobănuș, aflat în administrarea Direcției Silvice Bacău, este un drum principal în lungime de 15 km care a fost parcurs doar cu lucrări de întreținere din 1994, când a fost preluat de

R.N.P. de la I.F.E.T. Bacău, și până la momentul cercetării (2018). Cel de-al doilea – drumul forestier Pravăț, este un drum forestier secundar administrat de Direcția Silvică Argeș, în lungime de 2,5 km.

Un prim pas al investigațiilor în teren a constat în determinarea materialelor și a straturilor din structura rutieră, realizată cu ajutorul unor teste de penetrare dinamică efectuate cu ajutorul penetrometrul Pagani DPM 20-30, ce permite evaluări nedestructive. Al doilea pas în cadrul lucrărilor de teren a constat în monitorizarea traficului pe cele două drumuri pe o perioadă mai lungă de timp, dar pentru evaluarea impactului pe care tonajul îl are asupra degradărilor apărute s-a ținut seama doar de anumite perioade. Astfel, în scopul evaluării degradărilor apărute pe drumul forestier Ciobănuș traficul a fost monitorizat zilnic pe perioada octombrie 2018 – martie 2019, iar în cazul drumului forestier Pravăț monitorizările s-au realizat pe o perioadă de opt luni, în anii 2011 (mai – septembrie) și 2012 (februarie – aprilie). În urma acestor monitorizări au fost notate informații cu privire la volumul transportat pe specii și sortimente, tipul vehiculului de transport, originea și destinația materialului lemnos.

Ultimul pas al investigațiilor în teren a constat în identificarea și măsurarea degradărilor întâlnite pe cele două drumuri. În acest sens, după identificarea degradărilor (gropi, fâgașe și văluriri - figura 4.1), acestea au fost măsurate cu ajutorul unei rulete (lungime, lățime și adâncime pentru cele cu adâncimi mai mari de 1 cm) și, ulterior, fotografiate (cu o stadie/ruletă alăturată pentru a putea calcula în etapa de birou suprafața acestora, în Autocad Map – figura 4.1 – c.).

De menționat este faptul că, în cazul drumului forestier Ciobănuș, măsurarea degradărilor s-a realizat pe 16 tronsoane experimentale, odată la începutul studiului (octombrie 2018) și o dată la sfârșitul acesteia (martie 2019). În schimb, pe drumul forestier Pravăț, măsurătorile au fost realizate la sfârșitul fiecărei luni din cele opt luate în analiză.

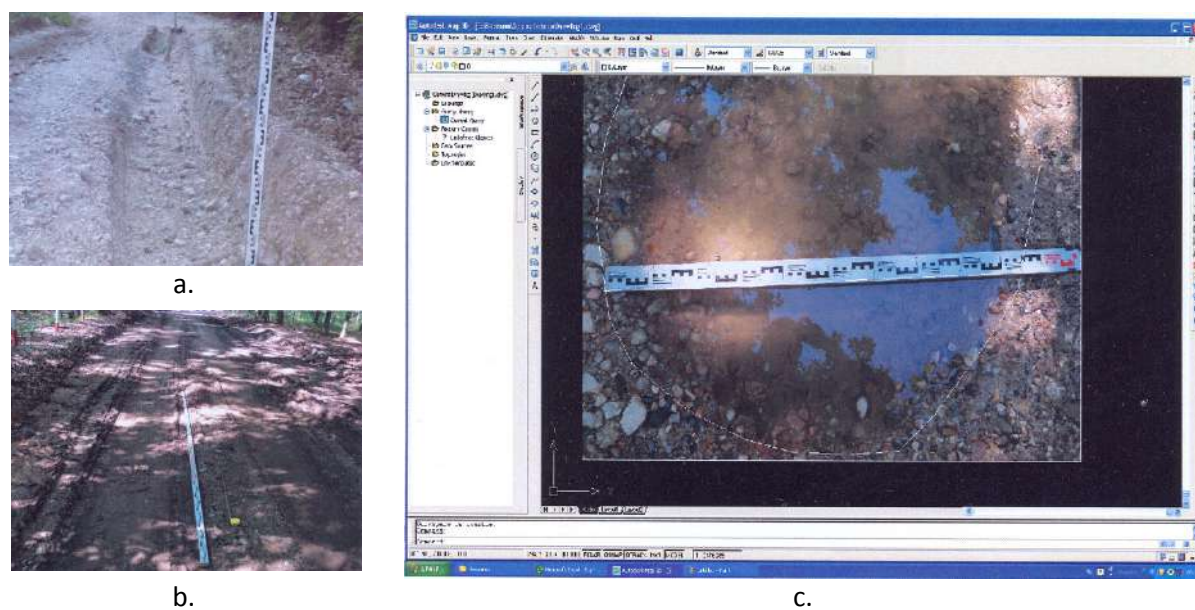


Figura 4.1. Degradări întâlnite pe drumul forestier Pravăț (a. și b.) și digitalizarea suprafeței gropilor (c.) cu ajutorul programului Autocad Map (Mușat et al., 2014c)

#### **4.2.2. Rezultate cu privire la structurile rutiere și traficul pe drumurile forestiere**

În urma investigațiilor realizate cu penetrometrul Pagani DPM 20-30 s-a constatat că structura rutieră a drumului forestier Ciobănuș este formată dintr-un singur strat de balast, cu o grosime ce variază de la 20 la 40 cm. În schimb, drumul forestier Pravăț are o structură rutieră formată din două straturi de balast, corespunzătoare drumurilor forestiere secundare cu trafic redus.

Analizând structura drumului reieșită din determinări, cu prevederile normative în vigoare (\*\*\*, 2011a) se constată că acestea nu sunt respectate, prin aceea că structura rutieră de pe drumul forestier Ciobănuș corespunde unui drum secundar, cu un trafic anual maxim de 3.000 tone, și nu unui drum forestier principal, așa cum este încadrarea acestuia, încadrare pentru care se recomandă o structură rutieră din două sau trei straturi de materiale pietroase de calitate superioară (macadam sau piatră spartă), ceea ce ar asigura o capacitate portantă suficientă condițiilor actuale de trafic.

În ceea ce privește traficul de pe cele două drumuri, se menționează că pe drumul forestier Ciobănuș, clasificat ca drum forestier principal, traficul mediu anual a fost de aproximativ 40.000 tone, așa cum reiese din investigațiile realizate pe drumul forestier Ciobănuș, în perioada 2014 – 2018, care au vizat volumele transportate cu diverse vehicule (Bitir et al., 2021a). Pentru analiza acestora s-a ținut seama de specificațiile din Normativul de proiectare indicativ PD-003-11 (\*\*\*, 2011a), în care se menționează că masa maximă total admisă pentru camioanele cu remorci este de 38 tone. Prin comparație cu traficul din 2017 de pe drumul forestier Ciobănuș (Bitir et al., 2021a) s-a constatat că (figura 4.2): 2% din volum a fost transportat cu vehicule mai mici de 5 tone, 1% cu vehicule de transport de 5 – 12 tone, 1% cu vehicule de transport de 12 – 24 tone, 17% cu vehicule de transport de 24 – 38 tone și 79% din volum a fost transportat cu vehicule care au depășit limita de 38 tone admisă de normativ. Practic, în mare parte, transportul lemnului pe drumul forestier Ciobănuș a fost realizat cu mijloace de transport cu masa totală mai mare de 38 tone, ceea ce a avut impact negativ asupra drumului, accelerând degradarea acestuia ca urmare a tonajul sporit (Cebon, 1993; Li și Sandu, 2007; Zhu și Law, 2016).

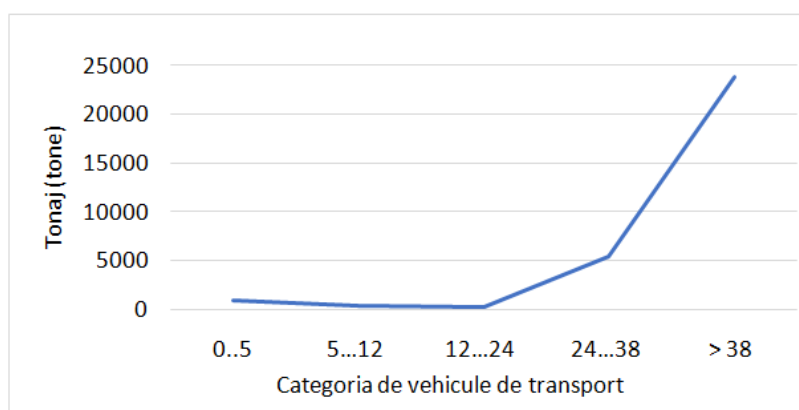


Figura 4.2. Structura volumului transportat în acord cu tonajul mijloacelor de transport (Bitir et al., 2019b)

Pe de altă parte, pe drumul forestier Pravăț, timp de opt luni, au fost înregistrate transporturi cu vehicule de capacitate mare, în număr de 136 de curse, ceea ce reprezintă o medie de 17 transporturi pe lună. Analizând punctual perioada luată în studiu, s-a constatat că cele mai multe transporturi au fost realizate în lunile martie 2012 (26 curse) și februarie 2013 (20 curse), iar cele mai puține în septembrie 2011 (9 curse), așa cum reiese din tabelul 4.1. După cum este și normal, volumul transportat este direct influențat de numărul de transporturi din fiecare lună (figura 4.3), cu variații de la 382 m<sup>3</sup> (419 tone) ca valoare maximă, la 107 m<sup>3</sup> (118 tone), ca valoare minimă. Practic, în luna martie 2012 a fost transportat 21% din volumul ce a tranzitat drumul forestier Pravăț, în perioada celor opt luni. În ceea ce privește volumele totale, se constată că acestea au însumat 1.816 m<sup>3</sup>, echivalent la 2.001 tone, adică în medie 227 m<sup>3</sup> (250 tone) pe lună.

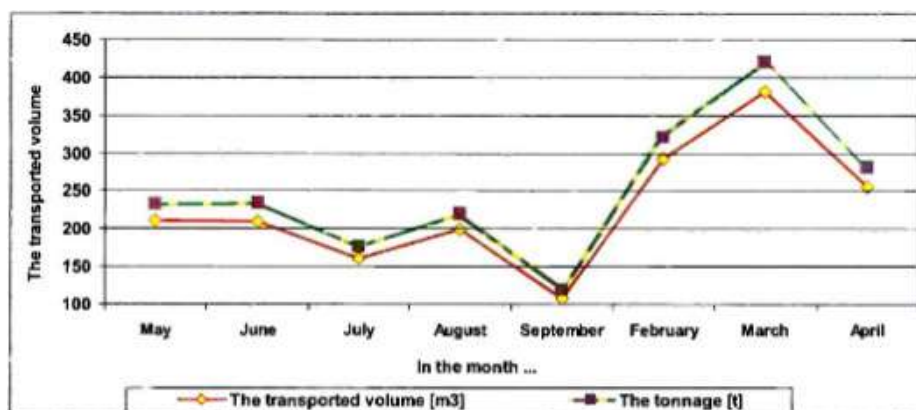


Figura 4.3. Distribuția lunară a transporturilor de lemn (Mușat et al., 2014c)

Tabelul 4.1. Distribuția lunară a suprafețelor degradate (Mușat et al., 2014c)

Luna	Numărul ciclurilor de transport	Volumul transportat (m <sup>3</sup> )	Tonajul (t)	Suprafața degradărilor (m <sup>2</sup> ) pe tipuri		
				Gropi	Văluriri	Făgașe
Mai	18	210,661	231,728	9,854	10,424	9,016
Iunie	17	208,833	233,015	9,025	9,524	8,491
Iulie	14	160,262	176,287	7,712	8,188	7,525
August	18	199,355	219,360	9,532	10,532	9,214
Septembrie	9	107,293	118,023	5,158	5,533	4,235
Februarie	20	292,426	321,572	11,021	11,621	10,321
Martie	26	381,756	419,902	13,258	15,012	15,104
Aprilie	14	255,357	280,894	9,039	8,416	6,544
<b>Total</b>	<b>136</b>	<b>1.815,943</b>	<b>2.000,781</b>	<b>74,599</b>	<b>79,250</b>	<b>70,450</b>
Medie	17	226,993	250,098	<i>Total = 224,299 m<sup>2</sup></i>		

#### 4.2.3. Rezultate cu privire la influența traficului asupra degradărilor identificate pe drumurile forestiere

Ca urmare a inventarierii degradărilor înregistrate pe cele 16 tronsoane experimentale de pe drumul forestier Ciobănuș s-a constatat că suprafața degradată este, în medie, de 41% (tabelul 4.2), cu variații de la 0% în tronsoanele experimentale de joasă altitudine, cu expoziție însorită, până la 85,6% (figura 4.4) în cazul tronsoanelor aflate în vecinătatea pârauului Ciobănuș, în zone cu altitudini mari și exces de apă pe platforma drumului. În plus, trebuie menționat că au fost identificate atât gropi, cât și făgașe care nu se puteau forma doar în perioada octombrie 2018 – martie 2019 supusă studiului, ci într-o perioadă mai lungă de timp. În consecință, starea intensă de degradare a drumului forestier Ciobănuș poate fi pusă pe seama structurii rutiere necorespunzătoare unui drum principal și, în plus, poate fi justificată și prin aceea că peste 79% din cazuri este depășită masa maximă total admisă de 38 tone în cazul autocamioanelor cu remorcă (\*\*\*, 2011a).

Tabelul 4.2. Degradările întâlnite pe cele 16 tronsoane experimentale (Bitir et al., 2019b)

Numărul tronsonului experimental	Gradul de degradare (%)	Suprafața tronsonului experimental (m <sup>2</sup> )	Suprafața degradărilor	
			Gropi (m <sup>2</sup> )	Făgașe (m <sup>2</sup> )
1	2,66	87,50	2,33	0
2	0,00	87,50	0	0
3	22,86	87,50	0	20
4	56,67	75,00	0	42,5
5	20,17	87,50	2,65	15
6	30,54	80,00	9,03	15,4
7	59,73	75,00	10,4	34,4
8	51,43	87,50	0	45
9	18,63	75,00	13,97	0
10	85,60	75,00	0	64,2
11	60,71	70,00	0	42,5
12	56,46	72,50	2,63	38,3
13	65,52	72,50	0	47,5
14	24,46	87,50	1	20,4
15	65,31	75,00	20,78	28,2
16	58,33	75,00	0	43,75
Total		1.270,00	62,79	457,15
Gradul total de degradare			41%	

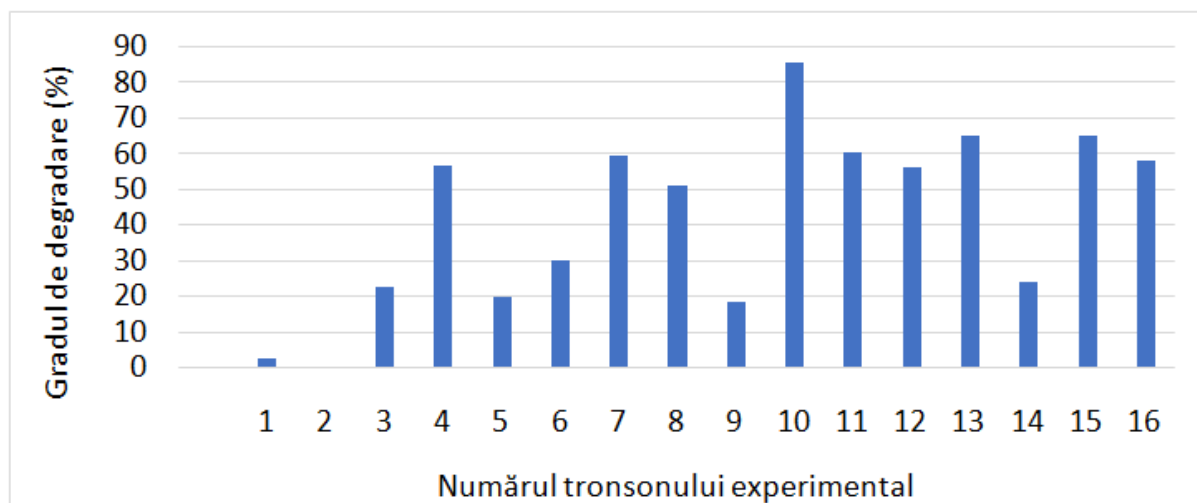


Figure 4.4. Degree of degradation of the experimental sections (Bitir et al., 2019b)

După monitorizarea lunară a degradărilor înregistrate pe drumul forestier Pravăț s-a observat predominanța vălurilor, urmate de gropi și fâgașe, care toate însumează aproximativ 225 m<sup>2</sup>, adică 2,2% din suprafața părții carosabile (10.250 m<sup>2</sup>). Acest procent foarte mic poate fi considerat ca indicator secundar în evaluarea degradării drumului, întrucât se referă doar la suprafețele efectiv degradate și nu la întreaga zonă afectată, care să cuprindă atât degradările, cât și zonele limitrofe acestora în care circulația nu se desfășoară normal datorită necesității de a reduce viteza sau de a realiza diverse ocoliri de gropi. De aceea, măsurătorile au fost completate cu evaluări ale suprafețelor necorespunzătoare desfășurării circulației în bune condiții, de siguranță și confort, care însumează 4.975 m<sup>2</sup>, conducând la o suprafață totală afectată de 48,5% din partea carosabilă.

Măsurătorile lunare au demonstrat că cele mai reduse degradări apar în septembrie și iulie, iar cele mai mari în martie, mai și iunie, subliniind importanța concentrării transportului de masă lemnoasă în perioadele cu condiții meteo favorabile, care mențin uscată calea de rulare. Pe de altă parte, ponderea suprafeței degradate datorită transportului lemnului cu autovehicule de tonaj sporit indică o capacitate portantă redusă a actualei structuri rutiere, care nu corespunde noilor încărcări din trafic.

Pentru a verifica dacă apar unele influențe directe între suprafața degradărilor identificate pe drumul forestier Pravăț și numărul de transporturi lunare, respectiv volumul transportat într-o lună s-a apelat la regresii liniare simple, rezultatele fiind prezentate în tabelul 4.3 și în figurile 4.5 și 4.6 pentru gropi. Astfel, s-a observat că între variabilele luate în studiu au apărut legături de intensitate puternică ( $0,75 \leq r < 0,95$ ) sau foarte puternică ( $0,95 \leq r < 1,00$ ), care indică faptul că între numărul de transporturi realizate și suprafața degradată (indiferent de tipul de degradare – gropi, văluriri, fâgașe) există legături de intensitate foarte puternică, aspect întâlnit și în cazul volumelor transportate.

Tabelul 4.3. Rezultatele analizelor statistice aplicate (Mușat et al., 2014c)

Variabila dependentă	Coeficientul de corelație (r) și coeficientul de determinație (R <sup>2</sup> )	Variabila independentă		
		Numărul de cicluri de transport	Volumul transportat și tonajul	
			m <sup>3</sup> /luna	tone/luna
Suprafața gropilor (m <sup>2</sup> )	r	0,9767	0,9476	0,9480
	R <sup>2</sup>	0,9539	0,8979	0,8987
Suprafața vălurilor (m <sup>2</sup> )	r	0,9981	0,9069	0,9072
	R <sup>2</sup>	0,9962	0,8225	0,8230
Suprafața fâgașelor (m <sup>2</sup> )	r	0,9886	0,7758	0,7766
	R <sup>2</sup>	0,9773	0,8808	0,8812

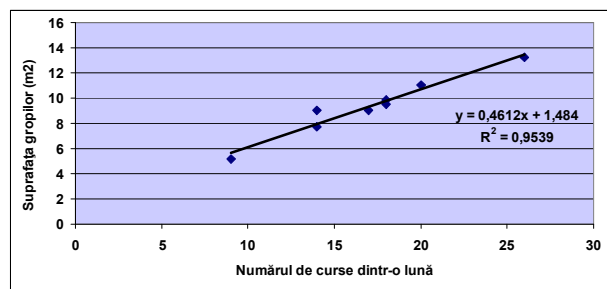


Figura 4.5. Variația suprafeței gropilor în raport cu numărul de curse (Mușat et al., 2014c)

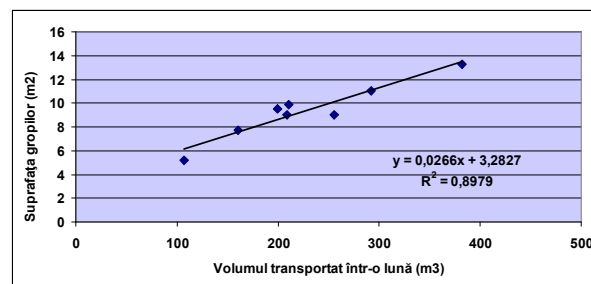


Figura 4.6. Variația suprafeței gropilor în raport cu volumul transportat ( $m^3$ ) (Mușat et al., 2014c)

#### 4.2.4. Concluzii

Masa maximă total admisă pentru autocamioanele cu remorci și, implicit, masa camioanelor de transport masă lemnoasă au suferit importante creșteri într-o perioadă scurtă de timp, care a făcut ca investițiile în drumurile forestiere pentru a asigura o capacitate portantă corespunzătoare să rămână în urmă.

Pe drumul forestier Ciobănuș, transportul lemnului a fost realizat, în cea mai mare parte, cu vehicule care depășesc masa maximă admisă pentru autocamioanele cu remorci, specificată în normativul de proiectare a drumurilor forestiere.

Starea avansată de degradare a tronsoanelor experimentale de pe drumul forestier Ciobănuș indică impactul tonajului sporit și o structură rutieră nepotrivită din punct de vedere dimensional, chiar dacă condițiile locale favorizează degradarea prematură a drumului (exces de umiditate, expoziții umbrite).

În cazul drumului forestier Pravăț, chiar dacă suprafața efectiv degradată este redusă (2,19%) în schimb suprafețele impropii desfășurării normale a traficului au o pondere însemnată (48,5%) și sunt datorate mai ales spațiilor dintre degradări, care impun reducerea vitezei de deplasare și diverse ocoliri de gropi.

Cele mai mari degradări apar în lunile cu cele mai multe transporturi și cu cel mai mare volum de lemn ce a tranzitat drumul forestier Pravăț, iar cele mai întâlnite degradări au fost vălurile, urmate de gropi și de făgașe.

### 4.3. Utilizarea metodei elementului finit în evaluarea structurilor rutiere supuse la diverse încărcări

#### 4.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru

Metoda elementului finit a fost aplicată pentru a evalua comportarea structurilor rutiere la diverse încărcări provenite din traficul de tonaj sporit. Astfel, o primă aplicație a fost realizată pentru o structură rutieră cu trei straturi (tabelul 4.4) care a fost evaluată din punct de vedere al deformațiilor elastice și remanente apărute ca urmare a solicitărilor datorate transportului lemnului cu două tipuri de camioane, ale căror caracteristici sunt prezentate în tabelul 4.5. Încărcarea totală a fiecărei axe a fost distribuită pe fiecare roată pentru a obține deformarea structurii rutiere care vine în contact cu fiecare roată la un moment dat. În acest mod poate fi estimată deformația remanentă care apare în structura rutieră după trecerea camionului cu o anumită încărcătură. Suprafața de contact dintre roată și drum a fost calculată pe baza dimensiunilor anvelopei și a presiunii din roată, informațiile fiind redată în tabelul 4.6. În plus, suprafețele de contact echivalente între roată și drum, pentru fiecare camion, care au corespuns roților din față și celor din spate, sunt ilustrate grafic în figura 4.7. Astfel, în figura 4.8 sunt prezentate variațiile forțelor pentru fiecare roată a camionului și diferențele care apar între încărcările aplicate.

Tabelul 4.4. Proprietățile materialelor folosite (Mușat et al., 2023)

Tipul stratului rutier și a materialului	Grosimea stratului (mm) tipul 1.x	Modulul de elasticitate (MPa) tipul 1.x	Modulul de contracție transversală
Stratul de uzură din piatră spartă poligranulară 0/70	100	90	0.27
Stratul de bază din piatră spartă poligranulară 0/90	200	80	0.27
Substrat de fundație	100	70	0.27
Pământul din terasament (P1 ... P5)	$\infty$	12	0.27

Tabelul 4.5. Caracteristicile camioanelor luate în studiu (Mușat et al., 2023)

Marca	Modelul	Încărcarea (tone)	Axa încărcată (kN)		Încărcarea pe roată (kN)	
			Față	Spate	Față	Spate
Mercedes	Actros 2646	22.84	60	2x85	30	42.5
Volvo	FH 12.460	47.18	75	2x197.5	37.5	98.75

Tabelul 4.6. Suprafața de contact dintre roată și drum (Mușat et al., 2023)

Marca	Modelul	Mărimea anvelopelor	Diametrul echivalent al suprafeței de contact (mm)		Suprafața de contact (mm <sup>2</sup> )	
			Roata din față	Roata din spate	Roata din față	Roata din spate
Mercedes	Actros 2646	315/70R22.6	226	173	40115.00	23506.18
Volvo	FH 12.460	315/70R22.5	252	272	49875.92	58106.90

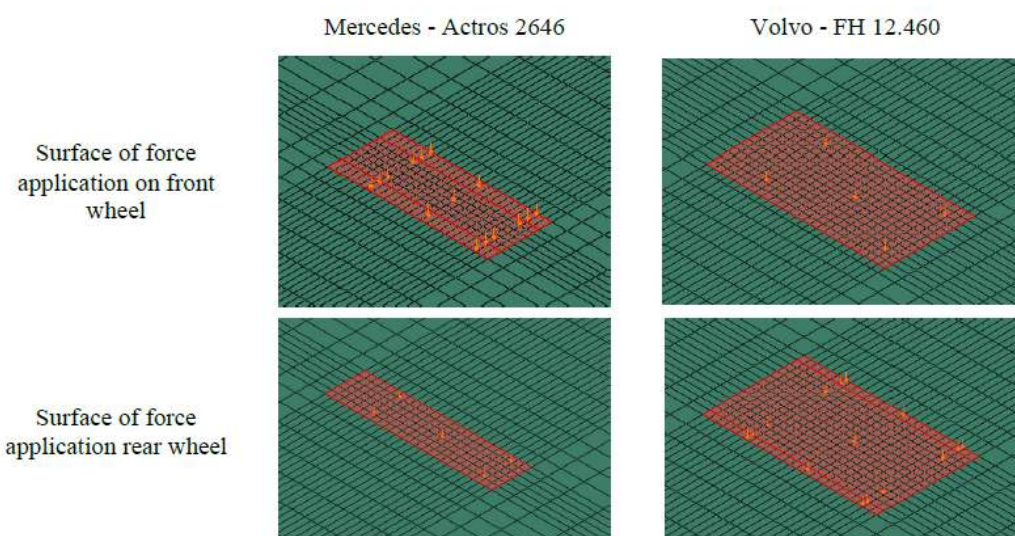


Figura 4.7. Suprafața de aplicare a forțelor pentru cele două tipuri de camioane (Mușat et al., 2023)

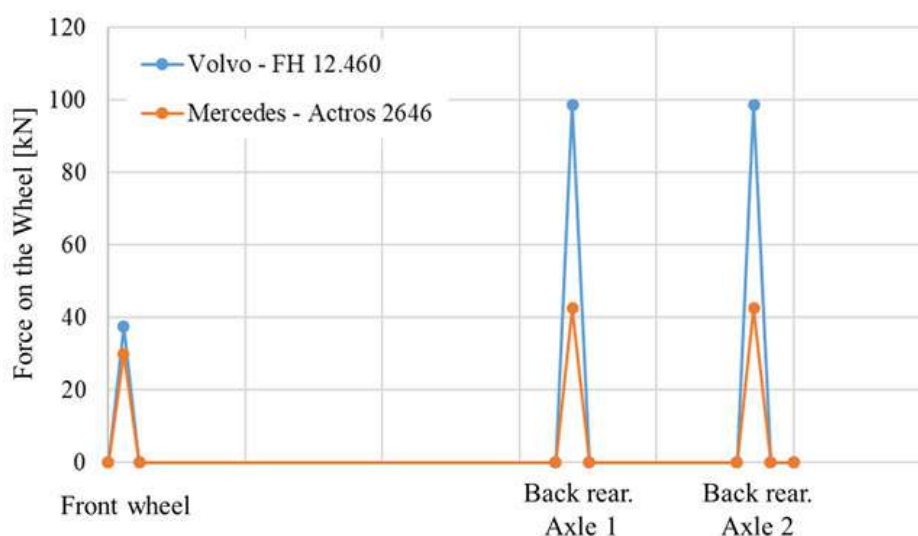


Figura 4.8. Distribuția forțelor pentru fiecare roată a camionului (Mușat et al., 2023)

Pentru a doua aplicație s-a ținut seama de specificațiile tehnice ale unui drum forestier existent (drumul forestier Ciobănuș) din administrarea Direcției Silvice Bacău. Acest drum a fost dimensionat în acord cu vechile prevederi în ceea ce privește tonajul maxim admis (\*\*\*, 2002 - AND), ceea ce face ca drumul forestier Ciobănuș să nu poată face față solicitărilor actuale din traficul de mare tonaj (Bitir et al., 2019b), aflându-se într-o stare accentuată de degradare. Întrucât această situație este una des întâlnită la nivel național (majoritatea drumurilor fiind construite înainte de 1990 – Bereziuc et al., 2013), au fost concepute trei tipuri de structuri rutiere, adecvate drumurilor forestiere principale (tabelele 4.7 – 4.9), reglementate ca structuri rutiere tip în baza normativului privind proiectarea drumurilor forestiere (\*\*\*, 2011a). Diferențele dintre cele trei variante ale fiecărei structuri sunt date de grosimea stratului de balast existent pe patul căii (200, 300 și respectiv 400 mm).

Tabelul 4.7. Proprietățile mecanice ale materialelor din structura rutieră de tip I (Mușat și Bitir, 2022)

Nr. crt.	Stratul de material	Grosimea stratului (mm)			Modulul de elasticitate (MPa)			Modul de contracție transversal
		Tip I.1	Tip I.2	Tip I.3	Tip I.1	Tip I.2	Tip I.3	
1.	Piatră spartă amestec optimal	120			500			0,27
2.	Piatră spartă sort 63/90	150			400			
3.	Balast amestec optimal	100			300			
4.	Pietruire existentă (balast)	200	300	400	152	182	208	0,42
5.	Patul drumului				70			

Tabelul 4.8. Proprietățile mecanice ale materialelor din structura rutieră de tip II (Mușat și Bitir, 2022)

Nr. crt.	Stratul de material	Grosimea stratului (mm)			Modulul de elasticitate (MPa)			Modul de contracție transversal
		Tip II.1	Tip II.2	Tip II.3	Tip II.1	Tip II.2	Tip II.3	
1.	Piatră spartă amestec optimal	120			500			0,27
2.	Blocaj din piatră brută	150			300			
3.	Pietruire existentă (balast)	200	300	400	152	182	208	
4.	Patul drumului				70			0,42



Tabelul 4.9. Proprietățile mecanice ale materialelor din structura rutieră de tip III (Mușat și Bitir, 2022)

Nr. crt.	Stratul de material	Grosimea stratului (mm)			Modulul de elasticitate (MPa)			Modul de contracție transversal
		Tip III.1	Tip III.2	Tip III.3	Tip III.1	Tip III.2	Tip III.3	
1.	Piatră spartă amestec optimal	100			300			0,27
2.	Blocaj din piatră brută	250			300			
3.	Pietruire existentă (balast)	200	300	400	152	182	208	
4.	Patul drumului				70			0,42

Pentru determinarea stărilor de deplasări și deformații remanente ale structurilor rutiere sub acțiunea încărcărilor s-a apelat la metoda elementului finit (FEM), calculele fiind realizate în domeniul linear static. Pentru simularea fenomenului de deformare a drumului s-a modelat o porțiune de drum cu dimensiunile de 5x2x2 (m) astfel încât deformațiile care apar, datorită forțelor de apăsare, să nu fie influențate de dimensiunile geometrice folosite în simularea numerică (figura 4.9).

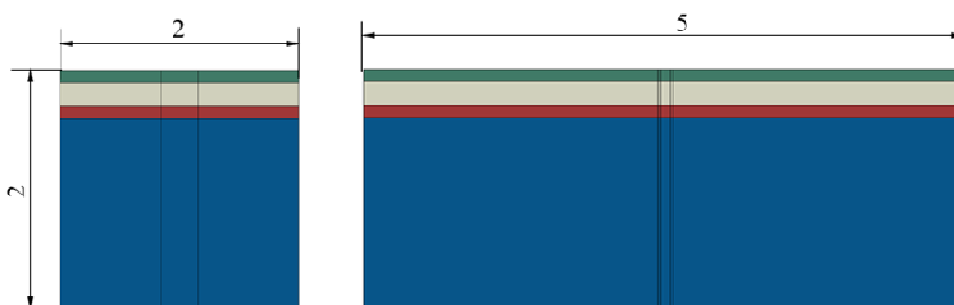


Figura 4.9. Dimensiunile geometrice (m) ale zonei de drum considerate (Mușat și Bitir, 2022)

În figura 4.10 (a. și b.) sunt prezentate modelele discretizate cu elemente finite pentru cele trei structuri rutiere, cu patru și cinci straturi, folosind programul de calcul tehnic Abaqus CAE, utilizat și de Leonardi și colaboratorii săi (2020). Elementele finite 3D, de tip hexaedru, simulează straturile din structura drumului și au atribuite proprietățile corespunzătoare fiecărui strat. Conexiunea între straturile din componența structurii este realizată prin nodurile comune dintre elementele finite. Pentru aplicarea metodei elementului finit, structurile rutiere considerate au fost fixate, după toate direcțiile, pe terasament, iar forța de încărcare se aplică pe suprafața de contact echivalentă dintre roată și stratul de uzură (figura 4.11).

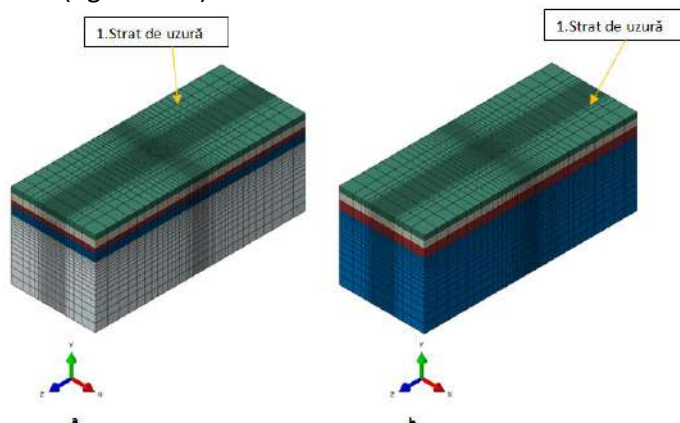


Figura 4.10. Modelul cu elemente finite de tip hexaedru (Mușat și Bitir, 2022): a. pentru structura rutieră de tip I; b. pentru structurile rutiere de tip II și III

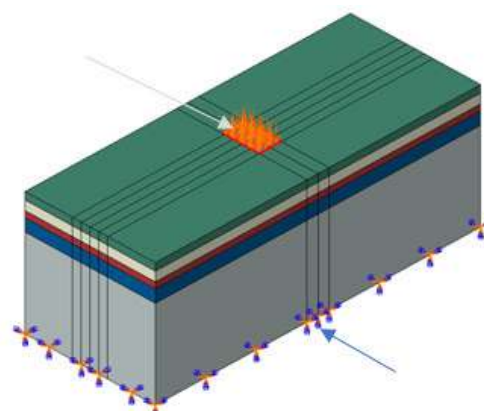


Figura 4.11. Condiții la limită (Mușat și Bitir, 2022)

Pentru studiul comparativ s-au considerat 3 sarcini utile diferite, distribuite pe punțile autotrenului forestier ATF 25 (tabelul 4.10), luate în considerare pentru dimensionarea structurilor rutiere corespunzătoare drumurilor forestiere (\*\* 2011a).

Tabelul 4.10. Distribuția sarcinii pe fiecare axă a autotrenului forestier ATF 25 (Mușat și Bitir, 2022)

Sarcina utilă a autotrenului (tone)	Sarcina pe axa față (tone)	Sarcina pe puntea spate autotractor (tone)	Sarcina pe puntea semiremorcii (tone)
25	3,750	10,000	11,250
35	5,25	14	15,75
45	6,75	18	20,25

În figura 4.12 este prezentată grafic variația forțelor pe fiecare roată, unde se poate observa valoarea forțelor pe roata din față și pe roțile din spate. În figura 4.13 sunt descrise punțile și axele mașinii studiate.

Deplasările sunt calculate pentru o încărcare totală de 25, 35 și, respectiv 45 de tone, distribuită pe întregul autotren, în calcul considerându-se jumătate din aceasta, din cauza simetriei constructive a acestuia. Forța s-a distribuit pe fiecare roată în raport cu încărcarea maximă de 40 tone, care este cunoscută.

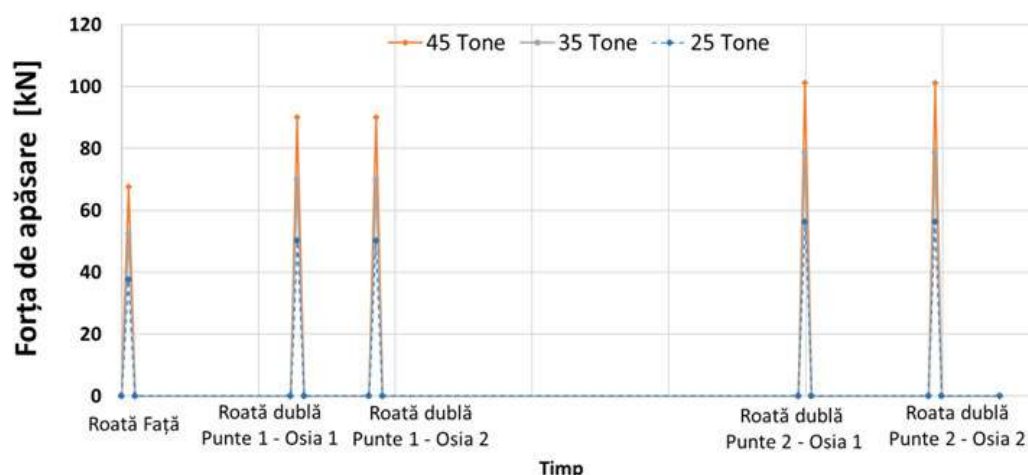


Figura 4.12. Distribuția forțelor pe fiecare roată la ATF 25 (Mușat și Bitir, 2022)

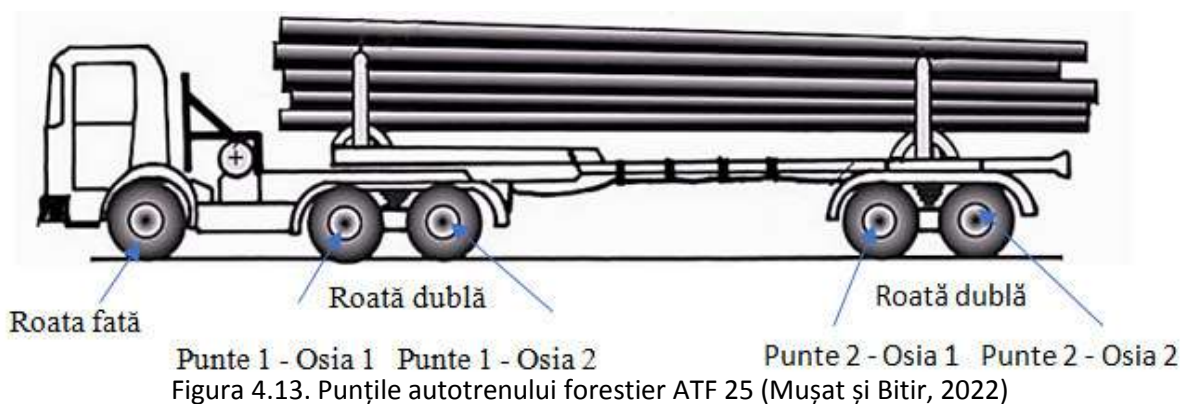


Figura 4.13. Punțile autotrenului forestier ATF 25 (Mușat și Bitir, 2022)

Cele trei tipuri de structuri analizate, cu câte trei variante constructive pentru fiecare tip, au generat în total nouă modele de calcul. Fiecare model a fost studiat în trei situații de încărcare pe autovehicul, respectiv pentru 25 de tone încărcătură, 35 de tone și 45 de tone, rezultând în final 27 de modele de calcul.

Pentru fiecare model s-a determinat:

- deplasarea maximă pe suprafața drumului, după trecerea fiecărei roți;
- deplasarea în adâncime a structurii rutiere, după trecerea autovehiculului;
- deformația remanentă pe suprafața drumului, după trecerea autotrenului;
- deformația remanentă în adâncime a structurii drumului, după trecerea autovehiculului.

Pentru a evidenția diferențele dintre cele 27 de modele s-a realizat un studiu comparativ pentru deplasările maxime și deformațiile remanente obținute pe suprafața de contact dintre drum și roată. În studiul comparativ s-a urmărit:

- starea de deformare a drumului în timpul traficului, atunci când forța dată de încărcarea maximă a autovehiculelor solicită calea de rulare;
- starea de deformare remanentă, atunci când autovehiculul a părăsit calea de rulare.

Pentru determinarea variației deformațiilor drumului s-au utilizat programe de calcul bazate pe metoda elementului finit.

#### **4.3.2. Deformațiile apărute în structura rutieră solicitată de trecerea a două tipuri de camioane forestiere folosite la transportul lemnului**

Au fost calculate încărcările date de fiecare axă din față sau din spatele camioanelor (axa 1 și axa 2), iar deformațiile sunt ilustrate grafic în figura 4.14. Din analiza figurii se poate constata că în cazul camionului Volvo deformațiile înregistrate sunt mai mari decât în cazul camionului Mercedes, aceasta datorându-se caracteristicilor tehnice ale celor două tipuri de camioane. În toate cazurile deformațiile remanente maxime (tabelul 4.11) au apărut în mijlocul zonei de contact dintre roată și drum.

Tabelul 4.11. Deformațiile remanente maxime ca urmare a interacțiunii drumului cu fiecare camion în parte (Mușat et al., 2023)

Tipul de interacțiune	Deformația remanentă maimă (mm)	
	Mercedes - Actros 2646	Volvo - FH 12.460
Roata din față – axa din față	2.65e-4	3.35e-4
Roata din spate – axa 1	1.25e-3	2.79e-3
Roata din spate – axa 2	6.09e-3	1.51e-3

În ceea ce privește deformațiile determinate cu ajutorul metodei elementului finit, se menționează că în cazul axei din față deformațiile maxime au fost de aproximativ 2,87 mm pentru Mercedes Actros 2646 și de 3,41 mm pentru Volvo FH12.460. Pe de altă parte, deformațiile remanente au reprezentat aproximativ 9,23‰ în cazul camionului Mercedes și, respectiv 9,82‰ pentru Volvo, procente considerate din deformațiile elastice.

În cazul primei axe din spatele camioanelor, deformațiile maxime au fost de aproximativ 4,54 mm pentru Mercedes și 8,64 mm pentru Volvo, în timp ce deformațiile remanente au prezentat ponderi mai mari din deformațiile elastice comparativ cu axa din față, acestea fiind de 27,53‰ pentru primul caz și 33,29‰ pentru cel de-al doilea camion. Pentru cea de-a doua axă din spatele camioanelor, deformațiile maxime au fost aproape identice cu cele înregistrate la prima axă din spatele camioanelor, dar deformațiile remanente s-au redus ca pondere din deformațiile elastice, fiind de 13,38‰ pentru Mercedes și 17,48‰ pentru Volvo.

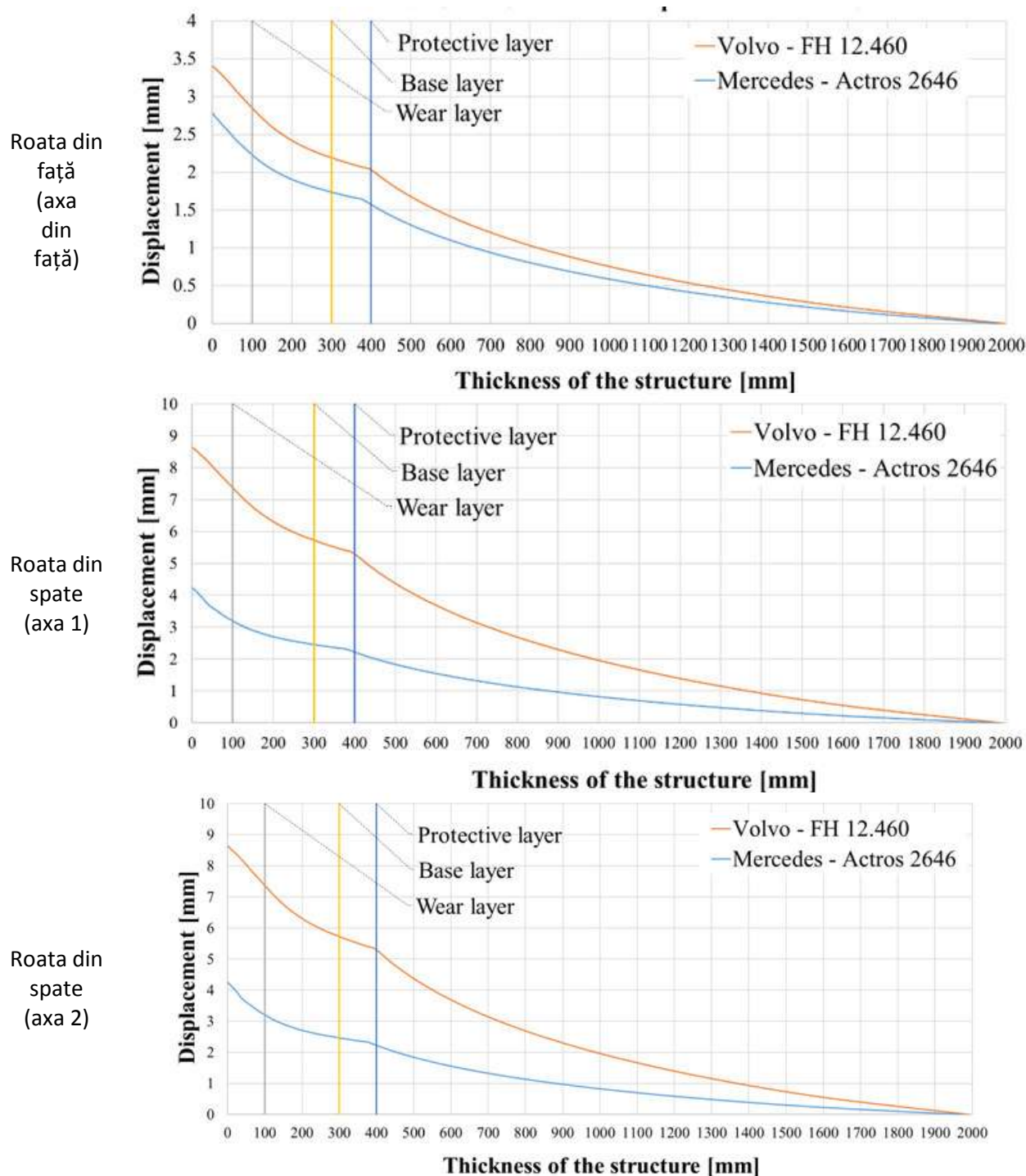


Figura 4.14. Structura deplasărilor în adâncime pentru fiecare roată și axă a camioanelor luate în considerare (Mușat et al., 2023)

#### 4.3.3. Distribuția deplasărilor remanente și distribuția vectorială a deplasărilor remanente

Folosind metoda elementului finit s-a urmărit cu cât se deformează structura drumului pe direcția de apăsare a forței, pentru tipurile de structuri analizate, ținându-se seama de rezultatele obținute pentru fiecare roată în parte, corespunzătoare fiecărei osii.

În figura 4.15 se observă distribuția deplasării stratului de uzură, după trecerea roților din față (o singură roată - figura 4.15 – b.) și după trecerea tuturor roților (roata față și roți duble spate - figura 4.15 – c.), pe direcția de apăsare a sarcinii pe drum.

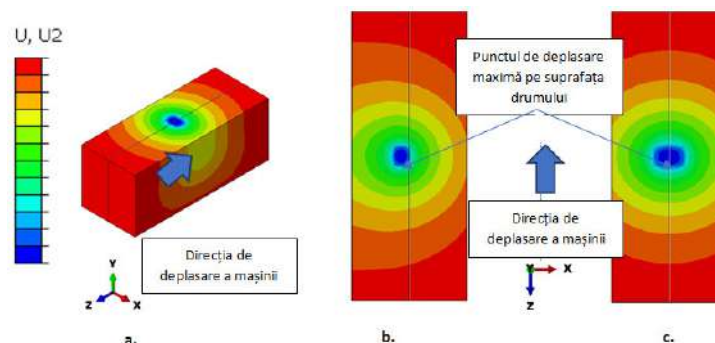


Figura 4.15. Distribuția deplasărilor – vedere generală (Mușat și Bitir, 2022): a. vedere isometrică a drumului; b. distribuția deplasărilor după trecerea roților din față; c. distribuția deplasărilor după trecerea tuturor roților

Deplasările remanente obținute după trecerea tuturor roților sunt indicate în figura 4.16, rezultatele corespunzând unei singure treceri a vehiculului, cu o viteză de 25 km/h.

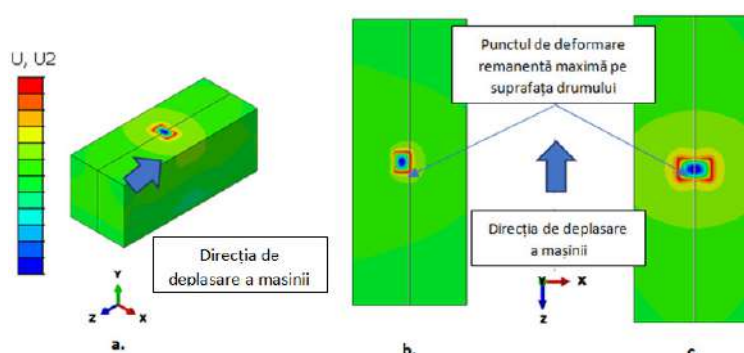


Figura 4.16. Distribuția deplasărilor remanente – vedere generală (Mușat și Bitir, 2022): a. vedere isometrică a drumului; b. distribuția deplasărilor după trecerea roților din față; c. distribuția deplasărilor după trecerea tuturor roților

În momentul trecerii vehiculului pe drum, structura acestuia se deformează, producând tasarea drumului. După trecerea fiecărei roți apare relaxarea structurii rutiere care se propagă până în patul drumului, însă fiecare strat din structură rămâne cu o deformare remanentă. Acest lucru se poate observa în figura 4.17. Vectorii deplasărilor remanente au o direcție pozitivă la exteriorul suprafeței apăsate, dar în zona de apăsare vectorii au o direcție negativă ceea ce indică tasarea drumului. Acest tip de deformare, rămas după trecerea autotrenului forestier, poate duce la formarea de făgașe.

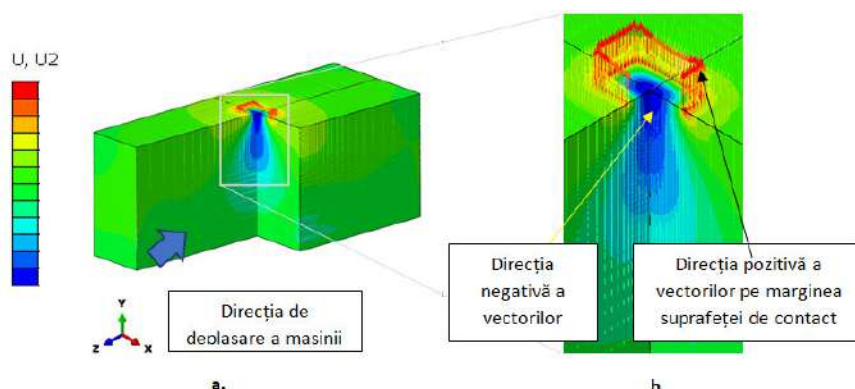


Figura 4.17. Secțiune în adâncimea drumului – Distribuția vectorială a deplasărilor remanente (Mușat și Bitir, 2022): a. vedere isometrică a drumului; b. distribuția deplasărilor remanente după trecerea tuturor roților

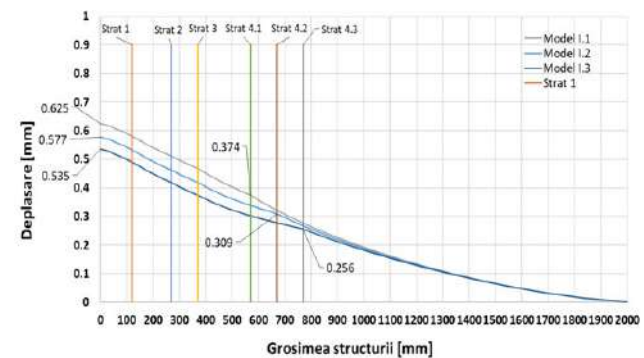
Distribuția spectrului de culori al deplasărilor totale, cât și a celor remanente este identică pentru toate structurile rutiere studiate, diferența între ele fiind valoarea numerică a deplasărilor.

#### 4.3.4. Evaluarea numerică a deformațiilor în cazul structurilor rutiere tip. Deplasarea straturilor pe verticală

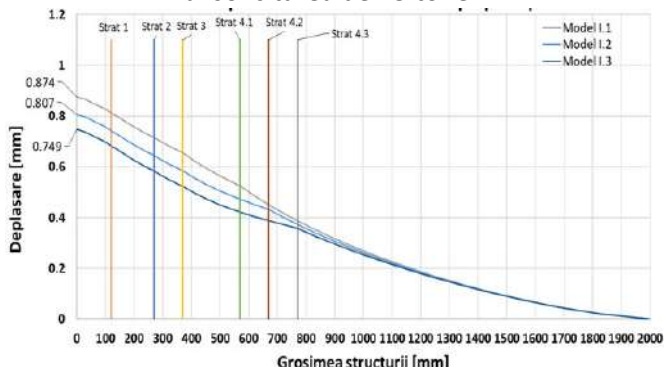
##### A. Structurile rutiere tip I

Deplasările straturilor în adâncime, înregistrate pentru structurile rutiere tip I solicitate la 25, 35 și 45 tone, indică o rigiditate mai ridicată a variantei I.3, caracterizată de o grosime mai mare a stratului de balast de pe terasament (400 mm), față de variantele I.1 și I.2 (200 și 300 mm).

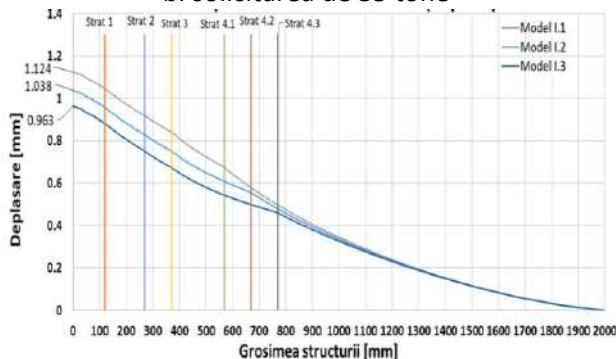
Raportat la deplasările înregistrate, se constată că acestea variază între 0,653 ... 0,625 mm când structurile sunt solicitate la 25 t, între 0,874 ... 0,749 mm la solicitări de 35 t, și între 1,124 ... 0,963 mm la solicitări de 45 t (figura 4.18 – a, b, c), deci creșterea încărcăturii solicită mai mult structurile rutiere, deplasările pe verticală ale straturilor fiind mai mari odată cu creșterea solicitării și scăderea grosimii stratului de balast așezat pe terasament.



a. solicitarea de 25 tone

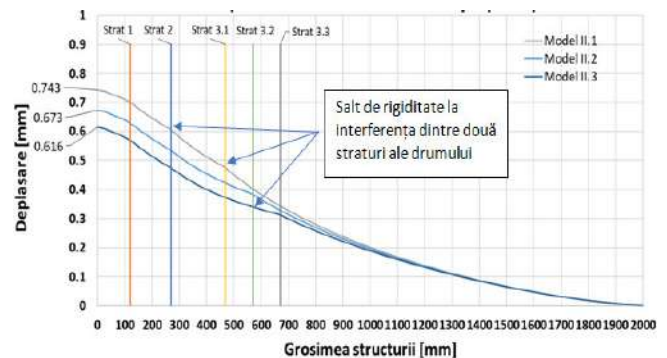


b. solicitarea de 35 tone

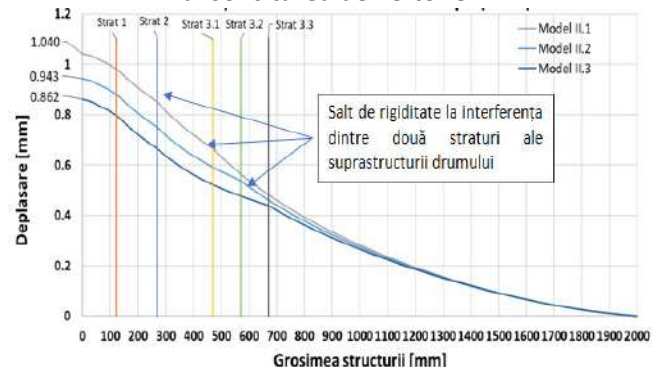


c. solicitarea de 45 tone

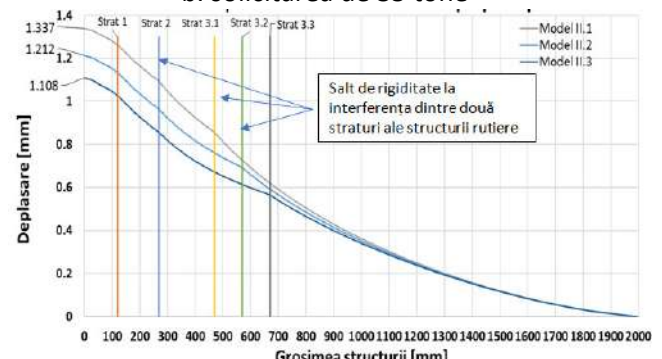
Figura 4.18. Deplasarea straturilor în adâncime ca urmare a solicitării structurilor rutiere tip I (Mușat și Bitir, 2022)



a. solicitarea de 25 tone



b. solicitarea de 35 tone



c. solicitarea de 45 tone

Figura 4.19. Deplasarea straturilor în adâncime ca urmare a solicitării structurilor rutiere tip II (Mușat și Bitir, 2022)

### B. Structurile rutiere tip II

În cazul structurilor rutiere tip II se observă, și de această dată, că grosimea mai mare a stratului de balast de pe terasament conduce la o rigiditate mai mare a structurii rutiere tip II.3, indiferent de nivelul de solicitare (25, 35 sau 45 tone). În plus, se observă un salt de rigiditate între straturile 2 și 3 ale structurii, care poate fi pus pe seama materialelor folosite în cadrul structurilor rutiere tip II comparativ cu structurile tip I. Astfel, acestea sunt alcătuite din 3 straturi, cu o grosime de 370 mm, la care se adaugă stratul de balast de 200 mm (I.1), 300 mm (I.2) sau 400 mm (I.3), în timp ce structurile rutiere tip II sunt alcătuite din două straturi, cu o grosime de 270 mm, la care se adaugă stratul de balast (200, 300 sau 400 mm), ceea ce înseamnă că stratul de balast amestec optimal (100 mm) și cel de piatră spartă sort 63/90 (150 mm), aflate în componența structurilor rutiere tip I, joacă un rol important în reducerea deplasării straturilor în adâncime, aspect evidențiat și de valorile acestora.

La structurile rutiere tip II, deplasările în adâncime variază între 0,743 ... 0,616 mm când sunt solicitate la 25 t, între 1,040 ... 0,862 mm când sunt solicitate la 35 t, și între 1,337 ... 1,108 mm la solicitări de 45 t (figura 4.19 – a, b, c).

### C. Structurile rutiere tip III

Raportat la deplasarea straturilor rutiere în adâncime pentru structurile rutiere tip III, se constată o reducere a acestora, precum și o rigiditate sporită a structurii III.3, conferită de stratul de balast de grosime mai mare. În plus, se remarcă același salt în rigiditate între straturile 2 și 3, întâlnit și în cazul structurilor rutiere tip II, ceea ce atrage atenția asupra stratului de blocaj de piatră brută care, indiferent de grosime (150 mm – structurile tip II și 250 mm – structurile tip III), conferă proprietăți asemănătoare structurilor tip II și III, valorile obținute pentru deplasări fiind foarte apropiate în cele două situații.

Deplasările înregistrate au oscilat între 0,737 ... 0,632 mm pentru solicitări de 25 t, între 1,031 ... 0,885 mm la solicitări de 35 t, și între 1,326 și 1,138 la solicitări de 45 t (figura 4.20 – a, b, c).

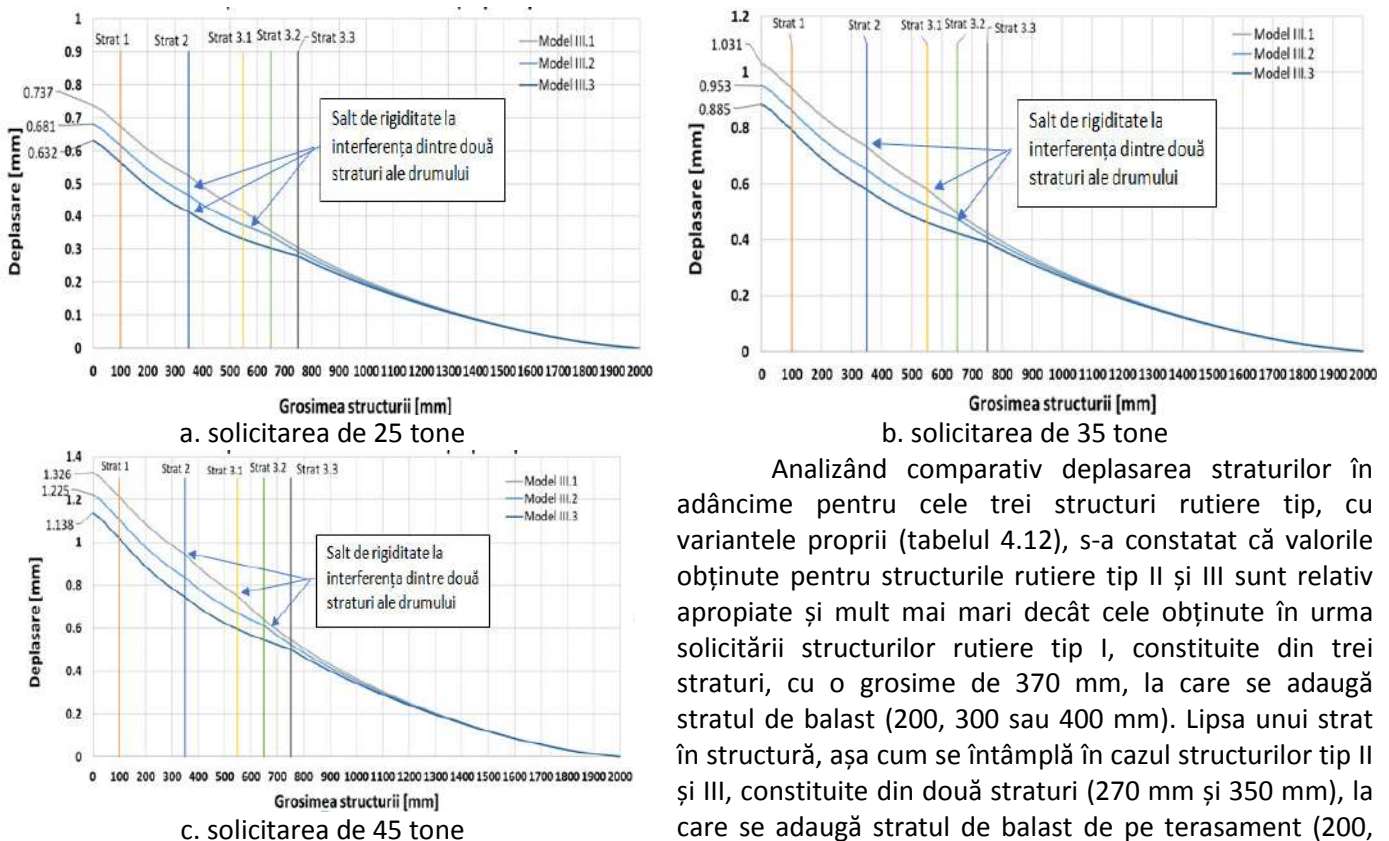


Figura 4.20. Deplasarea straturilor în adâncime ca urmare a solicitării structurilor rutiere tip III (Mușat și Bitir, 2022)

Pe de altă parte, analizând materialele care intră în alcătuirea structurilor rutiere tip și numărul de straturi, se constată că structurile rutiere tip II și III se aseamănă din punct de vedere al straturilor și materialelor componente, în timp ce structurile rutiere tip I și III se aseamănă în ceea ce privește grosimea întregii structuri. Cu toate acestea, straturile de piatră spartă sort 63/90 (150 mm) și de balast amestec optimal (100 mm), aflate în componența structurilor rutiere tip I, le conferă o rezistență mai bună la solicitări, deplasările în adâncime fiind mai reduse în cazul acestor structuri, probabil datorită împănării mai bune dintre materialele pietroase.

Tabelul 4.12 Deplasarea straturilor în adâncime sub diverse solicitări (Mușat și Bitir, 2022)

Solicitarea	25 tone			35 tone			45 tone		
	I.1	I.2	I.3	I.1	I.2	I.3	I.1	I.2	I.3
Structuri rutiere tip I									
Deplasarea (mm)	0.625	0.577	0.535	0.874	0.807	0.749	1.124	1.038	0.963
Structuri rutiere tip II									
Deplasarea (mm)	0.743	0.673	0.616	1.040	0.943	0.862	1.337	1.212	1.108
Structuri rutiere tip III									
Deplasarea (mm)	0.737	0.681	0.632	1.031	0.953	0.885	1.326	1.225	1.138

#### **4.3.5. Evaluarea numerică a deformațiilor în cazul structurilor rutiere tip. Deformații maxime înregistrate**

##### A. Structurile rutiere tip I

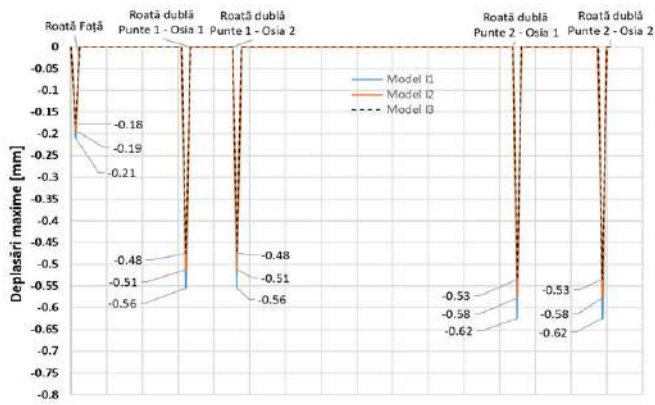
În cazul structurilor rutiere tip I (figura 4.21 – a., b., c.) se constată că deformațiile maxime variază atât cu grosimea stratului de balast de pe terasament, cât și cu sporirea solicitării, observându-se că deformațiile maxime diferă în funcție de puntea luată în considerare. Astfel, pentru puntea față a autotrenului forestier, deformațiile maxime variază de la 0,18 mm (I.3 – 25 t) la 0,37 mm (I.1 – 45 t), pentru prima punte dublă oscilează de la 0,48 mm (I.3 – 25 t) și 1,00 mm (I. 1 – 45 t), iar pentru puntea dublă din spate, de la 0,53 mm (I.3 – 25 t) la 1,12 mm (I.3 – 45 t). Aceste valori evidențiază, o dată în plus, impactul pe care grosimea stratului de balast de la nivelul terasamentului îl are asupra deformațiilor, înregistrându-se deformații mai mari în cazul structurilor rutiere cu o grosime mai mică a acestui strat (I.1 și I. 2) și deformații mai mici în cazul în care stratul de balast are grosimea maximă considerată în analiza de față (400 mm), ceea ce-i conferă structurii o rigiditate mai mare și o comportare mai bună sub solicitări.

În plus, se constată o creștere progresivă a deformațiilor odată cu sporirea nivelului de solicitare. Astfel, pentru roțile/puntea din față se observă diferențe de 0,03 mm între variantele de structuri rutiere considerate (I.1. I.2 și I.3) solicitate la 25 t, de 0,04 mm la solicitări de 35 t și de 0.05 mm la solicitări de 45 t. Pentru prima punte dublă, valorile variază cu până la 0.08 mm în cazul solicitării de 25 t, cu 0,11 mm la solicitări de 35 t și cu 0,14 la solicitări de 45 t. La puntea dublă din spate se constată diferențe mai mari între deformațiile maxime, în raport cu tipul de structură și solicitarea, acestea fiind de 0,09 mm pentru 25 t, 0,12 mm pentru 35 t și 0,16 mm pentru solicitări de 45 t.

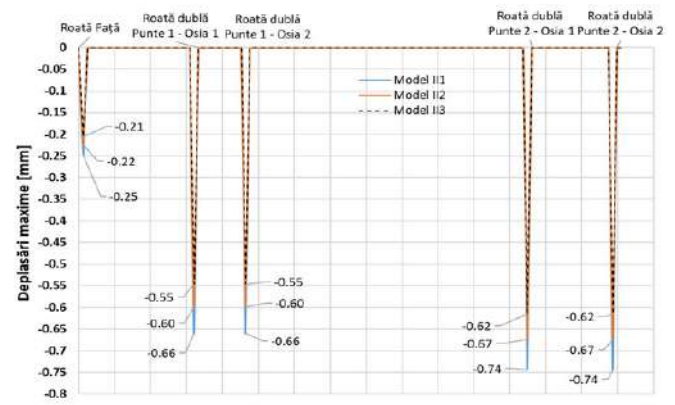
##### B. Structurile rutiere tip II

Ca și în cazul structurilor rutiere tip I, în cazul celor de tip II (figura 4.22 – a., b., c.) se constată că valorile deformațiilor maxime variază odată cu roata care trece pe suprafața suport, dar și cu nivelul de solicitare, reducându-se la grosimi mai mari ale structurii rutiere. Raportat la variația valorilor, se observă că deformațiile maxime oscilează, pentru roțile din față, între 0,21 și 0,25 mm la solicitări de 25 t, între 0,25 și 0,35 mm la solicitări de 35 t și între 0,37 și 0,45 mm la solicitarea de 45 t. Trendul ascendent se păstrează și în cazul punților duble, cele mai mari valori înregistrându-se la puntea dublă din spate, când deformațiile maxime sunt de 1,34 mm pentru structura rutieră II.1, de 1,21 mm pentru structura II.2 și de 1,11 mm pentru II.3, ceea ce reliefează, odată în plus, faptul că o grosime mai mare a stratului de balast de pe terasament îi conferă structurii o rigiditate mai mare, comportându-se mai bine la solicitări.

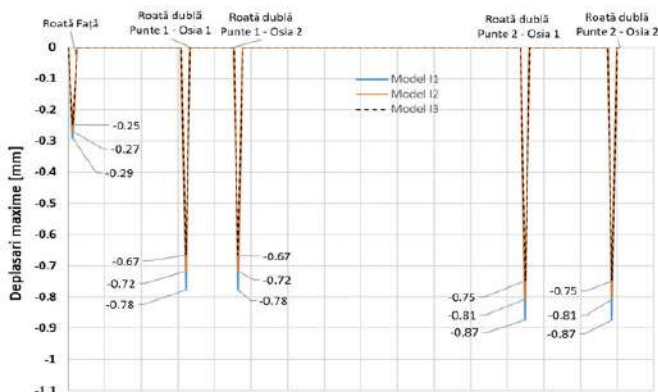




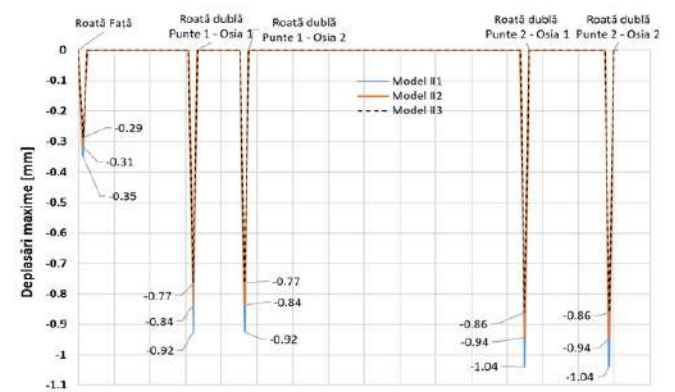
a. solicitarea de 25 tone



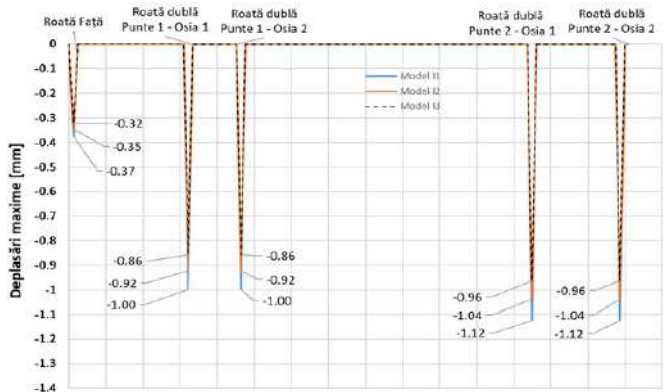
a. solicitarea de 25 tone



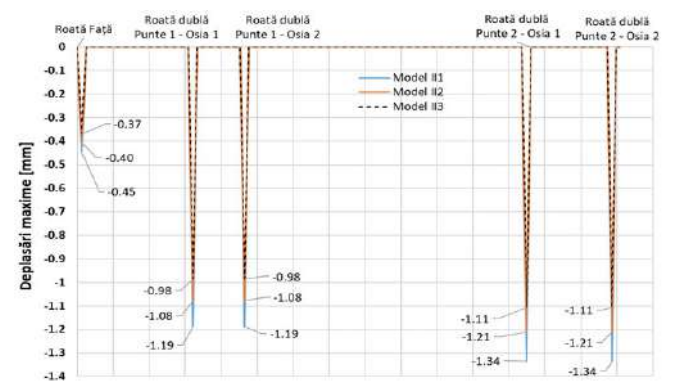
b. solicitarea de 35 tone



b. solicitarea de 35 tone



c. solicitarea de 45 tone



c. solicitarea de 45 tone

Figura 4.21. Deformațiile maxime înregistrate la diverse solicitări ale structurilor rutiere tip I (Mușat și Bitir, 2022)

Figura 4.22. Deformațiile maxime înregistrate la diverse solicitări ale structurilor rutiere tip II (Mușat și Bitir, 2022)

### C. Structurile rutiere tip III

Tendința de creștere a deformațiilor maxime odată cu sporirea nivelului de solicitare se constată și în cazul structurilor rutiere tip III (figura 4.23 – a., b., c.). De asemenea, apar diferențe semnificative între valorile înregistrate la roțile din față ale autotrenului forestier ATF-25 comparativ cu cele două punți duble, valorile fiind și de 3 ori mai mari. Astfel, deformațiile maxime oscilează între 0,21 mm (III.3 – 25 t) și 0,44 mm (III.1 – 45 t) pentru roțile din față, între 0,56 mm (III.3 – 25 t) și 1,18 mm (III.1 – 45 t) pentru prima punte dublă, și între 0,63 mm (III.3 – 25 t) și 1,33 mm (III.1 – 45 t) pentru puntea dublă din spate.

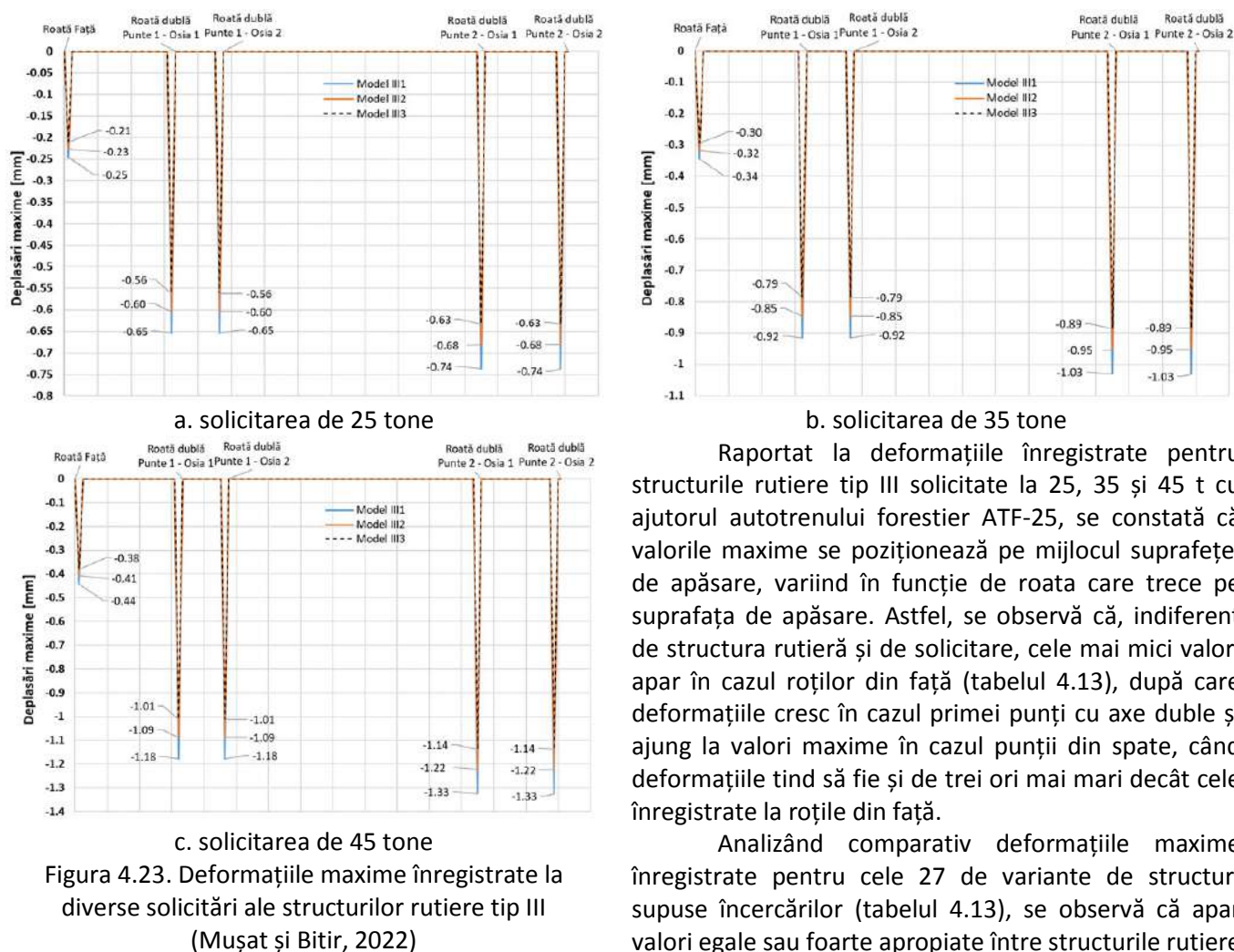


Figura 4.23. Deformațiile maxime înregistrate la diverse solicitări ale structurilor rutiere tip III (Mușat și Bitir, 2022)

Raportat la deformațiile înregistrate pentru structurile rutiere tip III solicitate la 25, 35 și 45 t cu ajutorul autotrenului forestier ATF-25, se constată că valorile maxime se poziționează pe mijlocul suprafeței de apăsare, variind în funcție de roata care trece pe suprafața de apăsare. Astfel, se observă că, indiferent de structura rutieră și de solicitare, cele mai mici valori apar în cazul roților din față (tabelul 4.13), după care deformațiile cresc în cazul primei punți cu axe duble și ajung la valori maxime în cazul punții din spate, când deformațiile tind să fie și de trei ori mai mari decât cele înregistrate la roțile din față.

Analizând comparativ deformațiile maxime înregistrate pentru cele 27 de variante de structuri supuse încercărilor (tabelul 4.13), se observă că apar valori egale sau foarte apropiate între structurile rutiere tip II și III, care sunt compuse din trei straturi, și nu din patru, așa cum se întâmplă în cazul structurilor tip I.

Tabelul 4.13. Deformațiile maxime înregistrate de structurile rutiere solicitate diferit (Mușat și Bitir, 2022)

		Deformația maximă (mm)								
		Roțile din față			Prima punte dublă			Puntea dublă din spate		
Tipul de structură		I.1	I.2	I.3	II.1	II.2	II.3	III.1	III.2	III.3
Solicitarea (tone)	25	0,21	0,19	0,18	0,56	0,51	0,48	0,62	0,58	0,53
	35	0,29	0,27	0,25	0,78	0,72	0,67	0,87	0,81	0,75
	45	0,37	0,35	0,32	1,00	0,92	0,86	1,12	1,04	0,96
Tipul de structură	II.1	II.2	II.3	II.1	II.2	II.3	II.1	II.2	II.3	
	25	0,25	0,22	0,21	0,66	0,60	0,55	0,74	0,67	0,62
	35	0,35	0,31	0,29	0,92	0,84	0,77	1,04	0,94	0,86
Tipul de structură	45	0,45	0,40	0,37	1,19	1,08	0,98	1,34	1,21	1,11
	Solicitarea (tone)	III.1	III.2	III.3	III.1	III.2	III.3	III.1	III.2	III.3
		25	0,25	0,23	0,21	0,65	0,60	0,56	0,74	0,68
35		0,34	0,32	0,30	0,92	0,85	0,79	1,03	0,95	0,89
Solicitarea (tone)	45	0,44	0,41	0,38	1,18	1,09	1,01	1,33	1,22	1,14

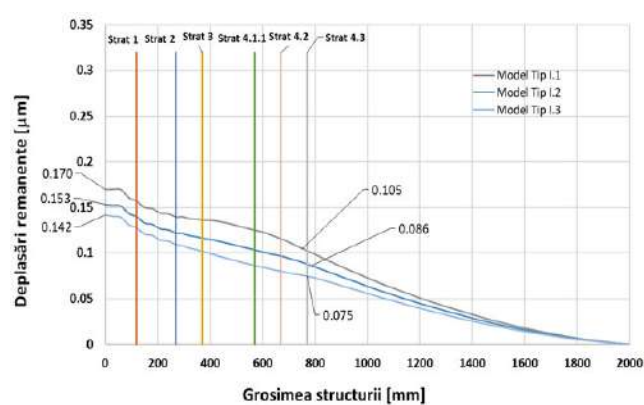
Indiferent de nivelul de solicitare (25, 35 sau 45 t) și de grosimea stratului de balast de pe terasament (200, 300 sau 400 mm), structurile rutiere tip I au înregistrat cele mai mici valori ale deformațiilor maxime, ceea ce indică faptul că stratul de piatră spartă sort 63/90 (150 mm) și cel de balast amestec optimal (100 mm) joacă un rol important în structura acestora. În plus, la toate tipurile

de structuri, deformațiile maxime înregistrate au fost cu atât mai mici cu cât stratul de balast de pe terasament a avut o grosime mai mare, ceea ce face ca structura să se deformeze mai greu datorită rigidității crescute.

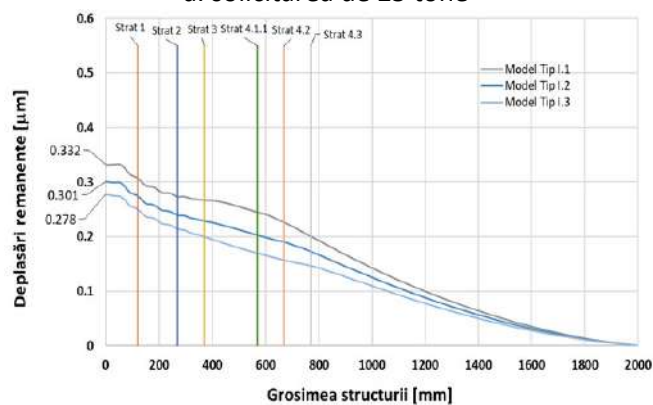
#### 4.3.6. Evaluarea numerică a deformațiilor în cazul structurilor rutiere tip. Deformații remanente înregistrate

##### A. Structurile rutiere tip I

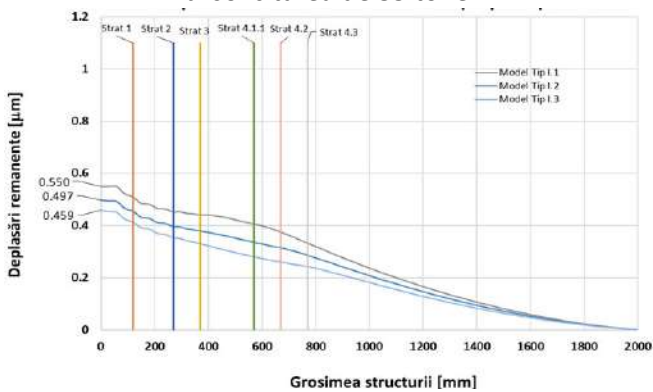
Din analiza figurii 4.24 (a., b., c.) se poate observa că, indiferent de nivelul de solicitare, deformațiile remanente, în cazul structurilor rutiere tip I, sunt mai mari atunci când grosimea stratului de balast de pe terasament este mai redusă (I.1). Acest lucru se datorează elasticității acestei structuri față de structurile I.2 și I.3, unde grosimea stratului de balast este mai mare și rigidizează structura făcând-o să reziste mai bine forțelor de încărcare care tind să o deformeze.



a. solicitarea de 25 tone

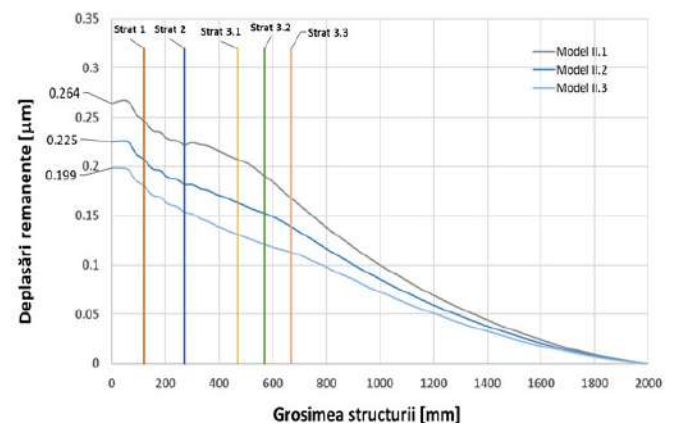


b. solicitarea de 35 tone

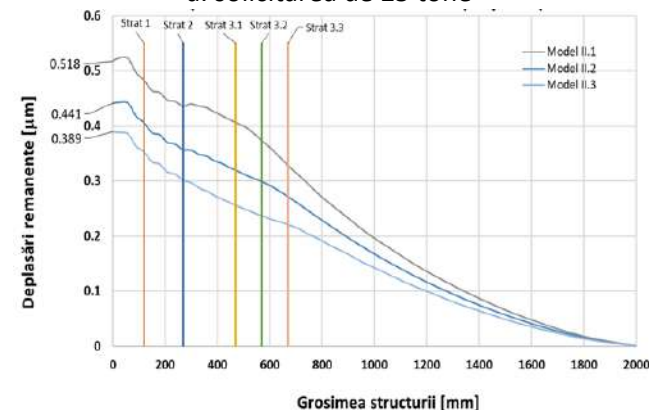


c. solicitarea de 45 tone

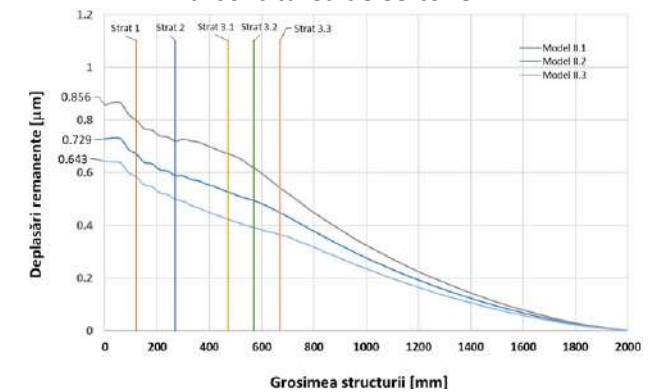
Figura 4.24. Deformațiile remanente înregistrate la diverse solicitări ale structurilor rutiere tip I (Mușat și Bitir, 2022)



a. solicitarea de 25 tone



b. solicitarea de 35 tone



c. solicitarea de 45 tone

Figura 4.25. Deformațiile remanente înregistrate la diverse solicitări ale structurilor rutiere tip II (Mușat și Bitir, 2022)

Raportat la impactul solicitării asupra aceluiași tip de structură (I.1, I.2 sau I.3 – figura 4.24 – a., b., c.), se constată că apar creșteri semnificative între deformațiile remanente rezultate la solicitări de 25 și 35 t (0,136 mm – I.3 și 0,162 mm – I.1). Și de la 35 la 45 t apar creșteri, deformațiile remanente crescând cu 0,181 mm (I.3) și 0,218 mm (I.1) la solicitări de 45 t față de cele înregistrate la 35 t.

### B. Structurile rutiere tip II

Figura 4.25 (a., b., c.) ilustrează deformațiile remanente în cazul structurilor rutiere tip II, solicitate la 25, 35 și 45 t. Ca și în cazul structurilor rutiere tip I, în cazul celor de tip II se observă o elasticitate mai mare a structurii cu grosime mai mică (II.1), deformațiile remanente fiind mai mari la structurile care au stratul de balast de pe terasament de grosime mai mare (II. 2 și II. 3). Pe de altă parte, se observă și aici o creștere semnificativă a deformațiilor remanente de la solicitările de 25 t la cele de 35 t (0,199 mm – II.3 și 0,254 mm – II.1). În cazul sporirii nivelului de solicitare, de la 35 la 45 t, se constată, de asemenea, o creștere semnificativă a deformațiilor remanente, valorile majorându-se cu 0,245 mm la II.3, respectiv cu 0,338 mm la II.1.

### C. Structurile rutiere tip III

Tendința de creștere a deformațiilor remanente în cazul structurilor rutiere cu un strat mai subțire de balast se regăsește și la structurile rutiere tip III (figura 4.26 – a., b., c.), cele mai elastice, indiferent de nivelul de solicitare, fiind structurile III.1, la care deformația remanentă oscilează între 0,300 mm la solicitări de 25 t și 0,972 la solicitări de 45 t. De asemenea, se observă și tendința de scădere a mărimii deformațiilor remanente odată cu majorarea grosimii stratului de balast de la nivelul terasamentului.

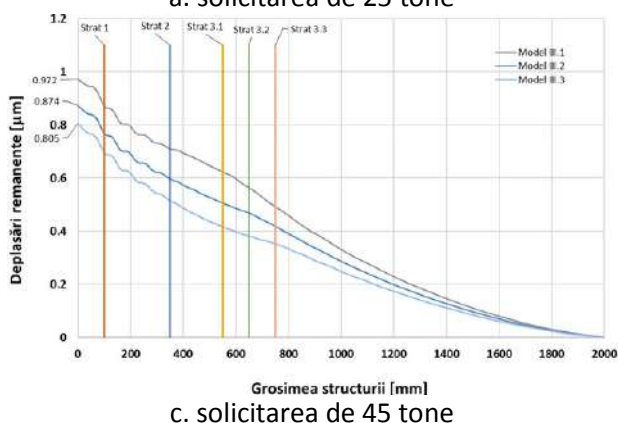
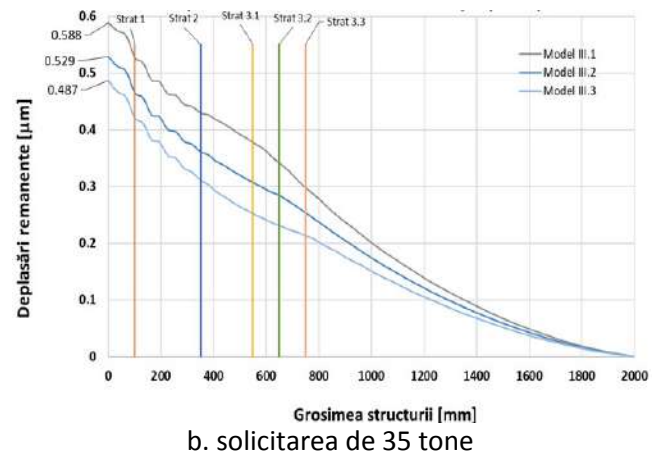
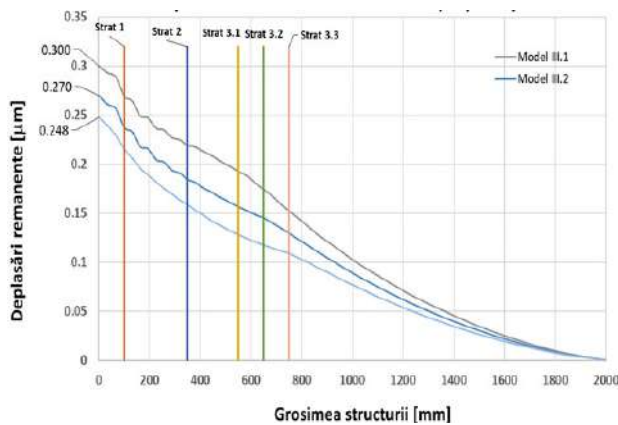


Figura 4.26. Deformațiile remanente înregistrate la diverse solicitări ale structurilor rutiere tip III (Mușat și Bitir, 2022)

Impactul nivelului de solicitare este și mai evident în cazul structurilor rutiere tip III. Astfel, spre deosebire de deformațiile remanente înregistrate la 25 t, se observă creșteri cu 0,239 mm (III.3) și 0,288 mm (III.1) odată cu creșterea solicitării la 35 t, respectiv cu 0,318 mm (III.3) și 0,384 mm (III.1), atunci când sunt comparate deformațiile remanente rezultate în urma solicitărilor de 35 și, respectiv 45 t. Analiza comparativă a deformațiilor remanente, proprii structurilor rutiere analizate și supuse solicitărilor de 25, 35 și 45 tone (tabelul 4.14), scoate în evidență impactul semnificativ pe care grosimea structurii rutiere, numărul de straturi și materialele care intră în alcătuirea lor le joacă în rigidizarea acestora. Se observă că, indiferent de solicitare și de tipul de structură (I, II sau III), deformațiile remanente sunt cu atât mai mari cu cât structura are o grosime mai mică.

Pe de altă parte, se constată că structurile rutiere tip I prezintă deformații remanente mai reduse decât structurile rutiere tip II și III, aspect care poate fi pus pe seama celor două straturi din componența lor (stratul de piatră spartă sort 63/90 – 150 mm și stratul de balast optimal – 100 mm), care conferă structurilor o rezistență mai bună la solicitări.

Tabelul 4.14. Deformații remanente înregistrate sub diverse niveluri de solicitare (Mușat și Bitir, 2022)

Solicitarea	25 tone			35 tone			45 tone		
Structuri rutiere tip I	I.1	I.2	I.3	I.1	I.2	I.3	I.1	I.2	I.3
Def. remanentă (mm)	0,170	0,153	0,142	0,332	0,301	0,278	0,550	0,497	0,459
Structuri rutiere tip II	II.1	II.2	II.3	II.1	II.2	II.3	II.1	II.2	II.3
Def. remanentă (mm)	0,264	0,225	0,199	0,518	0,441	0,389	0,856	0,729	0,643
Structuri rutiere tip III	III.1	III.2	III.3	III.1	III.2	III.3	III.1	III.2	III.3
Def. remanentă (mm)	0,300	0,270	0,248	0,588	0,529	0,487	0,972	0,874	0,805

#### 4.3.7. Concluzii

Terenul de fundare reprezintă unul dintre elementele principale care influențează capacitatea portantă a drumurilor forestiere, care crește sau scade după cum calitatea pământului de fundare este mai bună sau mai slabă.

Prin creșterea calității materialelor pietroase din structura rutieră se obțin creșteri reduse ale capacității portante a drumurilor forestiere, ceea ce susține încă o dată recomandarea de a folosi materiale pietroase locale.

Sporirea grosimii straturilor rutiere, ca și adăugarea de noi straturi rutiere în timpul reabilitării drumurilor, reprezintă calea de îmbunătățire a portanței părții carosabile.

Deformațiile produse în interiorul structurii rutiere indică faptul că deformațiile elastice maxime au fost observate în mijlocul zonelor de contact dintre roată și drum.

Cele mai mari deformații remanente au fost înregistrate după trecerea axei din spatele camioanelor, acestea putând crește semnificativ dacă sunt realizate mai multe treceri.

În urma aplicării metodei elementului finit s-a constatat că întotdeauna deformația maximă se produce în centrul suprafeței de apăsare.

Deformarea patului drumului depinde de structura straturilor componente, deformația acestuia fiind diferită pentru fiecare caz studiat.

O grosime mai mare a structurii rutiere poate reduce deplasarea pe verticală a straturilor și deformațiile maxime.

Dintre cele trei modele tip de structuri rutiere studiate, s-a observat că scenariul 3 este cel mai rigid, acesta având deformațiile cele mai mici de la nivelul suprafeței de contact, fapt datorat grosimii stratului de balast.

În toate variantele studiate, cele mai mari deformații apar la puntea din spate a autorenului forestier luat în considerare, valorile fiind cu atât mai mari cu cât structura este mai redusă ca grosime, iar solicitarea mai mare.

Prin verificarea a trei variante de structuri rutiere tip, la solicitările produse de vehicule cu masa utilă de 25, 30, 35 și 40 de tone, a rezultat că nu toate asigură portanța necesară actualului trafic de pe drumul studiat, impunându-se, după caz, sporirea grosimii straturilor rutiere.

#### 4.4. Discuții

Sortimentele și cantitățile de lemn ce urmează să fie transportate dictează, într-o mare măsură, tipul autovehiculului de transport (Ciubotaru, 1998; Mousavi și Naghdi, 2013; Acuna, 2017; Knight et al., 2023), cu consecințe asupra eficientizării și productivității muncii (Malinen et al., 2014; Brown, 2021). În prezent, caracteristicile constructive ale autovehiculelor au fost mult îmbunătățite și adaptate necesității de a asigura un transport economic (Bereziuc, 2004; Holzleitner et al., 2011; Bitir et al., 2019b), fiind disponibile autovehicule cu 2 până la 6 axe (Sosa et al., 2015) sau chiar 9 axe (Karha et al.,

2024) care asigură o distribuție mai bună a încărcăturii pe suprafața de contact roată – drum (Olteanu, 1995; \*\*\*, 2011a; Palander și Karha, 2017; Mușat și Bitir, 2022) și capacități mari de încărcare (Mușat et al., 2014c; Palander et al., 2020; Brown, 2021; Knight et al., 2023).

Cu toate acestea, folosirea mijloacelor de transport la capacitatea maximă nu este întotdeauna posibilă datorită reglementărilor în vigoare privind circulația pe drumurile forestiere și drumurile publice, referitoare la dimensiunile de gabarit și masa maximă admisă (Jucan, 1994; Oprea și Sbera, 2004; \*\*\*, 2011a; Tahvanainen și Anttila, 2011; Mousavi și Naghdi, 2013; Malinen et al., 2014; Sosa et al., 2015; Karha et al., 2024). Astfel, în România autovehiculele care transportă material lemnos trebuie să aibă lățimea de 2,5 m, înălțimea de 4,0 m și lungimi de maxim 18 m (Jucan, 1994; Oprea și Sbera, 2004). În ceea ce privește masa maximă total admisă, aceasta este de 38 t (\*\*\*, 2011a; Bitir et al., 2019b; Derczeni et al., 2019), dar se fac o serie de mențiuni cu privire la distribuția încărcării pe osii (Jucan, 1994; \*\*\*, 2011a; Sosa et al., 2015)

Între o cale permanentă de transport și vehiculele care se deplasează pe aceasta vor exista întotdeauna interacțiuni, așa cum susține și Zhu și Law (2016) în urma cercetărilor întreprinse pentru a observa interacțiunea dintre un pod și vehiculele care se deplasează pe acesta. Aceste interacțiuni pot fi analizate atât în domeniul static, cât și în cel dinamic (Trzcinski și Kaczmarzyk, 2006; Beskou et al., 2015; Chen et al., 2015; Akgul et al., 2019), înțelegerea influenței solicitărilor din trafic asupra suprafețelor suport fiind esențială atât pentru proiectarea unor căi de transport rezistente, cât și pentru a putea evalua, mai târziu, în exploatare, factorii care influențează comportarea în timp a construcțiilor (\*\*\*, 1995).

Pentru a simula efectul solicitărilor din trafic asupra structurilor rutiere, numeroși autori au apelat la metoda elementului finit, aplicată și în cazul cercetării de față, fie pentru a analiza stresul și deformațiile apărute în cazul drumurilor cu structuri rutiere nerigide (Rodgers et al., 2009), fie pentru a determina numărul de cicluri de încărcare la care pot rezista drumurile cu îmbrăcămînți asfaltice (Beskou et al., 2015; Kharavassefat et al., 2015; Kharavassefat et al., 2016) sau pentru a observa impactul vehiculelor cu axe multiple asupra structurilor rutiere (Ambassa et al., 2013; Chen et al., 2015; Zhu și Law, 2016) și chiar pentru a evidenția diferențele care apar în cazul deplasărilor pe verticală la structurile rutiere cu sau fără geogriile, la diverse cicluri de încercare (Leonardi et al., 2020).

Un indicator important în evaluarea modului de comportare a structurilor rutiere la solicitări diferite constă în analiza contactului dintre roată și drum, care depinde de numeroși factori, inclusiv de presiunea din pneuri, tipul de vehicul, numărul de axe și distribuția încărcărilor pe axe, unele aspecte de interes în acest sens fiind chiar forma urmei de contact dintre roată și drum (Zhu și Law, 2016), dar și modul în care solicitările sunt transmise suprafețelor suport. În urma cercetărilor desfășurate, Marko și colaboratorii acestuia (2013), precum și Leonardi și colaboratorii săi (2020) au ajuns la concluzia că încărcarea maximă apare în centrul suprafeței de contact, afirmație susținută și prin rezultatele obținute în cercetarea de față.

Comportarea structurilor rutiere, atunci când sunt executate în acord cu standardele (Trzcinski și Kaczmarzyk, 2006), depinde de nivelul de încărcare al vehiculului și de viteza cu care acesta se deplasează cu încărcătura (Kosztka et al., 2008), răspunsurile la solicitări dinamice fiind mult mai accentuate față de cele de la solicitări statice, acestea majorându-se odată cu sporirea vitezei de deplasare a vehiculului (Beskou et al., 2015).

Referitor la distribuția sarcinilor pe axe, cercetările unor diverși autori (Beskou et al., 2015; Chen et al., 2015; Zhu și Law, 2016; Rahmani et al., 2020) au evidențiat, o dată în plus, importanța lor, mai ales că vehiculele de mare tonaj, care au încărcătura distribută pe mai multe axe, solicită drumurile la presiuni unitare foarte mari (Trzcinski și Kaczmarzyk, 2006; Mușat et al., 2014c; Bitir et al., 2019b), stresul indus structurilor rutiere fiind diferit în funcție de încărcătura de pe fiecare axă în parte (Chen et al., 2015). Din acest punct de vedere, rezultatele obținute indică faptul că deformațiile maxime, pentru autotrenul forestier ATF-25 luat în considerare, apar întotdeauna la puntea dublă din spate, structurile rutiere deformându-se cu atât mai mult cu cât încărcarea totală a autovehiculului este mai mare (25, 35 și 45 tone). Acest lucru este pe deplin justificat în cazul transportului de lemn rotund, de dimensiuni mari, mai ales că în Normativul pentru proiectarea drumurilor forestiere, aflat în vigoare (\*\*\*, 2011a), dar și în alte cărți de specialitate (Olteanu, 1995; Olteanu, 1996) se menționează faptul că lungimea unui astfel de autotren poate ajunge până la 16,5 m (inclusiv încărcătura), ceea ce face ca o bună parte a solicitării

să fie distribuită pe puntea din spate a vehiculului, prin cele două osii. Datorită variantei constructive a autotrenului ATF-25, cele mai mici valori ale deformațiilor maxime apar la puntea din față, situație întâlnită și la camioanele de transport gunoi cu trei axe, la care au apelat Chen și colaboratorii săi (2015).

Comparând rezultatele pentru cei trei parametri analizați (deplasarea pe verticală a straturilor rutiere, deformația maximă și deformația remanentă) se constată că unul dintre principalii factori de influență este reprezentat de grosimea structurii rutiere, care poate rigidiza structura sau o poate face mai elastică, după cum reiese și din cercetarea efectuată de Trzinski și Kaczmarzyk (2006), care compară structuri rutiere de grosimi diferite. În plus, o influență semnificativă asupra parametrilor analizați o au și straturile din componența structurii rutiere, atât prin grosimea lor, cât și prin materialele pietroase folosite. Acestea trebuie să aibă o rezistență bună la intemperii, frecare și eroziune și să se poată împănă unele cu altele suficient de bine pentru a rezista forțelor din trafic care tind să le disloce, creând astfel degradări și deformații permanente în structură (Rodgers et al., 2009). În acest sens, structurile rutiere tip I, compuse din trei straturi (370 mm), la care se adaugă stratul de balast așezat pe terasament (200, 300 sau 400 mm), prezintă valori mai bune pentru cei trei parametri analizați, comparativ cu celelalte tipuri de structuri (II și III), chiar dacă, în final, valorile sunt influențate de grosimea stratului de balast.

Raportat la valorile obținute pentru deplasările pe verticală ale straturilor, s-a constatat că acestea au valori apropiate sau chiar egale pentru structurile rutiere tip II și III, aspect care poate fi pus pe seama asemănărilor dintre aceste structuri rutiere, compuse din trei straturi de materiale pietroase, diferențele constând doar în grosimea straturilor și nu în tipul de materiale pietroase (piatră spartă amestec optimal, blocaj din piatră brută și balast). În acest sens, Trzcinski și Kaczmarzyk (2006) afirmă că lipsa diferențelor dintre modulele de deformație la grosimi diferite ale structurilor rutiere poate fi pusă pe seama altor factori, precum particularitățile pământului din terasament și modul de execuție al drumului, însă nu pe solicitări sau materiale componente. Pe de altă parte, aceiași autori (Trzcinski și Kaczmarzyk, 2006) afirmă că cea mai mare creștere a deformațiilor, odată cu creșterea încărcăturii, a fost observată la structurile rutiere constituite dintr-un singur strat de pietriș, cu grosime de 12 ... 15 cm. Autorii mai afirmă și faptul că structurile rutiere din două straturi (pietriș și piatră spartă) sunt caracterizate de o deformație mai mare în cazul unor terasamente de calitate slabă, motiv pentru care alți autori (Yorulmaz et al., 2021) recomandă ca, pentru a suporta încărcările care se preconizează că vor circula pe un drum, structurile rutiere trebuie amplasate pe terasamente cu capacitate portantă ridicată, mai ales că stresul cauzat de încărcările din trafic afectează diferit fiecare strat în parte, inclusiv pământul din terasament (Akgul et al., 2019).

#### 4.5. Diseminarea rezultatelor

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: **3** articole ISI, **1** articol Proceedings ISI și **7** articole indexate în baze de date internaționale.

##### Articole ISI:

1. **Mușat, E.C.\***, Abutnăriței, G.L., Hoge, D.D., Miu, L.D., Avram, V.N., Derczeni, R.A., 2024a. Loading round wood in forestry trucks and forestry platforms: a case study for Romania. *Forests, Special Issue Sustainable Forest Operations Planning and Management*, vol. 15(9), ID articol 1646. **Factor de impact 2023: 2,400. Scor relativ de influență 2023: 1,468.** DOI: [10.3390/f15091646](https://doi.org/10.3390/f15091646). Articol publicat: 18.09.2024, încă neindexat. Jurnal: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/9/1646>. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/DLNLnJD56ABL9wg>
2. Kärhä, K., Seuri, M., Donagh, P.M.M., Acuna, M., Kanzian, C., Petković, V., Gonçalves, R.R.C., Costa, L.H.S., da Cruz, R.C., Krumov, T., Bradley, A., Röser, D., Pinto, C., Dian, W., Pandur, Z., Dvořák, J., Jørgensen, M.T., Muiste, P., Irdla, M., Ginet, C., Purfürst, T., Dietz, H.-U., Spinelli, R., Suzuki, Y., Shirasawa, H., Lazdiņš, A., Visser, R., Harvey, C., Skjølaas, D., Moskalik, T., Trzciński, G., Borz, S.A., **Mușat, E.C.**, Triplat, M., Oberholzer, F., Talbot, B., Tolosana, E., von Hofsten, H., Akay, A.O., Bakay, B., Conrad IV, J., Olivera, A., 2024: *Overview of global long-distance road transportation of industrial roundwood*. In: *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 25(1), pp. 217-236. **Factor de impact 2023 = 1,038. Scor relativ de influență 2023 = 1,003.** DOI: [10.5552/crojfe.2024.2286](https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2286). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Tc4moMqdMWAiZQ5>

3. **Mușat, E.C.\***, Bitir, I., 2022. *Evaluating the forest road systems subjected to different loadings by using the Finite Element Method*. In: *Forests*, vol. 13, ID article 1872, 26 p. **Factor de impact 2022: 3,282. Scor relativ de influență 2021: 1,318.** DOI: [10.3390/f13111872](https://doi.org/10.3390/f13111872). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/SCaKPP4jiBJcX7>

**Articole Proceedings ISI:**

1. Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Ciobanu, D.V., Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Liampas, S.A., 2019. *Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. In: *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, The 8<sup>th</sup> Edition, pp. 161-170. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/rKswLCrqsW664dB>

**Articole BDI:**

1. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Bratu, C.A., Ciobanu, V.D., 2023. *Evaluation of deformations of the forest road pavements by using the Finite Element Method*. In: *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium Forest and Sustainable Development*, pp. 135-148. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/2Qcr4fqHqnSiDmJ>
2. Bitir I., **Mușat E.C.**, Lunguleasa A.\*, Ciobanu V.D., 2021a. *Monitoring the transport on the Ciobănuș forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, nr. 1(63), pp. 10-16. DOI: [10.31926/RECENT.2021.63.010](https://doi.org/10.31926/RECENT.2021.63.010). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/sHEL6GiHQEgSZJB>
3. Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*, issue 3.2, pp. 853-860. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/nectQYonaQ9HXNF>
4. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, D.V., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016c. *Solicitările provocate de transportul lemnului cu autovehicule de tonaj sporit și portanța drumurilor forestiere secundare*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(1-2), pp. 88-96. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Po3ozJ7RSmbq4Xj>
5. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., Vișan, J., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016d. *Analiza variantelor de structuri rutiere în contextul sporirii capacității portante a drumurilor forestiere*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(3-4), pp. 91-99. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/zFpXaLHfAE8eGHj>
6. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V.\*, **Mușat, E.-C.**, Dumitrașcu, A.-E., Antoniadă, C., Vișan, J., 2015. *The density index of the forest road network managed by the Natinal Forest Administration (R.N.P.)*. In: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, pp. 196-203. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/mboBljPMktbsKPM>
7. **Mușat, E.C.\***, Alexandru, V.M., Ciobanu, V.D., Săceanu, S.C-tin., Antoniadă c.ș. Roman, C., Vișan, J., 2014c. *The type and the extension of the degradations caused by the introduction in the timber transportation of the increased weight vehicles*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 129(5-6), pp. 38-43. Record Number: 20153160743. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/KacCWkyAWBDRMaQ>



## Capitolul V. Posibilități de asigurare a costurilor impuse de extinderea rețelei de transport forestier

Gestionarea durabilă a pădurilor nu poate fi făcută decât printr-o rețea de drumuri forestiere bine dezvoltată, care să asigure o circulație sigură și confortabilă pe toată lungimea ei, până în cele mai izolate zone. Aceste lucruri nu pot fi realizate decât prin investiții majore, atât în etapa de construcție, cât și în cea de întreținere, reparare și reabilitare a drumurilor forestiere. Cu toate acestea, asigurarea sumelor aferente investițiilor nu este întotdeauna facilă, motiv pentru care în acest capitol sunt prezentate patru principii prin care se pot obține sume importante pentru investiții ca urmare a folosirii rețelei existente de transport forestier. În plus, sunt redată și comparații de prețuri pentru execuția unor drumuri, în ipoteza în care lucrările ar fi executate în regie proprie sau cu diverse firme de profil.

### 5.1. Introducere

Pentru îndeplinirea tuturor funcțiilor, drumurile forestiere trebuie să fie proiectate și construite astfel încât să reziste circulației cu diverse mijloace de transport (Iordache et al., 2012; Derczeni et al., 2019), în condiții de siguranță și confort (Bereziuc; 2004; Potocnik et al., 2005; Mousavi și Naghdi, 2013; Bitir et al., 2019b), mai ales că lungimea și distribuția rețelei de transport, structura și starea ei pot influența în mod direct activitatea de transport forestier, în special transportul lemnului (Jucan, 1994; Bitir et al. 2019b), cunoscut fiind faptul că cel mai mare impact asupra prețului lemnului este dat de cheltuielile de transport (Holzleitner et al., 2011; Mousavi și Naghdi, 2013; Sosa et al., 2015; Zanuncio et al., 2017; Brown, 2021; Karha et al., 2024).

Asigurarea unui management durabil al pădurilor și a tuturor serviciilor și produsele oferite de acestea se poate realiza doar printr-o accesibilizare sporită a fondului forestier, printr-o rețea de transport bine gândită, planificată și repartizată cât mai uniform la nivel teritorial (Enache et al., 2011; Bereziuc et al., 2015; Derczeni et al., 2019), care să țină seama de aspectele economice (Layton et al., 1992; Akay, 2006; Holzleitner et al., 2011; Ghajar et al., 2013), silviculturale (Popovici et al., 2003; Bereziuc, 2004; Bereziuc et al., 2015), ecologice și sociale (Kochenderfer et al., 1984; Sauthworth și Tucker, 2001; Popovici et al., 2003; Potocnik et al., 2005; Bereziuc et al., 2013; Vișan et al., 2017).

Accesibilizarea fondului forestier național este realizată în proporție de 65% prin drumuri forestiere, întrucât acestea reprezintă 90% din căile de transport pentru lemn în România (Olteanu, 1995; Ciubotaru, 1998). Din această perspectivă, sporirea accesibilității se poate realiza prin două moduri, pe de o parte prin construirea de drumuri noi și, pe de altă parte, prin reabilitarea drumurilor forestiere necirculabile, respectiv prin întreținerea și repararea drumurilor forestiere circulabile (\*\*\*, 2010 – Legea 56/2010; Pădure, 2001).

Construirea de drumuri noi este considerată foarte costisitoare (Layton et al., 1992) chiar dacă beneficiile aduse de un nou drum sunt foarte mari și se răsfrâng pe perioade lungi de timp. În plus, costurile de construcție se pot estima doar orientativ din cauza multitudinii de factori care își pot face simțită influența pe durata desfășurării lucrărilor, precum variabilitatea terenului (\*\*\*, 2018), specificului lucrărilor și a utilajelor folosite (Layton et al., 1992), cerințele ecologice ce trebuie respectate (Kochenderfer et al., 1984). Cu toate acestea, investițiile în infrastructura de transport sunt foarte importate la nivel mondial, ceea ce a condus la realizarea de studii diverse pentru a putea estima mai bine costurile, ținând seama de condițiile variate de teren (Kochenderfer et al., 1984; \*\*\*, 2017; \*\*\*, 2018), de materiale diverse (Akay, 2006), de utilaje diferite (Kochenderfer et al., 1984; Ackerman et al., 2014) și chiar de variantele în care lucrările sunt realizate în regie proprie sau cu utilaje închiriate (Layton et al., 1992).

Pe de altă parte, drumurile, odată construite, trebuie întreținute anual (Alexandru, 2000) și parcurse periodic cu o serie de lucrări de reparații (\*\*\*, 1995; \*\*\*, 1997a; \*\*\*, 2008a), deoarece traficul, condițiile climatice și particularitățile zonei pot conduce la o degradare mai lentă sau mai accelerată a acestora (\*\*\*, 2011a; \*\*\*, 2011b; \*\*\*, 2015). În plus, traficul realizat cu autovehicule de

tonaj sporit (Akgul et al., 2019) și nerespectarea masei maxime total admise (Săceanu, 2011; Mușat et al., 2014c; Antoniadă, 2015; Bitir et al., 2019b; Bitir et al., 2021a) pot accelera degradarea drumurilor, făcându-le uneori impracticabile.

Pentru a asigura toate aceste costuri, pentru finanțarea lucrărilor de întreținere și reparare, administratorii drumurilor pot percepe taxe de peiaj pentru a permite accesul pe drum (Li și Sandu, 2002; Lauridsen, 2011; Derczeni et al., 2019), cu care au obligația să creeze un fond de accesibilizare (Miron-Onciul și Roibu, 2005; \*\*\*, 2010), constituit din până la 10% din valoarea masei lemnoase vândute și încasate conform legii, provenite din produse principale sau accidentale I, aprobat prin ordin al conducătorului autorității publice care răspunde de silvicultură.

## 5.2. Criterii de calcul a taxei de peiaj pentru vehiculele folosite la transportul lemnului

### 5.2.1. Principii de fundamentare

Ca urmare a discuțiilor purtate cu reprezentanții celui mai mare administrator de păduri și de drumuri forestiere la nivel național – R.N.P. Romsilva și a studiului literaturii de specialitate, au fost enunțate patru principii ce pot sta la baza taxei de peiaj.

Primul principiu, bazat pe discuțiile avute cu reprezentanții Direcției Silvice Suceava, se axează pe o metodă de calcul prin care să se obțină costurile, exprimate în lei/tonă\*km, de întreținere și reparare a drumurilor forestiere în acord cu masa lemnoasă care a tranzitat pe drum într-o anumită perioadă de timp. Trebuie menționat că această taxă trebuie percepută pentru transporturile care respectă prevederile normative cu privire la masa maximă total admisă pentru autocamioanele cu remorci (38 tone), iar pentru cele care depășesc această prevedere să se aplice taxe duble, întrucât și degradările produse sunt direct proporționale cu volumele transportate.

Al doilea principiu are la bază Legea 56/2010 cu privire la accesibilizarea fondului forestier național, prin care administratorul drumului poate percepe o taxă de 10% din valoarea masei lemnoase vândute și încasate conform legii. Cu aceste sume, administratorul drumului este obligat să creeze un fond de accesibilizare care să fie folosit atât pentru construirea de drumuri noi, cât și pentru întreținerea și repararea celor existente. Pentru că uneori drumurile forestiere au administratori diferiți pe anumite tronsoane, taxa pentru utilizarea drumului la transportul masei lemnoase poate fi împărțită direct proporțional cu lungimea tranzitată. Plata ar trebui realizată de cel care face prima înregistrare în Sumal a masei lemnoase exploatate și transportate. Aceiași manieră de calcul ar trebui aplicată și pentru ceilalți operatori economici care extrag și transportă diverse agregate minerale pe drumurile forestiere.

Al treilea principiu are la bază taxa de drum ce se aplică în cazul rețelei publice de transport (tabelul 5.1), însă trebuie să se țină seama de particularitățile transportului de pe drumurile forestiere, care diferă foarte mult față de cel de pe drumurile publice prin vitezele reduse de deplasare, declivități mari, timpi de staționare a mijloacelor de transport pentru încărcarea și descărcarea materialelor lemnoase, concentrarea transportului în anumite perioade din an și unele restricții cauzate de factori climatici.

Tabelul 5.1. Parametri luați în considerare pentru a stabili vinieta forestieră (Derczeni et al., 2019)

Tipul de vinieta forestieră	Masa medie la o cursă (tone)	Tonaj maxim admis (tone)	Masa maximă total admisă (m <sup>3</sup> )	Numărul de curse pe zi	Numărul de zile de transport
Pe o zi	18	38	20	2	1
Pe o săptămână					4,5
Pe o lună					18
Pe un an					216

Astfel, taxa ar putea fi percepută pe o zi, pe o săptămână (considerând 4,5 zile de lucru), pe o lună (18 zile de lucru) sau anual (216 zile de lucru – tabelul 5.1). Trebuie menționat că această taxă ar trebui aplicată în condițiile în care este respectată masa maximă total admisă, de 38 tone, în sens

contrar taxa s-ar majora odată cu volumele suplimentare transportate și distanța medie de transport, în acord cu legislația aplicată la nivel național pentru drumurile publice.

Al patrulea principiu este mai laborios, dar mai precis, conducând la aplicarea diferențiată a taxei în acord cu caracteristicile mijloacelor de transport, ținând seama de caracteristica roată-drum, de numărul de axe și de încărcarea pe fiecare axă, aspecte cu influență directă asupra gravității degradărilor apărute. Însă aplicarea lui poate fi îngreunată datorită variabilității foarte mari a vehiculelor care circulă pe drumurile forestiere (camioane cu sau fără remorcă sau cu semiremorcă), la care numărul de axe și încărcarea pe osie diferă foarte mult. Inițial trebuie calculați unii coeficienți care țin seama de greutatea vehiculului, de caracteristica  $p \cdot d$  (roată – drum), de numărul de axe și de poziția acestora. Apoi, se poate determina impactul întregului autovehicul asupra structurii rutiere. În final, pe baza acestor calcule a fost obținută o nomogramă pentru nouă tipuri de camioane și/sau remorci cu încărcături de la 0 la 70 tone (figura 5.1). Pentru fiecare tip de vehicul ilustrat în nomogramă a fost considerată o anumită masă specifică (de exemplu, 15 tone pentru un camion cu semiremorcă și 4 – 5 tone pentru camion), iar taxa poate fi aplicată gradual, din 5 în 5 tone, axa orizontală a nomogramei prezentând încărcarea, ceea ce înseamnă că pentru curbele 1 și 2 încărcarea totală depășește 80 de tone. În cazul în care vehiculul de transport este constituit dintr-un camion și o remorcă, se poate realiza o însumare a coeficienților din nomogramă, corespunzători celor două vehicule.

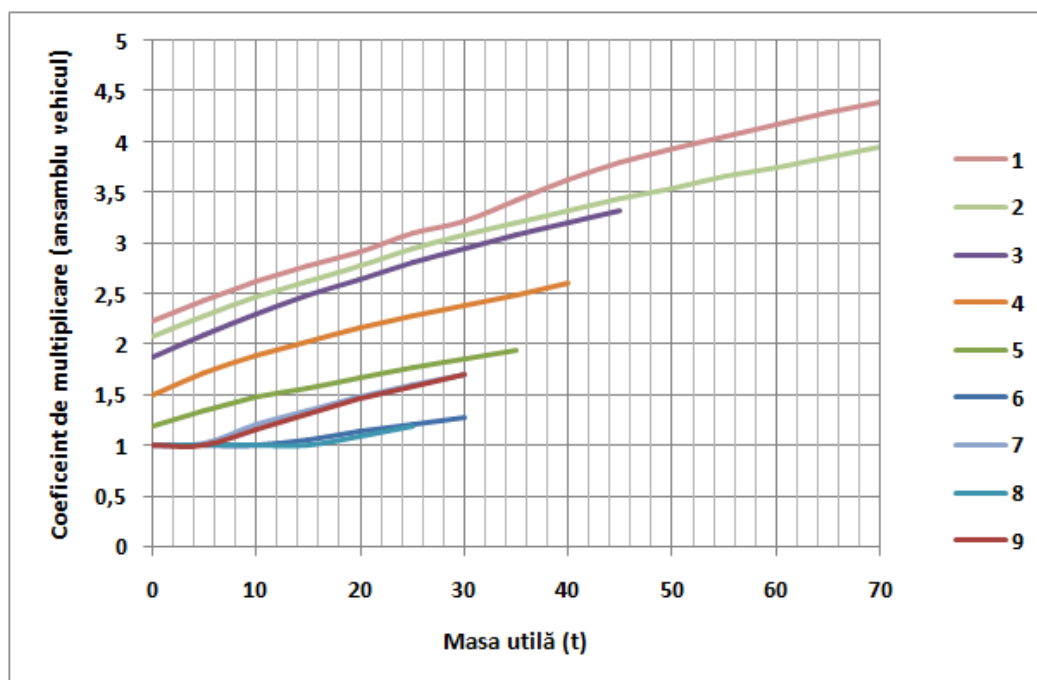


Figura 5.1. Nomograma pentru determinarea coeficientului  $c_v$  pentru diferite tipuri de vehicule (Derczeni et al., 2019)

### 5.2.2. Concluzii

Primul principiu enunțat pentru perceperea unei taxe ca urmare a utilizării rețelei forestiere de transport este simplu de aplicat și respectă atât valorile de investiții în drumuri forestiere, cât și volumele transportate, dar se referă la fiecare direcție silvică în parte, ceea ce conduce la diferențe ale taxelor percepute. În plus, direcțiile silvice sărace în păduri, dar cu multe drumuri forestiere, ar trebui să fie ajutate în acțiunea de construcție, întreținere și reparare a drumurilor forestiere cu fonduri de la alte direcții silvice sau de la centru.

Al doilea principiu poate fi aplicat la nivel național, dar sumele colectate din taxe trebuie transferate fiecărui administrator de drumuri forestiere în proporție egală cu cea deținută din lungimea drumurilor, ceea ce ar conduce la calcule suplimentare și posibile neînțelegeri între administratorii drumurilor forestiere. Cu toate acestea, este singurul principiu care asigură colectarea totală de taxe înainte de începerea procesului de transport, ceea ce este chiar de recomandat.

Al treilea principiu pentru colectarea taxelor de utilizare a rețelei de transport forestier, deși se referă la unele compensări plătite administratorilor în raport cu volumul transportat, trebuie să se bazeze pe modalități diferite de determinare a taxelor pe fiecare transport în parte și este aplicabilă doar pentru vehiculele care respectă reglementările privind tonajul.

Al patrulea principiu, deși foarte laborios, se bazează pe stabilirea unei taxe în condiții concrete, care depind de tipul vehiculului folosit la transport, luând în considerare și degradările rezultate ca urmare a depășirii tonajului limită. În plus, ca și în cazul principiilor 1 și 3, calculele se pot realiza după efectuarea transportului.

Luând în considerare toate cele patru principii, cu avantajele și dezavantajele fiecăruia, se poate spune că doar principiul 2 poate fi aplicat uniform, la nivelul întregii țări, asigurând colectarea taxelor înainte de începerea transportului, dar datorită reglementărilor legislative în vigoare nu poate fi aplicat, ceea ce înseamnă că aplicabil devine principiul 3, care se referă la plata unei „viniete forestiere de transport”.

### 5.3. Analiza costurilor de execuție a drumurilor forestiere în regie proprie sau cu terți

#### 5.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru

Pentru a realiza o analiză pertinentă asupra costurilor impuse de execuția drumurilor forestiere, au fost luate în considerare trei direcții silvice, bogate în păduri, dar și în drumuri forestiere (tabelul 5.2). Pentru fiecare dintre cele trei direcții silvice au fost realizate analize comparative pe 3 – 4 drumuri forestiere, după cum urmează:

- Direcția Silvică Bacău (Drumul Forestier Cracu Mare, Drumul Forestier Măieruș, Drumul Forestier Covata);
- Direcția Silvică Neamț (Drumul Forestier Cotnarel, Drumul Forestier Cujbe, Drumul Forestier Măieruș-Brateș);
- Direcția Silvică Suceava (Drumul Forestier Dragosin, Drumul Forestier Bercheza, Drumul Forestier Brăniște, Drumul Forestier Podul Chei).

Tabelul 5.2. Caracteristicile tehnice ale colectorilor de date utilizați (Mușat et al., 2019c)

Direcția Silvică	Număr de drumuri	Lungimea rețelei (km)
Bacău	516	1629,5
Neamț	542	1787,3
Suceava	767	2322,9

Situația comparativă pentru fiecare drum forestier luat în considerare s-a realizat ținând seama de categoriile de lucrări efectuate în regie proprie sau cu terți, dar și de valoarea specificată de proiectant, în situația în care pentru stabilirea cheltuielilor s-a ținut seama de prevederile legale (\*\*\*, 2008b; \*\*\*, 2016).

#### 5.3.2. Costurile aferente categoriilor de lucrări necesare construcției de drumuri forestiere

Pe baza datelor furnizate de fiecare direcție silvică din cele trei luate în considerare (D.S. Bacău, D.S. Neamț și D.S. Suceava), pentru fiecare drum forestier considerat, s-au realizat grafice în care au fost reprezentate diferențele procentuale de preț între valorile de investiție, pe categorii de lucrări, aferente proiectantului sau realizării lucrărilor în regie sau cu firme diverse.

Pentru D.S. Bacău (figurile 5.2 – 5.4) codificarea lucrărilor este următoarea: 1 - Terasamente pământ; 2 - Derocări; 3 - Șanțuri trapezoidale; 4 - Ziduri de sprijin din beton; 5 - Gabioane; 6 - Blocaj din bolovani; 7 - Fundație balast; 8 - Suprastructură balast; 9 - Suprastructură piatră spartă; 10 - Podeț tubular D1000; 11 - Podeț tubular cu tub riflat D1000; 12 - Podeț tubular cu tub Premo D1000; 13 - Podeț tubular D1400; 14 - Podeț tubular cu tub Premo D1500; 15 - Podeț tubular D800 reparat; 16 - Podeț tubular D1000 reparat; 17 - Podeț dalat L = 6 m; 18 - Podeț dalat L = 3 m; 19 - Podeț dalat L = 4 m.

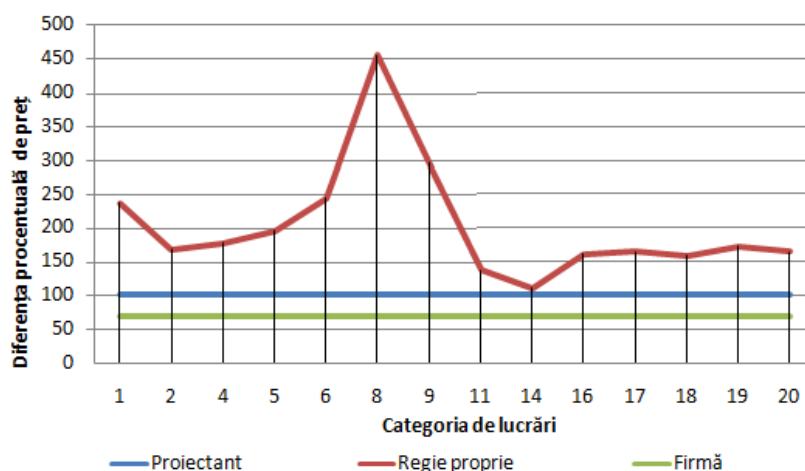


Figura 5.2. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Cracu Mare, D.S. Bacău (Mușat et al., 2019c)

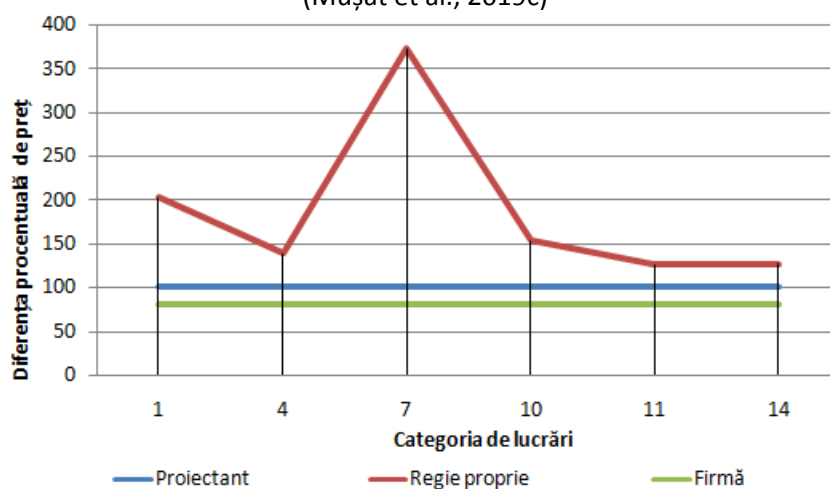


Figura 5.3. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Măieruș, D.S. Bacău (Mușat et al., 2019c)

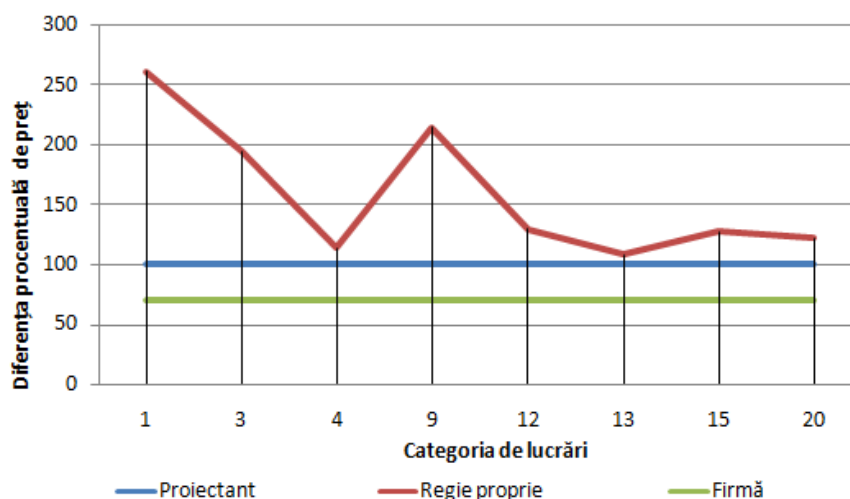


Figura 5.4. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Covata, D.S. Bacău (Mușat et al., 2019c)

Pentru D.S. Neamț (figurile 5.5 – 5.7), s-a apelat la următoarea codificare: 1 - Terasamente pământ; 2 - Deroșări; 3 - Șanțuri trapezoidale; 4 - Ziduri de sprijin beton; 5 - Gabioane; 6 - Blocaj din bolovani; 7 - Fundație balast; 8 - Suprastructură balast; 9 - Suprastructură piatră spartă; 10 - Podeș tubular D800; 11 - Podeș tubular D1000; 12 - Podeș tubular cu tub riflat D1000; 13 - Podeș tubular cu tub Premo D1000; 14 - Podeș tubular D1400; 15 - Podeș tubular cu tub Premo D1500; 16 - Podeș tubular D800 reparat; 17 - Podeș tubular D1000 reparat; 18 - Podeș dalat L = 6 m; 19 - Podeș dalat L = 3 m; 20 - Podeș dalat L = 4 m; 21 - Anrocamente.

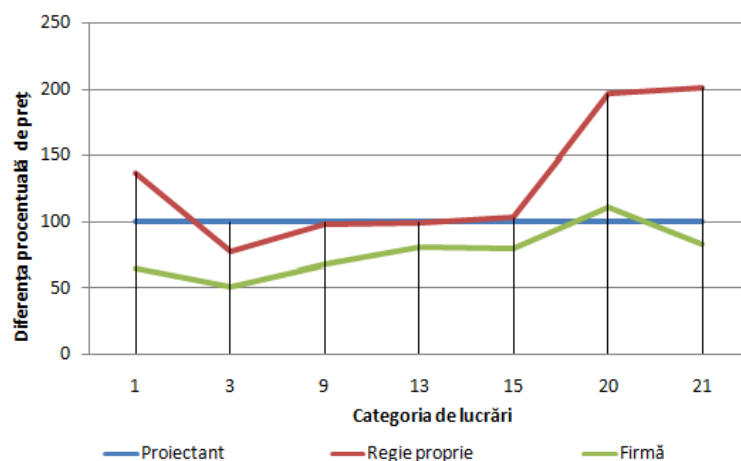


Figura 5.5. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F.Cotnarel, D.S. Neamț (Mușat et al., 2019c)

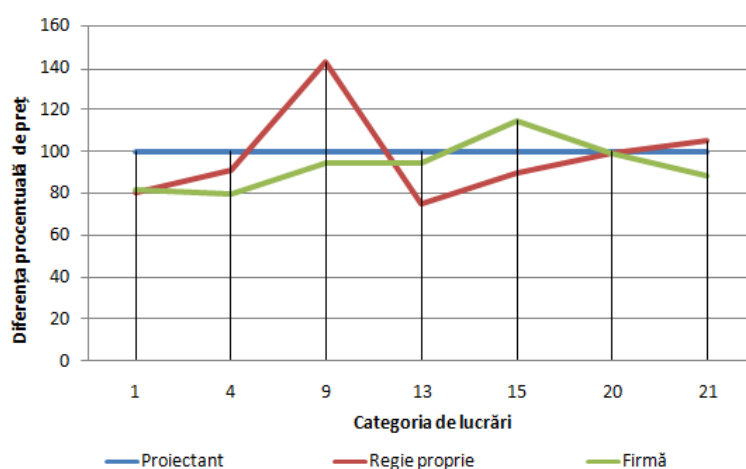


Figura 5.6. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F.Clujbe, D.S. Neamț (Mușat et al., 2019c)

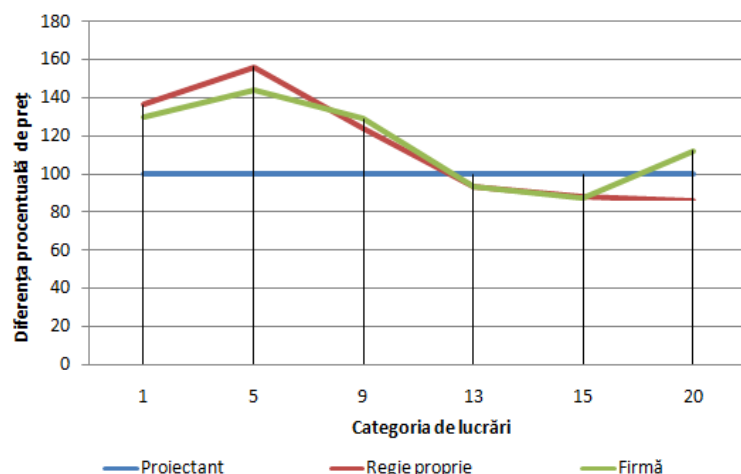


Figura 5.7. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Măieruș-Brateș, D.S. Neamț (Mușat et al., 2019c)

Pentru D.S. Suceava, comparațiile grafice cu privire la diferențele procentuale de preț sunt redată în figurile 5.8 – 5.11, pentru cele patru drumuri luate în studiu. Astfel, pentru drumurile în cauză s-a realizat și un alt sistem de codificare: 1 - Corecții albie; 2 - Curățare ebulmenți; 3 - Curățat plutitori și vegetație lemnoasă; 4 - Derocări chei + cășiță; 5 - Refacere șanțuri de pământ trapezoidale; 6 - Realizare canal trapezoidal de pământ; 7 - Completări terasamente de pământ; 8 - Anrocamente apărare taluz; 9 - Terasamente platformă drum; 10 - Desfundare podețe; 11 - Reparații podețe tubulare D1500; 12 - Amplasare tub Premo D600, L = 5m/3buc.; 13 - Amplasare tub Premo D800, L = 5m/1buc.; 14 -

Amplasare tub Premo D1500, L = 10m/2buc.; 15 - Fundație din blocaje din piatră brută h = 30cm; 16 - Sistem rutier, împietruire simplă din balast 15cm; 17 - Demontare, îndreptare, montare parapet metalic rupt.

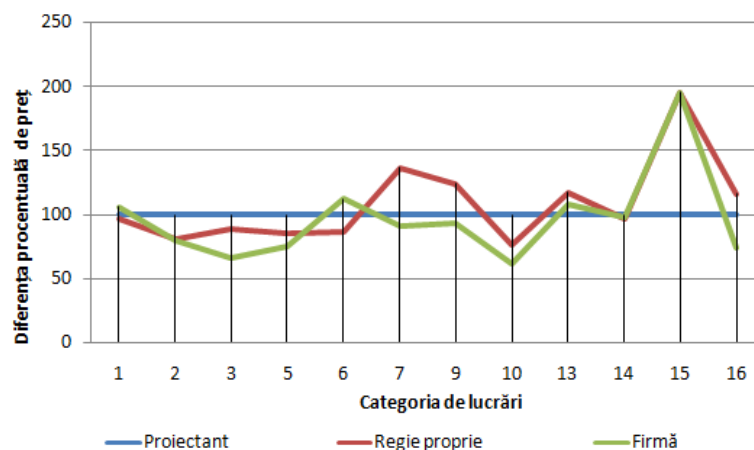


Figura 5.8. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Dragosin, D.S. Suceava (Mușat et al., 2019c)

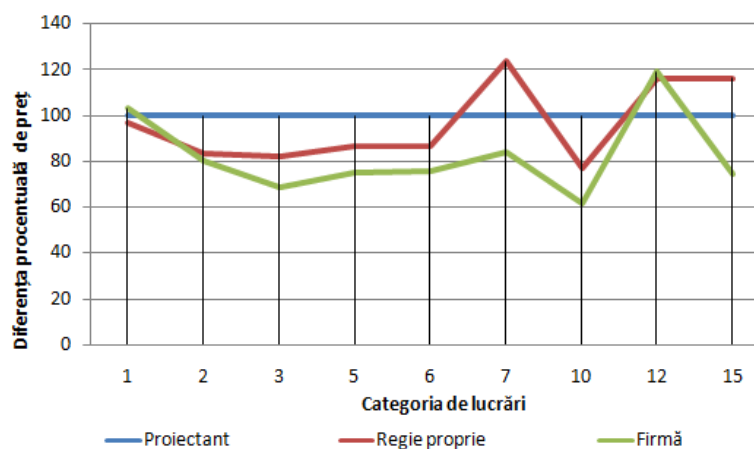


Figura 5.9. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Bercheza, D.S. Suceava (Mușat et al., 2019c)

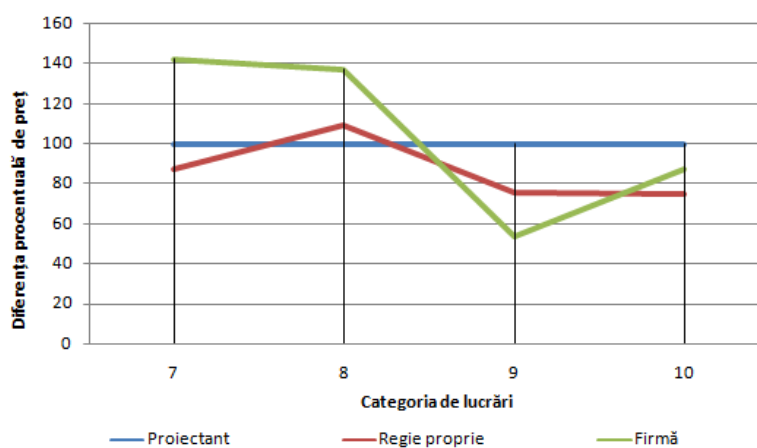


Figura 5.10. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Brăniște, D.S. Suceava (Mușat et al., 2019c)

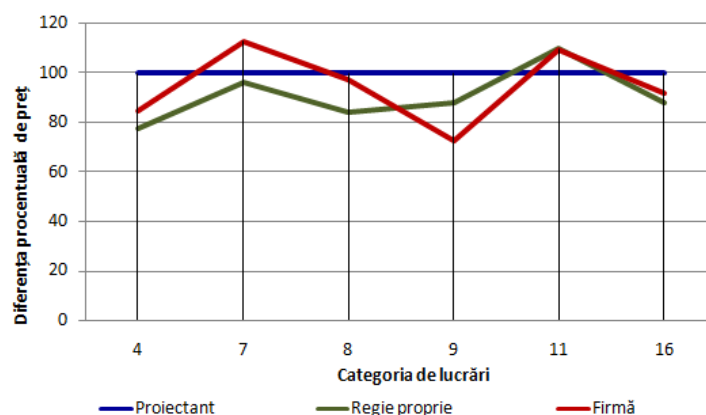


Figura 5.11. Analiza costurilor pe categorii de lucrări pentru D.F. Podul Chei, D.S. Suceava (Mușat et al., 2019c)

### 5.3.3. Concluzii

Uniformitatea costurilor oferite de terți, în cazul D.S. Bacău, care ofertează, constant, cu 30% mai puțin decât prețul oferit de proiectant, atrage atenția asupra faptului că firmele nu analizează corect lucrările pe care le ofertează, neținând seama de specificul fiecărei lucrări în parte, de condițiile diferite de teren și de utilajele impuse de execuția lucrărilor.

În cazul D.S. Neamț, se constată că apar variații între costurile în regie proprie și cele ale terților, diferențe mari observându-se în cazul lucrărilor care presupun cantități mari de materiale pietroase (terasamente, fundație, suprastructură din piatră spartă, gabioane, anrocamente).

În cazul D.S. Suceava, costurile estimate în regie proprie și cele oferite de firme nu diferă foarte mult, de multe ori situându-se sub cele indicate de proiectant, chiar dacă și aici diferențele apar, în principal, în cazul lucrărilor care reclamă materiale pietroase.

Cu alte cuvinte, se poate trage concluzia că, în cazul lucrărilor executate în regie proprie, atât costul materialelor pietroase, cât și transportul acestora până la locul de punere în operă, sunt mai ridicate, ceea ce se identifică cu valorile mai mari ale lucrărilor care presupun cantități mari de materiale pietroase. Un alt factor care poate justifica valorile mai ridicate în cazul lucrărilor executate în regie proprie, constă în insuficienta dotare a direcțiilor silvice cu utilaje specifice drumurilor forestiere, ceea ce impune închirierea acestora de la firme sau Unități Administrativ-Teritoriale, bineînțeles cu repercusiuni asupra prețului lucrării executate.

## 5.4. Discuții

Datorită valorilor mari de investiții pe care construcția și întreținerea drumurilor forestiere le reclamă, au fost realizate numeroase studii care urmăresc prețurile estimate de diverse entități pentru aceleași categorii de lucrări, după cum este cazul studiilor realizate de Akay (2006) și Grojan et al. (2013). În ceea ce privește situația prezentată, corespunzătoare celor 10 drumuri forestiere aflate în administrarea Direcțiilor Silvice Bacău, Neamț și Suceava, se constată o abordare foarte diferită de la un caz la altul, de la estimări superficiale în cazul Direcției Silvice Bacău, unde firmele licitează lucrările cu un procent constant mai redus decât cel oferit de proiectant, la estimări bazate pe analize concrete a situațiilor de lucrări, a condițiilor de teren, a cantităților de materiale necesare și a utilajelor impuse de lucrări, situație caracteristică Direcției Silvice Suceava, unde costurile estimate pentru lucrările în regie proprie și cele ale terților oscilează în jurul valorilor oferite de proiectant.

Punctual, la nivelul Direcției Silvice Bacău se constată că lucrările în regie proprie, care reclamă cantități importante de materiale pietroase, prezintă costuri de 2 – 2,5 ori mai mari decât cele estimate de proiectant. În schimb, pentru aceleași categorii de lucrări firmele particulare oferă prețuri și cu 30% mai mici decât cele ale proiectantului. În plus, se constată că firmele din zonă ofertează constant prețuri mai mici decât cele ale proiectantului, indiferent de lucrarea abordată, fără a se ține seama de complexitatea lucrării, de materialele și utilajele necesare, chiar dacă în literatura de specialitate



(Kochenderfer et al., 1984) se menționează că valorile impuse de construcția unui drum sunt influențate în proporție de 59% de utilajele necesare realizării lucrărilor.

La Direcția Silvică Neamț, ca linie generală, costurile în regie proprie și cele oferite de firme oscilează în jurul celor estimate de proiectant, mai puțin în cazul lucrărilor care impun cantități mari de materiale pietroase, cum este cazul anrocamentelor prevăzute pe drumul forestier Cotnărel, unde costurile în regie proprie sunt duble față de cele estimate de proiectant, în timp ce firmele ofertează cu 20% mai puțin decât costurile proiectantului.

În cazul Direcției Silvice Suceava costurile estimate pentru realizarea lucrărilor în regie proprie sau cu terți nu diferă semnificativ față de cele ale proiectantului la majoritatea lucrărilor, o excepție fiind pe drumul forestier Dragoșin, unde execuția fundației din piatră spartă brută presupune costuri cu 55% mai mari decât cele estimate de proiectant, indiferent dacă lucrările sunt oferite de firme sau se estimează pentru execuție în regie proprie.

Toate aceste diferențe care apar în cazul lucrărilor ce implică folosirea materialelor pietroase, atunci când prețurile estimate de proiectant sunt mai mari decât cele estimate pentru executarea lucrărilor în regie proprie sau cele oferite de terți, ar putea fi justificate prin calitatea materialelor, întrucât proiectantul trebuie să respecte atât produsele, cât și procedeele specificate în proiect (Șerbulea, 2002). Aceste aspecte conduc la costuri mai mari dacă în zona lucrărilor nu se regăsesc materiale pietroase care să respecte cerințele calitative corespunzătoare lucrărilor, sporite și de necesitatea de a fi transportate de la sursă până la locul de punere în operă, aspect menționat și în cercetările lui Akay (2006). În plus, atrag atenția costurile mari pentru lucrările de terasamente, care pot reprezenta între 40 și 70% din costul total de execuție a unui drum forestier (Alexandru, 2008), motiv pentru care Olteanu (1995) și Akay (2006), precum și în Normativul de proiectare a drumurilor forestiere indicativ PD-003-11 (\*\*\*, 2011a) se precizează că, pe cât posibil, la execuția terasamentelor trebuie să se urmărească o compensare a volumelor de debleu cu cele de rambleu pentru a obține costuri rezonabile pentru lucrările de terasamente.

## 5.5. Diseminarea rezultatelor

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: **1** articol ISI, **1** articol Proceedings ISI și **6** articole indexate în baze de date internaționale.

### Articole ISI:

1. Kärhä, K., Seuri, M., Donagh, P.M.M., Acuna, M., Kanzian, C., Petković, V., Gonçalves, R.R.C., Costa, L.H.S., da Cruz, R.C., Krumov, T., Bradley, A., Röser, D., Pinto, C., Dian, W., Pandur, Z., Dvořák, J., Jørgensen, M.T., Muiste, P., Irdla, M., Ginet, C., Purfürst, T., Dietz, H.-U., Spinelli, R., Suzuki, Y., Shirasawa, H., Lazdiņš, A., Visser, R., Harvey, C., Skjølaas, D., Moskalik, T., Trzciński, G., Borz, S.A., **Mușat, E.C.**, Triplat, M., Oberholzer, F., Talbot, B., Tolosana, E., von Hofsten, H., Akay, A.O., Bakay, B., Conrad IV, J., Olivera, A., 2024: *Overview of global long-distance road transportation of industrial roundwood*. In: *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 25(1), pp. 217-236. **Factor de impact 2023 = 1,038. Scor relativ de influență 2023 = 1,003.** DOI: [10.5552/crojfe.2024.2286](https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2286). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Tc4moMqdMWAiZQ5>

### Articole Proceedings ISI:

1. Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Ciobanu, D.V., Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Liampas, S.A., 2019. *Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. In: *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, The 8<sup>th</sup> Edition, pp. 161-170. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/rKswLCrqsW664dB>

### Articole BDI:

1. Bitir I., **Mușat E.C.**, Lunguleasa A.\*, Ciobanu V.D., 2021a. *Monitoring the transport on the Ciobănuș forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, nr. 1(63), pp. 10-16. DOI: [10.31926/RECENT.2021.63.010](https://doi.org/10.31926/RECENT.2021.63.010). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/sHEL6GiHQEgSZJB>

2. Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019*, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, issue 3.2, pp. 853-860. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/nectQYonaQ9HXNF>
3. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A.\* , Bitir, I., Liampas, S.A., Ciobanu, V.D., 2019c. *Analiza costurilor în cazul lucrărilor de drumuri executate în regie proprie sau cu terți*. In: *Revista Pădurilor*, anul 134, nr. 1, pp. 37-50. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/CiBzN8fGJBmoSsQ>
4. Vișan, J., Alexandru, V.M., Ciobanu, D.V., **Mușat, E.C.\***, 2017. *The impact of forest roads on the environment: A short review*. In: *Proceedings of the International Simposium "Forest and Sustainable Development"*, Brașov, pp. 133-138. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/yHwk3nSxAyAdnQN>
5. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V.\* , **Mușat, E.-C.**, Dumitrașcu, A.-E., Antoniadă, C., Vișan, J., 2015. *The density index of the forest road network managed by the Natinal Forest Administration (R.N.P.)*. In: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, pp. 196-203. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/mboBLjPMktbsKPM>
6. **Mușat, E.C.\***, Alexandru, V.M., Ciobanu, V.D., Săceanu, S.C-tin., Antoniadă căs. Roman, C., Vișan, J., 2014c. *The type and the extension of the degradations caused by the introduction in the timber transportation of the increased weight vehicles*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 129(5-6), pp. 38-43. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/KacCWkyAWBDRMaQ>

## PARTEA A II-A

### Capitolul VI. Caracteristicile dimensionale, defectele și stabilitatea arborilor din zonele verzi urbane și din aliniamente

Capitolul VI abordează, într-o primă fază, speciile de arbori întâlnite în spațiile verzi ale Brașovului, sub aspectul caracteristicilor dimensionale și a defectelor întâlnite, întrucât furnizarea funcțiilor specifice pe o durată cât mai lungă de timp poate fi asigurată numai în cazul unor arbori bine dezvoltați și, mai ales, sănătoși. Cea de-a doua parte a capitolului VI abordează particularitățile coroanei și modul în care aceasta poate influența stabilitatea arborilor în diverse zone, fiind prezentate și aspecte legate de impactul vântului asupra arborilor. Ultima parte a capitolului cuprinde informații și rezultate cu privire la impactul defectelor asupra calității lemnului, determinată cu ajutorul unor tehnici moderne care se bazează pe utilizarea timpului de zbor al undelor sonore prin lemn și pe rezistențele relative la burghiere. Datorită complexității problemei, investigațiile au fost realizate atât la arbori din parcul Gheorghe Dima (județul Brașov), cât și la bușteni proveniți de la arbori de tei extrași din zona verde a Municipiului Brașov.

#### 6.1. Introducere

Stilul de viață actual, în special al orașenilor, îi fac pe cei mai mulți să uite de beneficiile naturii (Halecki et al., 2003; Chiriac et al., 2009; Bilgili și Gokyer, 2012; Arvanitidis și Papagiannitsis, 2020), chiar dacă rolul important al spațiilor verzi și al vegetației din marile aglomerări urbane este bine cunoscut în ceea ce privește asigurarea unei stări de bine. Cu alte cuvinte, spațiile verzi din orașe aduc o serie de beneficii de ordin ecologic, social și chiar economic (Chiriac et al., 2009; Kendal et al., 2012; Stagoll et al., 2012).

În ceea ce privește beneficiile ecologice, se menționează faptul că spațiile verzi din orașe ajută la reglarea temperaturii aerului prin umbrirea diferitelor obiective (Georgi și Zafiriadis, 2006; Bilgili și Gokyer, 2012; Khang și Li, 2014; Carinanos et al., 2019; Nero, 2019), la creșterea umidității relative a aerului din zonă datorită procesului de transpirație (Chiriac et al., 2009; Irmak et al., 2018), la purificarea atmosferei datorită cantităților mari de oxigen eliminate și de dioxid de carbon consumate ca urmare a procesului de fotosinteză (Parascan și Danciu, 2001; Chiriac et al., 2009; Bilgili și Gokyer, 2012; Irmak et al., 2018; Carinanos et al., 2019), acționând ca bariere de zgomot (Chiriac et al., 2009; Irmak et al., 2018) și chiar ca filtre pentru particule din atmosferă prin aceea că acestea se depun pe frunze și scoarță (Bilgili și Gokyer, 2012). În plus, spațiile verzi orașenești pot contribui la menținerea și chiar creșterea biodiversității (Bilgili și Gokyer, 2012; Kendal et al., 2012; Stagoll et al., 2012), asigurând adăpost și protecție pentru unele specii (Chiriac et al., 2009; Kendal et al., 2012; Stagoll et al., 2012). Pe lângă aceste beneficii ecologice incontestabile, spațiile verzi oferă și posibilități de incluziune a membrilor comunității locale (Chiriac et al., 2009) și oferă posibilitatea de a petrece timp în aer liber, la diverse evenimente, înfrumusețate suplimentar prin organizarea și cromatica speciilor din spațiile verzi (Negruțiu, 1980; Chiriac et al., 2009).

Întrucât spațiile verzi sunt considerate teritorii amenajate, într-o zonă urbană sau în afara acesteia, alcătuite în general din vegetație arborescentă, arbustivă, floricolă și ierbacee (Negruțiu, 1980), trebuie să se țină seama de particularitățile biologice ale speciilor utilizate în proiectarea și amenajarea acestora (Negruțiu, 1980; Jim și Chen, 2008), dintre care înălțimea este foarte importantă în cazul arborilor. Zonele verzi ale orașelor, parcurile și grădinile publice reprezintă un bun comun de care se bucură întreaga comunitate (Kirkpatrick et al., 2012; Camacho-Cervantes et al., 2014), astfel că

responsabilii cu aceste zone urmăresc obținerea unor varietăți cât mai mari de arbuști și arbori, cu forme și porturi diferite (Camacho-Cervantes et al., 2014).

Prezența arborilor în zonele publice este foarte importantă deoarece aceștia prin port, colorit, frunze, flori, fructe și scoarță, influențează în mod pozitiv viața oamenilor și contribuie la un mediu plăcut și sănătos. Funcțiile pe care le asigură arborii ca parte principală integrantă din spațiile verzi urbane depind, într-o mare măsură, de calitatea și permanența lor în zonă (Tsitsoni și Zagas, 2001).

Indiferent de zona în care se află, în decursul existenței, arborii își modifică structura internă și forma, fie din cauze naturale, impuse de stadiile de dezvoltare sau de condițiile de mediu, fie din cauze antropice, chiar și accidentale, precum incendiile (Mușat et al., 2020). Acțiunile factorului antropic se resimt cel mai mult în cazul arborilor din orașe, a căror creștere și dezvoltare este influențată fie prin lucrări de toaletare a coroanelor (Seifert et al., 2010), fie prin reducerea spațiului pentru dezvoltarea rădăcinilor, ca în cazul arborilor stradali care sunt nevoiți să-și dezvolte sistemul radicular printre cablurile și conductele din sol, în materiale necorespunzătoare (Saebø et al., 2005, Bartens et al., 2010), sărace în substanțe nutritive (Parascan și Danciu, 2001).

Cum orice intervenție a omului în natură nu rămâne fără consecințe (Nimară et al., 1964; Suciu, 1975), și arborii reacționează prin procese proprii de adaptare. Însă, uneori, acțiunile antropice sunt atât de severe încât afectează integritatea și chiar stabilitatea arborilor.

Spre deosebire de arborii din păduri, a căror dezvoltare este direcționată spre obținerea unei calități superioare a lemnului, reflectată în domeniul ulterior de utilizare (Sandoz și Lorin, 1996; Garretti, 1997; Wang et al., 2007; Mu et al., 2010; Du et al., 2015; Qu et al., 2020) și în valoarea sa economică (Lin și Wu, 2013; Sandak et al., 2020), la arborii din orașe se dorește menținerea vitalității lor pentru o perioadă cât mai lungă de timp (Kirkpatrick et al., 2012; Camacho-Cervantes et al., 2014) și menținerea integrității și stabilității acestora (Sandoz și Lorin, 1996; Deflorio et al., 2008; Wang et al., 2009).

Potrivit lui Popa (1999a și 1999b), care a studiat stabilitatea mecanică a arborilor, primele studii experimentale au fost menționate în literatura de specialitate de după cel de-al Doilea Război Mondial, odată cu doborâturile masive de vânt produse în Europa. Practic, principala cauză de cădere a arborilor este reprezentată de vânturile puternice (Zhu et al., 2004; Matheny și Clark, 2009; Neagu et al., 2012; Cifci et al., 2013; Mitchell, 2013), cu viteze mai mari de 30 km/oră (Kane, 2008), dar stabilitatea arborilor la solicitări mecanice depinde și de alți factori, precum lungimea și dezvoltarea sistemului radicular (Lindstrom și Rune, 1999; Popa, 1999b; Kodrik și Kodrik, 2002; Chiatante et al., 2003; Grudnicki, 2003; Mickovski și Ennos, 2003a; Mickovski și Ennos, 2003b; Robert, 2003; Soethe et al., 2006; Smiley, 2008; Rahardjo et al., 2013), de climat (Weaver, 2002; Grudnicki, 2003; Robert, 2003; Barbu, 2004; Bruchert și Gardiner, 2006; Popa, 2007; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012), de caracteristicile terenului și poziționarea arborilor (Grudnicki, 2003; Schutz et al., 2006; Popa, 2007), de vârsta arborilor (Grudnicki, 2003; Koizumi și Hirai, 2006; Jim și Zhang, 2013), de mărimea și arhitectura coroanei (Grudnicki, 2003; Bruchert și Gardiner, 2006; Tikhonova et al., 2009; Cifci et al., 2013; Jim și Zhang, 2013), de prezența frunzișului (Grudnicki, 2003; Jim și Zhang, 2013), de coeficientul de zveltețe (Popa, 1999b; Grudnicki, 2003; Bruchert și Gardiner, 2006; Popa, 2007; Cifci et al., 2013), de consistența arboretului (Grudnicki, 2003; Cenușă și Barbu, 2005; Bruchert și Gardiner, 2006; Thorje et al., 2010), metoda de regenerare (Bruchert et al., 2000; Grudnicki, 2003), de poziția arborilor în raport cu direcția vântului dominant (Grudnicki, 2003; Jinxin et al., 2012), dar și de starea de sănătate a arborilor (Popa, 2001; Grudnicki, 2003; Koizumi și Hirai, 2006; Jim și Zhang, 2013).

Stabilitatea arborilor este, în mod uzual, analizată în acord cu părțile componente, considerând că arborii prezintă o parte aeriană și una subterană (Grudnicki, 2003). În acest sens, importanța coroanei este foarte mare, întrucât trebuie să reziste forțelor exercitate de vânt, deoarece acestea cresc în raport cu profilul coroanei și suprafața expusă la presiunea vântului și a zăpezii. Din acest considerent, Seller et al. (2006) menționează că arhitectura coroanei este o componentă cheie în asigurarea stabilității arborilor. În plus, Popa (1999b) specifică faptul că stabilitatea unui arbore este influențată de coroană prin caracteristicile ei (lungime, diametrul, formă și penetrabilitate), care contribuie decisiv la explicarea modului în care arborii se comportă sub acțiunea vântului și a zăpezii.

Pentru a rezista cât mai bine acțiunii factorilor perturbatori, arborii trebuie să fie sănătoși și să vegeteze în condiții corespunzătoare, motiv pentru care este foarte importantă cunoașterea calității lemnului.

Inițial, starea unui arbore și menținerea sau eliminarea lui era decisă de o singură persoană, care investiga vizual un arbore (van Wassenaeer și Richardson, 2009). Ulterior, verificarea calității interne a lemnului la arborii pe picior a ajuns să reprezinte o preocupare continuă (Roughton, 1982; Bucur, 1986; Bucur, 2003; Alvers et al., 2015), în urma căreia au luat naștere o serie de dispozitive, unele puternic invazive, altele mai puțin invazive și altele considerate neinvazive, opiniile privind gradul de depreciere a lemnului în urma analizelor cu diverse instrumente fiind împărțite (Catena, 2004; Deflorio et al., 2008; van Wassenaeer și Richardson, 2009).

Pentru aprecierea integrității lemnului la arborii pe picior au fost concepute o serie de instrumente care se bazează pe principiul transferul undelor într-un mediu solid (Du et al., 2004; Wang et al., 2007; Lin et al., 2011; Lin și Wu, 2013; Wang, 2013; Li et al., 2014; Alves et al., 2015; Bouchet și Danneau, 2017), apelându-se la sunete (Deflorio et al., 2008; Rahanova, 2009; Brancheriau et al., 2012) și ultrasunete (Tomikawa et al., 1986; Sandoz și Lorin, 1996; Garrett, 1997; Martinis et al., 2004; Alves et al., 2015). În urma acestor determinări se obține, fie prin diverși algoritmi de calcul (Sandoz și Lorin, 1996; Du et al., 2015), fie prin programe proprii instrumentelor de investigație (Rinn, 2014), imagini cu secțiunea verificată (Liang și Fu, 2012; Feng et al., 2014; Li et al., 2014; Alves et al., 2015; Du et al., 2015).

Potrivit literaturii de specialitate (Nicolotti et al., 2003; Lin et al., 2008; Ellis, 2014; Feng et al., 2014), tomografele cu ultrasunete permit utilizatorilor să reconstruiască distribuția vitezelor undelor sonore după cum acestea se propagă prin secțiunea investigată, bazându-se pe ideea că (Divos și Divos, 2005; Li et al., 2014; Rinn, 2014), atunci când un senzor este lovit cu un ciocan, se pornesc automat cronometrele de la ceilalți senzori, iar în momentul în care sunetul ajunge la senzorul receptor, vibrația undei de stres oprește cronometrul senzorului, înregistrând astfel timpul de propagare al undei sonore. Senzorii folosiți pentru a detecta degradările interne îndeplinesc, succesiv, rolul de emițător și receptor, și trebuie amplasați de-a lungul perimetrului tulpinii, la nivelul secțiunii analizate (Wunder et al., 2013), într-un număr suficient de mare care să surprindă, cât mai fidel, complexitatea profilului lateral al secțiunii analizate (Rinn, 2014).

Metodele de evaluare acustică a calității lemnului se pot aplica atât la arborii pe picior (Garrett, 1997; Martinis et al., 2004; Lindström et al., 2009; Feng et al., 2014), cât și la piesele de lemn (Sandoz și Lorin, 1996; Rahanova, 2009). Principala diferență în modul de aplicare a metodelor bazate pe transferul sunetelor prin lemn ar consta în direcția diferită pe care se transferă sunetul (Fu, 2005; Beldeanu, 2008; Kazemi et al., 2009). Astfel, la arborii metoda acustică se poate aplica doar la nivelul unor secțiuni transversale (Martinis et al., 2004; Wang et al., 2007; van Wassenaeer, 2010; Feng et al., 2014; Li et al., 2014; Mușat et al., 2014b, Rinn, 2014), pe trunchi, ramuri sau chiar rădăcini (Sandoz și Lorin, 1996; Malinovski et al., 2016), în timp ce, la piesele de lemn, metoda se poate aplica și paralel cu fibrele, în plan longitudinal (Lear, 2005; Rahanova, 2009; Wang și Carter, 2015).

Viteza de propagare a sunetelor pe direcția fibrelor diferă de la o specie la alta și este de 3 ... 5 ori mai mare decât viteza de propagare a sunetelor perpendicular pe fibre (Beldeanu, 2008), deoarece unda sonoră trebuie să traverseze toate creșterile anuale, lemnul timpuriu și lemnul târziu, inele mai late sau mai înguste (Sandoz și Lorin, 1996; Beaulieu și Dutilleul, 2019), depinzând totodată și de unghiul care există între perechile de senzori emițător – receptor (Feng et al., 2014; Li et al., 2014; Du et al., 2015). Chiar dacă vitezele de propagare a sunetelor prin lemn variază de la o specie la alta, se întâmplă să apară variații și în cadrul aceleiași specii, la arborii care s-au dezvoltat în medii diferite, cu impact asupra structurii interne a lemnului (Beldeanu, 2008; Lindström et al., 2009). În acest sens, este cunoscut faptul că densitatea lemnului influențează viteza de transfer a sunetelor (Tarasiuk et al., 2007; Wang et al., 2007; Beldeanu, 2008; Deflorio et al., 2008; Liang și Fu, 2012; Bouchet și Danneau, 2017), aceasta crescând odată cu sporirea densității lemnului, ceea ce se reflectă pozitiv în proprietățile mecanice (Lunguleasa, 2004; Lindström et al., 2009; Wu et al., 2018). În plus, anizotropia lemnului, ca principală trăsătură a acestui material (Beldeanu, 2008; Feng et al., 2014; Du et al., 2015) face ca lemnul să nu aibă aceleași caracteristici și comportări mecanice și fizice în întreaga sa masă (Lunguleasa, 2004; Leboucher, 2014; Beaulieu și Dutilleul, 2019).

Cu toate că viteza de transfer este influențată de o mulțime de factori care nu conduc la distrugerea integrității lemnului, atunci când apar defecte interne (putregai, scorburi, crăpături, noduri vicioase) acestea au o influență negativă foarte mare asupra vitezei de propagare a sunetelor prin lemn

(Sandoz și Lorin, 1996; Ross et al., 1998; Ross și De Groot, 1998; Martinis et al., 2004; Wang, 2013; Wu et al., 2018; Moravcki et al., 2021), ceea ce face ca tomogramele și vizezele înregistrate să atragă atenția operatorilor.

## **6.2. Specii întâlnite, caracteristici dimensionale și defecte ale arborilor din parcurile din Municipiul Brașov**

### **6.2.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru**

Cercetările s-au desfășurat în Brașov, în două parcuri din zona centrală a orașului, respectiv Parcul Gheorghe Dima și Parcul Ina Schaeffler din Livada Poștei, și pe unele străzi din zona veche a orașului. Alegerea zonelor de studiu a avut la bază faptul că aceste zone sunt frecventate zilnic de foarte mulți oameni, atât localnici, cât și turiști. În plus, cele două parcuri au dotări pentru petrecerea timpului liber în natură, pentru odihnă și locuri de joacă pentru copii.

În ceea ce privește metodologia de lucru, se precizează că, într-o primă etapă, au fost identificate speciile de arbori din zonele studiate, urmând ca apoi arborii cu diametrul mai mare de 5 cm să fie măsurati cu ajutorul unei clupe forestiere cu deschiderea de 80 cm, a unui telemetru cu laser marca TruPulse și a unui instrument Criterion RD1000 folosit pentru a măsura dimensiunile defectelor la înălțime. Astfel, măsurătorile au vizat, în primul rând, diametrul arborilor, distanța dintre aceștia și cel mai apropiat trotuar sau cea mai apropiată alee, și lungimea proiecțiilor orizontale pentru razele coroanei pe cele patru direcții cardinale. Pentru arborii din centrul istoric al Brașovului au fost identificate și defectele exterioare, precum curburi, înfurcări, noduri, scorburi și gelivuri. Alegerea acestor arbori cu diametre mari s-a bazat pe aceea că se află de mult timp în zonele publice și, prin urmare, li s-au aplicat numeroase tăieri de toaletare, unele cu impact negativ asupra sănătății arborilor. În plus, prezența defectelor grave la arborii de dimensiuni mari prezintă un risc ridicat de accidente în cazul în care arborii sau părți din aceștia ajung să cadă în zonele foarte circulat.

### **6.2.2. Speciile întâlnite în cele două parcuri și caracteristicile dendrometrice ale arborilor**

În cele două parcuri studiate au fost inventariați 220 de arbori, dintre care 84 în Parcul Gheorghe Dima și 136 în Parcul Ina Schaeffler.

În urma prelucrării datelor s-a constatat că fiecare dintre cele două parcuri, bogate în specii de arbori, prezintă totuși specii dominante, după cum este cazul arțarului (*Acer platanoïdes*) în Parcul Gheorghe Dima și a stejarului roșu (*Quercus rubra*) în Parcul Ina Schaeffler. Raportat la speciile din fiecare parc, redate în funcție de numărul de exemplare în figura 6.1, se menționează că cele două parcuri au aproximativ același număr de specii, dar dacă se ține seama de suprafața parcului se poate considera că Parcul Gheorghe Dima are o diversitate mai mare pe o suprafață mai mică, întrucât Parcul Ina Schaeffler este de două ori mai mare.

În ceea ce privește caracteristicile dendrometrice la arborii studiați (tabelul 6.1), se constată că cel mai mic diametru (5 cm) apare la arțar în Parcul Gheorghe Dima și la stejar roșu în parcul Ina Schaeffler. În schimb, diametrul maxim a fost întâlnit la platanul din Parcul Gheorghe Dima (162 cm) și la un stejar roșu din Parcul Ina Schaeffler (108 cm – figurile 6.2 și 6.3).

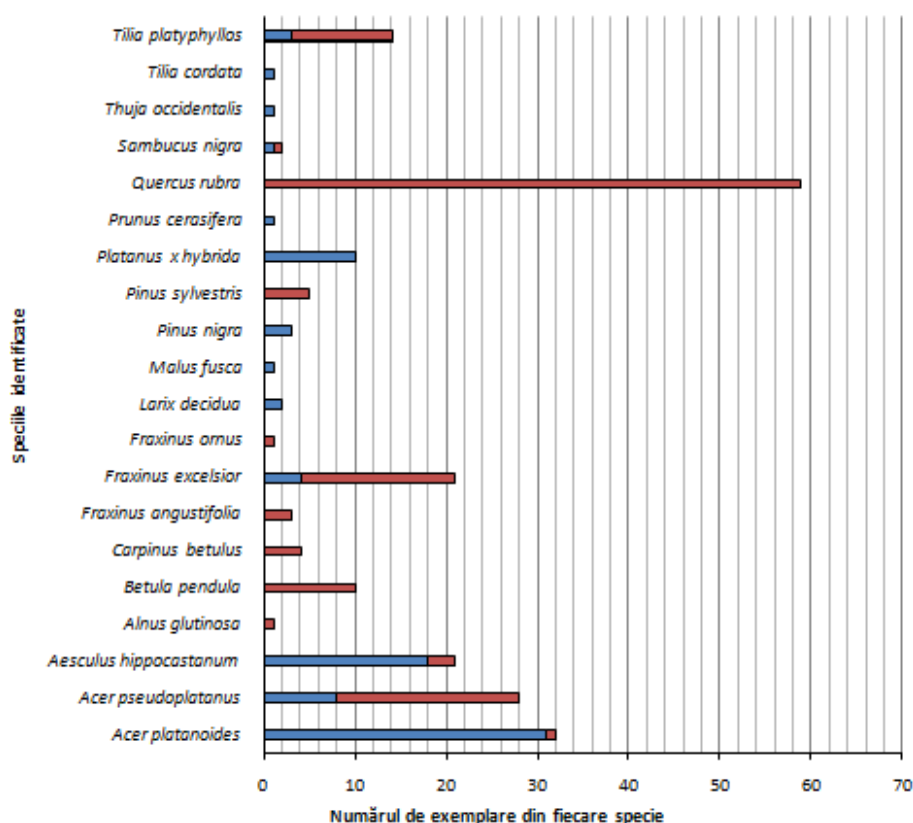


Figura 6.1. Numărul de exemplare pentru fiecare specie inventariată în fiecare parc în parte (Dudas și Mușat, 2023)

Tabelul 6.1. Valorile extreme ale caracteristicilor dendrometrice pentru arborii mășurați (Dudas și Mușat, 2023)

Specia	Numărul de exemplare	D min (cm)	D max (cm)	H min (m)	H max (m)	D min coroană (m)	D max coroană (m)
Parcul Gheorghe Dima							
<i>Acer platanoides</i>	31	5,00	101,50	4,30	17,70	1,90	29,00
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8	29,75	88,00	13,80	23,80	3,21	18,84
<i>Aesculus hippocastanum</i>	18	35,50	95,50	9,80	19,80	3,11	14,84
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	26,25	95,60	14,80	27,80	10,82	18,27
<i>Pinus nigra</i>	3	20,50	32,75	14,00	16,80	7,37	11,26
<i>Platanus x hybrida</i>	11	16,50	162,50	9,80	23,80	3,01	20,73
<i>Tilia platyphyllos</i>	3	10,50	13,00	5,80	6,80	4,75	5,68
Parcul Ina Schaeffler							
<i>Acer platanoides</i>	4	35,30	58,00	12,30	17,80	6,80	11,10
<i>Acer pseudoplatanus</i>	17	7,00	58,50	3,80	20,80	2,60	14,80
<i>Aesculus hippocastanum</i>	3	73,00	96,00	12,80	15,60	8,76	11,29
<i>Betula pendula</i>	10	44,00	60,30	11,50	23,90	2,00	13,70
<i>Carpinus betulus</i>	4	8,00	66,50	6,60	22,80	4,78	12,37
<i>Fraxinus angustifolia</i>	3	23,50	68,50	5,80	17,30	7,49	14,44
<i>Fraxinus excelsior</i>	17	11,00	62,50	5,30	22,80	5,46	14,21
<i>Pinus sylvestris</i>	5	11,50	34,00	7,30	16,80	3,00	8,00
<i>Quercus rubra</i>	59	5,00	108,00	3,00	26,80	1,20	19,90
<i>Tilia cordata</i>	3	10,50	61,00	2,30	18,30	5,01	11,54
<i>Tilia platyphyllos</i>	8	13,75	78,00	5,30	15,80	3,94	18,13

Raportat la înălțimea arborilor (figurile 6.4 și 6.5) s-a constatat că acestea au fost mai mici de 30 m, cu variații între 4,3 m (arțar) la 27,8 m (frasin) în Parcul Gheorghe Dima, respectiv între 2,3 m (tei) și 26,8 m (stejar roșu) în Parcul Ina Schaeffler. Legat de diametrul coroanelor, calculate ca medie

între sumele razelor din părțile opuse, s-a observat că acestea au variat de la 1,9 până la 29,0 m la arțar în Parcul Gheorghe Dima, respectiv între 1,2 și 19,9 m la stejarul roșu în Parcul Ina Schaeffler.

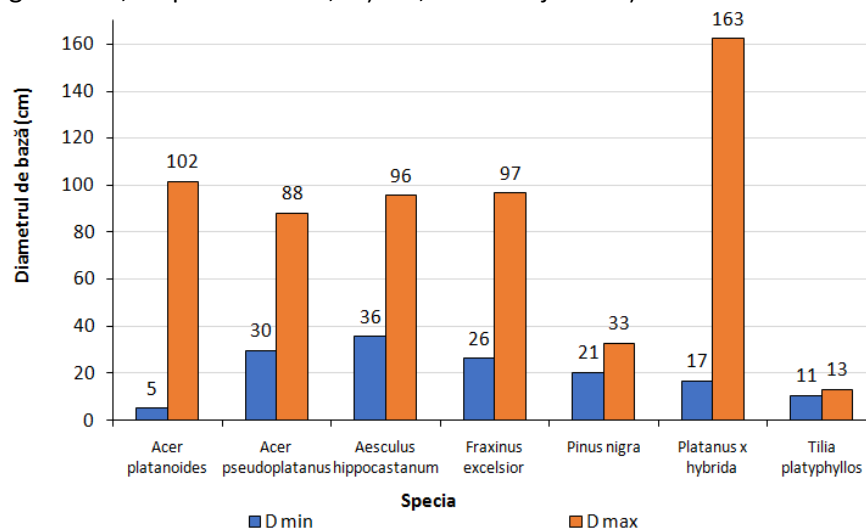


Figura 6.2. Valorile minime și maxime ale diametrelor arborilor din Parcul Gheorghe Dima (Dudas și Mușat, 2023)

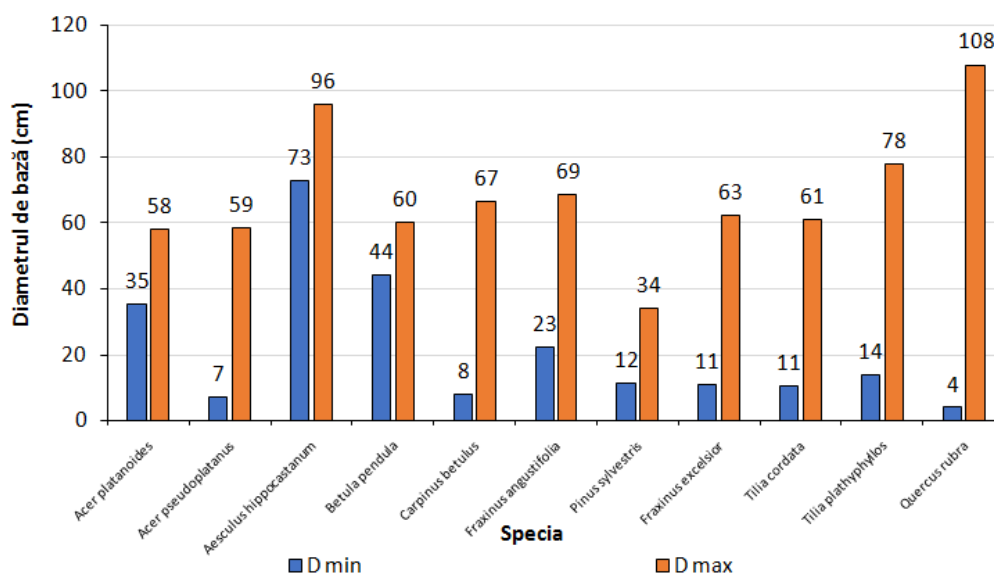


Figura 6.3. Valorile minime și maxime ale diametrelor arborilor din Parcul Ina Schaeffler (Dudas și Mușat, 2023)

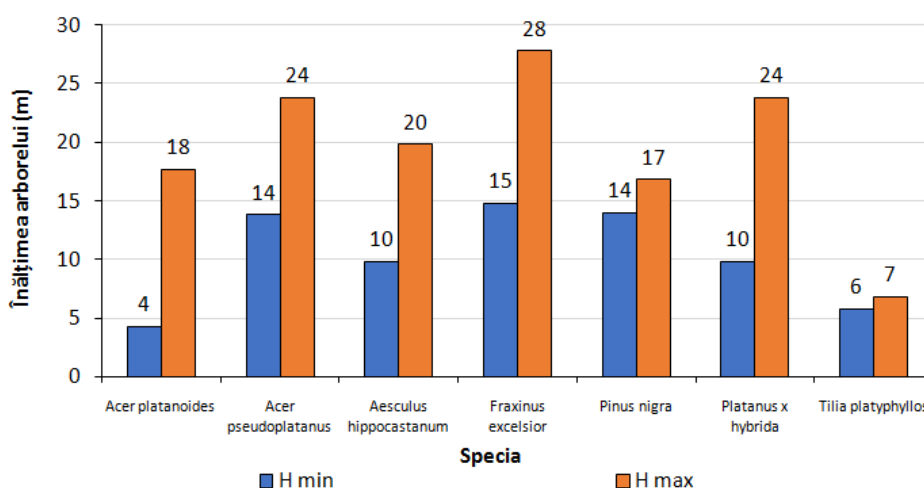


Figura 6.4. Valorile minime și maxime ale înălțimilor arborilor din Parcul Gheorghe Dima



(Dudas și Mușat, 2023)

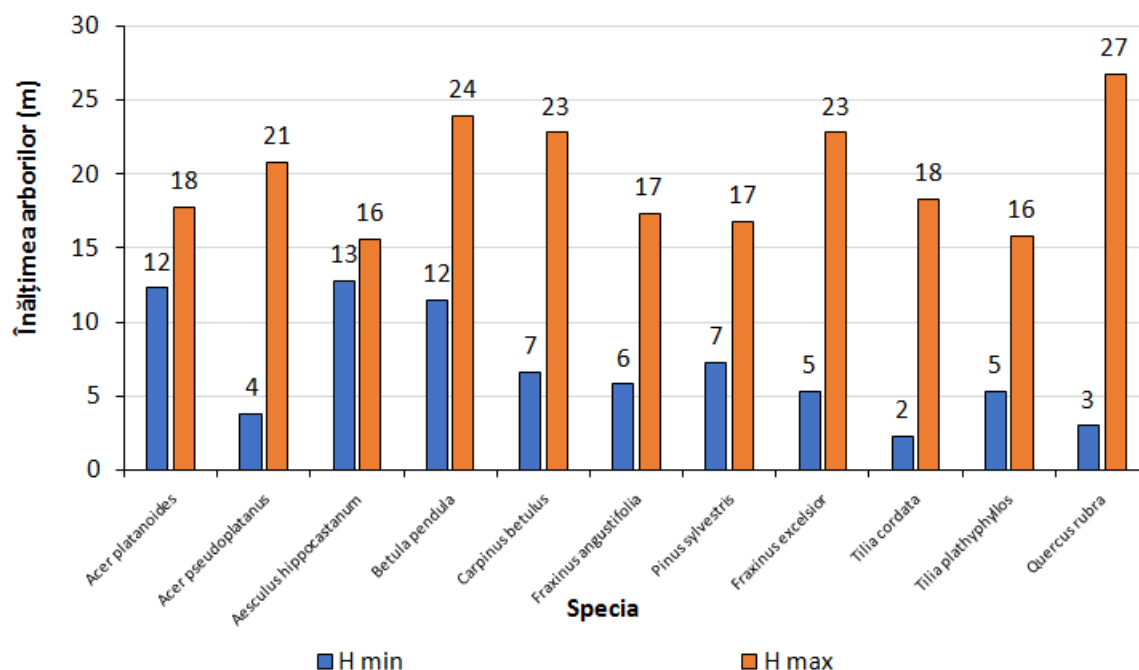


Figura 6.5. Valorile minime și maxime ale înălțimilor arborilor din Parcul Ina Schaeffler (Dudas și Mușat, 2023)

### 6.2.3. Poziția arborilor și distanța până la obiective diverse

Tabelele 6.2 și 6.3 redau indicatorii statistici descriptivi ai distanțelor dintre arbori și cel mai apropiat obiectiv, respectiv trotuar. Astfel, în Parcul Gheorghe Dima valoarea minimă ca distanță față de trotuar a fost 0 m, la arțar, și cea maximă de 10 m, la platan, iar în Parcul Ina Schaeffler distanța minimă a fost de 0,5 m, la stejar roșu, iar cea maximă de 31 m, la castan porcesc. Speciile cu cele mai mici valori ale mediei și mediane în ceea ce privește distanța față de obiective sunt castanul porcesc în Parcul Gheorghe Dima și teiul cu frunză mare în Parcul Ina Schaeffler.

Tabelul 6.2. Indicatori statistici descriptivi ai distanțelor dintre arbori și aleile din Parcul Gheorghe Dima (Dudas și Mușat, 2023)

Speciile	Nr. de exemplare	Valoarea ... (m)				Amplitudinea de variație (m)	Abaterea standard
		Minimă	Maximă	Medie	Mediană		
<i>Acer platanoides</i>	31	0,0	9,0	3,4	3,6	9,0	2,3
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8	0,1	7,6	3,3	2,6	7,5	3,0
<i>Aesculus hippocastanum</i>	18	0,2	6,5	1,4	0,4	6,3	2,0
<i>Fraxinus excelsior</i>	4	0,5	3,0	1,7	1,7	2,5	0,9
<i>Pinus nigra</i>	3	0,5	2,4	1,8	2,4	1,9	0,9
<i>Platanus x hybrida</i>	10	0,1	10,0	3,8	3,7	9,9	2,4
<i>Tilia platyphyllos</i>	3	1,2	1,6	1,4	1,5	0,4	0,2

Tabelul 6.3. Indicatori statistici descriptivi ai distanțelor dintre arbori și aleile din Parcul Ina Schaeffler (Dudas și Mușat, 2023)

Speciile	Nr. de exemplare	Valoarea ... (m)				Amplitudinea de variație (m)	Abaterea standard
		Minimă	Maximă	Medie	Mediană		
<i>Acer platanoides</i>	4	2,5	9,2	5,2	4,5	6,7	2,5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	7	2,9	19,0	7,2	5,0	16,1	4,7
<i>Aesculus hippocastanum</i>	3	1,0	31,0	17,3	20,0	30,0	12,4
<i>Betula pendula</i>	10	3,1	15,5	9,6	9,3	12,4	4,7
<i>Carpinus betulus</i>	4	4,5	11,0	7,4	7,1	6,5	2,3
<i>Fraxinus angustifolia</i>	3	7,6	41,0	18,9	8,0	33,4	15,7
<i>Pinus sylvestris</i>	5	10,0	18,0	12,7	11,0	8,0	3,0
<i>Fraxinus excelsior</i>	17	1,5	10,0	5,5	5,1	8,5	2,7
<i>Tilia cordata</i>	3	1,7	21,6	8,9	3,4	19,9	9,0
<i>Tilia platyphyllos</i>	8	1,7	10,0	3,3	1,8	8,3	2,9
<i>Quercus rubra</i>	59	0,5	25,0	6,8	4,0	24,5	5,5

#### 6.2.4. Defectele exterioare întâlnite la arbori din zona veche a Municipiului Brașov

Cercetările cu privire la defectele exterioare ale arborilor din zona veche a Brașovului au vizat 269 de arbori din Parcul Ina Schaeffler, Parcul Central Nicolae Titulescu, Parcul Gheorghe Dima și din aliniamentele stradale. Aceștia aparțin speciilor *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus* și *Aesculus hippocastanum*. Printre defectele exterioare luate în considerare se numără curbura, ovalitatea, înfucirea, nodurile, scorburile și gelivurile.

Din analiza datelor s-a constatat că platanul este cel mai afectat de curburi (53,22%), iar cele mai puține exemplare afectate apar la tei (26,22% - tabelul 6.4). În plus, se observă că la paltin apar atât curburi simple (35,71%), cât și curburi multiple (17,51%).

Tabelul 6.4. Distribuția arborilor cu curburi întâlnite pe trunchi (Mușat et al., 2014a)

Specia	Proporția arborilor cu curburi (%) din numărul total de arbori	Distribuția procentuală (%) a arborilor cu curburi:	
		simple	multiple
<i>Tilia cordata</i>	26,22	18,62	7,60
<i>Acer platanoides</i>	28,56	22,85	5,71
<i>Acer pseudoplatanus</i>	53,22	35,71	17,51
<i>Aesculus hippocastanum</i>	31,90	22,65	9,25

În ceea ce privește ovalitatea (tabelul 6.5), s-a observat că toți arborii de tei, paltin și castan porcesc prezintă acest defect, într-o proporție mai mare sau mai mică. Astfel, cei mai mulți arbori de tei, paltin și arțar, prezintă o ovalitate cuprinsă între 0,1 și 10%, în timp ce, la arborii de castan porcesc, au fost întâlnite și valori mai mari de 10% pentru o pondere însemnată.

Legat de înfucire, s-a constatat că mai mult de jumătate din arborii investigați prezintă acest defect (tabelul 6.6), fiind o consecință directă a mediului în care se dezvoltă și a tăierilor aplicate. Cea mai mare frecvență a înfucirilor apare la arborii de castan porcesc (74,84%), iar cea mai mică la paltin (42,85%). Dacă se ține seama de înălțimea la care apare defectul, se constată că la toate speciile

înfurcirea afectează treimea inferioară a trunchiului, cei mai mulți arbori prezentând două ramificații după înfurcire, dar apar și situații în care s-au format patru sau cinci ramificații, după cum este cazul unor arbori de tei și castan porcesc.

Tabelul 6.5. Distribuția arborilor cu ovalitate (Mușat et al., 2014a)

Specia	Încadrarea procentuală (%) a arborilor în raport cu valoarea ovalității (%)					
	0	0,1 – 5	5,1 – 10	10,1 – 15	15,1 – 20	> 20
<i>Tilia cordata</i>	7,14	33,06	31,23	14,35	7,68	6,54
<i>Acer platanoides</i>	9,23	32,54	48,14	10,09	0	0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0	35,65	39,67	13,27	7,03	4,38
<i>Aesculus hippocastanum</i>	8,51	18,1	22,04	20,01	19,33	12,01

Tabelul 6.6. Distribuția arborilor înfurciți în raport cu poziția defectului (Mușat et al., 2014a)

Specia	Proporția arborilor înfurciți (%) din numărul total de arbori	Proporția arborilor cu curburi (%) în treimea .... din înălțime			Distribuția procentuală (%) a arborilor înfurciți în raport cu numărul de ramificații rezultate			
		inferioară	mijlocie	superioară	2	3	4	5
<i>Tilia cordata</i>	5573	47,54	8,19	0	40,96	6,55	4,91	3,31
<i>Acer platanoides</i>	85,71	76,19	4,76	4,76	66,66	19,05	0	0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	42,85	28,57	7,14	7,14	35,71	7,14	0	0
<i>Aesculus hippocastanum</i>	74,84	67,48	7,36	0	57,05	5,06	12,06	0,67

Nodurile sunt defecte inevitabile care afectează arborii, având cea mai mare răspândire și în cazul celor investigați (tabelul 6.7). Legat de numărul mediu de noduri pe un arbore, se poate spune că la castanul porcesc au fost întâlnite cele mai multe noduri (34,47 noduri/arbore), iar la arțar cele mai puține (18,32 noduri/arbore), prezența acestor defecte fiind strâns legată de tăierile de toaletare prin care coroana arborilor este formată și dirijată în creștere. Dacă se ține seama de tipul nodurilor întâlnite (ascunse, acoperite, sănătoase, vicioase sau noduri cu putregai) se constată că cele mai multe noduri sănătoase au fost identificate la castanul porcesc (29,34%). Nodurile cu putregai, care pot afecta în mod particular stabilitatea și integritatea arborilor, au fost întâlnite într-o proporție ridicată la arborii analizați, afectând între 18 și 28% dintre ei, indiferent de specie.

Tabelul 6.7. Distribuția arborilor cu noduri în funcție de tipul acestora (Mușat et al., 2014a)

Specia	Numărul mediu de noduri pe un arbore	Distribuția procentuală (%) a tipurilor de noduri				
		ascunde	acoperite	sănătoase	vicioase	putrede
<i>Tilia cordata</i>	18,32	25,48	16,31	21,51	18,24	18,46
<i>Acer platanoides</i>	19,16	18,32	19,06	20,14	17,33	25,15
<i>Acer pseudoplatanus</i>	13,27	21,08	11,69	20,01	18,55	28,67
<i>Aesculus hippocastanum</i>	34,47	14,24	7,06	29,34	21,15	24,21

Un alt defect care poate influența stabilitatea arborilor și poate avea ca efect ruperea ramurilor este reprezentat de scorburi, care apar la aproape jumătate din arborii analizați (tabelul 6.8), ca o consecință a prezenței nodurilor cu putregai care, în final, ajunge să se propage în interiorul trunchiului. Din această perspectivă, 61,89% din arborii de arțar analizați prezintă astfel de defecte, ceea ce face ca arțarul să fie specia cea mai afectată. Pe locul secund se situează arborii de tei (52,44%), urmați de paltin (42,82%) și castanul porcesc (41,09%). În plus, se observă că cei mai mulți arbori prezintă doar o singură scorbură, cu excepția arborilor de paltin, unde au fost regăsite predominant (21,42%) câte două scorburi pe fiecare arbore afectat de acest defect. Numărul maxim de scorburi pe un arbore a fost întâlnit la castanul porcesc, unde la aproximativ 5% dintre arborii care prezentau acest defect au fost identificate câte patru scorburi.

Tabelul 6.8. Distribuția arborilor cu scorburi în funcție de numărul lor (Mușat et al., 2014a)

Specia	Proporția arborilor cu scorburi (%) din numărul total de arbori	Distribuția procentuală (%) a numărului de scorburi pe un arbore			
		1	2	3	4
<i>Tilia cordata</i>	52,44	31,14	19,67	1,63	0
<i>Acer platanoides</i>	61,89	38,09	23,80	0	0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	42,84	7,14	21,42	14,28	0
<i>Aesculus hippocastanum</i>	41,09	18,40	12,26	5,52	4,91

Gelivurile, numite și crăpături de ger, au fost întâlnite la toate speciile, într-o proporție mai mare sau mai mică (tabelul 6.9), astfel că cea mai afectată specie a fost arțarul (52,37%), iar cele mai puține gelivuri au fost identificate la castanul porcesc (24,51%). Atunci când s-a ținut seama de lungimea gelivurii, s-a observat că cele mai multe defecte au lungimi mai mici de 50 cm și că la paltin nu au fost identificate gelivuri cu lungimi mai mari de 100 cm.

Tabelul 6.9. Distribuția arborilor cu gelivuri în raport cu lungimea lor (Mușat et al. 2014a)

Specia	Proporția arborilor cu gelivuri (%) din numărul total de arbori	Distribuția procentuală (%) a gelivurilor în funcție de lungimea lor (cm)				
		< 50	51-100	101-150	151-200	> 200
<i>Tilia cordata</i>	34,39	9,83	8,19	4,91	4,91	6,55
<i>Acer platanoides</i>	52,37	28,57	4,76	9,52	4,76	4,76
<i>Acer pseudoplatanus</i>	28,56	7,14	21,42	0	0	0
<i>Aesculus hippocastanum</i>	24,51	4,29	9,81	6,74	3,06	0,61

### 6.2.5. Concluzii

În Parcul Gheorghe Dima arborii cu înălțimi mari se află mult mai aproape de alei decât cei cu înălțimi mai mici, ceea ce face ca din dispunerea speciilor să se obțină un aspect ordonat, cu mai multe etaje de vegetație, care concentrează atenția vizitatorilor spre zona cu bănci, invitându-i să se relaxeze.

În Parcul Ina Schaeffler dispunerea vegetației oferă senzația de apropiere de natură, fiind create asociații de câte trei specii din loc în loc, despărțite de alei, zone cu iarbă și spații de joacă pentru copii.

În Parcul Ina Schaeffler apar arbori de castan care delimitează parcul și crează o barieră între natură și spațiul urban, care îi îmbie pe oameni să se relaxeze departe de zgomotul din trafic.

Arborii din orașe, aflați fie în parcuri, fie de-a lungul străzilor, prezintă un număr mare de defecte ce le pot afecta stabilitatea.

Speciile cele mai afectate de defecte au fost castanul porcesc, la care s-au întâlnit cele mai multe curburi și noduri, respectiv paltinul, unde a predominat ovalitatea, înfucirea, scorburile și gelivurile.

## 6.3. Cauzele și efectele pierderii stabilității arborilor

### 6.3.1. Arborii și stabilitatea

Spre deosebire de alte materiale, arborii, ca țesuturi vii, au capacitatea de a crește, iar consecința acestei creșteri o reprezintă chiar schimbarea dimensiunilor și proprietăților mecanice (Grudnicki, 2003), iar creșterea lor verticală este condiționată, în principal, de mișcările de încovoiere rezultate ca răspuns la vânt și gravitație (Almérás și Fournier, 2009).

Stabilitatea este, de regulă, analizată în funcție de componentele arborilor, considerând că aceștia sunt formați din două zone distincte (fundatie și elevație – Popa, 1999a; Popa, 2001; Grudnicki, 2003) care, deși reacționează diferit la acțiunea factorilor perturbatori, au rol decisiv în menținerea echilibrului. Astfel, se consideră că elevația se încastrează în fundatie (Grudnicki, 2003) prin cioată. Potrivit studiilor de specialitate (Grudnicki, 2003), elevația, respectiv partea supraterană a arborelui, formată din trunchi, coajă și crăci, reprezintă 82 ... 85% din volumul total (Giurgiu et al., 2004), iar

fundația, respectiv partea subterană a arborelui, formată din rădăcini și cioată (inclusiv solul aferent – Grudnicki, 2003), reprezintă 15 ... 18 % (Giurgiu et al., 2004).

Datorită importanței deosebite și a implicațiilor pe care le presupune pierderea stabilității, de-a lungul timpului, au fost realizate numeroase cercetări privind influența sistemului radicular și proprietățile solului asupra stabilității (Nicoll și Ray, 1996; Stokes și Mattheck, 1996; Grudnicki, 2003; Grudnicki, 2004; Achim și Nicoll, 2009; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012; Jim și Zhang, 2013), precum și influența parametrilor biometrici ai fusului (Popa, 1999a; Popa, 1999b; Popa, 2001; Grudnicki, 2004; Dorren și Berger, 2005; Brüchert și Gardiner, 2006; Byrne și Mitchell, 2007; Jim și Zhang, 2013) și a coroanei asupra stabilității (Popa, 1999a; Popa, 1999b; Grudnicki, 2004; Cenușă și Barbu, 2005; Brüchert și Gardiner, 2006; Tikhonova et al., 2009; Jinxin et al., 2012; Ciftci et al., 2013; Jim și Zhang, 2013).

### **6.3.2. Stabilitatea arborilor și caracteristicile coroanei**

Biometria coroanei, prin diverșii ei parametri, reprezintă un indicator indirect al proceselor energetice, hidrologice și concurențiale care se desfășoară la nivelul arborelui (Cenușă și Barbu, 2005). Coroana arborilor a fost analizată în numeroase studii, unde au fost punctate aspecte referitoare la calculul volumului real al coroanei în funcție de cel aparent (Grudnicki, 2003), legătura dintre diametrul de bază și particularitățile biometrice ale coroanei (Jelonek și Pazdrowski, 2004; Rob, 2004; Cenușă și Barbu, 2005; Jiménez-Pérez et al., 2006; Troxel et al., 2013), plasticitatea coroanei și implicațiile ecologice (Vincent și Harja, 2008), legătura dintre trăsăturile cantitative ale coroanei (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994; Popa, 1999b; Popa, 2001; Popa, 2007) și macrostructura lemnului (Szymański et al., 2009), influența arhitecturii coroanei asupra factorilor dinamici (Sellier et al., 2006; Ciftci et al., 2013), consistența coroanei și productivitatea, respectiv dinamica unei păduri (Yousuf Hosain și Caspersen, 2012).

Prin lungimea, diametrul, forma și penetrabilitatea ei (Popa, 1999b; Popa, 2007), coroana contribuie, în mod hotărâtor, la explicarea comportamentului arborilor la acțiunea vântului și zăpezii, influențând stabilitatea, deoarece, în cazul vegetației forestiere (Popa, 1999b; Popa, 2007), presiunea vântului acționează cu precădere asupra coroanei arborelui, de unde este transmisă trunchiului și rădăcinilor, astfel că forța de răsturnare datorată presiunii exercitate de curenții de aer asupra coroanei reprezintă circa 80 – 90 % din forța totală.

Lungimea coroanei a fost determinată ca diferență între înălțimea totală a arborelui și înălțimea de inserție a primei crăci verzi care marchează baza coroanei (Jiménez-Pérez et al., 2006; Troxel et al., 2013), diferența dintre aceasta și înălțimea totală a arborelui fiind chiar înălțimea elagată a fusului (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994; Nishimura, 2005). Potrivit lui Punches (2004), lungimea coroanei este un factor foarte important asupra calității lemnului, însă studiile din domeniu (Popa, 1999b) au arătat că lungimea coroanei influențează stabilitatea arborelui. Astfel, Polge (citată de Marcu 1969, citată de Popa, 1999b) menționează că, la molid, lungimea optimă a coroanei este de cel puțin o treime din înălțimea arborelui.

Un alt parametru care poate furniza informații legate de stabilitatea arborilor individuali este considerat ca fiind, în accepțiunea cercetătorilor Cenușă și Barbu (2005), centrul de greutate al coroanei. Astfel, autorii (Cenușă și Barbu, 2005) menționează că la vârste mari ale arborilor, centrul de greutate al coroanelor se situează la peste 65% din înălțime, probabil ca urmare a stabilizării elagajului natural, în timp ce, la arborii tineri, centrul de greutate este mai aproape de sol.

În ceea ce privește diametrul coroanei, simulările efectuate pe modelul teoretic elaborat de Popa (1999b și 2007), indică o creștere a stabilității arborelui odată cu scăderea diametrului coroanei, deoarece diametrul coroanei influențează, în mod direct, suprafața de interceptie a curenților de aer de către arbore.

Potrivit celor menționate de Fernando Valladares și Ülo Niinemets (2007), forma coroanei este un compromis, o adaptare a arborelui la constrângerile factorilor perturbatori, la aceeași concluzie ajungând și Vincent și Harja (2008), care au studiat semnificația ecologică a plasticității coroanei, menționând că deformarea coroanelor care are loc în natură este, de fapt, un răspuns la acțiunile factorilor destabilizatori.

Pentru a realiza un model biomecanic al arborilor forestieri, Grudnicki (2003) a asimilat părțile componente ale arborelui cu o serie de forme geometrice. Datorită variațiilor mari ale formei coroanei,

care diferă în funcție de așezarea mugurilor, desimea și poziția lujerilor, unghiul de inserție al ramurilor și dezvoltarea acestora, autorul (Grudnicki, 2003) consideră că forma coroanei poate fi: sferică (globulară), ovoidală, tabulară, conică, piramidală, columnară, întreruptă, și că volumul aparent al coroanei este dat de volumul formei respective, iar volumul real al coroanei este evident mai mic.

Simulările realizate de Popa (1999b) pe un model mecanic în regim static, indică un coeficient de risc ridicat pentru stabilitate în cazul unor indici de coronare cuprinși între 0,45 și 0,75. Același autor (Popa, 1999b) menționează că stabilitatea ridicată a arborilor cu lungimi foarte mari sau foarte mici ale coroanei, exprimată prin coeficienți de risc reduși, poate fi explicată, în prima situație, prin coborârea centrului de aplicare a forței totale de răsturnare (Popa, 1999b; Nishimura, 2005; Nishimura, 2007), iar, în a doua situație, prin reducerea suprafeței de interceptie a maselor de aer și a greutateii coroanei (Popa, 1999b).

Ciftci și colaboratorii săi (2013) a analizat efectul arhitecturii coroanei la *Acer saccharum* (L.) asupra factorilor dinamici care acționează asupra arborilor și au creat modele parametrice în funcție de numărul de ramuri, mărimea lor, înălțimea și unghiul de inserție al ramurilor pe trunchi. Astfel, au ajuns la concluzia că ramurile groase influențează răspunsul arborilor la acțiunea factorilor dinamici, cu atât mai mult cu cât sunt plasate la o înălțime mai mare pe trunchi.

### **6.3.3. Influența toaletării asupra stabilității arborilor**

Asupra arborilor urbani, în special, se aplică lucrări cu caracter estetic de formare a coroanelor, cu scopul obținerii efectului arhitectural dorit (Ionescu, 2004), numite toaletări. Astfel, toaletarea arborilor influențează direct extinderea coroanei (Punches, 2004), cu implicații profunde asupra calității lemnului.

Cu toate că arborii crescuți solitar, situație caracteristică pentru spațiile verzi din zonele publice, prezintă un habitus specific (trunchiuri scurte, conice și coroane largi, care încep de la o înălțime mică pe trunchi – Femmig, 2010), diferit de cel al arborilor forestieri, există totuși posibilitatea ca aceștia să cedeze în cazul furtunilor puternice. Cercetări privind stabilitatea arborilor amplasați în spațiile verzi ale orașelor au fost realizate de numeroși autori (Dupont și Brunet, 2006; Haritos și James, 2008; Tikhonova et al., 2009; Femmig, 2010; Kontogianni et al., 2011; Ciftci et al., 2013; Jim și Zhang, 2013).

Întrucât arborii din spațiile verzi ale orașelor și din aliniamente sunt un bun public foarte prețios, cu funcții multiple (Femmig, 2010), o atenție deosebită se acordă lucrărilor de formare a coroanelor (Luley et al., 2002; Gilman et al., 2008; Bolea, 2014), care au ca scop evitarea deprecierei premature a arborilor, astfel încât aceștia să-și exercite o perioadă cât mai îndelungată funcțiile atribuite, fără a deveni un pericol public prin pierderea stabilității.

Pentru arborii din zonele publice, toaletarea joacă un rol deosebit de important (Ciftci et al., 2013), dar pentru a eficientiza operațiile și a reduce riscul de cădere a ramurilor sau arborilor trebuie, mai întâi, înțelese efectele mecanice pe care aceste tăieri le au asupra arborilor. Astfel, Bolea (2014) atrage atenția asupra faptului că un elagaj artificial prea puternic poate avea efecte negative, atât prin apariția crăcilor lacome, cât și prin slăbirea arborelui și creșterea sensibilității acestuia la acțiunea vântului.

Tikhonova și colaboratorii săi (2009) au analizat structura coroanelor arborilor de *Larix sibirica* (L.), privită ca fiind un indice complex al stabilității în cazul zonelor foarte poluate și au constatat că, în condițiile unei poluri persistente a aerului, creșterea trunchiului se micșorează, forma coroanelor se modifică, iar degradarea arborilor pe picior se corelează cu intensitatea traficului și nivelul de monoxid de carbon din aer.

Evaluarea defectelor apărute și a riscului la care sunt supuși arborii de patrimoniu din Hong Kong au fost cercetate de către doi cercetători din China (Jim și Zhang, 2013) care au ajuns la concluzia că arborii din parcurile și grădinile publice sunt supuși la cele mai puține constrângeri fizice și fiziologice (Jim, 2004), deoarece le este asigurat un spațiu suficient pentru dezvoltare și un volum mare de sol, de bună calitate, în timp ce, arborii plantați pe marginea drumurilor sunt cei mai prejudiciați, suferind atât constrângeri subterane, cât și supraterane (Jim, 2005; Sieghardt et al., 2005; Tello et al., 2005).

### 6.3.4. Concluzii

Stabilitatea arborilor depinde de răspunsul la solicitările mecanice naturale exterioare, arborii fiind considerați, pentru prima dată (Grudnicki, 2003), structuri biometrice optime. Practica forestieră a confirmat faptul că raportul dintre înălțime și diametru este un indicator bun al stabilității arborilor (Abetz, 1976; Abetz și Unfried, 1984; Rottmann, 1986; Kellomäki și Peltola, 1998 citați de Brüchert și Gardiner, 2006), considerându-i ca stabili pe cei viguroși, cu tulpini cu conicitate mare și coroane care încep de la o înălțime mică pe tulpină.

Stabilitatea arborelui este cu atât mai mare cu cât diametrul coroanei este mai mic (Popa, 1999b), deoarece, alături de lungimea coroanei, diametrul acesteia determină suprafața expusă curenților de aer.

Trebuie subliniat și impactul negativ al defectelor, în special a putregaiului, în reducerea rezistenței de ansamblu a arborilor la vânt (Popa, 2001; Popa, 2007) și deci, a stabilității la acțiunea factorilor perturbatori.

## 6.4. Particularitățile coroanei arborilor și stabilitatea

### 6.4.1. Locul cercetărilor și metodologia de cercetare

Pentru a investiga caracteristicile coroanei în cazul plopului alb (*Populus alba* L.), cercetările s-au desfășurat în Unitatea de Producție I Cârna, administrată de Ocolul Silvic Segarcea (D.S. Dolj), situată în Lunca Dunării, la altitudini de 26-41 m. Pentru plopul negru (*Populus nigra* L.) determinările au fost realizate în apropierea localității Feldioara, județul Brașov, unde au fost măsurați arbori din aliniamentul de la Vadul Roșu. În cadrul lucrărilor de teren au fost măsurați o serie de parametri, precum: diametrul de bază și înălțimea arborilor, înălțimea elagată și razele coroanei pe cele patru direcții cardinale.

De menționat este faptul că în U.P. I Cârna au fost măsurați 124 de arbori de plop alb, iar în aliniamentul de la Vadul Roșu 163 de arbori de plop negru. Însă, pentru a exista o corespondență între arborii de plop alb și cei de plop negru în ceea ce privește caracteristicile coroanei, au fost luați în analiză 124 de arbori din fiecare specie, mai ales că aceștia s-au dezvoltat în condiții diferite (pădure și aliniament), ceea ce imprimă anumite particularități creșterii și dezvoltării. În plus, pentru cei 163 de arbori de plop negru a fost calculată înălțimea coroanei (figura 6.5) ca diferență între înălțimea arborelui și înălțimea la care a fost identificată inserția primei ramuri groase pe trunchi, ceea ce marchează baza coroanei (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994; Jimenez-Perez et al., 2006; Troxel et al., 2013).

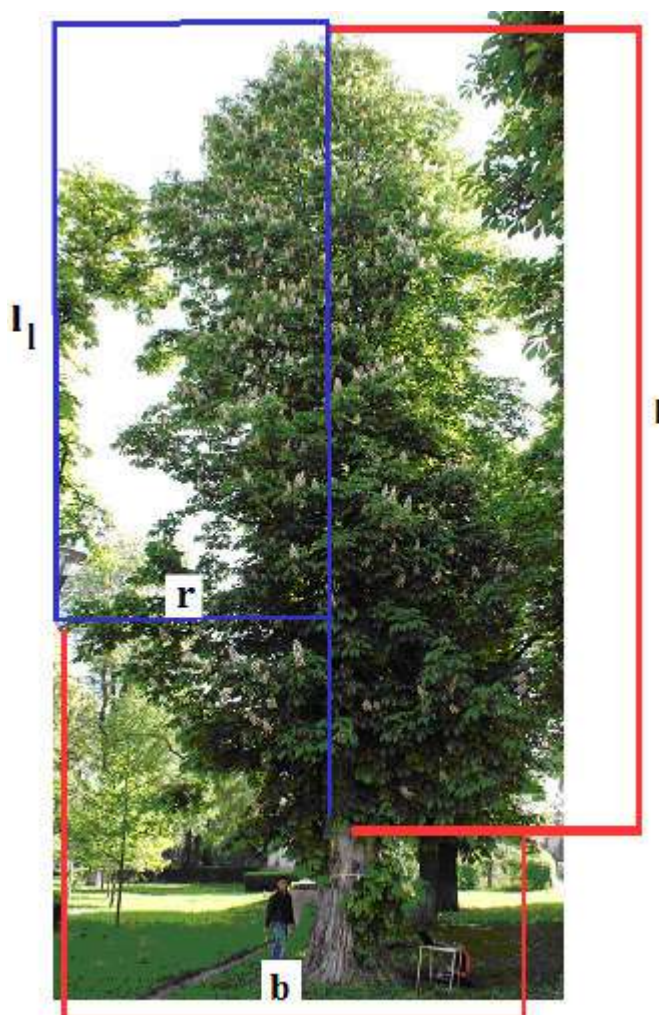


Figura 6.5. Măsurarea caracteristicilor coroanei, unde (Mușat et al., 2015): l reprezintă lungimea coroanei; r – razele coroanei; b – diametrul coroanei; l<sub>1</sub> – lungimea luminată a coroanei

În plus, pentru arborii de plop negru din aliniament au fost calculați o serie de indicatori auxologici (Popa, 1999a; Popa, 1999b) ai coroanei, precum raza medie a coroanei ( $R_{min}$ ), diametrul coroanei ( $b$ ), gradul de dezvoltare al coroanei ( $T$ ) și aria coroanei ( $S$ ). Un aspect foarte important ce trebuie menționat este acela că razele coroanei au fost măsurate considerând centrul trunchiului și proiecția extremă a coroanei pe fiecare dintre cele patru direcții cardinale (Jimenez-Perez et al., 2006), iar pentru diametrul mediu al coroanei ( $b$ ) s-a calculat o rază medie pe baza celor patru raze măsurate pe direcțiile nord, est, sud și vest, care a fost ulterior dublată (Jimenez-Perez et al., 2006; Ciubotaru și Păun, 2014; Mușat et al., 2014b). Gradul de dezvoltare al coroanei ( $T$ ) a fost calculat ca raport între diametrul coroanei ( $b$ ) și înălțimea arborelui ( $h$  – Popa, 1999a; Popa, 1999b; Jimenez-Perez et al., 2006). Pentru a determina suprafața proiectată a coroanei pe sol s-a aplicat formula de calcul a ariei cercului, luând în considerare raza medie a coroanei (Ciubotaru și Păun, 2014).

#### 6.4.2. Caracteristici ale coroanei la arborii de plop din pădure și din aliniament

Din analiza datelor s-a constatat că diametrele au variat între 22 și 80 cm pentru arborii de plop alb și între 30 și 74 cm pentru arborii de plop negru din aliniament. Distribuția claselor de diametre (figura 6.6) indică faptul că în pădure la arborii de plop alb au predominant diametre de 26 – 50 cm (80%), iar la cei din aliniament predomină diametrele de 36 – 55 cm (81%).

În ceea ce privește înălțimea (figura 6.7) s-a constatat că aceasta a variat între 10 și 31 m pentru arborii din pădure și, respectiv între 6,5 și 27 m pentru cei din aliniament. În plus, se observă că înălțimile cuprinse între 20,1 și 25 m au fost întâlnite la 64% dintre arborii de plop alb și 44 dintre arborii de plop negru.

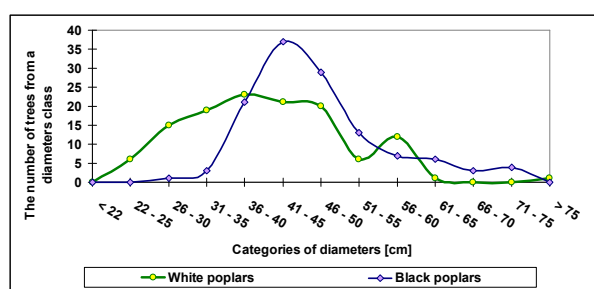


Figura 6.6. Distribuția arborilor pe clase de diametre (Mușat et al., 2014b)

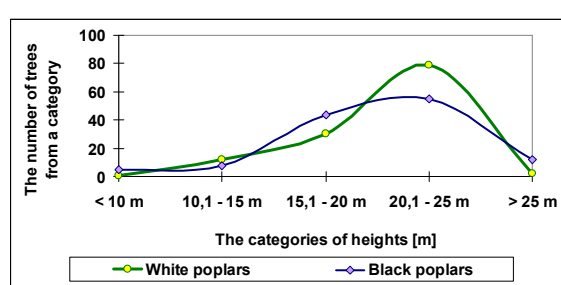


Figura 6.7. Distribuția arborilor pe clase de înălțimi (Mușat et al., 2014b)

Diferențe mari apar însă în ceea ce privește înălțimea la care începe coroana, observându-se influența competiției dintre arborii de plop alb care vegetează în condiții de arboret (figura 6.8). La arborii de plop negru aceasta a variat între 1,6 și 5,5 m, în timp ce la cei de plop alb din pădure, baza coroanei se poate afla la înălțimi de până la 14 m.

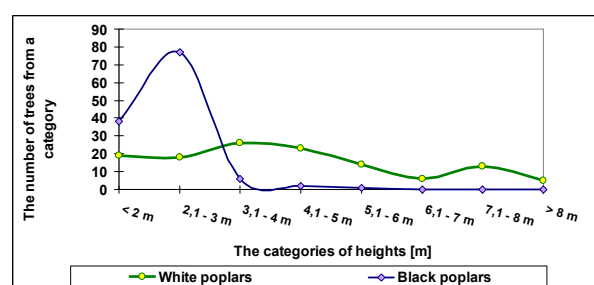


Figura 6.8. Distribuția arborilor în funcție de înălțimea la care se află baza coroanei (Mușat et al., 2014b)

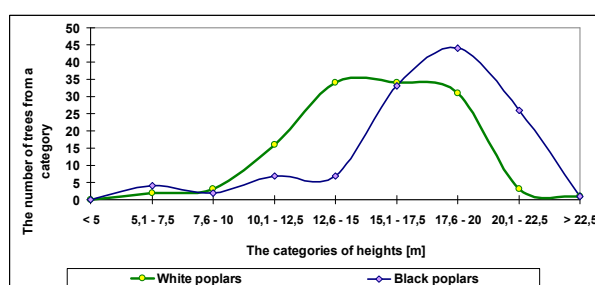


Figura 6.9. Distribuția arborilor în funcție de lungimea coroanei (Mușat et al., 2014b)

De asemenea, s-a observat că la cei mai mulți arbori din aliniament, baza coroanei a început la înălțimi de până la 3 m (93%), iar la arborii din pădure baza coroanei se află la înălțimi de până la 6 m



(81%), cei 124 de arbori de plop alb investigați prezentând înălțimi oarecum uniforme în ceea ce privește baza coroanei.

Un alt aspect luat în considerare, cu impact mare asupra stabilității arborilor, a fost înălțimea coroanei, calculată ca diferență între înălțimea arborelui și înălțimea de la care începe coroana, după relația lui Piboule et al. (2004). Astfel, s-a constatat predominanța coroanelor cu înălțimi de 6 – 24 m pentru arborii de plop alb, respectiv coroane cu înălțimi de 4,7 – 24,3 m la arborii de plop negru (figura 6.9). În plus, în arboret predomină arborii cu înălțimi ale coroanelor cuprinse între 10 și 20 m (93%), în timp ce în aliniament cei cu înălțimi ale coroanei de 15 – 22,5 m reprezintă 83%.

Dacă se ia în considerare dezvoltarea coroanei în plan orizontal, determinată prin razele coroanei pe cele patru direcții cardinale, se consideră că la arborii de plop negru din aliniament coroana este mult mai bine dezvoltată, mai largă, decât în cazul arborilor din masiv, întrucât la arborii de plop alb a intervenit spațiul mai restrâns dintre arbori și competiția între indivizi. Astfel, la plopul negru au fost întâlnite raze maxime ce variază de la 7,6 la 9,4 m, în timp ce la arborii de plop alb acestea nu depășesc 3 m. Aceiași situație apare și în cazul razelor minime, care variază între 0,7 și 1,4 m la arborii de plop negru, în timp ce la arborii de plop alb raza minimă a coroanei este de 0,5 m.

Condițiile diferite de creștere ale arborilor din pădure comparativ cu cei din aliniament se răsfrâng și asupra suprafeței coroanei în plan orizontal, în sensul că la arborii de plop alb suprafața coroanei proiectată pe sol variază între 0,2 și 17,9 m<sup>2</sup>, fiind mult mai mică decât în cazul arborilor de plop negru din aliniamentul studiat, la care acestea variază între 5,31 și 162,78 m<sup>2</sup>. În ideea de a observa dacă există vreo legătură între diametrul de bază și suprafața coroanei proiectată în plan orizontal au fost aplicate ecuațiile de regresie prezentate în figura 6.10. Astfel, s-a constatat că la arborii de plop negru din aliniament diametrul de bază are o oarecare influență asupra ariei coroanei, în cazul aplicării ecuațiilor de regresie liniară, fiind obținut un coeficient de determinare  $R^2 = 0,7696$ . În schimb, în cazul arborilor de plop alb din pădure, aria proiectată a coroanei în plan orizontal nu este influențată de diametrul de bază.

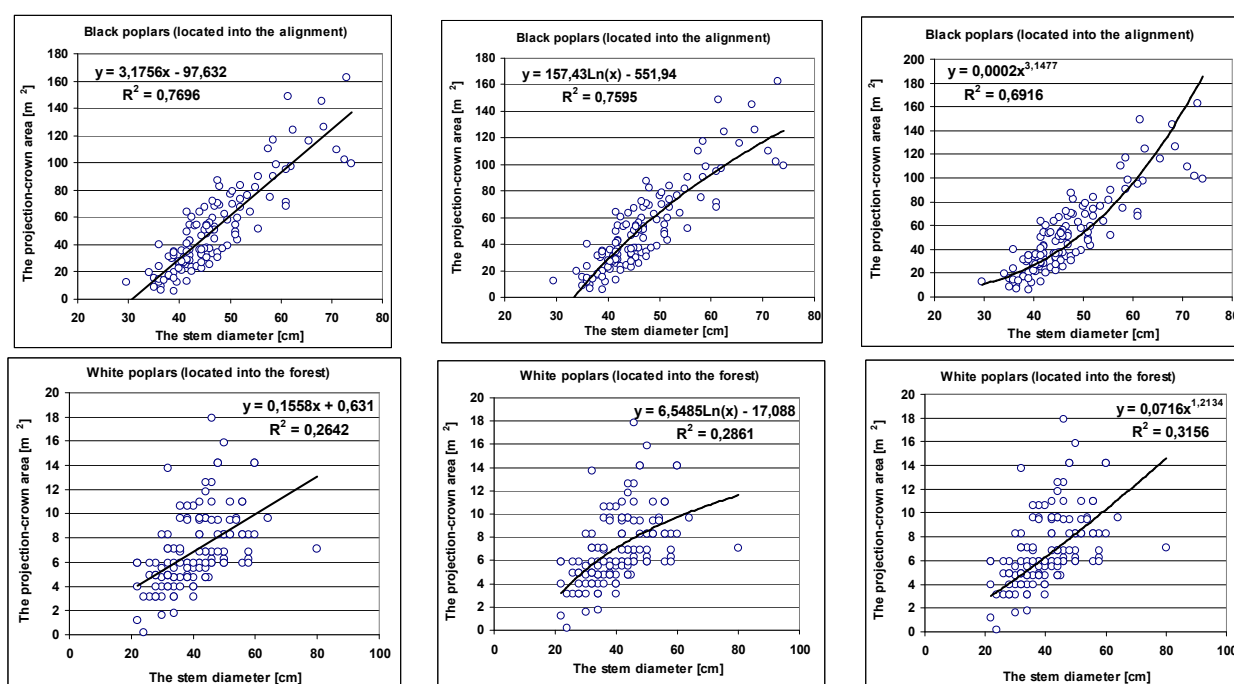


Figure 6.10. Ecuații de regresie aplicate pentru a verifica existența unei influențe a diametrului de bază asupra ariei proiectate a coroanei (Mușat et al., 2014b)

Din reprezentarea grafică a razelor coroanei pe cele patru direcții cardinale (figura 6.11), corespunzătoare arborilor de plop negru, s-a constatat că în nord, est și sud coroanele sunt dezvoltate relativ uniform, în timp ce pe direcția vestică au fost măsurate razele cu cele mai mici valori. În plus, razele medii au variat, în principal, între 3 și 5 m (figura 6.12), în timp ce diametrul mediu al coroanei a fost cuprins între 6 și 10 m (figura 6.13).

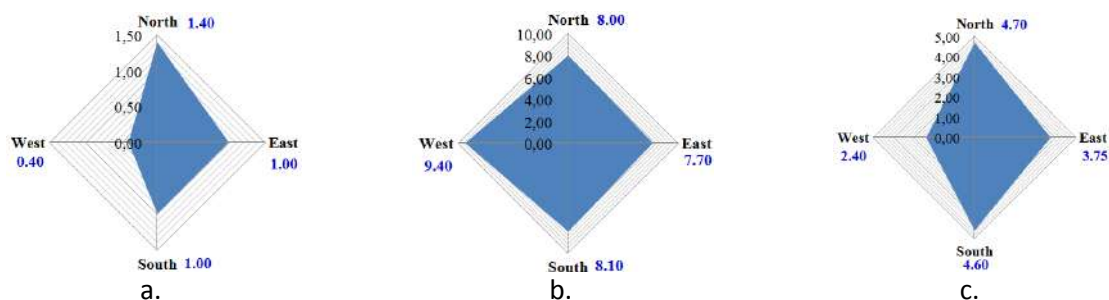


Figura 6.11. Valorile minime (a.), maxime (b.) și mediane (c.) ale razelor coroanei (Mușat și Salcă, 2022)

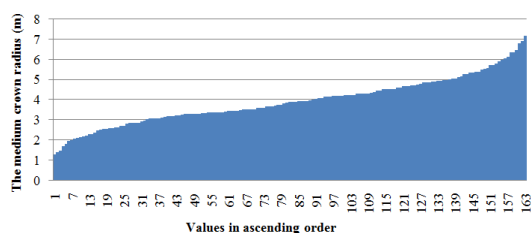


Figura 6.12. Variația razelor medii ale coroanei (m) (Mușat și Salcă, 2022)

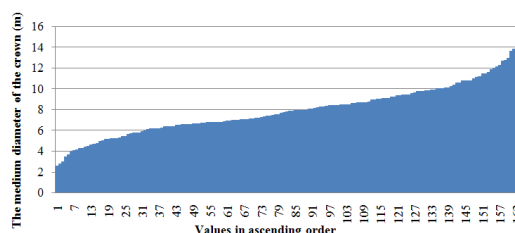


Figura 6.13. Variația diametrului mediu al coroanei (Mușat și Salcă, 2022)

Gradul de dezvoltare a coroanei, calculat ca raport între diametrul ei și înălțimea arborelui, indică valori predominante între 0,30 și 0,50 (figura 6.14). În acest sens, Jimenez-Perez et al. (2006) menționează că în cadrul unui arboret arborii dominanți prezintă, în medie, un grad de dezvoltare al coroanei de 0,37, în timp ce la arborii din plafonul inferior acesta are valoare de 0,45. Pe de altă parte, Popa (1999a și 1999b) menționează că o creștere a gradului de dezvoltare a coroanei în cazul arboretelor, conduce la creșterea coeficientului de risc la cădere, cea mai pronunțată influență regăsindu-se la arborii de molid cu înălțimi mai mari de 15 – 20 m.

Legat de suprafața proiectată a coroanei (figura 6.15) s-a observat că la cei mai mulți arbori de plop negru apar suprafețe cuprinse între 40 și 70 m<sup>2</sup>, dar o pondere însemnată revine și celor cu suprafețe de 20 – 40 m<sup>2</sup>. În raport cu acest parametru, Jimenez-Perez et al. (2006) menționează că arborii de conifere din etajul superior al arboretului au suprafețe ale coroanei în plan orizontal de 14,91 – 30,99 m<sup>2</sup>.

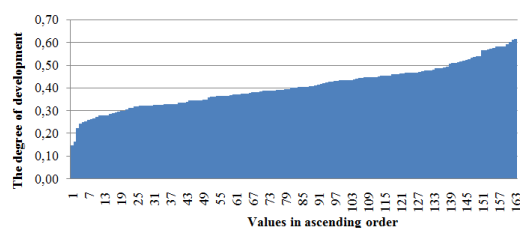


Figura 6.14. Variația gradului de dezvoltare a coroanei (Mușat și Salcă, 2022)

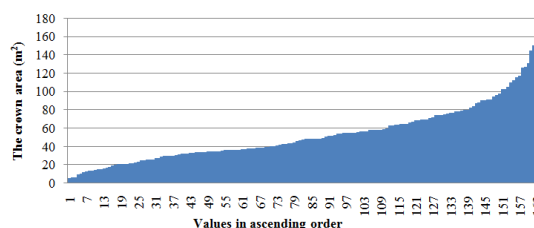


Figura 6.15. Variația ariei proiectate a coroanei (Mușat și Salcă, 2022)

#### 6.4.3. Coeficientul de zveltețe la arborii de plop negru

Pentru a observa dacă, în cazul arborilor din aliniament, coeficientul de zveltețe este influențat de diametrul de bază sau de înălțimea arborilor, au fost investigați 163 de plop negri din aliniamentul Vadul Roșu, comuna Feldioara, județul Brașov. În urma calculării coeficientului de zveltețe s-a observat că acesta a variat între 17 și 61, în condițiile în care arborii au avut înălțimi cuprinse între 6,8 și 27,4 m, diametre între 29 și 74 cm și înălțimi elagate ale trunchiului de 1,6 – 5,5 m.

Prin aplicarea regresiei liniare simple asupra setului de date s-a observat că acest coeficient nu este influențat, în cazul arborilor studiați, nici de înălțimea arborelui și nici de diametrul de bază (figura 6.16). În schimb, parametrul poate fi influențat de condițiile de creștere și dezvoltare a arborilor de plop

negru, mai ales că aceștia sunt localizați într-un aliniament, unde competiția între arbori este mult diminuată față de cea existentă între arborii din pădure.

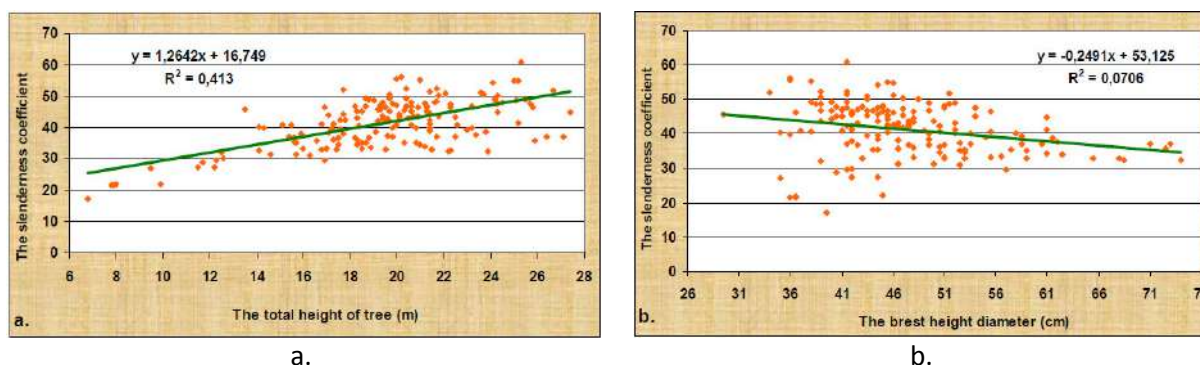


Figura 6.16. Relațiile de dependență dintre coeficientul de zveltețe și înălțimea totală a arborelui (a.), respectiv diametrul de bază (b.) (Mușat et al., 2015)

#### 6.4.4. Concluzii

Din interpretarea datelor s-a constatat că cea mai mare influență asupra dezvoltării arborilor și a caracteristicilor coroanei o au condițiile în care se găsesc arborii, care conduc la diferențe mari între arborii de plop negru din aliniament și cei de plop alb din pădure, unde apare competiția între indivizi. Aceste influențe se manifestă direct asupra înălțimii coroanei și a înălțimii la care începe coroana.

Însă, condițiile de dezvoltare au o oarecare influență și asupra razelor coroanei și, implicit, asupra ariei proiecției în plan orizontal a coroanei. Astfel, la arborii din pădure acești parametri prezintă valori mai reduse comparativ cu arborii din aliniament, unde se pare că apare și o oarecare influență a diametrului de bază asupra acestor parametri.

Datorită condițiilor de creștere, arborii din aliniament au coroane largi, dezvoltate relativ uniform pe direcțiile nord, est și sud.

Arborii de plop negru din aliniament au coroanele dezvoltate pe o înălțime mare, ceea ce reduce coeficientul de zveltețe, au trunchiuri cu o conicitate pronunțată și un sistem de înrădăcinare bine dezvoltat. Toate acestea conduc la o comportare bună a arborilor sub acțiunea directă a vântului, menținându-i stabili.

## 6.5. Impactul defectelor asupra calității lemnului

### 6.5.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru

Cercetările s-au desfășurat în două locații distincte din Municipiul Brașov, în funcție de scopul urmărit. Astfel, o parte din determinări au fost realizate la arbori din Parcul Gheorghe Dima (figura 6.17), evaluarea calității lemnului vizând 15 arbori de castan porcesc (*Aesculus hippocastanum* Lin.) la care au fost identificate defecte exterioare pe cele patru direcții cardinale, pentru a putea fi realizate asocieri între aceste defecte și tomogramele efectuate cu tomograful sonor Arbotom, la 3 niveluri diferite pe trunchi, respectiv la 50, 100 și 150 cm față de sol.

A doua etapă a determinărilor cu privire la calitatea lemnului la arborii din zonele verzi a vizat bușteni de tei, obținuți în urma doborârii arborilor din spațiile verzi ale orașului. Aceste determinări au fost realizate la una dintre bazele didactice ale Facultății de Silvicultură și exploatarea forestieră. Alegerea acestei specii pentru determinări s-a bazat pe mențiunile din literatura de specialitate (Saebo et al., 2005; David, 2011; Mușat et al., 2014a), unde se afirmă că speciile de *Tilia* sunt foarte des întâlnite în orașe. Metodologia de lucru a constat în realizarea investigațiilor cu tomograful sonor Arbotom la diferite distanțe pe cei trei bușteni, după care au fost efectuate analize suplimentare cu rezistograful IML Resi F-500S, pe direcția unor senzori aleși în funcție de interpretarea preliminară a tomogramelor. În final, buștenii au fost secționati la nivelul investigat cu tomograful pentru a compara tomograma cu starea reală a lemnului și cu rezistograma realizată pe o direcție cunoscută.

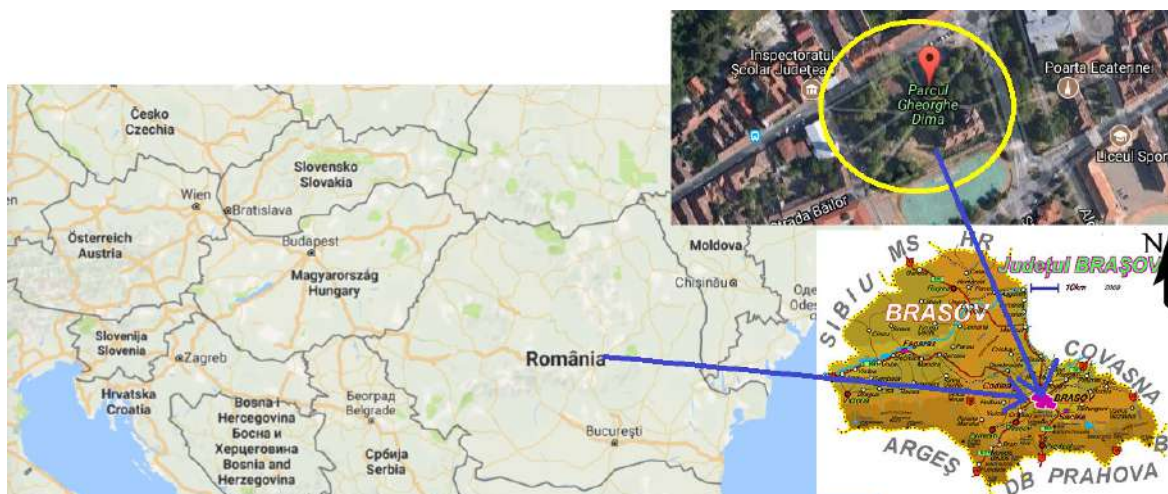


Figura 6.17. Localizarea cercetărilor (Mușat, 2017)

### 6.5.2. Evaluarea calității lemnului la arborii de castan porcesc din Parcul Gheorghe Dima

Arborii de castan porcesc analizați au prezentat diametre de bază cuprinse între 54 – 111 cm. Pe baza tomografiilor efectuate la arborii pe picior, s-au obținut vitezele de propagare a sunetelor ce au fost redată grafic în figurile 6.18 și 6.19, pentru valorile minime și maxime ale vitezelor. Referitor la vitezele de propagare a sunetelor prin lemn, s-a constatat că acestea au înregistrat viteze minime cuprinse între 147 m/s (castan 1 – secțiunea 150 cm, senzorii 2 – 11) și 893 m/s (castan 6 – secțiunea 50 cm, senzorii 10 – 1) și viteze maxime aflate în intervalul 1275 m/s (castan 15 – secțiunea 100 cm, senzorii 9 – 10) și 2549 m/s (castan 9 – secțiunea 150 cm, senzorii 14 – 1), respectiv 2550 m/s (castan 14 – secțiunea 100 cm, senzorii 1 – 18 – 1).

După încadrarea vitezelor de propagare a sunetelor pe categorii, s-a observat predominanța celor cuprinse în intervalul 1001 – 1500 m/s, cu unele excepții care se referă fie la toate cele trei secțiuni analizate (arborii nr. 1 și 15), fie doar la una (4 arbori) sau la două dintre ele (un castan). Vitezele care depășesc 2000 m/s au fost înregistrate foarte rar, fiind identificate doar 23 de valori, corespunzătoare pentru 9 secțiuni, iar dintre acestea doar 3 depășesc viteza de 2500m/s.

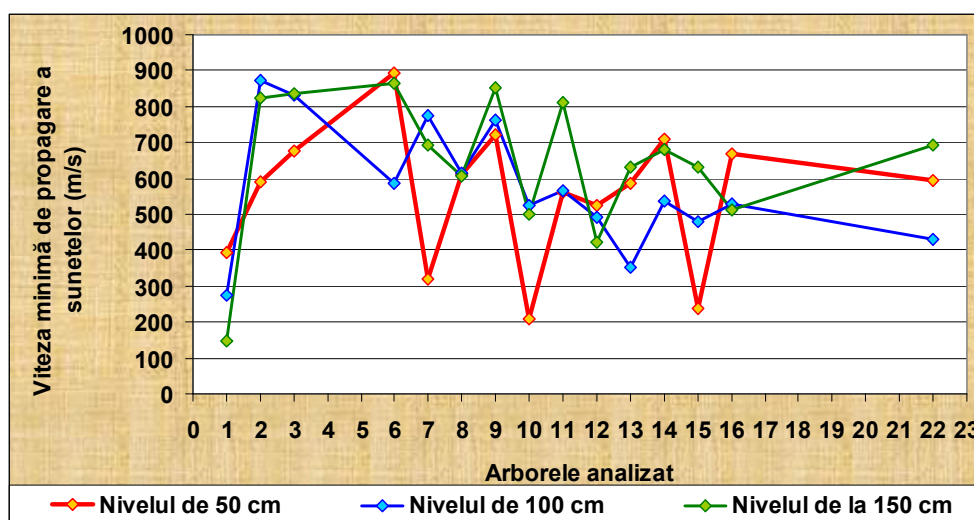


Figura 6.18. Vitezele minime de propagare a sunetelor prin cele trei secțiuni analizate la arborii de castan porcesc (Mușat, 2017)

Se subliniază faptul că, în cazul arborilor de castan nr. 1 și nr. 15, predominanța valorilor reduse ale vitezelor de propagare a sunetelor este justificată, într-o oarecare măsură, și de prezența unor defecte grave observate vizual, de tipul putregaiului exterior, gelivurilor deschise și a scorburilor.

Figura 6.19 prezintă distribuția vitezelor maxime înregistrate la arborii de castan investigați, prin suprapunerea, pe același grafic, a valorilor de la toate cele trei niveluri analizate. Astfel, se poate observa că, pentru același arbore, cu mici excepții, vitezele maxime înregistrate nu diferă foarte mult între ele, indiferent de nivelul analizat. Cele mai mari diferențe apar însă la castanii nr. 9 (592 m/s) și nr. 14 (547 m/s), iar cele mai mici la arborii de castan porcesc nr. 12 (25 m/s) și nr. 11 (39 m/s). De asemenea, se constată că vitezele maxime obținute la nivelul de 100 cm fie se încadrează între cele obținute la 50, respectiv 150 cm, fie sunt mai mici decât valorile înregistrate la celelalte două niveluri, excepție făcând arborele nr. 6 la care s-a obținut cea mai mare valoare a vitezei de propagare a sunetelor de la nivelul secțiunilor investigate, corespunzătoare arborelui.

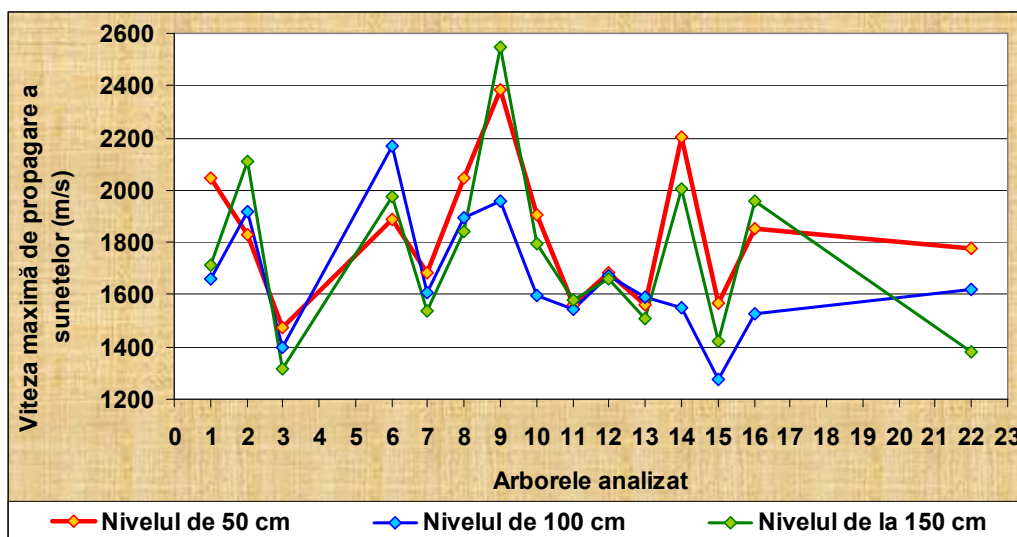


Figura 6.19. Vitezele maxime de propagare a sunetelor prin cele trei secțiuni analizate la arborii de castan porcesc (Mușat, 2017)

Dacă se ține seama de cele precizate în lucrările de specialitate (Divos și Divos, 2005), și anume că, în cazul arborilor pe picior, viteza undei sonore perpendiculară pe fibră trebuie să fie cuprinsă între 1000 – 2000 m/s, în funcție de specie, se poate menționa că o parte dintre arborii analizați prezintă această caracteristică și, deci, prezintă lemn sănătos în interiorul trunchiului, la nivelurile analizate. Situația se întâlnește la 12 arbori, dintre care 8 se caracterizează prin viteze cuprinse în intervalul de referință pentru toate cele 3 niveluri analizate, în timp ce 4 arbori prezintă astfel de viteze doar la două dintre cele 3 niveluri investigate.

### 6.5.3. Corespondența dintre tomograme, rezistograme și starea reală a lemnului la tei

O analiză a tuturor vitezelor de propagare a undelor sonore prin lemn indică variații mari ale valorilor minime înregistrate, acestea pornind de la 283 m/s (secțiunea de la 56 cm – prima piesă de lemn, 300 m/s – secțiunea de la 10 cm a celei de-a doua piese) și ajungând la 1136 m/ (secțiunea de la 110 cm a celei de-a treia piese). Comparând valorile minime cu tomogramele și starea reală a lemnului se constată că doar unele dintre aceste valori pot fi puse pe seama unor defecte serioase existente în structura internă a lemnului. Astfel, la a doua piesă, la nivelul de 10 cm față de capătul gros al piesei, apare o scorbură și un nod, însă viteza minimă înregistrată pe direcția senzorilor 8-3 este justificată prin prezența unei zone cu putregai, în diverse stadii de dezvoltare (figura 6.20).

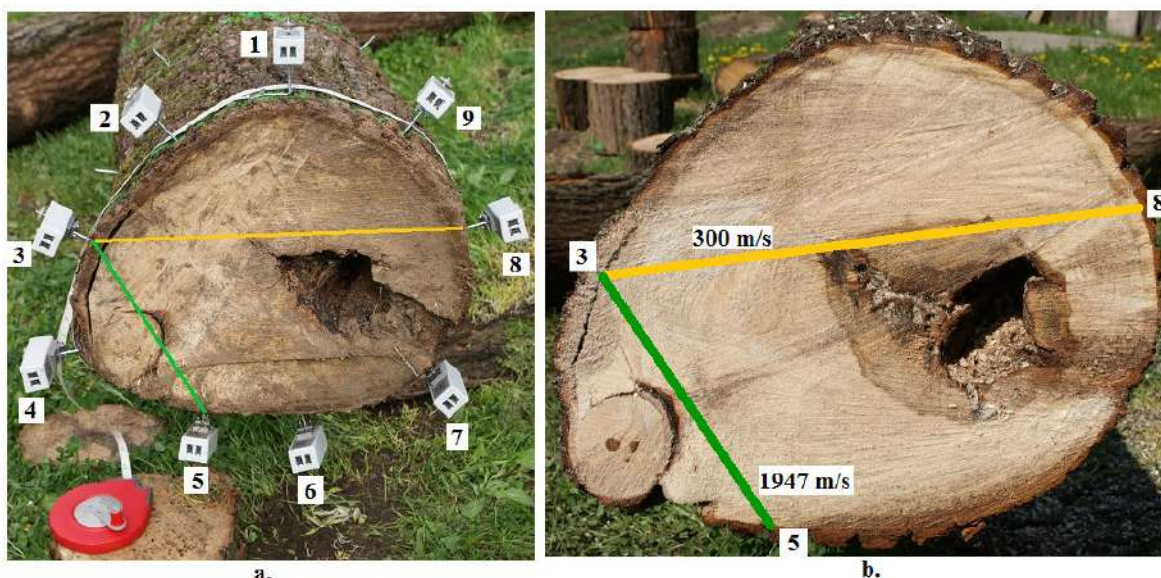


Figura 6.20. Valorile extreme ale vitezei de propagare a sunetelor prin lemn (Mușat, 2023):  
a. – amplasarea senzorilor pe secțiunea analizată; b. – direcțiile de propagare a sunetelor

Prin compararea tomogramelor cu secțiunile nou create la nivelurile analizate s-a constatat că uneori imaginea reconstruită ilustrează corect starea reală a lemnului (figura 6.21). Acest lucru se întâmplă atunci când lemnul de la nivelul secțiunii analizate este sănătos și nu prezintă neuniformități structurale, aspect reliefat și de valorile crescute ale rezistențelor relative la burghiere.

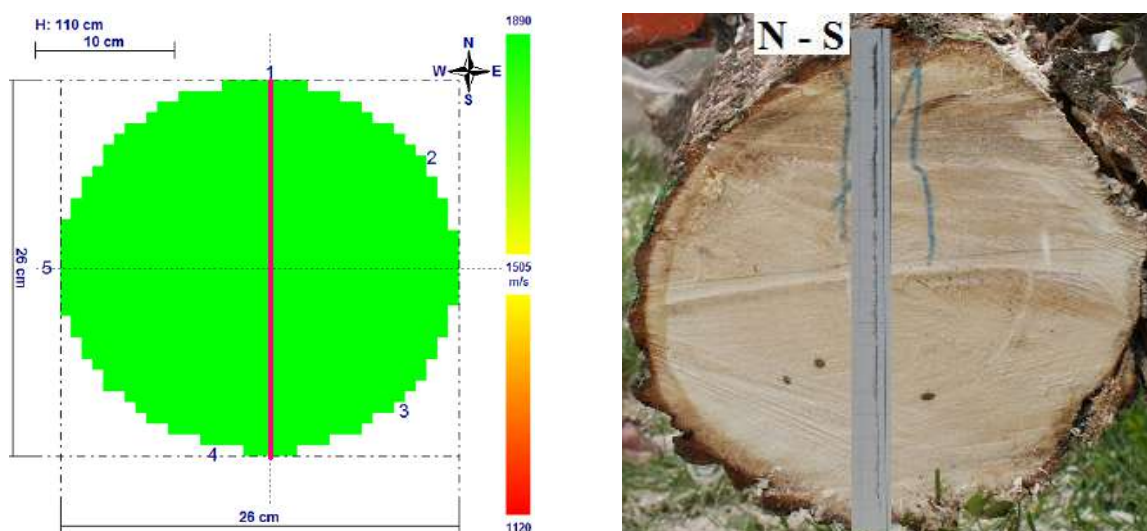


Figura 6.21. Corespondența dintre tomogramă și secțiune la nivelul de 110 cm (Mușat, 2023)

S-a constatat și că, în unele situații, după cum se poate observa în figurile 6.22 și 6.23, tomogramele ilustrează viteze mai mici de transfer a sunetelor prin lemn și decolorarea unor porțiuni pe tomogramă, chiar dacă starea reală a lemnului indică lemn sănătos. Aceste două figuri susțin, încă o dată, influența caracteristicilor structurale ale lemnului asupra vitezelor de propagare a sunetelor (Sandoz și Lorin, 1996; Lindström et al., 2009) și faptul că tomograful nu poate face diferența între porțiunile cu defecte și porțiunile de lemn sănătos, dar cu neregularități structurale. Astfel, se constată că zonele cu viteze mai reduse se regăsesc fie în zona centrală a trunchiului (figura 6.22), fie în partea laterală a acestuia (figura 6.23). Pe secțiuni se poate remarca prezența unor inele anuale mai late, corespunzătoare fie unor condiții climatice mai prielnice în dezvoltarea arborelui (Rinn, 1988; Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008), fie condițiilor locale de creștere a arborelui. Aceste inele anuale mai late presupun o altă proporție de lemn timpuriu și lemn târziu (Filipovici, 1964; Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008), ceea ce influențează densitatea lemnului în zona respectivă (Nicolotti et al., 2003; Lin et al., 2008;

Liang și Fu, 2012; Feng et al., 2014; Li et al., 2014) și, în final, viteza de propagare a sunetelor (Sandoz și Lorin, 1996; Wang et al., 2007; Leboucher, 2014).

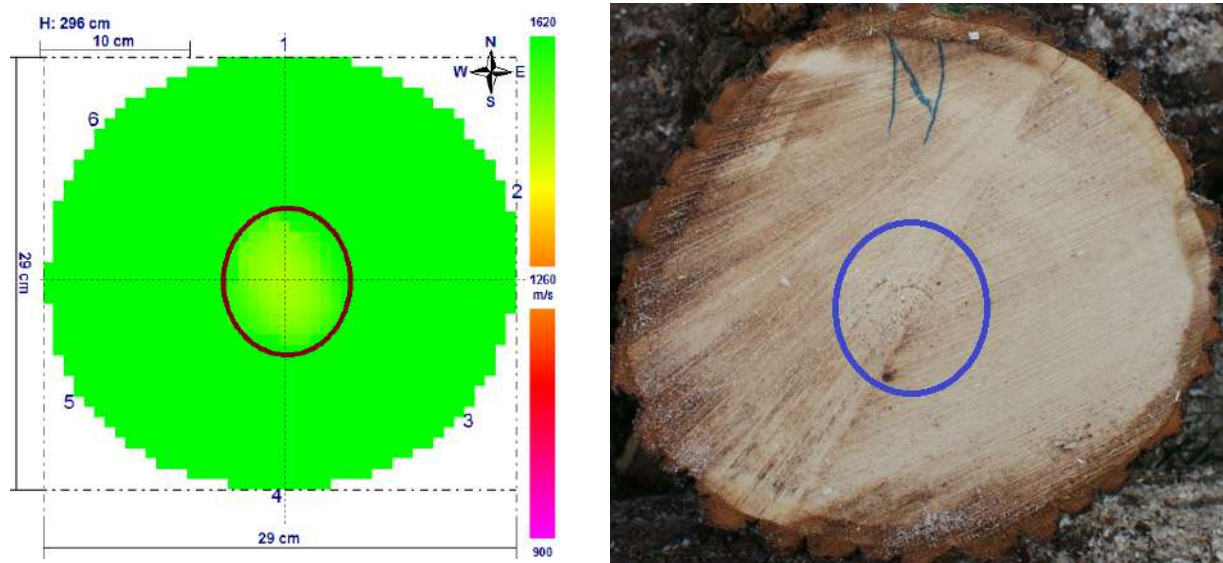


Figura 6.22. Influența densității lemnului asupra propagării sunetelor prin lemn (Mușat, 2023)

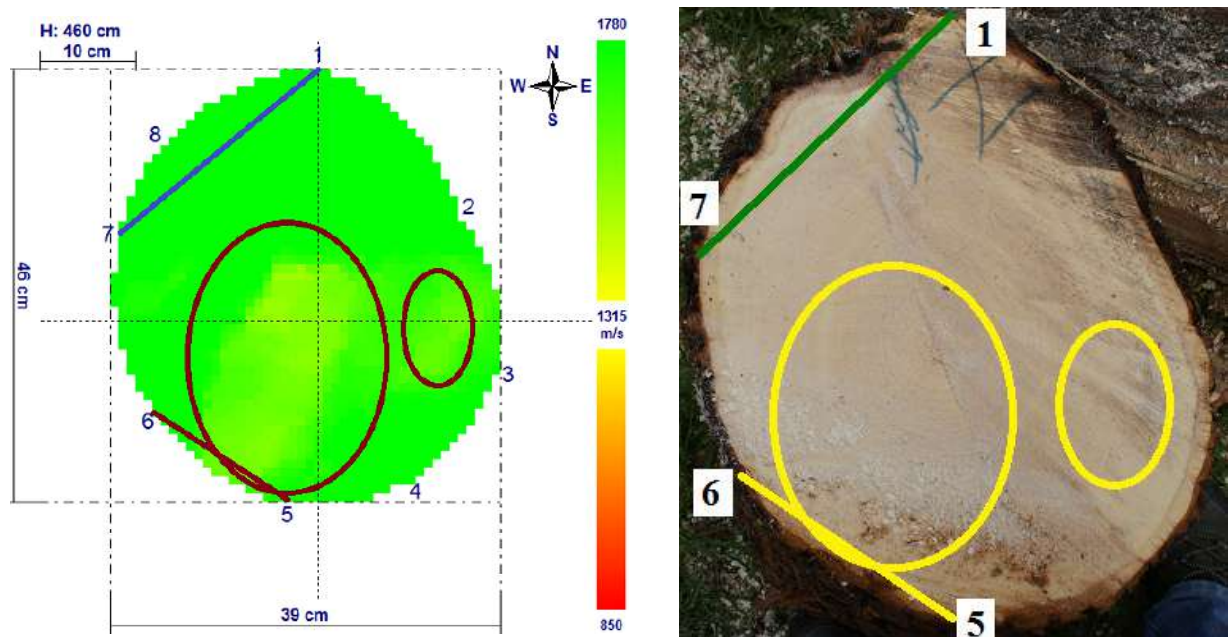


Figura 6.23. Viteza de propagare a sunetelor printr-o porțiune cu inele anuale late (Mușat, 2023)

Din analiza comparativă a tomogramelor și a imaginilor reale ale secțiunilor analizate se constată că unele defecte de mici dimensiuni, aflate în interiorul trunchiului, nu sunt ilustrate pe tomogramă (figurile 6.24 și 6.25), aspect reliefat și de Martinis și colaboratorii săi (2004), care afirmă că golurile de 1-2 cm în diametru sunt greu de depistat prin metoda acustică.

Spre deosebire de tomograf, rezistograful oferă informații precise referitoare la modificarea rezistențelor relative la burghiere atunci când direcția de realizare a investigațiilor presupune și traversarea acestor defecte de mici dimensiuni, aspect reliefat și în figurile 6.26 și 6.27.

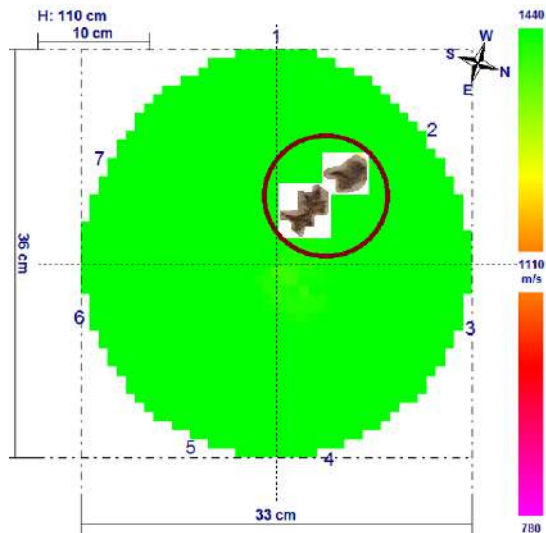


Figura 6.24. Tomograma și secțiunea de la 110 cm la prima piesă de tei (Mușat, 2023)

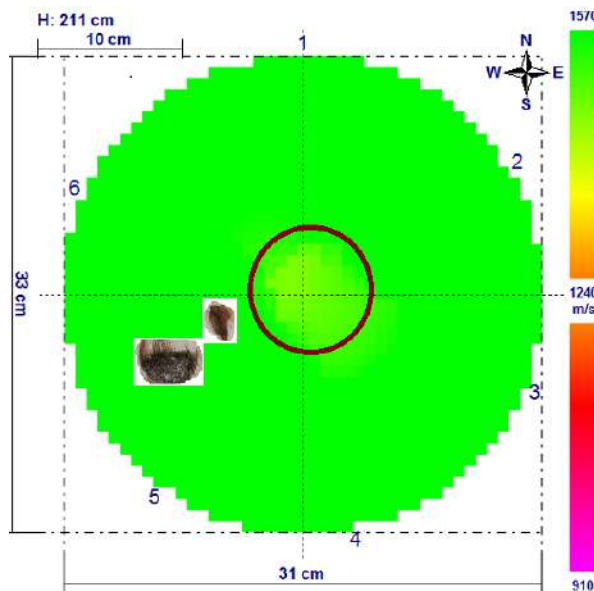


Figura 6.25. Tomograma și secțiunea de la 211 cm la prima piesă de tei (Mușat, 2023)

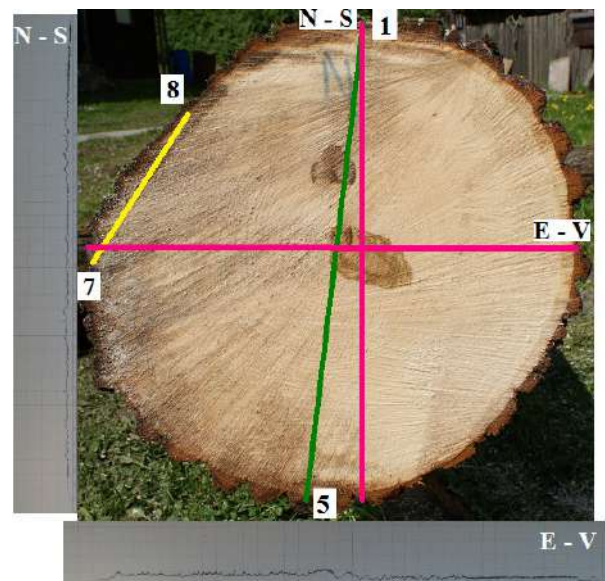
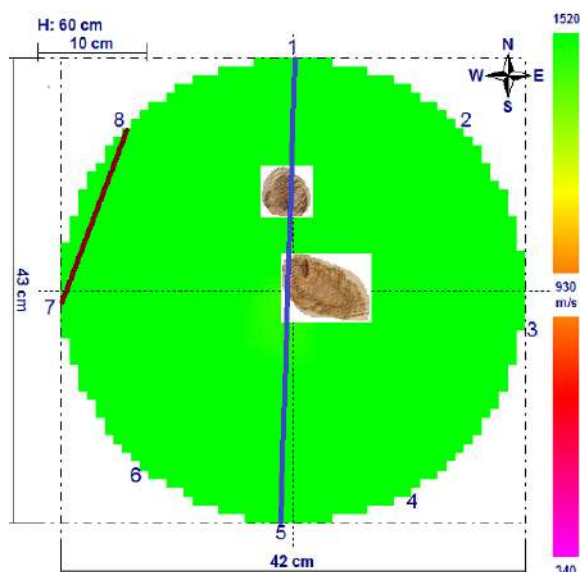


Figura 6.26. Neidentificarea defectelor pe secțiunea de la 60 cm (Mușat, 2023)



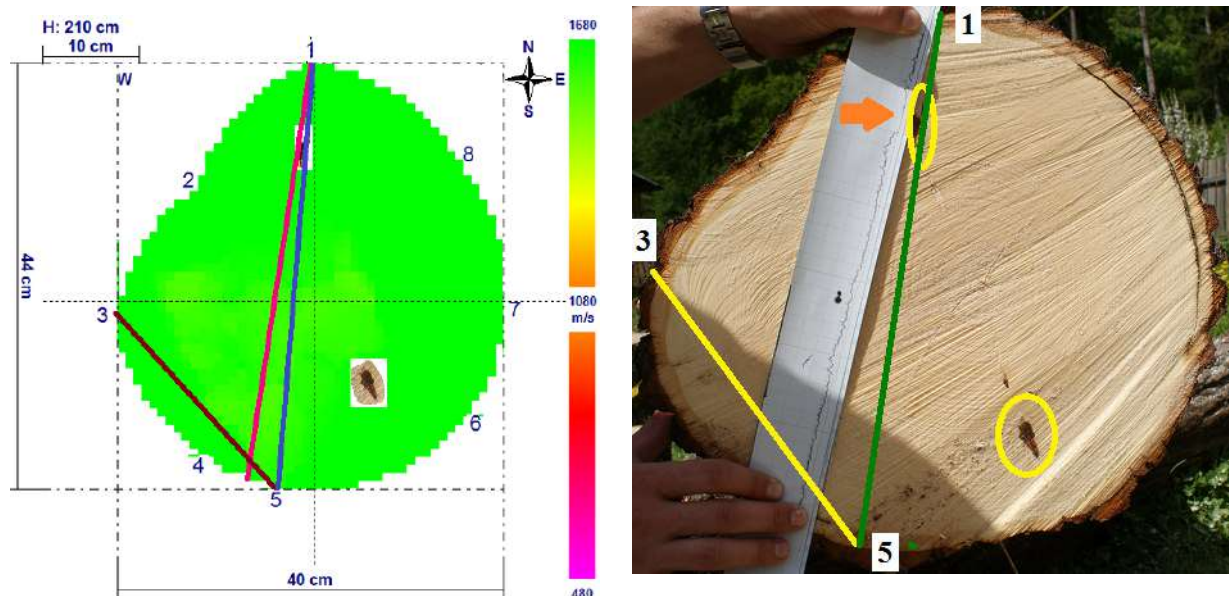


Figura 6.27. Neidentificarea defectelor pe secțiunea de la 210 cm (Mușat, 2023)

La cea de-a doua piesă de lemn a atras atenția, în mod special, secțiunea de la 10 cm, datorită prezenței putregaiului și a unei scorburi, vizibile la capătul gros al piesei supuse determinărilor. Investigațiile efectuate cu tomograful sonor au condus la stabilirea unei zone cu viteze reduse ale undelor sonore, însă nu a fost stabilită gravitatea defectului interior, așa cum apare pe secțiunea nou creată la nivelul analizat (figura 6.28). O constatare asemănătoare a fost întâlnită și în cercetările efectuate de Liang și Fu (2012), care menționează că tomografele sonore pot detecta scorburile interne, însă nu pot stabili cu exactitate forma acestora. În plus, se constată că aparatul nu a identificat nici prezența unui nod aflat în dreptul senzorului 4. În aceeași ordine de idei, apar cercetări care susțin faptul că acuratețea medie a probelor cu putregai este de 90% în cazul folosirii metodei de investigație bazată pe transferul sunetelor prin lemn (Wang et al., 2007; Wang et al., 2009).

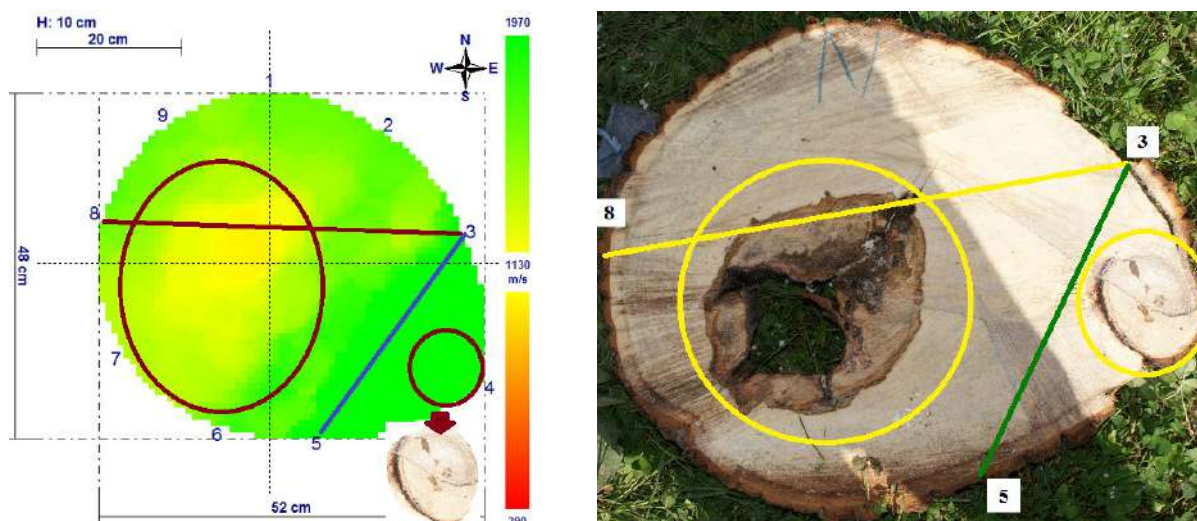


Figura 6.28. Identificarea unei scorburi și a unei zone cu putregai (Mușat, 2023)

Referitor la vitezele extreme de propagare a sunetelor prin lemn, s-a constatat că valoarea minimă a fost înregistrată pe direcția senzorilor 8 – 3 (300 m/s), respectiv 8 – 7 (304 m/s), iar valoarea maximă, pe direcția senzorilor 5 – 3 (1947 m/s). Realizarea unei rezistograme a completat datele oferite de tomogramă, însă folosirea acestei metode ar putea să nu ofere rezultatele dorite dacă nu se cunoaște poziția defectului interior, întrucât verificarea rezistențelor la burghiere cu rezistograful rămâne o metodă de evaluare într-un singur punct a calității lemnului. Cu toate acestea, în situația de față,

cunoașterea defectului a condus la obținerea unor informații valoroase, rezistențele la burghiere devenind foarte reduse în zona cu putregai și nule în zona scorburii (figura 6.29).

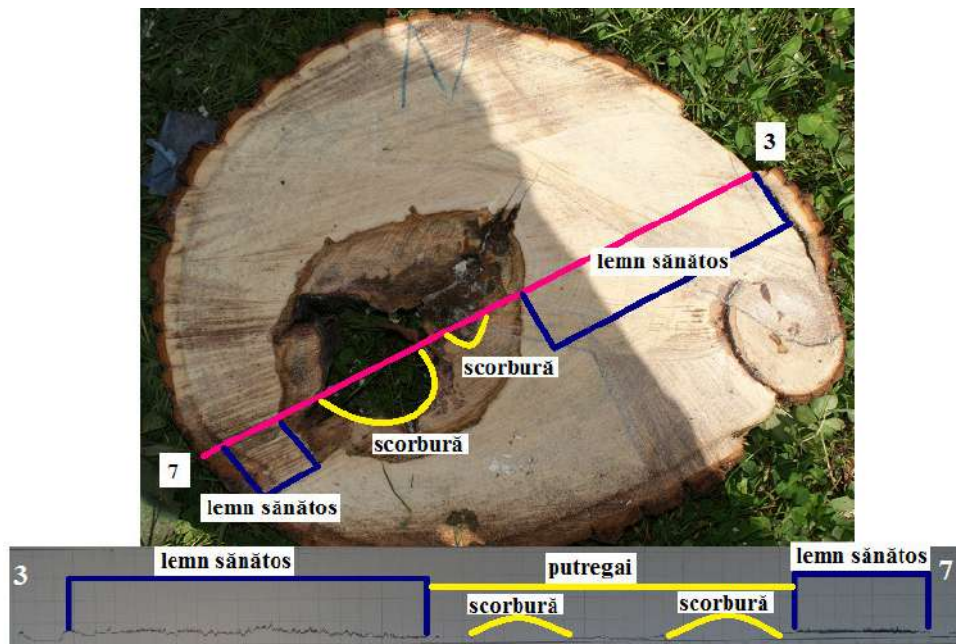


Figura 6.29. Rezistograma corespunzătoare direcție dintre senzorii 7 – 3 (Mușat, 2023)

La o primă vedere, evaluarea prin metoda tomogramelor acustice poate conduce la diagnoze false (Wang et al., 2009), după cum s-a întâmplat și la nivelul a două secțiuni investigate în cadrul cercetărilor actuale. Astfel, apar două situații în care tomogramele, prin colorit, indică o calitate îndoielnică a unei porțiuni din trunchi. Este cazul secțiunii de la 260 cm a primei piese de lemn (figura 6.30) și a secțiunii de la 160 cm de la a treia piesă analizată (figura 6.31).

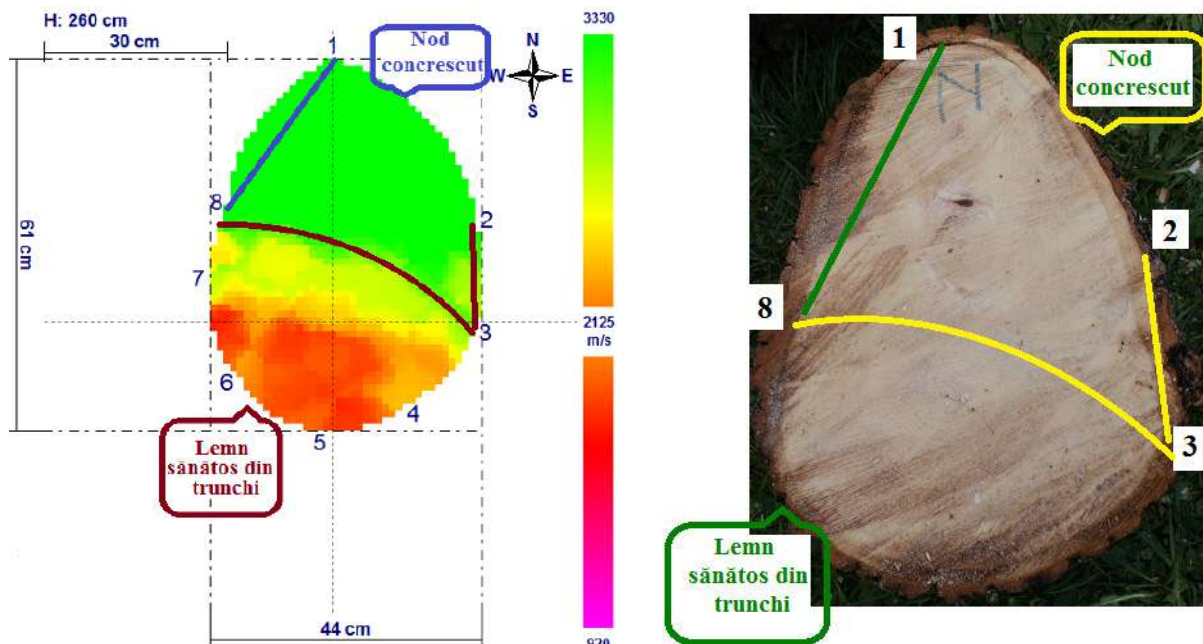


Figura 6.30. Propagarea sunetelor prin trunchi și printr-un nod concrecut (Mușat, 2023)

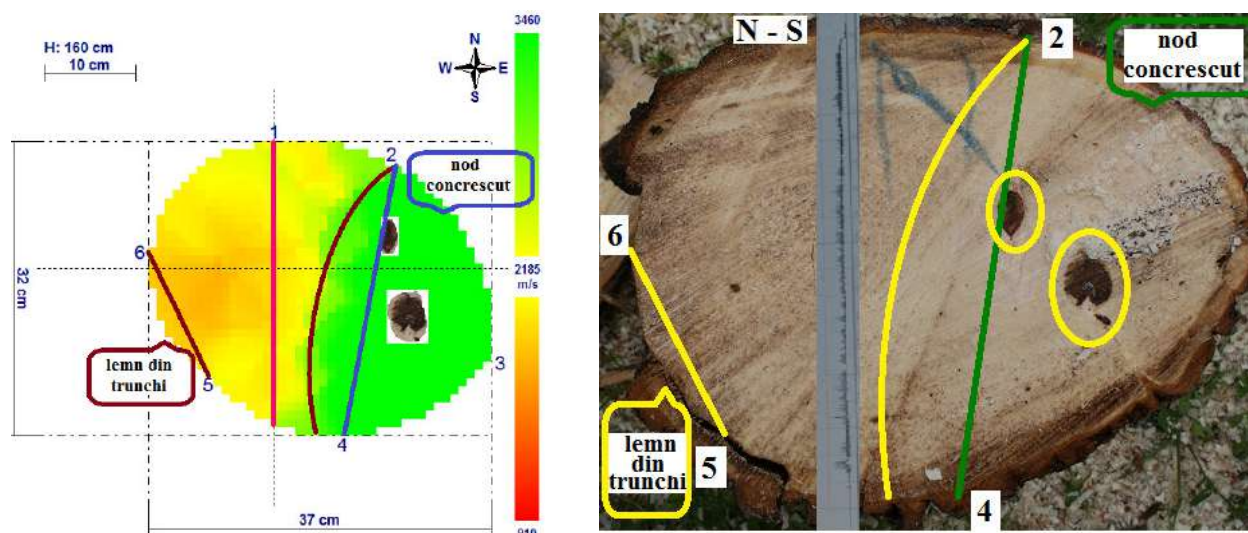


Figura 6.31. Propagarea sunetelor prin trunchi și printr-un nod concresecut (Mușat, 2023)

#### 6.5.4. Concluzii

Tehnice nedistructive sau aproape nedistructive, de tipul tomografelor acustice, pot fi folosite cu succes la investigații care urmăresc determinarea schimbărilor din interiorul trunchiului, imaginile reconstruite oferind informații referitoare la vitezele de propagare a sunetului prin lemn, la nivelul analizat, însă nu pentru întregul trunchi. În plus, analiza valorilor pentru viteze nu dezvăluie tipul de defect, și doar indică zone cu densitate mai scăzută care au influență negativă asupra propagării sunetelor prin lemn.

S-a constatat că cea mai mare parte dintre arborii analizați prezintă o calitate corespunzătoare a lemnului (la nivelurile analizate), vitezele încadrându-se în intervalele menționate în literatura de specialitate. Însă apar și situații în care degradarea este atât de pronunțată încât densitatea lemnului este foarte redusă, ceea ce ridică un semn de întrebare cu privire la calitatea lemnului din zona respectivă. În plus, extensia mare a zonei caracterizate prin viteze de propagare reduse și faptul că acestea apar la toate cele 3 niveluri investigate (50, 100 și 150 cm față de sol) atrag atenția asupra faptului că stabilitatea arborelui poate fi periclitată în anumite condiții, în funcție de tipul vânturilor puternice care bat dintr-o anumită direcție.

Verificarea vitezelor de transfer a undelor sonore prin lemn poate da rezultate corespunzătoare în cazul pieselor de lemn cu defecte structurale importante.

Defectele interne de mici dimensiuni pot fi omise de undele sonore care se dezvoltă pe direcția senzorilor, ceea ce face ca acestea să nu fie ilustrate în tomograme.

Neregulațiile interne ale lemnului, de tipul inelelor anuale late, sunt percepute ca porțiuni cu densitate scăzută și, în consecință, pot conduce la colorarea necorespunzătoare a tomogramelor.

Prezența nodurilor concresecute la nivelul secțiunilor investigate poate conduce la o interpretare eronată a tomogramelor dacă nu se acordă o atenție corespunzătoare vitezelor de transfer a undelor sonore.

Determinarea rezistențelor relative la burghiere oferă rezultate foarte bune cu privire la integritatea lemnului, mult mai precise decât tomogramele, însă au marele dezavantaj de a se referi doar la starea lemnului de pe direcția de burghiere și nu de la întreaga secțiune investigată.

## 6.6. Discuții

Pentru a asigura pe o perioadă cât mai lungă de timp serviciile oferite de spațiile verzi, o primă condiție ar fi menținerea unor plante sănătoase (Sjoman et al., 2012), mai ales că zonele urbane prezintă multe condiții limitative pentru dezvoltarea normală a arborilor (poluanți, spații reduse pentru dezvoltarea rădăcinilor). Acest aspect poate fi asigurat prin creșterea diversității și alegerea unor specii care să se poată adapta mai bine acestor condiții (Miller și Miller, 1991; Raupp et al., 2006) mai ales că în studiile de specialitate (Barker, 1975; Miller și Miller, 1991; Sjoman et al., 2012) se menționează că

ponderea fiecărei specii nu trebuie să depășească 5 – 10 – 15% din populația totală de arbori. În situația parcurilor studiate se observă că proporțiile variază foarte multe de la un caz la altul, mai exact între 1,19% (*Malus fusca*, *Prunus cerasifera*, *Sambucus nigra*, *Thuja occidentalis* și *Tilia cordata*) și 21,43% (*Aesculus hippocatanum*) în Parcul Gheorghe Dima, respectiv între 0,74% (*Alnus glutinosa*, *Fraxinus augustifolia* și *Sambucus nigra*) și 43,38% (*Quercus rubra*) în Parcul Ina Schaeffler.

Pe de altă parte, se constată că în ambele parcuri studiate apar predominant arbori din speciile *Acer platanoides* (37%) și *Aesculus hippocastanum* (21%) în Parcul Gheorghe Dima, respectiv arbori din speciile *Acer pseudoplatanus* (12,5%), *Fraxinus excelsior* (12,5%) și *Quercus rubra* (43%) în Parcul Ina Schaeffler. Comparând datele cu un studiu realizat în țările nordice (Sjoman et al., 2012) se constată că speciile predominante diferă în funcție de caracteristicile climatice și pedologice ale zonei, dar și de impactul pe care se dorește să-l aibă parcul respectiv. Astfel, Sjoman et al. (2012) recomandă ca în amenajarea spațiilor verzi să se folosească, în principal, specii adaptate condițiilor locale, întrucât speciile nou introduse ar putea conduce la reducerea perioadei de timp în care acestea pot asigura rolurile pentru care au fost instalate.

Comparând cele două parcuri prin prisma dimensiunilor arborilor, se constată că diametrele maxime depășesc doar izolat valoarea de 100 cm, în cazul unui exemplar de platan (162,5 cm) în Parcul Gheorghe Dima și a unui exemplar de stejar roșu (108 cm) în Parcul Ina Schaeffler. Înălțimile maxime apar la frasin (27,8 m) în Parcul Gheorghe Dima și la stejarul roșu (26,8 m) în Parcul Ina Schaeffler, însă, în linii mari, variază cam între aceleași valori. Diametrele coroanelor variază și ele destul de mult, atingând valori de până la 29 m la un paltin din Parcul Gheorghe Dima, în timp ce în Parcul Ina Schaeffler nu depășesc 20 m. În plus, se constată că în cazul arborilor de castan din Parcul Gheorghe Dima, diametrul coroanei variază între 3,1 și 14,8 m, cu mențiunea că arborii a căror coroană nu este foarte dezvoltată apar de-a lungul aleii centrale, iar dimensiunile reduse se datorează atât poziționării arborilor unul față de celălalt, cât și lucrărilor de toaletare aplicate în trecut.

Raportat la distanța de la arbori la cel mai apropiat trotuar, în literatură se menționează că arborii trebuie plantați la cel puțin 0,75 m de bordura trotuarelor, astfel încât pavajul trotuarului să nu limiteze dezvoltarea normală a rădăcinilor și nici să nu afecteze starea generală de vegetație a arborelui (Watson et al., 2014). Analizând datele din prezentul studiu, se observă că unii arbori de castan porcesc din Parcul Gheorghe Dima se află la o distanță mai mică decât cea recomandată, valorile variind de la 0,2 la 6,5 m.

În plus, arborii din aliniamentele stradale nu au doar rolul de a înfrumuseța peisajul, ci contribuie la orientarea șoferilor spre traseul drumului, asigurând protecție împotriva soarelui și ghidare pe timp de ceață sau precipitații abundente. De altfel, pentru aliniamentele stradale sunt preferate specii de foioase, deoarece sunt mai rezistente la poluanți decât coniferele (Stravinskiene et al., 2015).

Pe de altă parte, este foarte importantă înălțimea arborilor și arhitectura coroanei pentru a asigura stabilitatea, întrucât coroana nu servește doar ca și colector de resurse (apă, dioxid de carbon și oxigen), dar și ca măsură de apărare împotriva diferitelor forțe destabilizatoare (Rauvainen și Kuuluvainen, 1997).

Coroana arborilor de plop negru a fost studiată în numeroase lucrări, în special în relație cu nodurile, dar pentru a înțelege structura pădurii, competiția dintre arbori, producția de lemn și, bineînțeles, stabilitatea arborilor, este important să se cunoască suprafața proiectată în plan orizontal a coroanei arborilor (Grote, 2003; Shimano, 1997). Cele mai multe studii (Shimano, 1997; Grote, 2003; Piboule et al., 2004; Rautiainen et al., 2008) s-au axat pe verificarea conexiunii dintre caracteristicile biometrice ale arborilor (diametrul de bază, înălțimea totală și razele coroanei), astfel că s-a descoperit că la pin și molid razele maxime ale coroanei, lungimea și înălțimea coroanei depind într-o foarte mare măsură de diametrul de bază (Rautiainen et al., 2008).

Însă, un parametru important pentru evaluarea stabilității arborilor la vânturi puternice și zăpadă este coeficientul de zveltețe (Wang et al., 1998; Popa, 1999a; Nishimura, 2005; Jimenez-Perez et al., 2006; Orzel, 2007; Waghorn et al., 2007; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012; Oyebade et al., 2015). În acest sens, Beldeanu (2001 și 2008) menționează că acest coeficient de zveltețe, cilindricitatea trunchiului și forma coroanei sunt caracteristici controlate genetic, dar pot fi modelate și de factorii de mediu. Astfel, forma trunchiului în plan longitudinal este o consecință a interacțiunii dintre genotip și mediu (Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008; Kelly și King, 2014) și diferă de la specie la specie, iar în cadrul

aceleiași specii pot apărea variații în funcție de vârsta arborilor, densitatea arboretului și condițiile locale.

Alegerea speciilor de *Populus nigra* (L.) și *Populus alba* (L.) pentru realizarea determinărilor cu privire la caracteristicile coroanei se bazează pe acea că cele două specii sunt native la nivel național (Șofletea și Curtu, 2001; Șofletea și Curtu, 2007), cu creșteri rapide și productivități mari la vârste mici (până la 16 – 18 m<sup>3</sup>/an/ha), regăsindu-se de la câmpie și dealuri joase până în depresiuni din zona montană, pe văile râurilor și chiar în aliniamente stradale, în special plopul negru.

În cazul arborilor de plop negru din aliniamentul studiat, diametrul mediu al coroanei a variat între 6 și 10 m, ceea ce poate susține afirmația că arborii au coroane largi, chiar dacă mai mici decât în cazul arborilor de frasin din pădurile pre-exploatabile (Șofletea et al., 2007), unde diametrul coroanelor variază între 9 și 11 m, dar oarecum asemănătoare cu arborii de stejar investigați de Dolocan și Gheorghiuță (2012), cu diametre medii ale coroanei între 5,2 și 9,0 m. În acest sens, Troxel et al. (2013) menționează că diametrul coroanei este influențat de diametrul de bază în proporție mai mare de 70%, ceea ce pare să fie asemănător cu situația de față, unde în urma aplicării regresiei liniare simple între diametrele medii ale coroanei și diametrul de bază s-a obținut o influență de aproximativ 65% ( $R^2 = 0,655$ ), asemănătoare cu cea din alte studii (Șofletea et al., 2007; Dolocan și Gheorghiuță, 2012).

Legat de influența caracteristicilor coroanei și a coeficienților de zveltețe asupra stabilității arborilor, în literatura de specialitate (Popa, 1999b; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012) se menționează că riscul de cădere sau de rupere la arbori crește prin creșterea înălțimii și a coeficientului de zveltețe, astfel că la înălțimi mai mari de 20 m și coeficienți de zveltețe mai mari de 120 apare cel mai mare risc. Într-un alt studiu din Mexic (Jimenez-Perez et al., 2006) se afirmă că un arboret se consideră stabil în cazul în care coeficienții de zveltețe au valori între 41 și 42. Luând în considerare aceste valori, specifice arborilor din păduri, s-ar putea spune că arborii de plop negru din aliniamentul studiat nu prezintă risc de cădere sau rupere deoarece la cei mai mulți dintre ei coeficientul de zveltețe a variat între 41 și 50 (48%), respectiv între 31 și 40 (36%). În plus, amplasarea într-un singur șir a arborilor permite trecerea vântului prin coroană, nu ca în cazul arboretelor, unde vântul penetrează coronamentul mult mai greu.

Legat de calitatea lemnului, în literatura de specialitate (Feng et al., 2014; Rinn, 2014) se menționează că dacă lemnul este sănătos, unda de stres caracteristică determinărilor acustice nedistructivă poate trece în linie dreaptă de la emițător la receptor (Rinn, 2014), în timp ce, dacă arborele prezintă putregai la nivelul analizat, unda sonoră trebuie să ocolească zona afectată (Garrett, 1997; Lin și Wu, 2013). Chiar dacă lucrurile nu sunt foarte clare în ceea ce privește traseul undei de stres în cazul lemnului depreciat sau cu structura anatomică distrusă, tot ceea ce se poate spune cu siguranță este că viteza de propagare a impulsului sonor este mult mai mică decât în cazul lemnului lipsit de defecte (Lin și Wu, 2013; Wang, 2013; Rinn, 2014).

Raportat la toate celelalte valori reduse ale vitezelor de propagare a undelor sonore prin lemn se constată că acestea nu au nicio legătură cu defectele interne, lemnul fiind sănătos. Cu toate acestea, apariția acestor valori poate fi pusă pe seama faptului că, pe direcție tangențială, vitezele de propagare sunt mai reduse decât cele de pe direcție radială (Beldeanu, 2008; Lin et al., 2008; Kazemi et al., 2009; Liang et al., 2010; Feng et al., 2014). În plus, în cazul de față, se observă că secțiunile la care au fost înregistrate aceste valori au o formă ovală, ceea ce susține, odată în plus, afirmațiile conform cărora vitezele de propagare sunt strâns legate de structura anatomică a lemnului (Feng et al., 2014; Alves et al., 2015) și că o lățime neuniformă a inelelor anuale, datorată ovalității, influențează densitatea lemnului (Filipovici, 1964; Sandoz și Lorin, 1996; Beldeanu, 2008).

Pe de altă parte, analiza datelor a indicat faptul că, în cazul tuturor valorilor, ponderea cea mai mare (73-94%) o au vitezele cuprinse între 1001 – 1500 m/s. Acest aspect nu indică, la o primă analiză, probleme deosebite, întrucât în literatura de specialitate (Sandoz și Lorin, 1996) se menționează, o viteză de referință de 1400 m/s pentru transferul sunetelor pe direcție transversală în lemnul de tei. În alte surse (Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008), pentru propagarea sunetelor în lemnul de tei, însă pe direcție longitudinală, paralel cu fibrele, considerând lemnul în stare absolut uscată, se menționează o viteză de 3700 m/s, aceleași surse (Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008) susținând și faptul că perpendicular pe fibre viteza de transfer a sunetului se reduce cu de 3 până la 5 ori față de cea din lungul fibrelor.

S-a constatat că uneori tomograma nu ilustrează defectele foarte mici, lucru ce poate fi justificat, pe de o parte, prin dimensiunea redusă a defectelor, dar și prin aceea că, datorită

dimensiunilor, aceste defecte pot fi cuprinse între direcțiile de propagare a undelor de stres sau pot fi străbătute doar pe o singură direcție de undele sonore (Proto et al., 2020), ceea ce nu influențează semnificativ vitezele de propagare ilustrate prin tomogramă. În acest sens, Wang și colaboratorii săi (2007) menționează că o unda de stres care se propagă unidirecțional poate detecta putregaiul interior doar dacă acesta ocupă peste 20% din întreaga suprafață parcursă de unda respectivă. În plus, aceste defecte de mici dimensiuni, care nu prezintă pericol pentru asigurarea stabilității arborelui, fiind doar defecte de structură care reduc calitatea lemnului, nu constituie obiectivul principal al metodei de investigare a calității interne a lemnului prin folosirea sunetelor, aceasta fiind concepută pentru determinarea proprietăților lemnului și a modulului de elasticitate (Sandoz și Lorin, 1996; Feng et al., 2014; Alves et al., 2015; Du et al., 2015) și, în special, pentru a depista putregaiul interior (Brandieriu et al., 2008) și alte defecte care presupun distrugerea structurii anatomice a lemnului și scăderea rezistențelor (Martinis et al., 2004; Lin și Wu, 2013; Ostrovsky et al., 2017).

Trebuie precizat și faptul că vitezele reduse obținute ne oferă doar informații referitoare la densitatea redusă a lemnului de la nivelul analizat, nu și informații legate de tipul de defect (Liang și Fu, 2012), ceea ce impune și alte tipuri de analize pentru a determina exact ce se află în interiorul trunchiului, mai ales că tehnica aplicată poate deforma oarecum realitatea, după cum se menționează în literatura de specialitate (Wang et al., 2009), în sensul că zonele cu putregai pot fi subevaluate, în timp ce crăpăturile radiale pot fi supraestimate, iar cele inelare sunt asimilate ca zone cu putregai.

Părerile privind folosirea rezistografelor rămân împărțite, astfel că unii autori consideră metoda ca fiind puternic invazivă (Deflorio et al., 2008), iar alții o consideră neinvazivă (Catena, 2004) sau chiar cu implicații foarte reduse asupra dezvoltării ulterioare a arborelui (Wang și Allison, 2008; Allison și Wang, 2015). Cu toate acestea, folosirea rezistografului pentru determinarea proprietăților interne ale lemnului rămâne o metodă ce oferă rezultate punctuale (Rinn, 1988; Rinn, 1994), unidirecționale, și care se recomandă ca metodă de testare a defectelor care nu sunt stabilite clar (ca tip și extindere) prin alte metode (Martinis et al., 2014; Wu et al., 2018).

## 6.7. Diseminarea rezultatelor

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: **1** articol ISI, **3** articole Proceedings ISI, **1** articol Proceedings ISI aflat în evaluare (Hardwood Conference 2024), **5** articole indexate în baze de date internaționale și **3** cărți, dintre care la două unic autor.

### Articole ISI:

1. **Mușat, E.C.\***, 2023. *The agreement in accuracy between tomograms, resistograms and the actual condition of the wood from lime trees harvested from cities*. In: *Bioresources*, vol. 18(1), pp. 1757-1779. **Factor de impact 2023 = 0,464. Scor relativ de influență 2023 = 1,111.** DOI: [10.15376/biores.18.1.1757-1779](https://doi.org/10.15376/biores.18.1.1757-1779). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/zF5GmWPCms4swGP>

### Proceedings ISI:

1. **Mușat, E.C.\***, Vântoiu, C.O., Salcă, E.A., 2024b. *The impact of litter fires on the internal structure of wood from stemm of beech trees*. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Hardwood Confrence*, 30-31 May 2024, Sopron, Hungary – în review. **Drive:** <https://drive.unitbv.ro/s/F8akqKroa9KfgP5>
2. **Mușat, E.C.\***, Salcă, E.A., 2022. *Can the characteristics of the crown influence the stability of poplar trees?* In: *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Hardwood Confrence*, 12-14 October 2022, Sopron, Hungary, pp. 142-145. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/5ZSaB9FdGWOHeJ9>
3. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., Ciobanu, V.D., 2014a. *The external defects and the particularities of the trees crowns located into the green areas of Brașov*. In: *Conference Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific Geoconferences (SGEM 2014), 14<sup>th</sup> GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Oceanic Ecosystems*, vol. II, pp. 461-468. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/89fArytTyKnNtjg>
4. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., Ciobanu, V.D., 2014b. *The particularities on the crowns for poplar trees located in alignments and forest*. In: *Conference Proceedings of the International Multidisciplinary*

*Scientific Geoconferences (SGEM 2014), 14<sup>th</sup> GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Oceanic Ecosystems*, vol. II, pp. 485-492. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/frXTDz8XMeARk4b>

**Articole BDI:**

1. Dudás, L., **Mușat, E.C.**, 2023. *Caracteristici biometrice ale arborilor din parcurile Brașovului. Studii de caz: Parcul Gheorghe Dima și Parcul Ina Schaeffler*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 138(4), pp. 1-22. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/tPcBXympYYrn55s>
2. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A.\*, Barti, M.E., Dumitru-Dobre, C., 2020. *Analysis of sound velocity through the wood of spruce trees located into a burned area*. **Articol susținut la: International Symposium „Forest complex in the digital economy”**, dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the foundation of Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University (ex. Moscow Forest Technical Institute – Moscow State Forest University), 2 – 5 December, 2019, Moscow, Russia. Publicat în: *Forestry Bulletin*, T.24, nr. 4, pp.98-109. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Xy9Q3mtFaaBBpye>
3. **Mușat, E.C.\***, 2017: *Analysing the sound speed through the wood of horse chestnut trees (Aesculus hippocastanum L.)*. In: *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II – Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*, vol. 10(59), no. 1, Special Issue, pp. 55-66. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/5wMkc3YdnLaXnF8>
4. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., 2015. *Crown influence on the stability of trees: A short literature review*. In: *Proceedings of the International Conference “Forest and Sustainable Development”*, pp. 262-269. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/GfAQtsdwCC9fMGn>
5. **Mușat, E.C.\***, Ciubotaru, A., Mușat, G., Săceanu, S.C-tin., 2015. *Variation of slenderness ratio in black poplar (Populus nigra L.) road alignments*. In: *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II – Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*, vol. 8(57), no. 2, pp. 17-22. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/9REfgKBmGstBFRX>

**Cărți:**

1. **Mușat, E.C.**, 2023. *Defectele exterioare și calitatea lemnului la arborii izolați*. Editura Universității Transilvania din Brașov, 557 p. ISBN 978-606-19-1600-9. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/nc5TRprjZHwjJCW>
2. **Mușat, E.C.**, 2022. *Defectele lemnului la arborii din zonele publice ale Brașovului*. Editura Universității Transilvania din Brașov, 153 p. ISBN 978-606-19-1528-6630. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/37DNNqHLpA8yMR4>
3. Ciubotaru, A., Câmpu, V.R., **David, E.C.**, 2012. *Exploatarea și prelucrarea lemnului*. Editura Universității Transilvania din Brașov, 119 p. ISBN 978-606-19-0137-1. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/KJoR2afg8MoC8Wd>

## Capitolul VII. Impactul incendiilor forestiere asupra calității lemnului și a dezvoltării ulterioare a arborilor

Calitatea lemnului a reprezentat și încă reprezintă unul dintre cei mai importanți factori în valorificarea superioară a acestuia, cu scopul obținerii unor avantaje economice cât mai mari. Dar, pentru a obține un sortiment de lemn de calitate, pădurile trebuie să fie administrate după reguli clare (van Goethem et al., 2008), prin tratamente care să conducă la arbori de calitate, deci la un volum de lemn de lucru cât mai mare (Tarasiuk et al., 2007). Însă, uneori apar o serie de fenomene perturbatoare, de tipul incendiilor forestiere și a doborâturilor/rupturilor de vânt și zăpadă, care zădărnicesc munca devotată a silvicultorilor și conduc la pierderi economice substanțiale.

În ultimii ani, incendiile forestiere au devenit fenomene din ce în ce mai întâlnite, dar și mai violente. Aceste aspecte se reflectă în pierderile economice însemnate, care afectează calitatea și cantitatea volumelor de lemn ce pot fi folosite pentru prelucrări industriale. Din acest motiv, cunoașterea calității lemnului este foarte importantă, mai ales în cazul arborilor afectați de incendii, care luptă pentru supraviețuire în ciuda tuturor prejudiciilor cauzate de foc.

Din acest motiv, capitolul VII prezintă rezultate cu privire la impactul incendiilor forestiere asupra calității lemnului la arborii rămași în diferite parcele afectate. Astfel, s-a apelat atât la evaluări vizuale asupra semnelor externe rămase după incendiu, care uneori au fost destul de sugestive, dar au fost realizate și investigații suplimentare cu ajutorul metodelor nedistructive, ce au impus folosirea tomografului sonor și a rezistografului. În plus, sunt prezentate și unele constatări cu privire la modul în care incendiile pot afecta dezvoltarea ulterioară a arborilor.

Investigațiile vizuale au indicat, într-o oarecare măsură, impactul direct al focului asupra arborilor studiați, însă instrumentele folosite pentru a evalua calitatea lemnului din interiorul trunchiului au contribuit la obținerea unor rezultate elocvente cu privire la impactul indirect, pe termen lung, al incendiilor, întrucât mulți dintre arborii studiați se regăseau la momentul determinărilor într-o stare avansată de degradare, ceea ce i-a făcut și mai susceptibili la acțiunea dăunătorilor și a bolilor.

### 7.1. Introducere

Un impact devastator asupra pădurilor îl au și incendiile forestiere (Meddour-Sahar et al., 2013; Foldi și Kuti, 2016; Milonkovic et al., 2016), care afectează întregul ecosistem (Palaghianu, 2007; Guéné-Nanchen et al., 2021), pornind de la sol (Brandstock, 2008; Page-Dumroese et al., 2019), plante și animale și ajungând la afectarea resurselor de apă și la creșterea gazelor cu efect de seră rezultate în urma incendiilor catastrofale (Harrison et al., 2009). În plus, indiferent de tipul de incendiu și de agresivitatea acestora, rolul pădurii în ansamblu este periclitat (Armenteras et al., 2017), fiind afectate funcțiile de protecție antierozională (Brandstock, 2008), cele de înmagazinare a apelor din precipitații și cele de purificare a aerului (Foldi și Kuti, 2016; Hossain et al., 2020), cunoscut fiind faptul că pădurile reprezintă "plămâni" planetei.

Incendiile forestiere reprezintă calamități care afectează întreaga planetă, indiferent de continent (America – Gillet et al., 2004; Guéné-Nanchen et al., 2021; Asia – Harrison et al., 2009; Coban și Eker, 2010; Meddour-Sahar et al., 2013; Tian et al., 2013; Australia – Acuna et al., 2017; Europa – Dimitrakopoulos și Panov, 2001; Pereira Domingues Martinio, 2019) sau zonă climatică (păduri boreale – Hély et al., 2000; Tian et al., 2013; Guéné-Nanchen et al., 2021; păduri temperate – Adam, 2007; Coban și Eker, 2010; Sivrikaya et al., 2015; Burlui și Burlui, 2018; sau păduri tropicale – Harrison et al., 2009; Meddour-Sahar et al., 2013; Armenteras et al., 2017). Efectele devastatoare ale incendiilor nu se reduc doar la impactul local al acestora asupra pădurii, cu toate componentele sale (Sivrikaya et al., 2015), ci și asupra oamenilor (Harrison et al., 2009), ajungându-se la pierderi de milioane de euro (Foldi și Kuti, 2016), și afectarea a milioane de hectare de pădure anual (Barreal et al., 2012). Chiar dacă incendiile forestiere au afectat omenirea și mediul încă din cele mai vechi timpuri, acestea se produc doar în situațiile în care sunt întrunite simultan trei condiții de inițiere a arderii, care definesc „triumghiul de foc”



(Omi, 2005; Lieberman, 2008; Burlui și Burlui, 2018), fără de care nu ar putea apărea un incendiu, respectiv: sursa declanșatoare, combustantul (gazul care asigură arderea) și carburantul (materialul combustibil).

Ținând cont de cerința tot mai mare de lemn la nivel internațional, atât pentru utilizări industriale (Proto et al., 2020; Qu et al., 2020; Staže et al., 2021; Harvey și Visser, 2022; Papandrea et al., 2022), cât și pentru obținerea beneficiilor energetice (Tenchea et al., 2019; Proto et al., 2020), evaluarea impactului incendiilor forestiere asupra lemnului din păduri, în special asupra arborilor rămași în zonele incendiate, joacă un rol extrem de important, mai ales pentru limitarea sau reducerea pierderilor economice datorate deprecierei lemnului (Rodriguez y Silva et al., 2012; Mușat et al., 2020). În plus, cunoașterea calității lemnului din interiorul trunchiului poate ajuta la stabilirea unor măsuri de limitare a pierderilor economice (Sandoz și Lorin, 1996; Burlui și Burlui, 2018), spre exemplu prin valorificarea cât mai rapidă a acestor arbori (Rodriguez y Silva et al., 2012), chiar dacă acest lucru face ca recoltarea arborilor să se facă înainte de vârsta exploatabilității (Rodriguez y Silva et al., 2012), la care se consideră că se obțin cele mai bune calități și volume de lemn (Ciubotaru, 1998). Acest aspect este foarte important mai ales datorită faptului că arborii afectați de incendii, la care trunchiul sau regiunea coletului prezintă semne vizibile de arsură (scoartă pârlită sau arsă, căzută de pe trunchi, lemn pârlit sau carbonizat – Lawes et al., 2011; Odhiambo et al., 2014), vor vegeta în condiții deficitare (Mușat, 2017), vor fi mai slăbiți și, totodată, mai sensibili la atacul agenților patogeni externi (Wuerther, 2006; Mușat et al., 2020). Ca urmare a acestor atacuri, trunchiul și zona coletului poate fi afectată de putregai, ce se poate dezvolta mult mai rapid, mai ales în lungul trunchiului, conducând la sporirea volumului de lemn depreciat (Feng et al., 2014; Sandak et al., 2020; Cristini et al., 2022; Harvey și Visser, 2022).

Evaluarea vitalității arborilor și a calității lemnului a reprezentat un subiect de interes în numeroase studii (Sandoz și Lorin, 1996; Martini et al., 2004; Panches, 2004; Feng et al., 2014; Alves et al., 2015; Du et al., 2015; Espinosa et al., 2017; Wu et al., 2018; Cristini et al., 2022; Papandrea et al., 2022), însă continuă să prezinte importanță și în prezent. Astfel, unele studii evaluează vitalitatea arborilor în diverse condiții de vegetație, plecând de la evaluări vizuale ale întregului arbore, cu accent pe coroană (Ciubotaru și David, 2011; David și Ciubotaru, 2011; David și Enache, 2011b), aspectul și calitatea frunzișului, altele analizează uzual defectele vizibile (David și Enache, 2011a; Mușat et al., 2014b; Staže et al., 2021) sau pe cele ascunse în interiorul trunchiului (Martinis et al., 2004; Wang et al., 2007; Deflorio et al., 2008; Du et al., 2015; Proto et al., 2020), iar altele apelează la metode distructive (carote de creștere, secționări, despicări), semidistructive (rezistograf) sau nedistructive (unde sonore, raze X etc.) pentru evaluarea calității lemnului din interiorul trunchiului (Sandoz și Lorin, 1996; Martini et al., 2004; Wang et al., 2007; Deflorio et al., 2008; Feng et al., 2014; Alves et al., 2015; Du et al., 2015; Espinosa et al., 2017; Mușat, 2017; Proto et al., 2020; Cristini et al., 2022; Papandrea et al., 2022; Musat, 2023; Mușat, 2024a).

## 7.2. Locul cercetărilor și metodologia de lucru

Cercetările s-au desfășurat în mai multe zone, atât în județul Brașov, cât și în județul Gorj, comuna Runcu, fiind investigate arborete de foioase afectate de incendii de litieră, și un arboret de rășinoase din Masivul Postăvarul. În acest caz, determinările au fost realizate în Unitatea de Producție II, unitățile amenajistice 197A, 196A și 193A aflate în administrarea Ocolului Silvic al Orașului Râșnov R.A., afectate de un incendiu în anul 2012 (figura 7.1). Potrivit fișei privind producerea incendiului de pădure, acesta a izbucnit în data de 20.08.2012 la ora 9:00, ca un incendiu subteran, iar prima intervenție a fost făcută în aceeași zi, la ora 10:00, de către personalul Ocolului Silvic Râșnov, pompieri, poliție și jandarmi. Incendiul s-a produs într-o zonă foarte greu accesibilă, cu panta terenului peste 40 grade, zonă cu stâncărie. Accesul dificil a făcut ca suprafața afectată să atingă, în final, 22,5 ha, din care 2,4 ha în u.a. 193A, 14,1 ha în u.a. 196A și 5,9 ha în u.a. 197A. Deși incendiul a pornit ca un incendiu subteran, într-o zonă cu stâncărie unde nu putea înainta, datorită unor arbori cu crăci joase și uscate acesta s-a transformat într-un incendiu combinat (litieră și coronament).

Tot în județul Brașov au fost realizate determinări și într-un alt arboret de molid aflat în administrarea R.P.L.P. Piatra Craiului R.A. (figura 7.2), care a fost afectat de un incendiu propagat în pădure dintr-o zonă limitrofă. În județul Brașov au mai fost realizate investigații în alte două arborete,

de data aceasta de foioase, afectate de incendiile de litieră și administrate de entități diferite, respectiv R.P.L.P. Ocolul Silvic Pădurile Șincii R.A. (figura 7.3) și de Ocolul Silvic Brașov (figura 7.4) – ocol de stat aflat sub coordonarea R.N.P. Romsilva, prin D.S. Brașov.

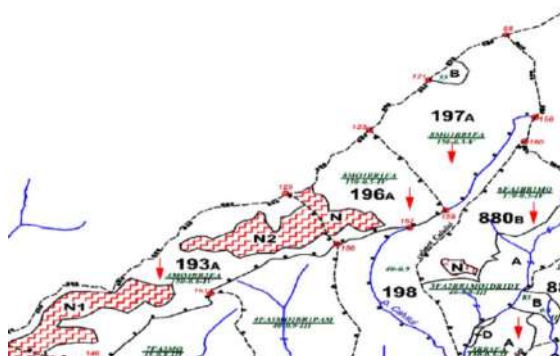


Figura 7.1. Harta zonei afectate de incendiu (Mușat et al., 2020)



Figura 7.2. Localizarea cercetărilor la nivel local (Olaru-Zafiescu et al., 2024)



Figura 7.3. Localizarea cercetărilor, imagini cu incendiul de litieră din 2019 și starea actuală a arboretului (Mușat et al., 2024b)



Figura 7.4. Localizarea cercetărilor – u.a. 670 (Tesileanu et al., 2024)

În județul Gorj au fost realizate investigații într-un arboret de fag în vârstă de 93 de ani, aflat în administrarea Ocolului Silvic Runcu (D.S. Gorj – figurile 7.5 – 7.7). Incendiul care a afectat această zonă a izbucnit în anul 2017 și s-a extins dintr-o parcelă limitrofă pădurii, unde proprietarul, din dorința de a curăța terenul de vegetație uscată, i-a dat foc, iar incendiul i-a scăpat de sub control.



Figura 7.5. Arsură a trunchiului și putregai (Mușat, 2024a)



Figura 7.6. Arsură a trunchiului (Mușat, 2024a)



Figura 7.7. Putregai dezvoltat la baza arborelui datorită incendiului (Mușat, 2024a)

În fiecare parcelă în care s-au realizat lucrări de teren, metodologia a presupus, în primul rând, observarea zonei, a terenului și a direcției din care s-a propagat incendiul, după care au fost aleși arborii supuși ulterior determinărilor. Toți arborii au fost inițial evaluați vizual și au fost realizate fotografiile pe direcțiile cardinale pentru a putea corela, în etapa de birou, aspectul exterior al trunchiului cu rezultatele obținute, ulterior, ca urmare a investigațiilor realizate cu tehnologii moderne. În acest sens, calitatea lemnului din trunchi a fost analizată la două sau trei niveluri deasupra solului, cu ajutorul tomografului sonor Arbotom. În funcție de tomograma reconstruită de tomograf pe baza vitezelor de propagare a undelor sonore prin lemn, au fost alese punctele pentru investigațiile suplimentare cu rezistograful IML Resi F-500S și locurile de extragere a carotelor de creștere (figurile 7.8 – 7.10).



Figura 7.8. Investigații cu rezistograful IML Resi F-500S (Mușat, 2024a)



Figura 7.9. Folosirea burghiului Pressler pentru extragerea carotelor de creștere (Mușat, 2024a)



Figura 7.10. Carotă extrasă cu burghiul Pressler (Mușat, 2024a)

### 7.3. Impactul incendiilor subterane asupra arborilor de molid

Pentru lucrările de teren, s-au ales arborii de analiză, atât din categoria arborilor afectați de incendiu, cât și a celor uscați și martor, după care s-a procedat la realizarea a câte două investigații pentru fiecare arbore, una la 50 cm față de sol și a doua la 100 cm, la două niveluri ca și în cercetarea lui Siegert (2013). O metodologie asemănătoare apare și în alte studii (Li et al., 2014; Mușat, 2017), doar că sunt analizate 3 niveluri de la 50, 100 și 150 cm față de sol.

Raportat la vitezele medii de propagare a sunetelor la nivelul celor două secțiuni (50 și 100 m), se menționează că cea mai mare viteză medie a fost înregistrată la Mo 1, la secțiunea de 100 de cm – 1074 m/s, iar cea mai mică viteză s-a observat la Mo 3 pe secțiunea de 100 de cm – 544 m/s. Cele mai mici diferențe între vitezele medii de la 50 și 100 cm, corespund arborilor Mo 3 și Mo 5.

La Mo 1, în cazul secțiunii de la 50 de cm de la sol, se observă viteze mai reduse între senzorii 1, 2 și 3, acestea fiind evidențiate în figura 7.11 (a.). În figura 7.11 (c.) este reprezentată tomograma corespunzătoare.

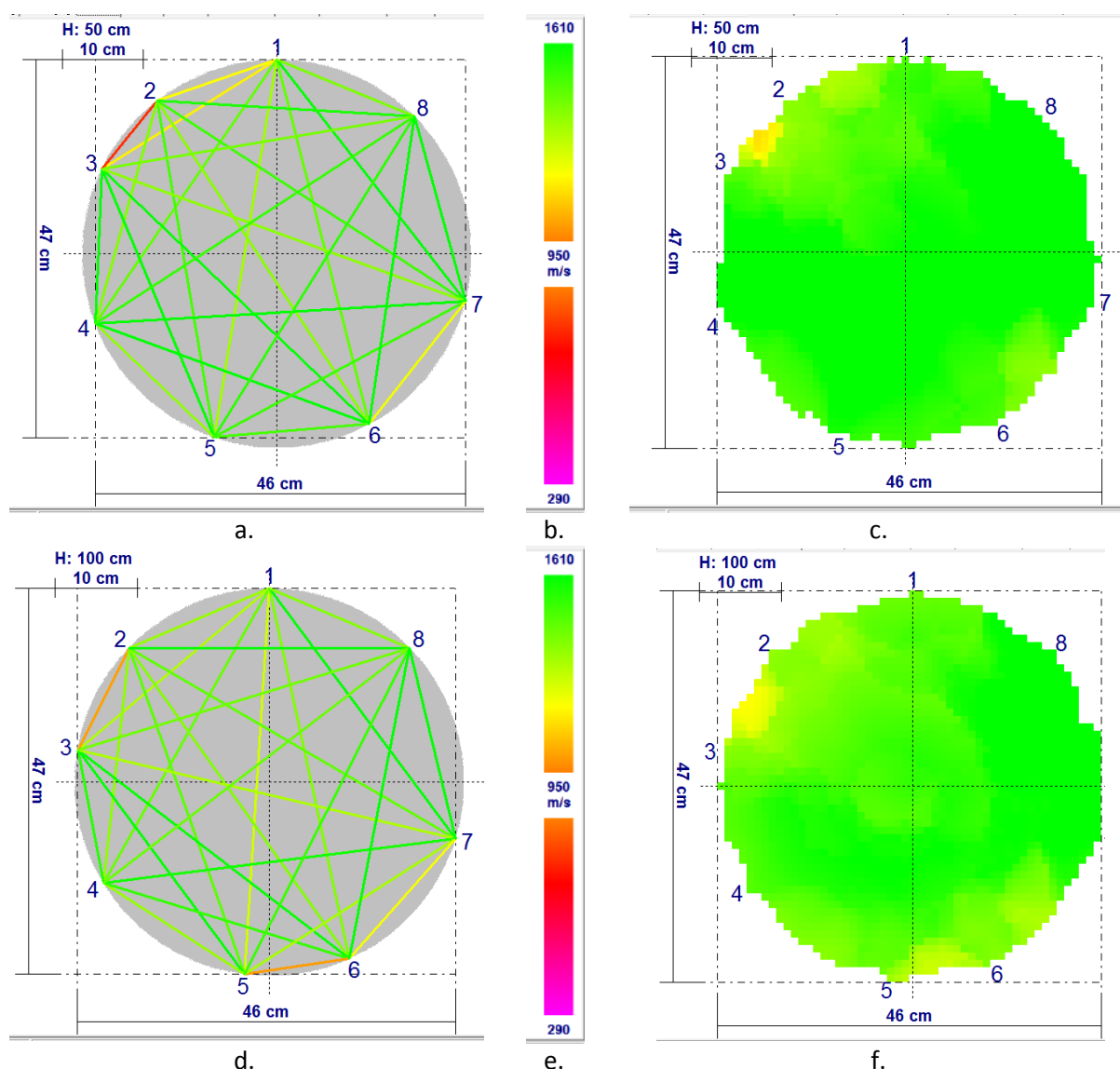


Figura 7.11. Mo 1 (Mușat et al., 2020): a. viteza de propagare a sunetelor la 50 de cm; b. scala de valori pentru secțiunea de la 50 cm; c. tomogramă pentru secțiunea de la 50 de cm; d. viteza de propagare a sunetelor la 100 de cm; e. scala de valori pentru secțiunea de la 100 cm; f. tomogramă pentru secțiunea de la 100 de cm

În secțiunea de la 100 de cm de la sol (figura 7.11 – d. și f.) se observă că apar, pe mai multe direcții, viteze mai reduse, numărul senzorilor rămânând același (8 senzori), deoarece arborele avea

aceleași caracteristici ale trunchiului. Pentru secțiunea a doua, apare în plus față de prima, viteza mai scăzută între senzorii 5-6. La ambele niveluri, lemnul poate fi considerat sănătos, deoarece vitezele cuprinse între 1001-1500 m/s prezintă o pondere de 61-64% din numărul total al vitezelor înregistrate.

La molidul 3 au fost amplasați 7 senzori pentru fiecare dintre cele două secțiuni. În figura 7.12 (a.) sunt reprezentate vitezele undelor sonore între senzori, observându-se viteze mai mici între senzorii 1-5, 3-7, 2-6, 3-6, ceea ce conduce la obținerea tomogramei din figura 7.12 (c.), unde se poate observa că zona centrală a secțiunii este afectată în proporție destul de mare de putregai, unul dintre puținele defecte care ar putea conduce la valori atât de reduse ale vitezei de transfer a sunetelor prin lemn (36% dintre acestea sunt mai mici de 500 m/s, în timp 64% se încadrează în intervalul 501-1000 m/s).

În figura 7.12 (f.) se observă că cele mai reduse viteze de transfer a sunetelor prin lemn se înregistrează între senzorii 2-5 și 2-6. Comparativ cu tomograma specifică secțiunii de la 50 cm de la sol, la nivelul de 100 cm se constată o îmbunătățire a condițiilor interne (figura 7.12 – d.), datorită creșterii vitezelor de transfer a sunetelor (98% dintre valorile înregistrate fiind cuprinse între 501-1000 m/s). La acest arbore nu au fost înregistrate valori care să depășească 1000 m/s.

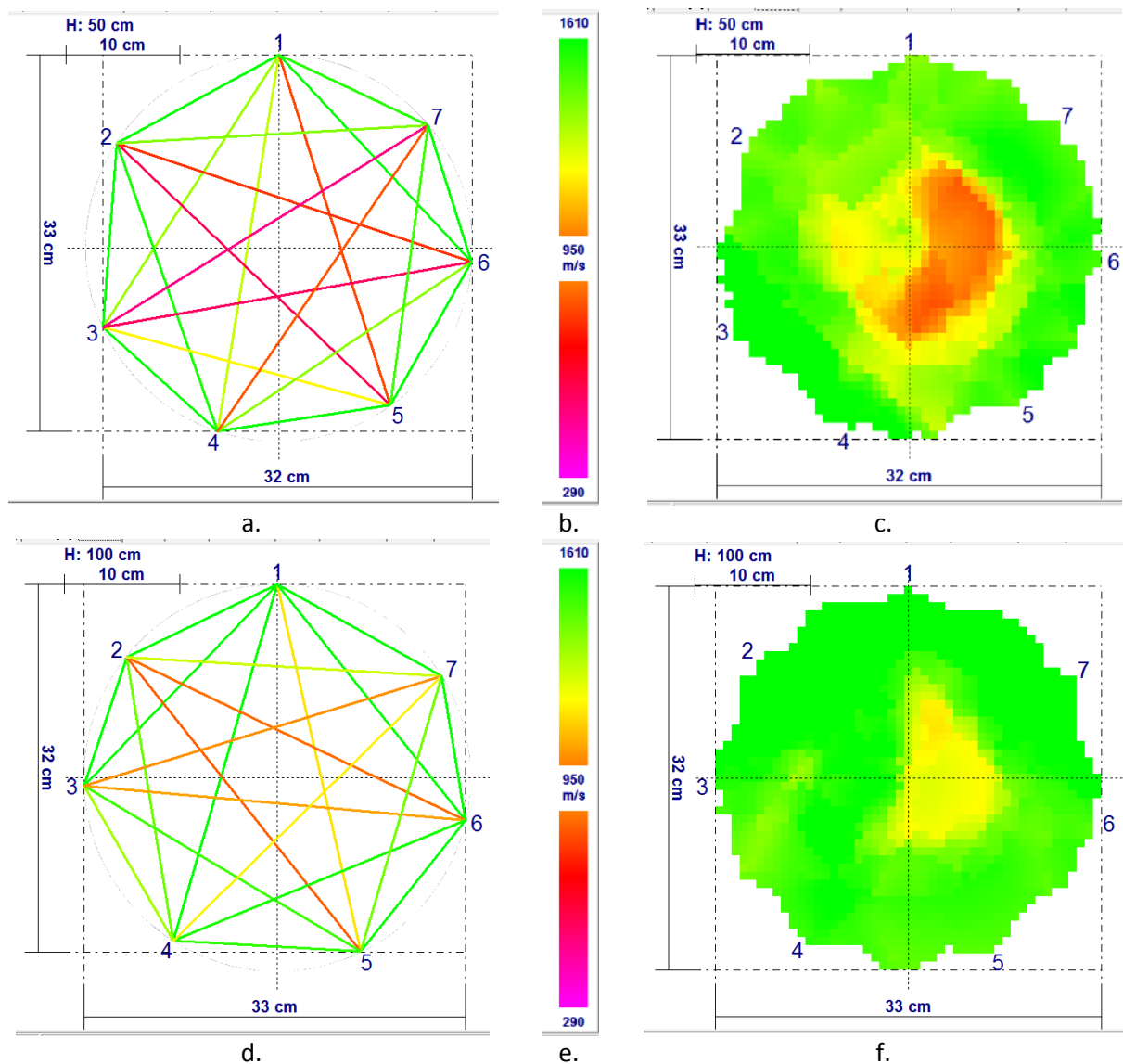


Figura 7.12. Mo 3 (Mușat et al., 2020): a. viteza de propagare a sunetelor la 50 de cm; b. scala de valori pentru secțiunea de la 50 cm; c. tomogramă pentru secțiunea de la 50 cm; d. viteza de propagare a sunetelor la 100 de cm; e. scala de valori pentru secțiunea de la 100 cm; f. tomogramă pentru secțiunea de la 100 de cm

Pentru acest studiu au mai fost aleși doi arbori martor, unul complet uscat, ales prin apreciere vizuală (figura 7.13 și unul cu o stare de vegetații perfectă (figura 7.14), considerată după analiza vizuală realizată, care nu indica niciun defect interior sau exterior. Cei doi arbori martor au fost aleși pentru a observa dacă apar diferențe în ceea ce privește transferul sunetului prin lemn, la arborii afectați de incendiu, la cei complet uscați și la cei care aparent sunt sănătoși.



Figura 7.13. Mo 5 – arbore uscat  
(Mușat et al., 2020)



Figura 7.14. Mo 6 – arbore martor  
(Mușat et al., 2020)

În cazul arborelui de molid complet uscat (Mo 5), determinările au presupus folosirea a 9 senzori pentru secțiunea de la 50 cm de la sol (figura 7.15 – a.), respectiv 8 senzori pentru cea de-a doua secțiune. Pentru secțiunea de la 50 cm, s-a identificat un număr mare de viteze cu intensități reduse (11% dintre valori sunt mai mici de 500 m/s, iar 89% sunt cuprinse între 501 – 1000 m/s), mai ales între perechile de senzori 1-5, 5-9, 2-5, 2-7, 2-8, 3-8 și 4-9 (figura 7.15 – a.). Analiza tomogramei rezultate (figura 7.15 – c.) indică faptul că în interiorul trunchiului există o proporție considerabilă de lemn aflat în diferite stadii de degradare, dar spre exteriorul trunchiului lemnul este sănătos, deși uscat, ceea ce face ca viteza de transfer a sunetului prin lemn să fie mare pe zona periferică a trunchiului. Menținerea arborelui pe picior, deși uscat complet și cu o zonă importantă degradată în interior, confirmă faptul că dacă 1/3 din rază cuprinde lemn sănătos, spre exteriorul trunchiului, aceasta este suficientă pentru a-i asigura stabilitatea, putând să susțină greutatea și să preia încărcările din vânt. Uscarea arborelui s-a produs în timp, probabil ca urmare a unui stări fitosanitare deficitare, întrucât nu prezintă indicii de pârlire sau ardere a tulpinii. În plus, în momentul determinărilor prezinta numeroase urme ale atacurilor de insecte.

La înălțimea de 100 de cm de la sol se poate observa (figura 7.15 – d.) că vitezele au valori mai mici între senzorii 3-8, 3-7, 4-8 și 4-7. Din analiza tomogramei (figura 7.15 – f.) se poate identifica o oarecare re poziționare a porțiunii degradate, aceasta deplasându-se ușor spre exteriorul trunchiului. De precizat este că în acea zonă nu exista scoartă pe trunchi, fiind mai predispus atacurilor ciupercilor și insectelor xilofage. În plus, se observă și o restrângere a zonei afectate din interiorul trunchiului, aspect susținut și de valorile vitezelor de propagare a sunetelor prin lemn (95% sunt cuprinse între 501 – 1000 m/s, iar 4% depășesc 1000 m/s).

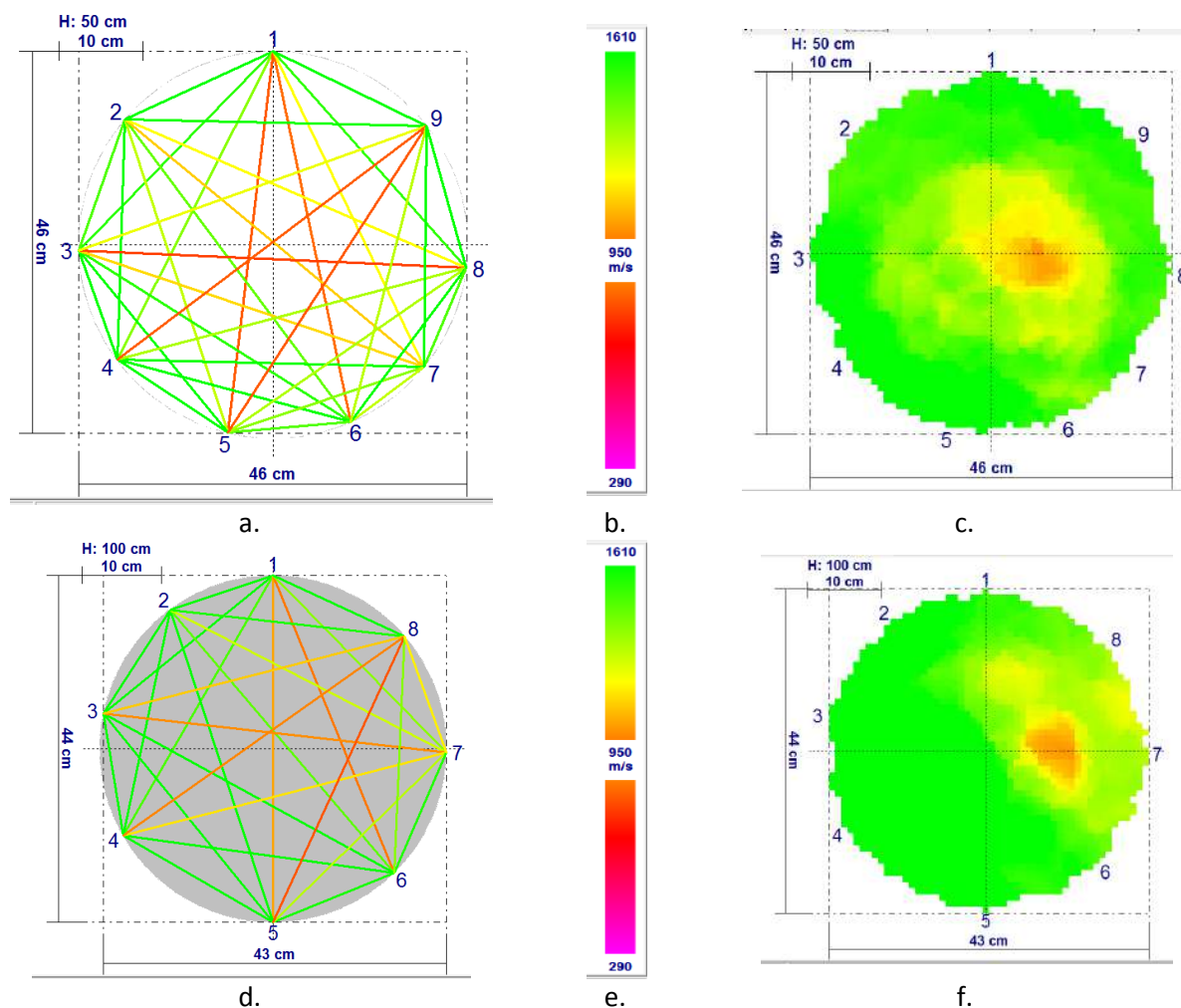


Figura 7.15. Mo 5 (Mușat et al., 2020): a. viteza de propagare a sunetelor la 50 de cm; b. scala de valori pentru secțiunea de la 50 cm; c. tomogramă pentru secțiunea de la 50 cm; d. viteza de propagare a sunetelor la 100 de cm; e. scala de valori pentru secțiunea de la 100 cm; f. tomogramă pentru secțiunea de la 100 de cm

Ca arbore martor a fost ales și un molid aflat în zona tampon a incendiului, în partea estică a versantului, la limita cu o altă unitate amenajistică. La aprecierea vizuală, arborele nu prezenta semne care să trădeze defecte interne sau externe, aflându-se într-o stare de vegetație foarte bună, prin comparație cu alți arbori de molid din zona respectivă. Acesta a fost numerotat ca fiind Mo 6. Numărul senzorilor utilizați a fost de 13 pentru secțiunea de la 50 cm față de sol, respectiv 12 pentru examinarea de la 100 cm.

Tomogramele și vitezele de propagare a sunetelor prin lemn obținute la nivelul ambelor secțiuni, au scos la iveală ceva neașteptat. S-a constatat că la înălțimea de 50 de cm (figura 7.16 – a.) există un număr mare de valori care corespund unor viteze reduse, ceea ce demonstrează că arborele, la acea secțiune, are o proporție destul de mare de lemn afectat. Pe tomogramă (figura 7.16 – c.) se constată că zona afectată este situată central, cel mai probabil fiind vorba de putregai interior datorat atacului de ciuperci xilofage.

În ciuda faptului că arborele martor a prezentat din exterior o stare bună de vegetație, nefiind identificate defecte vizibile, la interior situația este total opusă. Acest lucru a fost constatat și la nivelul de 100 de cm față de sol unde, de asemenea, apar numeroase viteze reduse de transfer a sunetelor prin lemn (figura 7.16 – d.), chiar mai multe în comparație cu secțiunea de la 50 de cm. Tomograma pentru această secțiune (figura 7.16 – f.) indică faptul că suprafața afectată de putregai se extinde către exteriorul trunchiului, comparativ cu tomograma secțiunii anterioare, unde era localizată central.

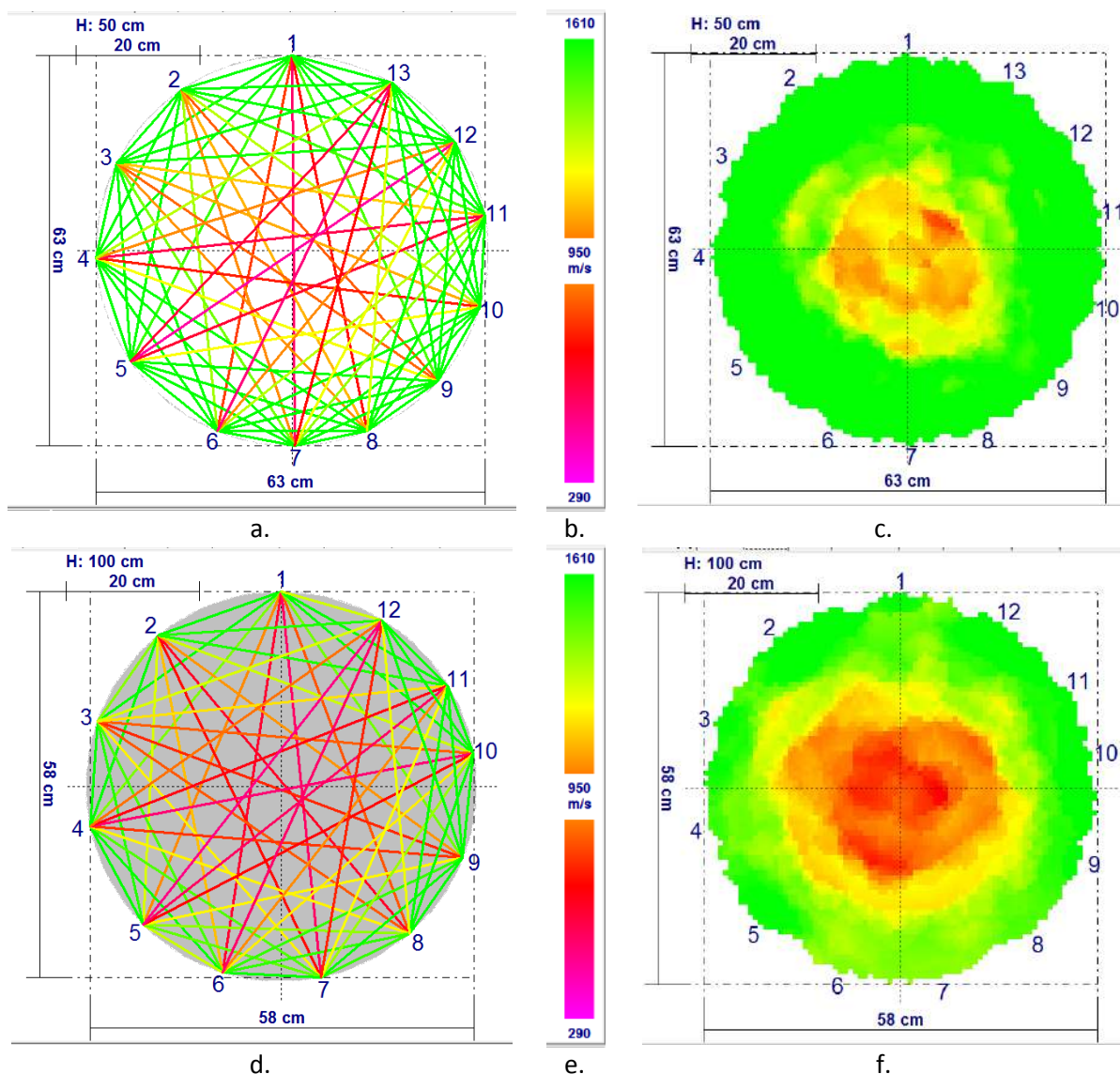


Figura 7.16. Mo 6 (Mușat et al., 2020): a. viteza de propagare a sunetelor la 50 de cm; b. scala de valori pentru secțiunea de la 50 de cm; c. tomogramă pentru secțiunea de la 50 de cm; d. viteza de propagare a sunetelor la 100 de cm; e. scala de valori pentru secțiunea de la 100 de cm; f. tomogramă pentru secțiunea de la 100 de cm

Analizând comparativ datele referitoare la vitezele de transfer a sunetelor prin lemn la nivelul celor două secțiuni analizate, se constată că, pentru secțiunea de 50 cm, 98% dintre valori sunt cuprinse între 594 – 1000 m/s, în timp ce la nivelul de 100 cm, 95% dintre valori sunt cuprinse între 581 – 1000 m/s, nefiind înregistrate valori sub minimele menționate. Cu toate acestea, analizând vizual cele două tomograme, se poate observa o înrăutățire a condițiilor interne la nivelul de 100 cm, ceea ce conduce la ideea că, deși apar mai multe viteze care depășesc 1000 m/s, acestea nu pot să suplinească efectul produs de valorile reduse, probabil multe dintre acestea fiind situate între 600 și 700 m/s, față de situația de la 50 cm, unde predomină vitezele apropiate de 900 - 1000 m/s.

Chiar dacă este situat într-o zonă unde incendiul nu s-a dezvoltat, în urma măsurătorilor s-a descoperit că arborele martor este afectat într-o proporție destul de mare la interior, în comparație cu arborii aflați în zona de desfășurare a incendiului, arbori care prezentau răni cicatrizate la exterior, deci indicii clare ale efectului pe care incendiul l-a avut asupra lor.



#### 7.4. Impactul incendiilor de litieră asupra arborilor de carpen

Cercetarea a implicat analiza a 11 exemplare de carpen (*Carpinus betulus* L.) pentru care au fost realizate observații vizuale și determinări mai laborioase pentru a observa impactul direct al incendiului asupra arborilor, dar și modul în care acesta le-a afectat dezvoltarea ulterioară.

În figura 7.17 au fost introduse imagini care reflectă realitatea din teren pentru arborele Ca\_3, alături de tomogramele sale. Se observă faptul că scala de viteze pentru înălțimea 50 cm a cuprins valori între 361 și 1938 m/s, iar cea de la secțiunea de 100 cm a înregistrat viteze între 397 și 2078 m/s. Conform datelor prelucrate în Excel, au fost determinate 108 valori ale vitezelor de transfer ale sunetelor prin lemn pentru tomograma Ca\_3\_50, iar pentru tomograma Ca\_3\_100, 84 de valori. Numărul maxim de viteze se regăsesc în intervalul 1400 – 1600 m/s, iar cel minim a fost caracterizat de valorile de peste 2000m/s. Media vitezelor de propagare este de 1335,1 și, respectiv 1331,4 m/s, indicând faptul că lemnul carpenului este sănătos.

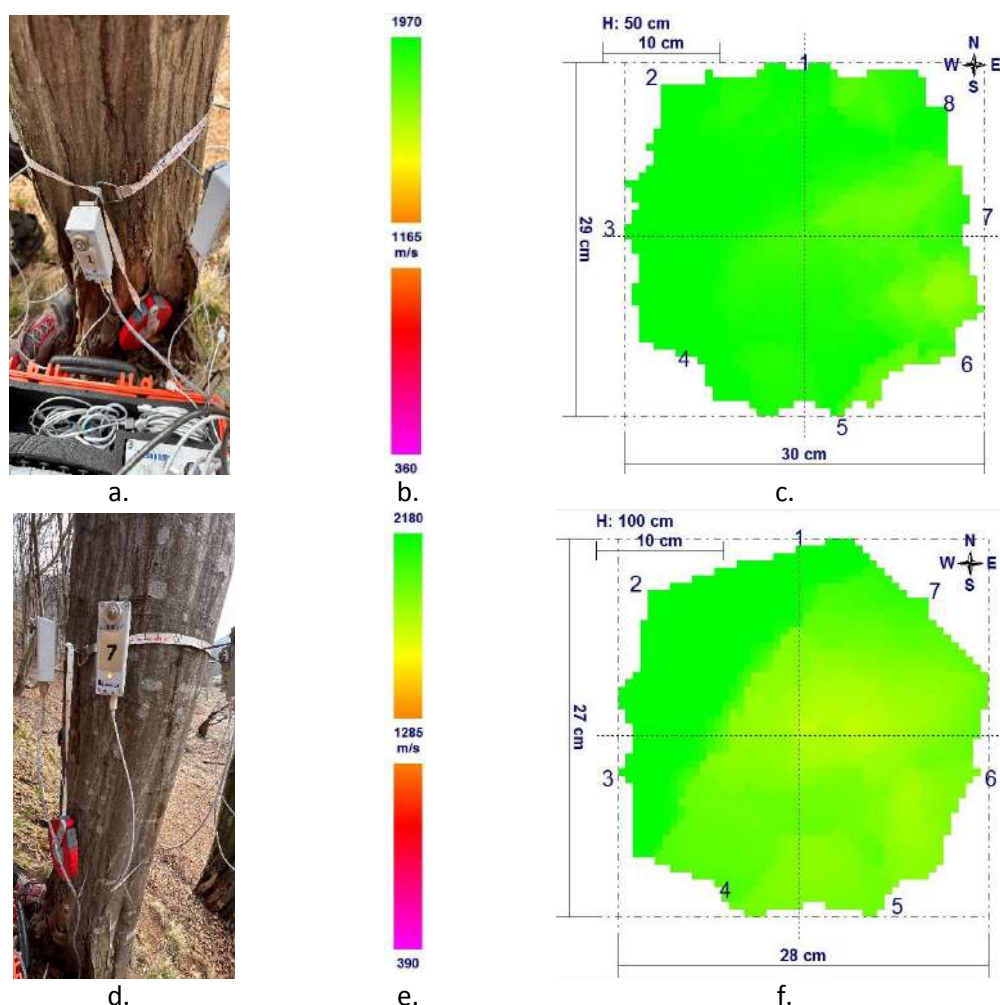


Figura 7.17. Determinări cu tomograful la arborele Ca\_3 (Tesileanu et al., 2024): a. fotografie a arborelui din direcția N; b. scala de viteze Ca\_3\_50; c. tomograma Ca\_3\_50; d. fotografie a arborelui din direcția N-E; e. scala de viteze Ca\_3\_100; f. tomograma Ca\_3\_100

Privind tomogramele (figura 7.17), se pot observa mici diferențe de culoare în partea de sud-est a arborelui. Aceste diferențe sunt caracterizate de viteze sub 1400 m/s la înălțimea de 50 cm și sub 1600 m/s pentru secțiunea aflată la 100 cm.

Pentru arborele Ca\_5 s-au efectuat două tomograme la înălțimile prestabilite (figura 7.18). Din cele 124 de valori ale vitezelor de propagare a sunetelor prin lemn, minima de 263 m/s a fost înregistrată la secțiunea de la 100 cm, iar maxima, de 1873 m/s, a fost obținută la înălțimea de 50 cm. Cele mai multe valori ale vitezelor au fost cuprinse în intervalul 1200 – 1400 m/s pentru înălțimea de 50

cm și sub 1000 m/s pentru secțiunea de la 100 cm. Media calculată pentru cele două tomograme este de 1324,3 și, respectiv 1004,3 m/s.

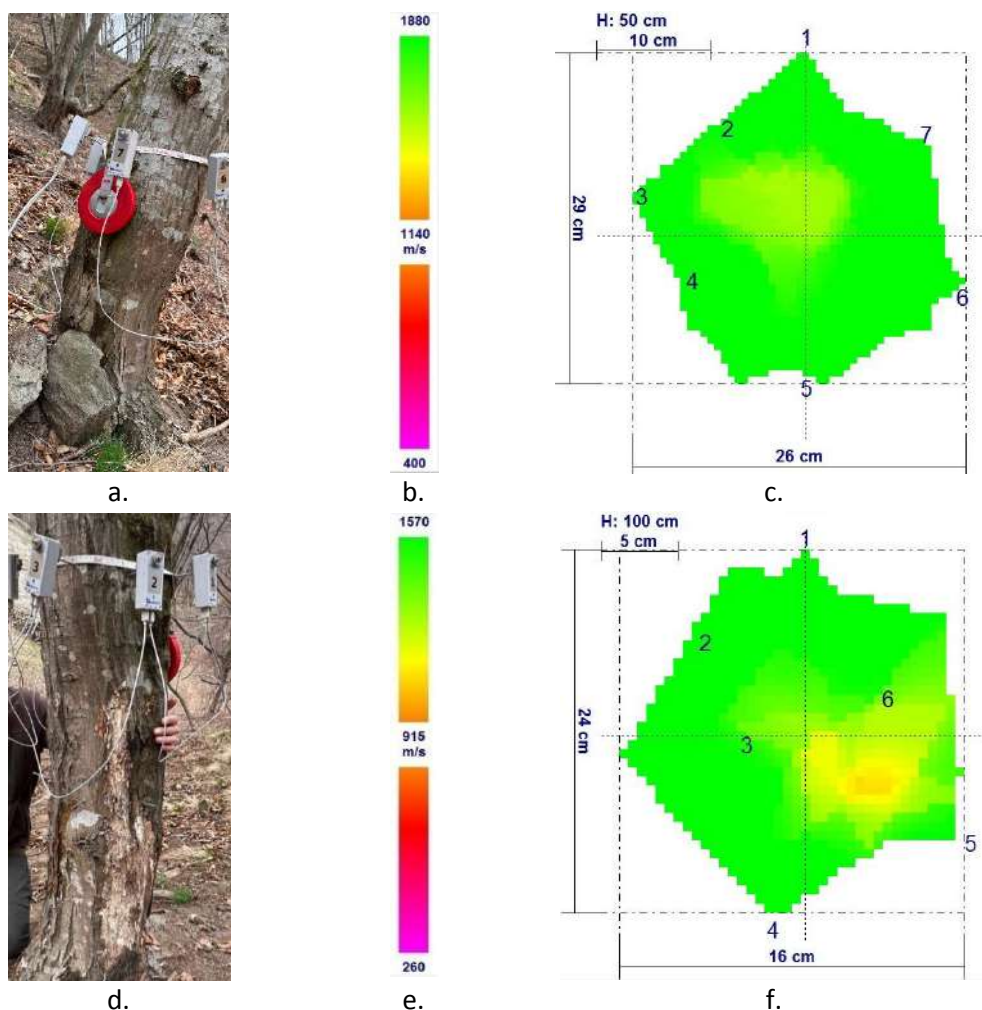


Figura 7.18. Determinări cu tomograful la arborele Ca\_5 (Tesileanu et al., 2024): a. fotografie a arborelui din direcția N-E; b. scala de viteze Ca\_5\_50; c. tomograma Ca\_5\_50; d. fotografie a arborelui din direcția N-V; e. scala de viteze Ca\_5\_100; f. tomograma Ca\_5\_100

Analizând tomogramele în raport cu scala de viteze a fiecărei secțiuni (figura 7.18), se remarcă o ușoară deosebire a culorii verzi în centrul tomogramei de la Ca\_5\_50, însă o diferență semnificativă este vizibilă în cea de-a doua tomogramă, pe direcția sud-est. Media vitezelor de propagare pentru Ca\_5\_100 completează faptul că lemnul interior este ușor afectat, aceasta având o valoare care se apropie de limita de 1000 m/s.

Pentru arborele Ca\_1 au fost colectate informații atât cu tomogramul sonor, cât și cu rezistograful (figura 7.19), ceea ce se reflectă în posibilitate de a obține rezultate mult mai detaliate și mai corecte în ceea ce privește calitatea lemnului din interiorul trunchiului. Astfel, pentru realizarea investigațiilor referitoare la vitezele de transfer a sunetului prin lemn au fost folosiți 10 senzori, amplasați pe circumferința trunchiului, la ambele secțiuni analizate. În prima imagine (figura 7.19 – a.) se observă că senzorul 1 a fost amplasat în dreptul unei răni cu lemn degradat. În urma analizării tomogramei Ca\_1\_50 se poate remarca prezența culorii portocalii, care indică rana de pe trunchiul arborelui. În conformitate cu scala de viteze Ca\_1\_50, culoare portocalie reprezintă viteze ale căror valori sunt peste 1100 m/s, fapt pentru care tomograma nu sugerează că arborele este deteriorat, cu toate că la exterior este vizibil acest lucru. Pe de altă parte, densitatea mare a lemnului de carpen poate nu a permis putregaiului să avanseze foarte mult în interiorul trunchiului, ceea ce face ca mare parte din secțiunea analizată să prezinte lemn sănătos care, în final, se traduce printr-o tomogramă colorată predominant în verde. Acest aspect este justificat prin aceea că zona în care sunetele se propagă mai

dificil datorită structurii deteriorate a lemnului este foarte redusă comparativ cu restul secțiunii, așa că tomograful, care calculează viteze medii pe direcțiile dintre perechile de senzori emițător-receptor, reconstruiește o tomogramă pe baza acestor viteze.

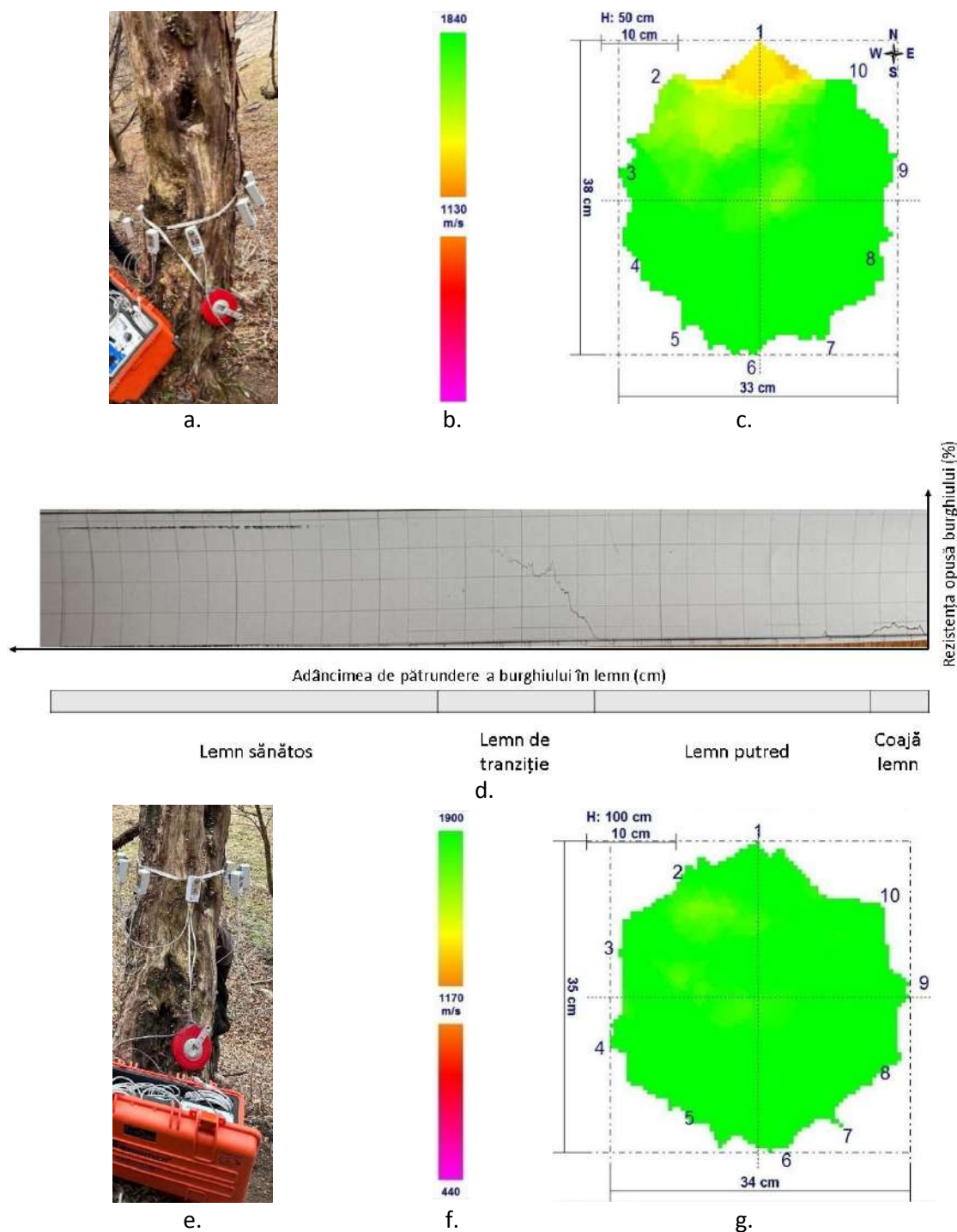


Figura 7.19. Determinări cu tomograful și rezistograful la arborele Ca\_1 (Tesileanu et al., 2024):  
 a. fotografie a arborelui din direcția N-E; b. scala de viteze Ca\_1\_50; c. tomograma Ca\_1\_50;  
 d. rezistograma Ca\_1\_50; e. fotografie a arborelui din direcția N; f. scala de viteze Ca\_1\_100;  
 g. tomograma Ca\_1\_100

Legat de intervalul în care au fost înregistrate viteze în situația dată, se menționează că valorile au fost cuprinse între 425 și 1784 m/s pentru secțiunea de la 50 cm, și între 447 și 1876 m/s pentru cea de la 100 cm. În total au fost evaluate 332 de valori de viteze de propagare, majoritatea regăsindu-se în intervalul 1200 – 1400 m/s. Conform calculelor efectuate, viteza medie în cazul primei secțiuni a fost de

1239,7 m/s și de 1332,8 m/s pentru cea de-a doua, ceea ce denotă că arborele inventariat nu are defecte interne.

Datorită tomogramei care părea că minimizează gravitatea defectului, de pe direcția senzorului 1, la nivelul de 50 cm față de sol, a fost realizată o rezistogramă (figura 7.19 – d.), din analiza căreia s-a remarcat că pe o distanță de aproximativ 12,5 cm lemnul are o rezistență scăzută, chiar nulă, la burghiere. Apoi, rezistențele relative la burghiere prezintă creșteri graduale, pe o distanță de aproximativ 5,5 cm, ajungând la valori maxime, care se mențin datorită lemnului sănătos și dens de carpen.

## 7.5. Impactul incendiilor de litieră asupra arborilor de fag

La inspecția vizuală a arborelui nr. 3 (figura 7.20) se constată că focul a afectat în special trunchiul acestuia aproape pe jumătate din circumferință, între nord și sud, și pe o înălțime considerabilă. Trebuie menționată și prezența corpurilor de fructificație ale unor ciuperci, tot pe direcția nordică. În zona sud-est trunchiul nu mai prezintă coajă, constatându-se prezența lemnului mort, fapt justificat prin aceea că focul nu a afectat doar coaja arborelui, ci a condus la moartea celulelor cambiale (Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008).



Figura 7.20. Aspectul exterior al arborelui de fag numărul 3 (Mușat, 2024a)

La o primă analiză a pânzei de păianjen cu liniile de legătură dintre senzori, pentru nivelul de 50 cm față de sol și a tomogramei s-ar considera că întreaga secțiune este distrusă sau prezintă neregularități grave care să conducă la colorarea în aceste nuanțe de galben-portocaliu atât a liniilor de legătură dintre senzori (figura 7.21 – a.), cât și a tomogramei (figura 7.21 – c.). În schimb, dacă imaginile ilustrate de tomograf sunt comparate cu scala de viteze, se constată că aceste culori corespund unor viteze mai mari de 1500 m/s, ceea ce indică lemn sănătos sau cu semne de degradare nesemnificative, același lucru fiind susținut și de tabelul vitezelor medii de transfer ale sunetelor între senzori.

La nivelul de 100 cm față de sol lucrurile se prezintă normal, în sensul că atât rețeaua de viteze dintre senzori (figura 7.22 – a.), cât și tomograma (figura 7.22 – c.) prezintă, cu mici excepții ( $S_{1-2} = 854$  m/s,  $S_{2-1} = 807$  m/s,  $S_{3-2} = 948$  m/s,  $S_{4-5} = 982$  m/s,  $S_{7-6} = 980$  m/s), valori de peste 1000 m/s, predominând cele de 1400-1500 m/s.

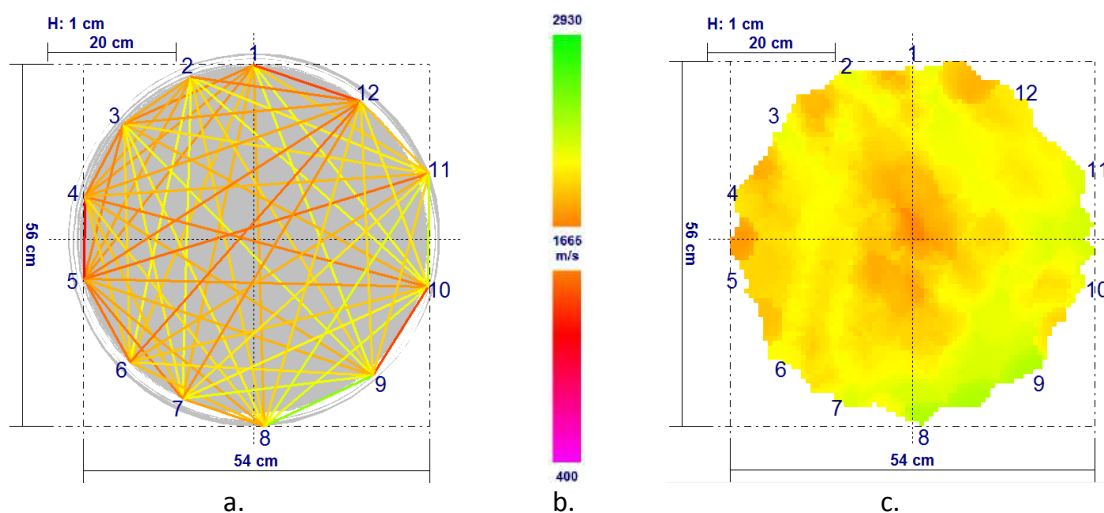


Figura 7.21. Transmiterea undelor sonore la arborele de fag numărul 3, la nivelul de 50 cm (Mușat, 2024a): a. legăturile dintre senzori; b. scala de viteze; c. tomograma

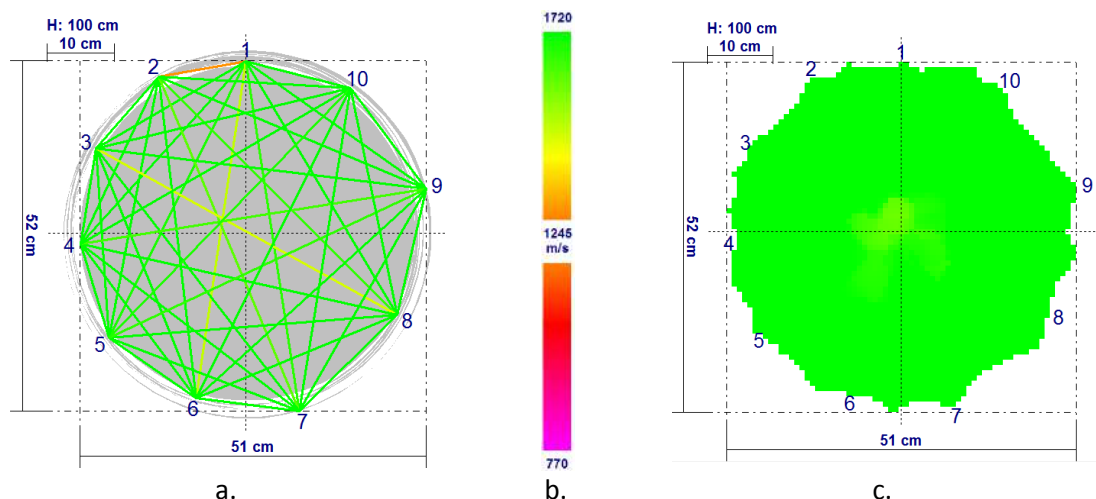


Figura 7.22. Transmiterea undelor sonore la arborele de fag numărul 3, la nivelul de 100 cm (Mușat, 2024a): a. legăturile dintre senzori; b. scala de viteze; c. tomograma

În ceea ce privește rezistograma realizată pe direcția senzorului  $S_1$  de la nivelul de 100 cm față de sol (figura 7.23), aceasta indică rezistențe scăzute ale lemnului la burghiere în primii 7 cm, cu variații numeroase, dar de mică amplitudine, ceea ce semnifică lemn degradat în cuprinsul căruia structura este distrusă într-o oarecare măsură, aspect ce poate fi identificat și pe carota de creștere (figura 7.23). După primii 7 cm, rezistențele relative la burghiere încep să crească, fiind sesizate oscilații mai mari și diferențe în cuprinsul inelelor anuale, carota de creștere indicând lemn sănătos. Spre centrul trunchiului apar oscilații foarte mari ale rezistențelor relative ale lemnului la burghiere, mai ales în cuprinsul inelelor anuale. Rezultate asemănătoare au fost identificate și în alte cercetări (Câmpu, 2010; Câmpu și Dumitrache, 2015), care consideră că acestea se datorează prezenței inimii roșii a fagului, care contribuie la o duramenificare a lemnului, ceea ce îi mărește rezistența (Bedeanu, 2001; Beldeanu, 2008; Câmpu 2010).

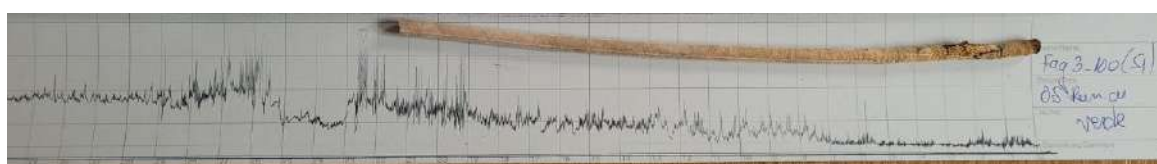


Figura 7.23. Rezistograma realizată și carota de creștere extrasă de la arborele de fag numărul 3, de pe direcția senzorului  $S_1$  de la nivelul de 100 cm (Mușat, 2024a)

La analiza vizuală a arborelui 4 se constată că acesta prezintă mari semne de degradare, incendiul afectând atât rădăcinile superficiale, că și trunchiul. Toate acestea au condus în timp la o agravare a impactului incendiului asupra arborelui și a lemnului, la diverse înălțimi pe trunchi putând fi observate corpuri de fructificație ale unor ciuperci xilofage (figura 7.24). În plus, se remarcă faptul că focul a afectat rădăcinile și trunchiul arborelui de jur-împrejur, zonele respective fiind fie lipsite de coajă, fie cu scoarța uscată și crăpată (figura 7.24).



Figura 7.24. Aspectul exterior al arborelui de fag numărul 4 (Mușat, 2024a)

Pe baza investigațiilor realizate la nivelul de 50 cm față de sol, se constată că atât legăturile dintre senzori (figura 7.25 – a.), cât și tomograma (figura 7.25 – c.) indică unele zone în care sunetele se propagă cu viteze reduse, mai ales în cazul senzorilor apropiați, unde se întâlnesc și viteze mai mici de 1000 m/s. De asemenea, se observă că tomograma realizată la 50 cm indică în centrul trunchiului o zonă în care vitezele de transfer ale sunetelor prin lemn sunt mai mici (figura 7.25 – c.), zonă care la nivelul de 100 cm față de sol devine mai evidentă și mai viu colorată, chiar în nuanțe de portocaliu (figura 7.26 – c.).

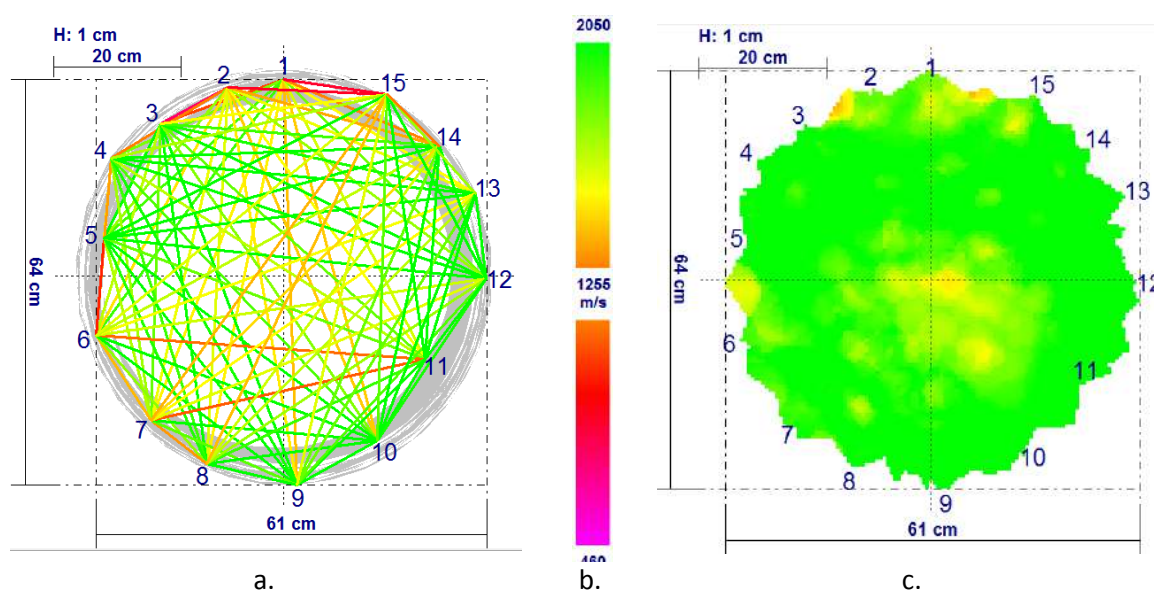


Figura 7.25. Transmiterea undelor sonore la arborele de fag numărul 4, la nivelul de 50 cm (Mușat, 2024a): a. legăturile dintre senzori; b. scala de viteze; c. tomograma

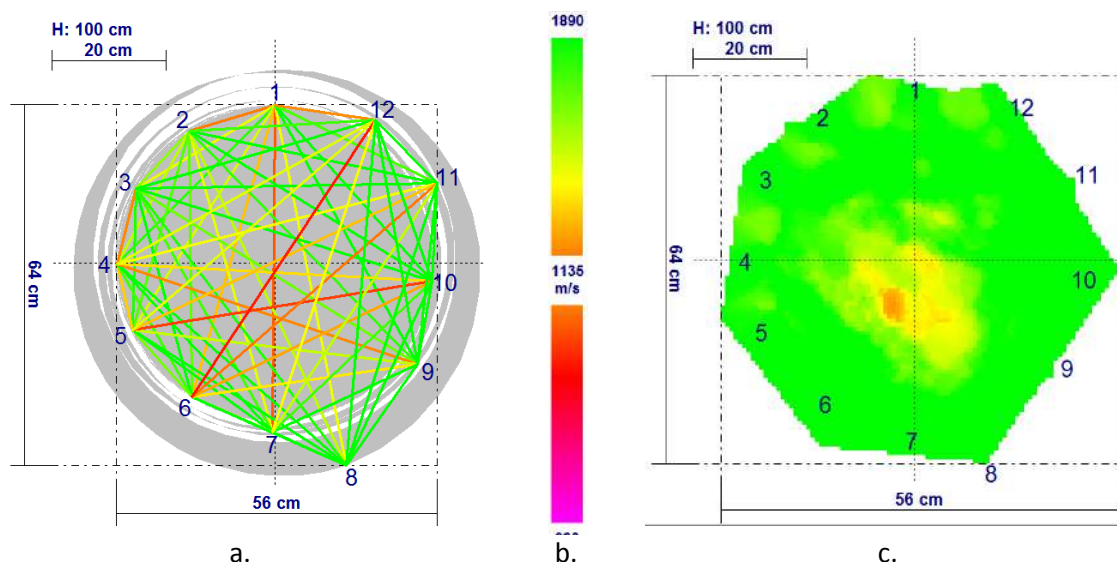


Figura 7.26. Transmiterea undelor sonore la arborele de fag numărul 4, la nivelul de 100 cm (Mușat, 2024a): a. legăturile dintre senzori; b. scala de viteze; c. tomograma

Pentru a înțelege mai bine ce se întâmplă în interiorul trunchiului, la nivelul de 100 cm față de sol, pe direcția sensorului  $S_6$  a fost realizată o rezistogramă și a fost prelevată o carotă de creștere (figura 7.27). Din analiza rezistogramei se observă că în interiorul trunchiului, spre centrul său, apare o zonă în care rezistențele relative ale lemnului la burghiere descresc considerabil, tinzând spre zero. Carota de creștere indică, în primii 12-13 cm lemn intens degradat, cu rezistențe relative la burghiere foarte reduse și aproape fără oscilații ale rezistențelor.

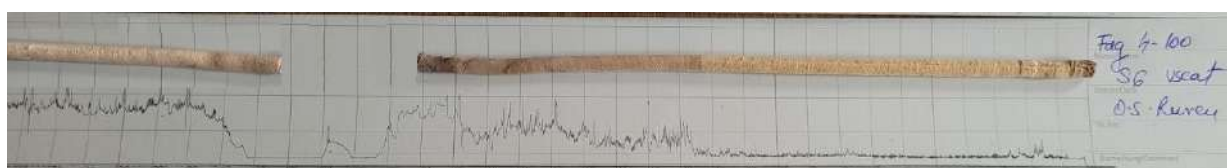


Figura 7.27. Rezistograma realizată și carota de creștere extrasă de la arborele de fag numărul 4, de pe direcția sensorului  $S_6$  de la nivelul de 100 cm (Mușat, 2024a)

De asemenea, se constată că după această porțiune, pe carotă poate fi identificată inima roșie care, de altfel, este indicată și de rezistogramă, prin creșterea rezistențelor relative la burghiere, dar și prin apariția variațiilor în ceea ce privește rezistențele lemnului. În plus, această zonă cu inimă roșie posedă spre interiorul trunchiului o zonă mai închisă la culoare, după care carota de creștere nu a mai prelevat material lemnos pe câțiva centimetri, urmând apoi continuarea carotei, pe care se observă că lemnul nu apare degradat. Această stare a fost sesizată și în teren, în momentul extragerii carotei, operatorul având mari probleme la extragerea carotei de creștere și a burghiului Pressler din trunchiul arborelui, datorită golului din interior.

Comparând informațiile redade de rezistogramă și carota de creștere (figura 7.27) cu culorile liniilor de legătură dintre senzori (figura 7.26 – a.), se observă că vitezele sunetelor de la și spre sensorul  $S_6$  nu depășesc 1000 m/s ( $S_{6-10} = 945$  m/s,  $S_{6-11} = 988$  m/s,  $S_{6-12} = 899$  m/s,  $S_{10-6} = 945$  m/s,  $S_{11-6} = 944$  m/s,  $S_{12-6} = 918$  m/s și  $S_{9-6} = 996$  m/s).

Arborele 11 nu a fost afectat de incendiu într-o măsură foarte mare, prezentând doar pe direcția nord – est o zonă cu lemn mort, cu coaja căzută și cu valuri de cicatrizare de o parte și de alta a zonei afectate. Deasupra zonei cu lemn mort scoarța este uscată și crăpată, însă întregul defect nu afectează o înălțime mare a trunchiului (figura 7.28). Analiza tomogramei realizată la 50 cm (figura 7.29 – c.) indică, în linii mari, viteze de transfer mai mari de 1500 m/s, deci lemn sănătos, însă apar unele zone cu neregularități între senzorii  $S_{8-1-2}$ , justificate de vitezele mai mici ale sunetelor transferate între acești senzori.



Figura 7.28. Defectele exterioare vizibile pe arborele de fag numărul 11 (Mușat, 2024b)

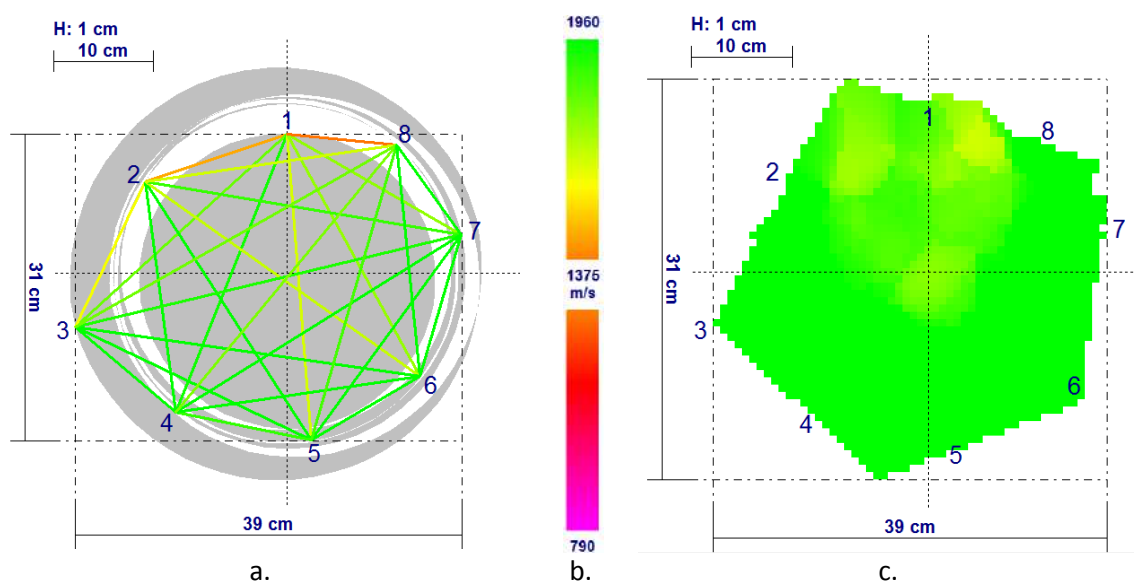


Figura 7.29. Investigațiile realizate la nivelul de 50 cm față de sol, la arborele 11 (Mușat, 2024b): a. legăturile dintre senzori; b. scala de valori; c. tomograma

La nivelul de 100 cm față de sol apare aceeași situație ca la arborele de fag numărul 2, unde vitezele de transfer ale sunetelor prin lemn între senzorii  $S_{3-4}$  sunt foarte mari ( $S_{3-4} = 2868$  m/s și  $S_{4-3} = 3374$  m/s), ceea ce conduce la culori intense de portocaliu și chiar roșu atât pe tomogramă (figura 7.30 – c.), cât și pe imaginea cu vitezele de transfer ale sunetelor între senzori (figura 7.30 – a.). Aceste valori excesiv de mari ale vitezelor sunt datorate probabil faptului că undele sonore se deplasează tangențial cu inelele anuale, într-o zonă cu lemn sănătos. Ce trebuie remarcat este însă faptul că aceste viteze mari, care conduc la o colorare aparte a tomogramei, pot induce la erori în cazul interpretării superficiale a tomogramei, fără a se ține seama de scala de viteze proprii măsurătorii (figura 7.30 – b.) și, în plus, pot masca valori mai mici ale vitezelor. Astfel, se constată că de la și spre senzorii  $S_{8-1-2}$  și chiar  $S_3$ , majoritatea vitezelor nu depășesc 1000 m/s, ba chiar apare și o valoare de 384 m/s între  $S_{7-8}$ .



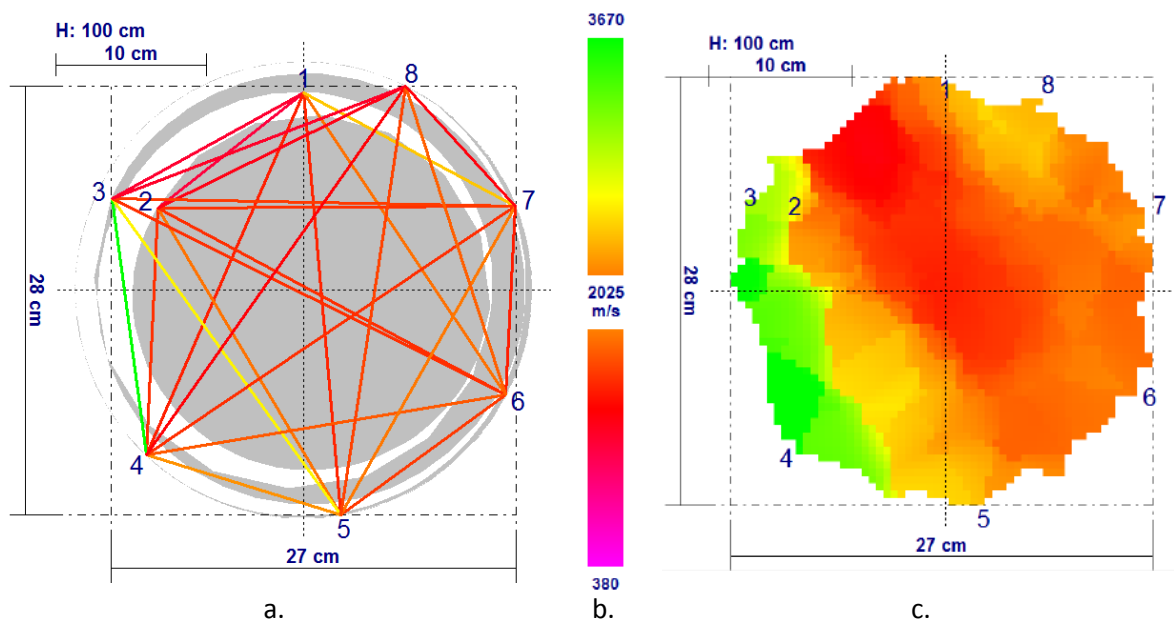


Figura 7.30. Investigațiile realizate la nivelul de 100 cm față de sol, la arborele 11 (Mușat, 2024b):  
a. legăturile dintre senzori; b. scala de valori; c. tomograma

Analizând rezistograma realizată pe direcția sensorului  $S_1$  de la nivelul de 100 cm (figura 7.31), care a parcurs întreaga secțiune a trunchiului, se observă că în primii 9 cm rezistențele sunt mai mici, ajungând chiar la jumătate din valoarea rezistențelor la burghiere înregistrate pe restul rezistogramei, care indică lemn sănătos, oscilații însemnate și rezistențe relative mari la burghiere ale lemnului din restul trunchiului. Pe carota de creștere nu apar semne clare de degradare a lemnului, însă acesta nu pare la fel de dens în primii centimetri ai probei față de restul carotei.

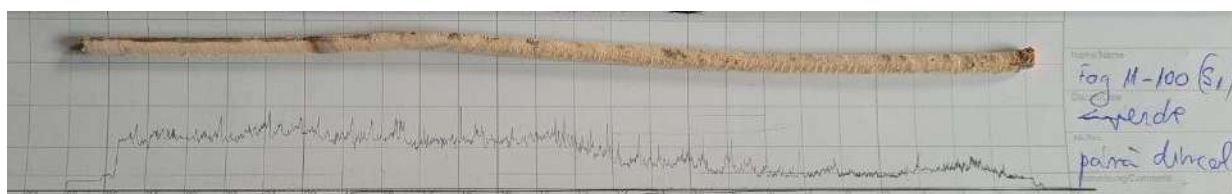


Figura 7.31. Rezistograma și carota de creștere extrase de pe direcția sensorului  $S_1$  la nivelul de 100 cm în cazul arborelui de fag numărul 11 (Mușat, 2024b)

Arborele 16 este unul aproape neafectat de incendiu, în sensul că singurul defect apare în partea de vest a trunchiului, în partea de jos, nu are o extindere prea mare și este înconjurat de țesuturi de cicatrizare (figura 7.32). În schimb, pe direcția nord - vest apare o gelivură închisă (figura 7.32), a cărei efect pare să fie identificat și pe tomogramă (figura 7.33 - c.), în sensul că pe direcția gelivurii, între senzorii  $S_{7-1}$ , apare o zonă de culoare portocalie, încadrată de galben, care caracterizează lemnul de la suprafață spre centrul trunchiului, indicând modificările structurale și neomogenitățile interne ale lemnului.

În plus, imaginea cu vitezele de transfer ale sunetelor prin lemn (figura 7.33 - a.) reconstruită de tomograf pe baza vitezelor medii ale sunetelor prin lemn, indică valori reduse între senzorii  $S_{1-2} = 751$  m/s,  $S_{2-1} = 829$  m/s și  $S_{6-1} = 996$  m/s, însă atrage atenția faptul că aproape toate undele sonore care pleacă de la sensorul  $S_7$  către senzorii  $S_1$ ,  $S_2$  și  $S_6$  sunt foarte reduse, oscilând de la 405 la 901 m/s.



Figura 7.32. Aspectul exterior al arborelui de fag numărul 16 (Mușat, 2024a)

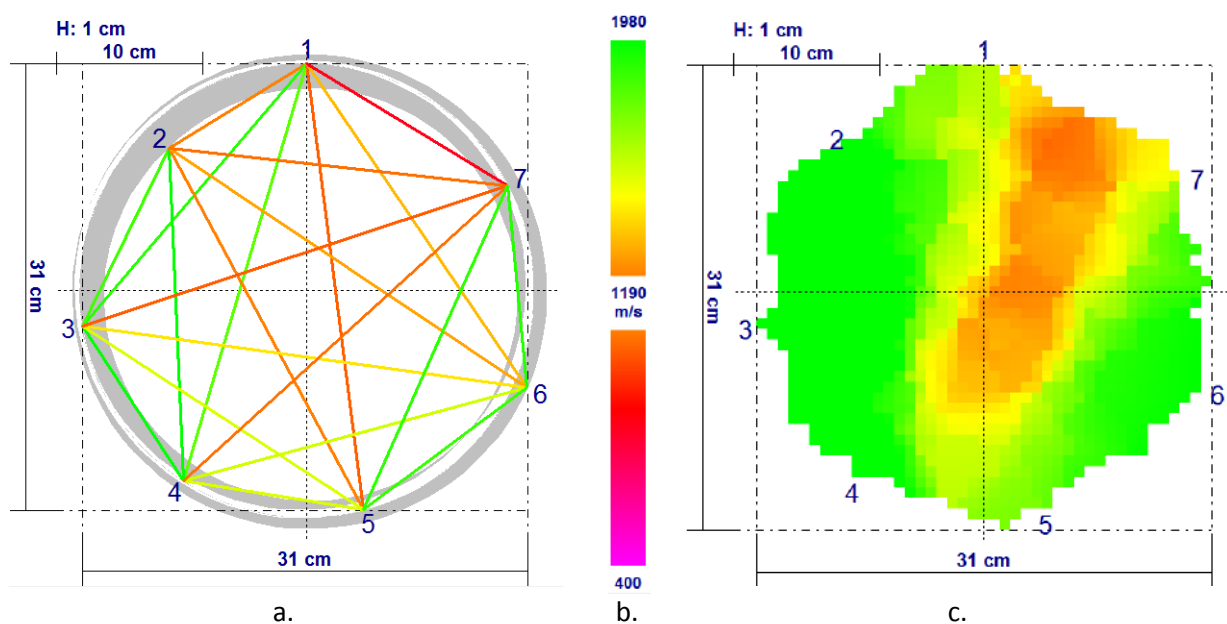


Figura 7.33. Transmiterea undelor sonore la arborele de fag numărul 16, la nivelul de 50 cm (Mușat, 2024a): a. legăturile dintre senzori; b. scala de viteze; c. tomograma

La nivelul de 100 cm față de sol, tomograma (figura 7.34 – a.) indică lemn cu caracteristici mai bune din punct de vedere structural, chiar dacă pe aceeași parte a trunchiului persistă unele neregularități interne, deci tot în zona din apropierea gelivurii. Raportat la vitezele de propagare a sunetelor prin lemn, apar valori reduse între senzorii  $S_{1-2} = 844$  m/s și  $S_{5-6} = 381$  m/s. În rest, vitezele sunt mai mari de 1100 m/s, înregistrându-se chiar o viteză de 2216 m/s între senzorii  $S_{2-3}$ .

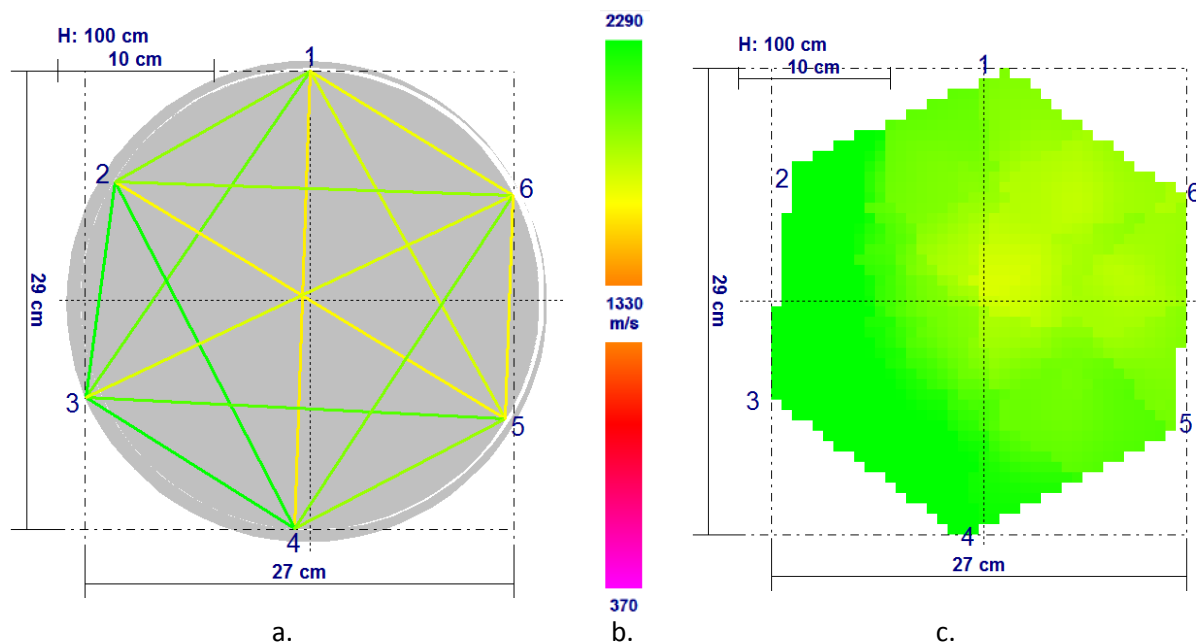


Figura 7.34. Transmiterea undelor sonore la arborele de fag numărul 16, la nivelul de 100 cm (Mușat, 2024a): a. legăturile dintre senzori; b. scala de viteze; c. tomograma

Rezistograma realizată pe direcția senzorului  $S_7$  (figura 7.35) la nivelul de 50 cm, practic chiar de lângă gelivură, indică variații și rezistențe relative importante în primii 8 cm, după care, pe aproximativ 1 cm, apare o scădere bruscă a rezistențelor. Raportat la carota de creștere extrasă din aceeași zonă, se observă că în prima parte lemnul este sănătos, după care, în zona de reducere a rezistențelor relative la burghiere, lemnul este maroniu, indicând o anumită stare de degradare.



Figura 7.35. Rezistograma realizată și carota de creștere extrasă de la arborele de fag numărul 16, de pe direcția senzorului  $S_7$  de la nivelul de 50 cm (Mușat, 2024a)

În cazul rezistogramei realizată pe direcția senzorului  $S_7$ , la nivelul de 100 cm (figura 7.36), se observă că în partea de început, pe primii 7 cm, rezistențele relative la burghiere sunt mai reduse, dar apoi cresc. În plus, existența oscilațiilor nu indică distrugerea structurii lemnului.

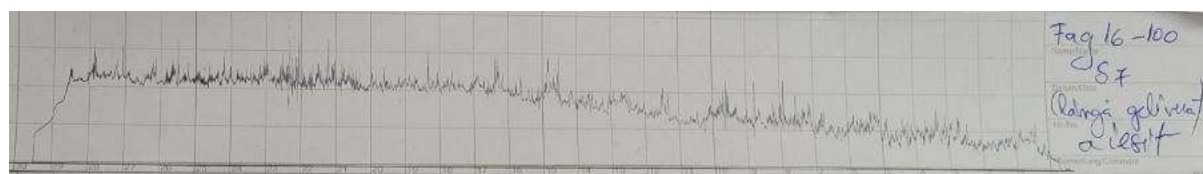


Figura 7.36. Rezistograma realizată și carota de creștere extrasă de la arborele de fag numărul 16, de pe direcția senzorului  $S_7$  de la nivelul de 100 cm (Mușat, 2024a)

## 7.6. Concluzii

Utilitatea tomogramelor sonore pentru analiza calității interne a lemnului arborilor afectați de incendii, dar rămași pe picior este necesară pentru a vedea cum a afectat incendiul arborii remanenți. Astfel, incendiul produs în 2012 a avut efecte destul de mari asupra parcelelor afectate. Arborii de molid rămași pe picior, unii cu o stare de vegetație bună, dar cu răni pe trunchi, unii cu vârfurile deja uscate, iar alții uscați în totalitate, au la interior zone cu lemn aflat în diferite stadii de degradare, dispuse

central sau marginal pe suprafața secțiunii analizate, de proporții care diferă de la exemplar la exemplar. Cu toate acestea, au fost identificați și arbori de molid care, la o primă vedere, păreau afectați de incendiu, dar care la o analiză mai amănunțită nu prezentau semne de degradare sau neuniformități în interiorul trunchiului.

În urma tomogramelor efectuate la molid cu tomograful Arbotom a rezultat că arborele martor, cu un aspect exterior excepțional, o stare de vegetație bună, la interior prezintă, în zona centrală a trunchiului, o zonă afectată în proporție mare de putregai, care se extinde de la nivelul de 50 sm spre 100 cm.

Dacă se ține seama de vârsta arborilor de molid, de 140 de ani, conform descrierii parcelare, atunci apariția putregaiului este justificată de vârsta înaintată, mai ales că arboretul în care s-au desfășurat cercetările este considerat zonă protejată, parcurs doar cu lucrări de conservare și lucrări de ajutorare a regenerării naturale, deci sănătatea internă a lemnului acestor arbori ar putea fi datorată nu incendiului în sine, ci celorlalți factori de influență, în speță vârsta arborilor. Acesta este motivul pentru care se recomandă continuarea măsurătorilor, atât în zonă, cât și în alte condiții, atât referitoare la perioada de timp scursă de la producerea incendiului, cât și la vârste diferite și condiții de mediu diferite.

Potrivit rezultatelor obținute prin utilizarea tomografului la arborii de carpen, unii arbori pot fi considerați sănătoși deoarece vitezele de propagare a sunetelor prin lemn au fost crescute, alții prezentau unele mici anomalii interne, dar au fost și arbori care au prezentat semne clare de deteriorare a calității lemnului.

Raportat la informațiile obținute ca urmare a folosirii tehnicilor invazive (rezistograful și burghiul Pressler), s-a constatat că unii arbori de carpen au prezentat o rezistență constantă, ridicată la burghiere care sugerează o sănătate structurală bună, iar alții au înregistrat rezistențe scăzute pe anumite porțiuni sau pe toată adâncimea supusă investigațiilor, ceea ce indică probleme interne serioase datorate putregaiului care afectează lemnul în diverse stadii.

Evaluarea carotelor de creștere a confirmat atât rezultatele indicate de tomograme, cât și pe cele prezente în rezistograme, deoarece au permis examinarea directă a lemnului din interiorul trunchiului.

În urma investigațiilor realizate la arborii de fag cu tomograful sonor Arbotom Rinntech și cu rezistograful IML Resi F-500S s-au constatat următoarele:

- deși rezistogramele și carotele de creștere indică mult mai exact starea reală a lemnului din interiorul trunchiului, aceste tehnici redau informații punctuale, iar pentru o imagine de ansamblu trebuie realizate mai multe determinări, ceea ce ar putea reprezenta un pericol pentru dezvoltarea ulterioară a arborelui;
- rezistograful oferă informații mult mai exacte cu privire la degradarea lemnului;
- zonele cu lemn degradat identificate de tomograf par mai reduse ca extindere comparativ cu starea reală a lemnului ilustrată de rezistograf sau observată din exteriorul trunchiului;
- arborii prezintă semne grave de degradare în exterior, ceea ce face ca în interiorul trunchiului să pătrundă agenți patogeni care conduc la distrugerea integrității lemnului;
- activitatea ciupercilor care atacă lemnul poate face ca umiditatea lemnului din zona afectată să crească, ceea ce poate influența vitezele de propagare a sunetelor prin lemn;
- în cazul în care vitezele reduse de transfer ale sunetelor prin lemn prezintă o pondere mică din numărul total al vitezelor, acestea nu au capacitatea de a modifica semnificativ tomograma reconstruită de tomograf, ceea ce se întâmplă și în cazul vitezelor reduse înregistrate între perechile de senzori apropiați.

## 7.7. Discuții

Datorită depreciierilor excesive ale lemnului la arborii prejudiciați de incendii datorate, pe de o parte, violenței și tipului incendiului, iar pe de altă parte, trecerii timpului, se ajunge la pierderi economice deosebit de însemnate, atât prin reducerea volumului de lemn de lucru ce poate fi utilizat în industrie (Lynch, 2004; Rodriguez y Silva et al., 2012), cât și a faptului că aceste arborete își continuă existența în condiții deficitare, supraviețuind cu greu factorilor perturbatori, inclusiv ciupercilor xilofage

(Lunguleasa, 2004; Beldeanu, 2008). În plus, pierderile economice se datorează și exploatării înainte de vârsta exploatabilității a arboretelor afectate de foc (Rodriguez y Silva et al., 2012). În schimb, dacă s-ar aștepta până la vârsta la care se consideră că se obțin cele mai mari volume de material lemnos cu utilizare industrială (Ciubotaru, 1998), pierderile economice ar putea fi totale, datorită deprecierei lemnului.

Cu toate acestea, folosirea tehnicilor moderne pentru evaluarea calității interne a lemnului trebuie folosite de persoane cu pregătire în acest sens, care să cunoască atât modul de funcționare al aparatelor, cât și particularitățile lemnului care pot influența interpretarea rezultatelor (Wang et al., 2009; Wu et al., 2018; Mușat, 2023). Astfel, Mușat (2023) menționează că interpretarea tomogramelor trebuie făcută în acord cu scala de viteze proprii determinării, pentru că altfel se pot trage concluzii greșite asupra stării lemnului din interiorul trunchiului. Autoarea (Mușat, 2023) a observat că, în cazul în care secțiunea analizată cu tomograful străbate atât o porțiune din trunchi, cât și o ramură concrecută, vitezele de transfer ale sunetelor prin lemn în zona ramurii sunt mult mai mari comparativ cu cele din trunchi, ceea ce a făcut ca tomograma să fie colorată cu verde doar într-o anumită zonă. Interpretarea superficială a tomogramei ar fi putut conduce la ideea că în zona cu portocaliu apare o degradare accentuată a lemnului. În schimb, la interpretarea tomogramei în acord cu scala de viteze proprie, s-a observat că zona cu verde corespunde unor viteze de peste 3000 m/s, iar cealaltă unor viteze de peste 1000 m/s, deci în ambele situații lemnul era sănătos. În ceea ce privește cercetarea de față, apare o situație similară, în sensul că, la arborii de fag 3 și 4, tomogramele ca și imaginile cu vitezele de transfer ale sunetelor între senzori sunt viu colorate în nuanțe de portocaliu, ceea ce ar induce în eroare un operator mai puțin experimentat, care ar putea spune că aceste culori indică clar lemn aflat în diverse stadii de degradare, în sensul larg în care nuanțele de galben, portocaliu și roșu corespund lemnului degradat sau cu neregularități interne, caracterizat de viteze mai reduse de transfer ale sunetelor prin lemn (Feng et al., 2014).

Situații asemănătoare în care tomograful nu ilustrează sau nu localizează corect un defect (ca poziție și extindere) a fost întâlnită și în alte studii (Wang et al., 2007; Wang et al., 2009; Liang și Fu, 2012; Feng et al., 2014). Astfel, Wang et al. (2007) menționează că o undă sonoră dezvoltată pe o singură direcție poate detecta putregaiul interior doar dacă acesta ocupă peste 20% din întreaga secțiune traversată de unda respectivă. În cazul cercetării de față, prezența putregaiului a fost evidențiată de tomograf în situațiile în care structura lemnului este distrusă într-o măsură foarte mare. În schimb, atunci când lemnul s-a aflat într-un stadiu de degradare incipientă, tomograful nu a putut ilustra cu adevărat gravitatea defectului interior. Acest aspect poate fi pus pe seama faptului că structura lemnului nu era complet distrusă de ciupercile xilofage (Martinis et al., 2004), mai ales că viteza de propagare a undelor sonore prin lemn este strâns legată de proprietățile fizice ale lemnului (Feng et al., 2014; Alves et al., 2015), în special de densitatea și umiditatea lemnului (Sandoz și Lorin, 1996; Panches, 2004; Beldeanu, 2008; Deflorio et al., 2008; Lin și Wu, 2013; Leboucher, 2014; Wang et al., 2017), dar și de modulul de elasticitate (Sandoz și Lorin, 1996; Yamazaki și Sasaki, 2010; Feng et al., 2014). În plus, tomogramele reconstruite suferă de unele alterări ale informațiilor datorită direcțiilor de propagare a sunetelor prin lemn în raport cu direcția fibrelor (Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008; Feng et al., 2014; Li et al., 2014), cunoscut fiind faptul că cele mai mari viteze de transfer apar pe direcții paralele cu fibrele, apoi urmează cele care se transferă radial și abia apoi cele care se transferă tangențial față de inelele anuale (Beldeanu, 2001; Lunguleasa, 2004; Beldeanu, 2008). Legat de acest aspect, s-a constatat că între senzorii vecini au fost obținute viteze mai mici de transfer ale sunetelor, întrucât acestea presupun o propagare tangențială a sunetelor față de inelele anuale.

Pornind de la ideea că între senzorii vecini sunetele se propagă cu dificultate, pe de o parte ca urmare a unghiului de tangență dintre direcția de propagare a sunetelor și inelele anuale, iar pe de altă parte datorită caracteristicilor exterioare ale trunchiului sau existenței diferitelor defecte de formă (caneluri – lăbărțări), Du et al. (2015) menționează că, calitatea tomogramelor în apropierea senzorilor este semnificativ mai puțin calitativă decât cea din partea centrală a trunchiului. Această afirmație s-ar putea baza și pe faptul că la periferia trunchiului sunt mai puține legături între senzori care străbat această zonă, comparativ cu zona centrală, aspect foarte important întrucât tomograma este reconstruită în raport cu vitezele medii de transfer ale sunetelor între senzori.

Apelând la investigațiile realizate cu rezistograful IML Resi F-500S și cu burghiul Pressler, au fost obținute informații suplimentare referitoare la calitatea lemnului din interiorul trunchiului. Au fost alese aceste tehnici pentru a avea o imagine clară asupra stării reale a lemnului, cunoscut fiind faptul că, deși oferă informații unidireționale (Rinn, 1994; Câmpu și Dumitrache, 2015; Proto et al., 2020), pot evidenția zonele cu putregai sau zonele în care lemnul se află în diverse stadii de degradare (Wang et al., 2009). Și de această dată, atât rezistogramele, cât și carotele de creștere au indicat mai clar starea lemnului din interiorul trunchiului, atât în cazul lemnului putred, cât și în cazul în care acesta se află în stadii diferite de descompunere. În plus, ciupercile care pot conduce la distrugerea structurii lemnului sunt diferite (Lunguleasa, 2004; Beldeanu 2008; Deflorio et al., 2008), deci și modul de acțiune și perioada de timp până la care efectele sunt vizibile poate varia. În acest sens, Deflorio et al. (2008) afirmă că la fag, deși tomogramele nu indicau prezența ciupercilor și a degradării în tulpină, probele de lemn au evidențiat aceste aspecte, reducerea densității lemnului fiind mai accentuată la atacul unor anumite specii de ciuperci comparativ cu altele (Sandak et al., 2020).

Analizând ulterior tomogramele la arborii la care a fost depistată inima roșie (3 și 4) s-a observat că defectul a influențat vitezele de transfer ale sunetelor prin lemn, printr-o creștere a valorilor. Acest aspect a fost evidențiat și de către Sandoz și Lorin (1996) care menționează că vitezele de propagare a sunetelor prin lemnul cu inimă roșie diferă față de cele din lemnul sănătos de fag. În altă ordine de idei, prezența inimii roșii în interiorul trunchiului a influențat per total vitezele de transfer ale sunetelor între senzori, acestea fiind mai mari în cazul în care unda sonoră traversa inima roșie. Pe de altă parte, vitezele mai mici de 1000 m/s au apărut aproape întotdeauna la senzorii vecini sau la cei care nu impuneau ca unda sonoră să traverseze zona cu inimă roșie. Cu alte cuvinte, prezența inimii roșii poate conduce la o creștere „artificială” a vitezelor medii de transfer a sunetelor prin lemn care, în final, poate afecta corectitudinea tomogramei reconstruite de tomograf, conducând la o idee eronată cu privire la sănătatea lemnului din trunchi, motiv pentru care se recomandă și în literatura de specialitate (Tarasiuk et al., 2007; Siegert, 2013; Feng et al., 2014) realizarea unor investigații suplimentare, mai ales în cazul unor defecte sau semne exterioare, care indică o degradare intensă a lemnului.

Interpretând informațiile obținute din investigațiile practicate la arborele de fag numărul 4, la care pe carotă a fost identificată inima roșie, se constată că aceasta, prin suprafața pe care o ocupă la nivelul secțiunii analizate, poate conduce la o creștere artificială a vitezelor de propagare a sunetelor prin lemn. În schimb, dacă suprafața pe care o ocupă inima roșie în secțiunea transversală a trunchiului este una redusă, iar lemnul din jur este degradat, cu structura distrusă de ciuperci, substanțele de duramenificare acumulate în lemn, cu toate proprietățile lor de a crește densitatea și rezistențele lemnului, nu pot compensa degradarea excesivă a lemnului de ciuperci, fapt care face ca tomograma să indice viteze de propagare mai mici ale sunetelor, deci o imagine care să corespundă mai mult cu realitatea.

Un aspect ce trebuie menționat apare în cazul arborelui de fag numărul 16, care prezintă o gelivură închisă în partea de vest, spre baza trunchiului. Gelivura, numită și crăpătură de ger (Ciubotaru, 1998; Beldeanu, 2001; Câmpu și Dumitrache, 2015) este o crăpătură care afectează preponderent foioasele, cu dispunere radială, dezvoltată în lungul trunchiului, care se produce iarna din cauza tensiunilor generate de contragerea lemnului la scăderea puternică și bruscă a temperaturilor (Beldeanu, 2001; Beldeanu, 2008; Câmpu și Dumitrache, 2015). Ca urmare a tendinței arborelui de a acoperi rana, gelivura este însoțită de țesuturi de cicatrizare, cu creșteri particulare, care par să influențeze vitezele de transfer ale sunetelor prin lemn. Astfel, întreruperile existente în lemn, datorate crăpăturii de ger, fie ea închisă sau deschisă, se reflectă prin viteze de transfer mai reduse între senzori, deci la o colorare a tomogramei în nuanțe de portocaliu în zona respectivă, cuprinsă între senzorii  $S_7$  și  $S_1$ . Acest lucru poate susține afirmațiile din literatura de specialitate (Garrett, 1997; Brancheriau et al., 2012; Lin și Wu, 2013; Du et al., 2015) potrivit cărora în lemnul sănătos sunetele se propagă în linie dreaptă, ceea ce duce la viteze mari de transfer, în schimb în lemnul cu defecte și goluri interne, în cazul unor întreruperi în structura lemnului, sunetele ocolesc zonele respective, astfel că vitezele sunt mai reduse (Lin și Wu, 2013; Feng et al., 2014; Du et al., 2015).

## 7.8. Diseminarea rezultatelor

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: **3** articole ISI, **1** articol Proceedings ISI aflat în evaluare (Hardwood Conference 2024); **2** articole indexate în baze de date internaționale și **2** articole acceptate spre a fi prezentate la o conferință internațională.

### Articole ISI:

1. **Mușat, E.C.**, 2024b. *Impact of forest fires on the trees and wood quality – A case study for a beech stand*. Fire, Special Issue Post-fire effects on environment, vol. 7(9), ID articol 325. **Factor de impact 2023: 3,000. Scor relativ de influență 2023: 2,133.** DOI: [10.3390/fire7090325](https://doi.org/10.3390/fire7090325). Articol publicat: 18.09.2024, încă neindexat. Jurnal: <https://www.mdpi.com/2571-6255/7/9/325>. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/jsAJyHEdYFZRidp>
2. **Mușat, E.C.\***, 2024a. *How well can sound tomograms characterize inner-trunk defects in beech trees from a burned plot?*. BioResources, vol. 19(4), pp. 7530-7565. **Factor de impact 2023 = 0,464. Scor relativ de influență 2023 = 1,111.** DOI: [10.15376/biores.19.4.7530-7565](https://doi.org/10.15376/biores.19.4.7530-7565). Jurnal: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/how-well-can-sound-tomograms-characterize-inner-trunk-defects-in-beech-trees-from-a-burned-plot/> Publicat: 27.08.2024 încă neindexat. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Yy4WmBEe7SWkyEk>
3. **Mușat, E.C.\***, 2023. *The agreement in accuracy between tomograms, resistograms and the actual condition of the wood from lime trees harvested from cities*. In: *Bioresources*, vol. 18(1), pp. 1757-1779. **Factor de impact 2023 = 0,464. Scor relativ de influență 2023 = 1,111.** DOI: [10.15376/biores.18.1.1757-1779](https://doi.org/10.15376/biores.18.1.1757-1779). Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/zF5GmWPCms4swGP>

### Proceedings ISI:

1. **Mușat, E.C.\***, Vântoiu, C.O., Salcă, E.A., 2024b. *The impact of litter fires on the internal structure of wood from stemm of beech trees*. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Hardwood Confrence*, 30-31 May 2024, Sopron, Hungary – în review. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/F8akqKroa9KfgP5>

### Articole BDI:

1. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A.\*, Barti, M.E., Dumitru-Dobre, C., 2020. *Analysis of sound velocity through the wood of spruce trees lacated into a burned area*. **Articol susținut la: International Symposium „Forest complex in the digital economy”, dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the foundation of Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University** (ex. Moscow Forest Technical Institute – Moscow State Forest University), 2 – 5 December, 2019, Moscow, Russia. Publicat în: *Forestry Bulletin*, T.24, nr. 4, pp.98-109. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Xy9Q3mtFaaBBpye>
2. **Mușat, E.C.\***, 2017: *Analysing the sound speed through the wood of horse chestnut trees (Aesculus hippocastanum L.)*. In: *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II – Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*, vol. 10(59), no. 1, Special Issue, pp. 55-66. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/5wMkc3YdnLaXnF8>

### Articole acceptate pentru susținere la conferințe internaționale:

1. Olaru-Zafiescu, A., Tesileanu, A.E., Mitrofan, I., **Mușat, E.C.\***, 2024. *Assessment of wood quality at spruce trees affected by a forest fire*. Acceptat spre susținere la: 11 International Symposium Forest and Sustainable Development, 17-18 October 2024, Brașov, Romania.
2. Tesileanu, A.E., Olaru-Zafiescu, A., Mitrofan, I., **Mușat, E.C.\***, 2024. *The impact of forest fires on trees development and wood quality, using non-destructive and destructive methods*. Acceptat spre susținere la: 11 International Symposium Forest and Sustainable Development, 17-18 October 2024, Brașov, Romania.

## Capitolul VIII. Resursele de lemn în contextul actual. Pierderi și posibilități

Cantitățile de lemn exploatare la nivel mondial sunt extrem de mari, însă acestea reușesc cu greu să acopere cererea aflată în continuă creștere. Din acest considerent, este important să se cunoască, pe de o parte, factorii care conduc la pierderi de masă lemnoasă și cantitățile de lemn aferente doborâturilor de vânt, ce reprezintă unul dintre principalii factori destabilizatori ai pădurilor, care întrerup dezvoltarea normală și modul firesc de gospodărire. Pe de altă parte, este deosebit de importantă cunoașterea alternativelor pentru a obține material lemnos pretabil anumitor valorificări, care nu impun nici materie primă de calitate superioară și nici dimensiuni mari. Astfel, rezidă importanța valorificării resturilor de exploatare și instalarea culturilor din specii repede crescătoare, care să suplinească cantitățile de lemn de mici dimensiuni ce pot fi utilizate în scop energetic sau chiar pentru producția unor plăci din aşchii de lemn.

În plus, vegetația forestieră în diverse asociații poate ajuta la protejarea culturilor agricole și a căilor de comunicații, prin crearea unor perdele forestiere de protecție. Acestea, pe lângă rolul de protecție, pot asigura, la anumite intervale de timp, și o oarecare cantitate de lemn ce poate fi valorificată. De asemenea, prin alegerea speciilor din componența perdelei forestiere se pot obține inclusiv fructe de pădure din categoria măceșe, fructe de păducel, mure și cătină, întrucât este binecunoscut faptul că perdelele forestiere trebuie să cuprindă inclusiv specii cu spini, care să oprească pătrunderea animalelor sălbatice pe drumuri.

### 8.1. Introducere

La nivel global, suprafața păduroasă a înregistrat fluctuații care au devenit din ce în ce mai vizibile și mai îngrijorătoare în ultimele decenii (Palaghianu, 2007; Meddour-Sahar et al., 2013), chiar dacă pădurile reprezintă cea mai importantă resursă de energie regenerabilă de pe planetă (Ene et al., 2013; Moskalik și Gendek, 2019), având un rol esențial în ciclul carbonului în natură (Palaghianu, 2007; Moradi et al., 2022). Unul dintre principalii factori care a condus la distrugerea pădurilor a fost omul, care a tăiat pădurile pentru a obține suprafețe pretabile culturilor agricole (Palaghianu, 2007; Meddour-Sahar et al., 2013). Acest lucru a fost practicat la nivel mondial, însă cele mai mari modificări în categoria de folosință a terenurilor au fost înregistrate în zonele tropicale (Palaghianu, 2007; Armenteras et al., 2017).

Importanța pădurilor în menținerea echilibrului ecologic, pe de o parte, și distrugerea acestuia, pe de altă parte, conduce la nevoia de cooperare între specialiști din diverse domenii, întrucât pădurile sunt cele mai importante surse de materiale regenerabile, a căror dispariție poate avea consecințe drastice asupra viitorului. În prezent, apar numeroase preocupări care încearcă să rezolve probleme cu care se confruntă omenirea cu privire la schimbările climatice, care implică efecte directe asupra stării, sănătății și dezvoltării pădurii, prin atacurile de boli și dăunători, incendiile forestiere catastrofale din ce în ce mai frecvente și mai violente, și doborâturile de vânt și zăpadă.

Datorită fragilității ecologice și structurale la acțiunea factorilor de mediu, a importanței ecologice și eco-productive, ecosistemele forestiere, și în special cele de molid, au constituit obiectul unor studii complexe și interdisciplinare (Bolea et al., 1996; Töke, 1996; Szabó, 1998; Popa, 1999b; Grudnicki, 2004; Badea și Neagu, 2007; Popa, 2007; Bartens et al., 2010; Pătrăucean, 2012; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012). Cu toate acestea, evaluarea riscului de cădere pe care îl poate prezenta un arbore (Matheny și Clark, 2009) este o activitate foarte dificilă, deoarece trebuie studiate atât aspectele legate de biomecanica arborilor (arhitectură, structură, degradări și defecte, caracteristici ale rădăcinilor, proprietățile lemnului), cât și condițiile staționale (topografie, geomorfologie, soluri și hidrologie) și condiții meteorologice (furtuni obișnuite și catastrofale, vânt, zăpadă, gheață și ploaie).

Spre deosebire de alte materiale, arborii, ca țesuturi vii, au capacitatea de a crește, iar consecința acestei creșteri o reprezintă chiar schimbarea dimensiunilor și a proprietăților mecanice



(Grudnicki, 2003). Creșterea verticală a arborilor este condiționată, în principal, de mișcările de încovoiere rezultate ca răspuns la vânt și gravitație (Almérás și Fournier, 2009).

Greutatea proprie, masele de aer în mișcare, cu sau fără precipitații, solicită arborii, în special, la compresiune și încovoiere (Grudnicki, 2003), iar intensitatea acestor forțe, corelată cu alți factori specifici, poate afecta stabilitatea arborilor. Cunoașterea comportamentului biomecanic al arborilor la solicitările factorilor destabilizatori reprezintă o etapă esențială în înțelegerea stabilității (Mușat și Ciubotaru, 2015), fiind influențată de particularitățile și însușirile fiecărei părți componente a arborelui. Întrucât stabilitatea arborilor depinde de răspunsul la solicitările mecanice naturale exterioare, arborii au fost considerați, pentru prima dată (Grudnicki, 2003), structuri biometrice optime.

Pe de altă parte, creșterea demografică și a nivelului de trai reprezintă principalii factori care conduc la cererea din ce în ce mai mare de lemn, în condițiile în care sursele tradiționale de lemn, în speță pădurile, prezintă o oarecare limită, chiar dacă sunt resurse regenerabile. Aceste limitări se referă, în primul rând, la faptul că suprafața pădurilor se restrânge din ce în ce mai mult pentru a face loc altor culturi, situație întâlnită mai ales în zona tropicală, și în al doilea rând, la faptul că pădurea implică anumite limite fiziologice de creștere pentru a obține cele mai mari volume de lemn, de calitate superioară.

În aceste condiții, devine imperios necesară găsirea unor soluții prin care să fie asigurat un volum de lemn necesar utilizărilor care nu impun calitate sporită sau dimensiuni mari (Corder, 1975; Corder, 1976; Gavralos et al., 2010; Iancu et al., 2019). O primă soluție ar consta în sporirea indicelui de valorificare a masei lemnoase oferită anual spre exploatare. Acest lucru poate fi realizat doar prin construcția de drumuri noi care să conducă la o accesibilizare mai bună a fondului forestier, ceea ce ar face ca toate arboretele să fie parcurse la timp cu lucrările de îngrijire și conducere a arboretelor și să se reducă presiunea pe suprafețele accesibile. În plus, una dintre direcțiile de acțiune ar putea consta în valorificarea resturilor de exploatare, definite ca „volumul de masă lemnoasă provenit din arborii marcați, care rămâne în parchet după colectare și care constă din capete, așchii, rupturi, crăci, vârfuri, tape, butuci și bușteni” (Ciubotaru, 1998). Chiar dacă la o primă vedere s-ar putea spune că aceste resturi sunt în cantități mult prea reduse pentru a fi valorificate, în unele studii (Ciubotaru, 1998; Krankina et al., 2002; Waldendorp et al., 2002; Folkel, 2007; Rahman et al., 2008) se menționează că acestea pot atinge 12 – 40 m<sup>3</sup>/ha, în funcție de volumul arborelui mediu, specie, metoda de exploatare aplicată, volumul exploatat, condițiile de lucru și, bineînțeles, de dotarea tehnică. Resturilor de exploatare le sunt atribuite două roluri, unul economic și altul ecologic, total contrare, dar a căror echilibrare se poate face doar prin cunoașterea caracteristicilor masei lemnoase care constituie resturile de exploatare, a posibilităților de colectare și valorificare, precum și a cerințelor impuse de dezvoltarea favorabilă a ecosistemelor forestiere (Cacot et al., 2003).

Biomasa lemnoasă pentru producția de energie poate fi procurată din surse variate, precum păduri, reziduuri și produse conexe din industria procesatoare a lemnului și culturi dedicate. Printre culturile dedicate, culturile de salcie de rotație scurtă (SRC) au potențialul de a deveni o bună sursă de venit pentru fermieri (Manzone și Balsari, 2014) în timp ce pot să acționeze și ca vectori de stocare a carbonului pe termen scurt (Hammar et al., 2014). Astfel de culturi pot fi înființate pentru a răspunde mai multor necesități, cum ar fi: producerea de biomasă în scop energetic (Adler et al., 2005; Labreque și Teodorescu, 2005; Arevalo et al., 2007; Wilkinson et al., 2007; Stolarski et al., 2008; Amichev et al., 2011; Leval et al., 2012; Borowska și Molas, 2013) și ameliorarea unor factori legați de poluarea mediului, precum reciclarea apelor reziduale (Börjesson și Berndes, 2006; Holm și Heinsoo, 2013) care pot chiar să influențeze pozitiv creșterea salciei (Dimitriou și Aronsson, 2011), absorbția de metale grele (Mleczeck et al., 2010; Scriba et al., 2017), inclusiv în aplicații comune vizând și obținerea de hrană din culturi mixte (Ghaley și Porter, 2014).

În România, introducerea culturilor de salcie cu rotație scurtă pentru scopuri energetice este relativ recentă, dar s-au înregistrat progrese semnificative în extinderea acesteia, în mod special în centrul țării. Astfel, începând cu anul 2007 și continuând cu perioada 2008 – 2010, în România, mai exact în județele: Covasna, Harghita, Mureș etc., s-au înființat o serie de culturi pilot de salcie folosind material de reproducere de origine nordică. Scopul a fost acela de a testa dacă o asemenea cultură poate furniza materia primă pentru aplicații energetice.

Anumite cantități de lemn și fructe de pădure pot proveni și de la asociații de specii forestiere, de tipul perdelelor forestiere de protecție, a căror importanță este evidențiată de numeroase studii (Guillett, 1986; Johnson și Brandle, 2003; Vasilescu, 2003; Dănescu et al., 2007; Vasilescu et al., 2007; Griffiths et al., 2008; Davis et al., 2013; Van Thuyet et al., 2014; Cai et al., 2021). Practic, acestea reprezintă bariere naturale de protecție, proiectate pentru a reduce viteza vântului (Johnson și Brandle, 2003; Van Thuyet et al., 2014) și pentru a proteja suprafețele din vânt și de sub vânt (Carborn, 1957; Van Thuyet et al., 2014; Lavrov et al., 2021), fiind construite din una sau mai multe specii, dispuse pe unul sau mai multe rânduri (Mize et al., 2008; Vasilescu, 2008; Cai et al., 2021).

Elementele de care trebuie să se țină seama la proiectarea unei perdele forestiere de protecție, în plus față de rolul pe care trebuie, în primul rând, să-l îndeplinească, sunt înălțimea, lungimea, densitatea și locul de amplasare, precum și numărul de rânduri și speciile ce urmează să fie utilizate (Van Thuyet et al., 2014; Cai et al., 2021; Lavrov et al., 2021). Astfel, pentru a avea eficiență maximă în scopul pentru care au fost înființate, perdelele forestiere de protecție trebuie să fie constituite din două – patru rânduri și să cuprindă atât specii de arbori, cât și specii de arbuști (Johnson și Brandle, 2003). Speciile de arbori de mărimea a III-a și cele de arbuști pot fi poziționate pe părțile laterale ale perdelei forestiere, în exterior, iar speciile de arbori de mărimea I și a II-a pe partea centrală a perdelei forestiere de protecție (Johnson și Brandle, 2003; Lavrov et al., 2021).

## **8.2. Pierderile de lemn datorate doborâturilor de vânt**

### **8.2.1. Principalii factori care conduc la doborâturi de vânt**

Schimbările climatice globale, prin modificarea elementelor meteorologice, conduc și la modificări în ceea ce privește stabilitatea arborilor la acțiunea vântului (Popa, 1999a). Dintre factorii de mediu care influențează stabilitatea arborilor, vântul și zăpada joacă un rol deosebit de important, afirmație susținută de numeroasele cercetări desfășurate de-a lungul anilor (Peltola et al., 1993; Simionescu, 1993; Munteanu, 1996; Nicoll și Ray, 1996; Stokes și Mattheck, 1996; Gardiner și Quine, 2000; Ungur, 2002; Grudnicki, 2003; Cenușă și Barbu, 2005; Dorren și Berger, 2005; Brüchert și Gardiner, 2006; Byrne și Mitchell, 2007; Achim și Nicoll, 2009; Tikhonova et al., 2009; Gardiner et al., 2010; Jinxin et al., 2012; Zubizarreta – Gerendiain et al., 2012; Ciftci et al., 2013; Găbrian și Budeanu, 2013; James et al., 2013; Jim și Zhang, 2013). Însă, Ionașcu și Nicolescu (1996) menționează că doborâturile de vânt se produc, la scară redusă, în fiecare an, dar apar și situații când aceste fenomene se manifestă pe suprafețe mari, cu efecte distrugătoare asupra pădurilor.

Popa (2007) precizează că structura și funcționarea ecosistemelor forestiere montane este puternic afectată de acțiunea perturbatoare a vântului. Potrivit lui Popa (2001), doborâturile produse de vânt constituie principalul factor de stres al ecosistemelor forestiere montane, cu implicații majore atât în plan economic (Gardiner și Quine, 2000; Byrne și Mitchell, 2007; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012), cât și ecologic. Impactul economic al acestor prejudicii este semnificativ în cazul managementului forestier (Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012), deoarece se reduce randamentul la prelucrare a buștenilor, dar cresc și costurile pentru recoltările neprogramate prilejuite de aceste degradări. Pe de altă parte (Simionescu et al., 2007; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012), apare pericolul atacurilor de insecte asupra arborilor rămași în pădure. În plus, recoltarea arborilor din doborâturile și rupturile de vânt și zăpadă este extrem de periculoasă pentru muncitori (Ciubotaru, 1998).

### **8.2.2. Pierderi de material lemnos înregistrate la nivel european**

Potrivit datelor din literatura de specialitate (Popa, 2007), la nivel european se constată o creștere a frecvenței și a amplitudinii doborâturilor de vânt, mai ales în perioada 1965 – 1990, când volumul doborâturilor produse de vânt a fost de două ori mai mare decât cel înregistrat în secolul XIX. Găbrian și Budeanu (2013) menționează că, în perioada 1950 – 2000, la nivelul Europei, volumul mediu anual rezultat în urma acțiunii factorilor biotici și abiotici a fost de 35 milioane m<sup>3</sup> (adică circa 8% din volumul planificat a fi exploatat), din care vântul a fost responsabil pentru 53% din pagube. Gardiner și colaboratorii săi (2010) precizează și că în perioada amintită, în pădurile Europei s-au produs peste 130 furtuni, ceea ce este echivalent, în medie, cu două fenomene de acest tip pe an. Doll (1992) citat de

Popa (1999a) menționează că la nivelul Europei, numai în anul 1990 au fost afectate, într-o singură noapte, peste 110 milioane  $m^3$ .

În perioada 1950 – 1980, în Finlanda (Laiho, 1987 citat de Peltola et al., 1993) au fost pierdute aproape 20 milioane  $m^3$  de material lemnos datorită doborâturilor de vânt. Potrivit lui Zubizarreta-Gerendiain și colaboratorilor săi (2012), tot în Finlanda, în toamna anului 2001, au fost prejudiciate 7 milioane  $m^3$  de bușteni în timpul a două furtuni (Pyrö și Janike). În anul 2010, patru furtuni de vară au condus la prejudicierea a 8 milioane de  $m^3$  de buștean, iar în decembrie 2011 au fost prejudiciate alte 3,5 milioane de  $m^3$ .

În ultimii 20 de ani, la nivel european, s-au abătut trei furtuni catastrofale, dintre care, furtuna Vivian, din perioada 25 ianuarie – 1 martie 1990, se consideră a fi furtuna secolului în Elveția (Dobbertin, 2002 citat de Găbrian și Budeanu, 2013), întrucât a determinat ruperea sau deșchimbarea a 120 – 130 milioane  $m^3$  de masă lemnosă (Doll, 2000 citat de Gardiner et al., 2010), de pe teritoriul a 14 țări, pagubele ridicându-se la circa 13 miliarde de euro (Gardiner et al., 2010). Conform literaturii de specialitate (Găbrian și Budeanu, 2013), în decembrie 1999 s-au produs trei furtuni cu un impact deosebit de puternic (Anatol, Lothar și Martin), care au afectat, în 15 țări, un volum total de masă lemnosă de peste 240 milioane  $m^3$ .

La nivelul Europei Centrale, datorită furtunii Lothar, care a lovit cu o magnitudine de 45 m/s (160 km/h – Schütz, 2006), au fost înregistrate pierderi de aproximativ 185 milioane  $m^3$  în nordul Franței (26 – 28 decembrie 1999 – Doll 2002 citat de Găbrian și Budeanu, 2013), sud-estul Germaniei și nordul Elveției. Viteza maximă a vântului (241 km/h) s-a înregistrat în regiunea Zurich (Uetliberg Hill la 900 m altitudine) și a condus la doborâturi de vânt pe suprafețe întinse, care au afectat aproape 3% din păduri (Schütz, 2006), cauzând rupturi sau deșchimbări ale arborilor. Conform celor menționate de Lopes și colaboratorii săi (2007, citați de James et al., 2013), daunele au fost estimate la mai mult de 10 bilioane de dolari americani.

În 8 – 9 ianuarie 2005 s-a produs o altă furtună (Găbrian și Budeanu, 2013), care a afectat circa 87 milioane  $m^3$ , cele mai mari pagube (70 – 75 milioane  $m^3$ ) fiind înregistrate în Suedia (Collin et al., 2006 și Gardiner et al., 2010 citați de Găbrian și Budeanu, 2013).

### **8.2.3. Pierderi de material lemnos înregistrate la nivelul României**

În România, efectele vântului asupra pădurii au existat dintotdeauna, dar primele însemnări certe cu privire la aceste fenomene au apărut în 1844 (Vaillant citat de Marcu et al., 1969 citat de Popa, 2007), când a fost descrisă o doborâtură de vânt produsă în anul 1838 la Sinaia, urmată de cea din 1943 din Bucovina, relatată de Fischer (citat de Ichim, 1988, citat apoi de Popa, 2007). În literatura de specialitate din România (Simionescu, 1993) apar menționate și doborâturile din 1947, produse în Bucovina. Aceiași sursă (Simionescu, 1993) precizează și doborâturile produse în Bucovina în toamna anului 1964, când au fost înregistrate viteze ale vântului de 140 – 150 km/h ce au condus la prejudicierea unui volum de 5.279 mii  $m^3$ , dintre care 2.038 mii  $m^3$  în masă (1605 ha). Altă sursă (Găbrian și Budeanu, 2013), menționează că, la nivelul României, în septembrie și noiembrie 1964 au fost afectate, prin doborâturi de vânt, circa 7 – 8 milioane  $m^3$ .

Analizând dinamica temporală a volumului lemnos cumulat, afectat de doborâturile de vânt produse în România, Popa (2007) atrage atenția asupra tendinței de creștere exponențială a volumului prejudiciat, delimitând astfel perioada de până în 1947 – 1948, caracterizată printr-o frecvență și o intensitate relativ redusă a fenomenului, de perioada 1947 – 1948 și 1974 – 1975, când au fost înregistrate cele mai puternice doborâturi de vânt din România, fiind afectat un volum de peste 30 milioane  $m^3$ , numai în ultimul sfert de secol. De asemenea, în literatura de specialitate (Găbrian și Budeanu, 2013) mai sunt semnalate și alte doborâturi de vânt care au afectat România, dintre acestea, cele mai importante fiind cele din iulie și septembrie 1969 (10 milioane  $m^3$ ), noiembrie 1971 (1,4 milioane  $m^3$ ) și noiembrie 1973 (3,1 milioane  $m^3$ ). Semnificative sunt și doborâturile de vânt din noiembrie 1995 (Popa, 1999a), când au fost calamitate 141.657 ha, cu un volum de material lemnos de 7,9 milioane  $m^3$ .

Potrivit datelor oficiale prezentate de Regia Națională a Pădurilor, factorii destabilizatori au continuat să afecteze stabilitatea arboretelor, astfel că, în perioada 2008 – 2012, la nivel național, a fost calamitat un volum de 2.902,07 mii  $m^3$  (figura 8.1), ceea ce corespunde unei medii anuale de 580,4 mii

m<sup>3</sup>. Și în anul 2013 au fost înregistrate fenomene meteorologice cu caracter deosebit, care au produs doborâturi de vânt atât în arboretele de rășinoase, cât și în cele de amestec de fag cu rășinoase din zona de munte, dar amplitudinea acestora s-a situat la un nivel mult mai scăzut față de anul precedent.

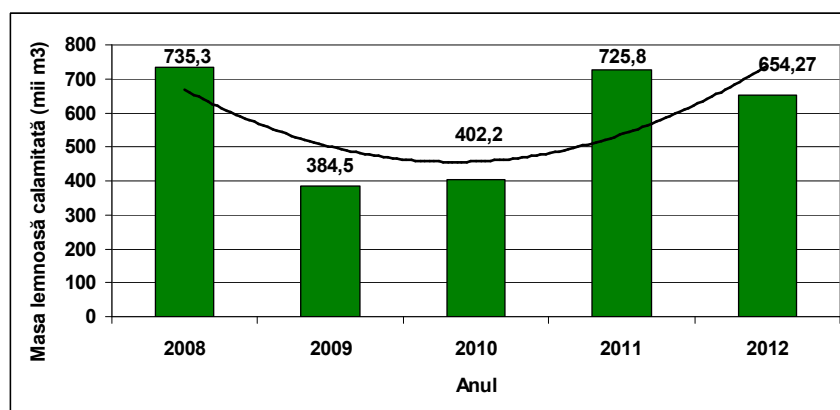


Figura 8.1. Volumul afectat de doborâturi de vânt, la nivel național, în perioada 2008 – 2012 (Mușat et al., 2016e)

#### 8.2.4. Concluzii

Informațiile din literatura de specialitate atrag atenția asupra creșterii frecvenței doborâturilor de vânt pe plan european, ceea ce conduce la ideea că ar trebui concepute măsuri speciale de conducere a arboretelor în scopul creșterii rezistenței acestora la acțiunea perturbatoare a vântului. Efectele acestor catastrofe nu se resimt doar pe plan economic, ci și ecologic, prin aceea că volumele de lemn afectate de doborâturi trebuie extrase în cel mai scurt timp posibil pentru a evita infestarea lemnului și a arborilor rămași pe picior cu dăunători biotici și apariția, în acest fel, a unor focare care pot afecta și arboretele vecine, neprejudicate de vânt.

### 8.3. Valorificarea lemnului de mici dimensiuni provenit din resturi de exploatare și plantații cu cicluri scurte de rotire

#### 8.3.1. Locul cercetărilor și metodologia de lucru

Pentru cunoașterea caracteristicilor resturilor de exploatare, cercetările s-au desfășurat într-un parchet de munte în care au fost aplicate tăieri accidentale I într-un arboret de molid cu vârsta de 120 de ani. Alegerea acestui tip de arboret se bazează pe aceea că la nivel național 30% dintre păduri sunt localizate în zona de munte, iar 30,7% dintre acestea sunt păduri de rășinoase, aspect reflectat și în structura masei lemnoase exploatare, unde ponderea rășinoaselor este de circa 39% (\*\*\*, 2012). În parchet a fost exploatat un volum de 451 m<sup>3</sup> (131 arbori), colectarea realizându-se cu un tractor universal U-651M prin metoda sortimente și multipli de sortimente. Pentru culegerea datelor din teren s-a aplicat metoda selectivă, mecanică, prin care peste suprafața parchetului a fost aplicat un caroiu cu echidistanța de 100 m. La intersecțiile liniilor caroiului s-a trasat câte un pătrat cu latura de 5 m, aflat cu centrul de greutate chiar în nodul rețelei. În urma acestui raționament au rezultat 15 suprafețe de probă, fiecare cu aria de 25 m<sup>2</sup>, în interiorul cărora resturile de exploatare au fost inventariate integral. De menționat este că după delimitarea suprafeței de probă cu sfoară au fost luate în considerare resturile lemnoase cu diametrul la capătul gros mai mare de 5 mm și lungimea mai mare de 10 cm, care se aflau în suprafețele de probă. În situațiile în care aceste materiale depășeau din suprafață, erau secționaste astfel încât să fie luate în considerare doar cele aferente suprafeței. Diametrele au fost măsurate cu un șubler electronic cu precizia de 0,1 mm, lungimea cu ruleta (cu precizia de 1 cm), iar masa cu un cântar electronic portabil, cu precizie de 50 grame, notându-se diametrele la ambele capete, cu și fără coajă.

În ceea ce privește culturile de salcie energetică, lucrările de teren s-au desfășurat în zone diferite, în funcție de scopul urmărit. Astfel, pentru evaluarea caracteristicilor dimensionale și a

umidității corespunzătoare așchiilor de salcie energetică cercetările s-au desfășurat în localitatea Poian, județul Covasna, într-o cultură de salcie energetică de trei ani, care a fost recoltată în sezonul de repaus vegetativ (noiembrie 2022 – ianuarie 2023), dar lăsată în parcelă și ulterior tocată în mai 2023 cu ajutorul unui tocător Heizohack HM 8-400 acționat de la priza de putere a tractorului (figura 8.2).



Figura 8.2. Cultura de salcie energetică (a.) și depozitul de tocătură (b.) din Poian, județul Covasna (Scriba și Mușat, 2023)

Tocătura a fost depozitată pe o platformă betonată, transporturile de tocătură fiind aduse la date diferite (februarie 2023, 10.05, 12.05 și 17.05. 2023 – figurile 8.3). Din fiecare grămadă au fost colectate probe ce au fost duse în laborator, au fost puse în cutii de carton și s-a măsurat masa atât pentru tocătură, cât și pentru cutiile de carton, apoi au fost lăsate în laborator timp de 4 zile (19 – 22.05.2023) – figura 8.4. Ulterior au fost uscate în etuvă și s-au realizat cântăriri la anumite intervale de timp până în momentul în care așchiile au fost considerate uscate. În plus, fiecare așchie supusă determinărilor cu privire la umiditate a fost măsurată cu un șubler electronic, cu o precizie de 0,1 mm pentru a se determina lungimea, lățimea și grosimea (figura 8.5).



Figura 8.3. Tocătura adusă în depozit la date diferite (Scriba și Mușat, 2023)



Figura 8.4. Eșantioanele de tocătură pregătite pentru determinări (Scriba și Mușat, 2023)

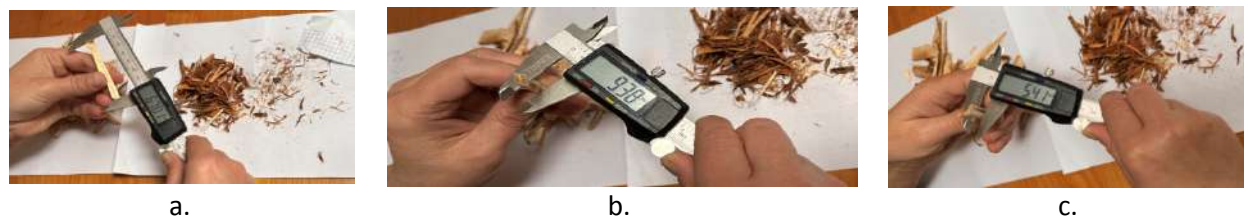


Figura 8.5. Măsurarea așchiilor (Scriba și Mușat, 2023): a. lungimea; b. lățimea; c. grosimea

### 8.3.2. Structura și caracteristicile resturile de exploatare dintr-un parchet de rășinoase

Ca urmare a lucrărilor de teren din cele 15 suprafețe de probă, cu o suprafață totală de 3.750 m<sup>2</sup>, au fost inventariate 1.750 de piese cu un volum total, cu coajă, de 1,51 m<sup>3</sup>. Toate piesele investigate au fost repartizate pe categorii de lungimi (tabelul 8.1) și pe categorii de diametre (tabelul 8.2), considerat la capătul gros, cu coajă.

Tabelul 8.1. Repartiția numărului și volumului pieselor pe categorii de lungimi (Ciubotaru et al., 2012)

Caracteristica	Unitatea de măsură	Categorია de lungime (cm)				
		10 – 50	51 – 100	101 – 200	201 - 300	> 300
Număr	buc.	658	625	386	75	6
	%	37,6	35,7	22,1	4,3	0,3
Volum	m <sup>3</sup>	0,081	0,294	0,480	0,153	0,502
	%	5,4	19,5	31,7	10,2	33,2

Tabelul 8.2. Repartiția numărului și volumului pieselor pe categorii de diametre (Ciubotaru et al., 2012)

Caracteristica	Unitatea de măsură	Categorია de diametre (mm)				
		5 – 20	21 – 50	51 – 100	101 – 200	> 200
Număr	buc.	1076	555	112	6	1
	%	61,5	31,7	6,4	0,3	0,1
Volum	m <sup>3</sup>	0,083	0,475	0,467	0,287	0,198
	%	5,5	31,5	30,9	19,0	13,1

Cu ajutorul corelațiilor a fost verificată existența unor posibile legături între lungimea și, respectiv diametrul pieselor și numărul acestora. Astfel, după încadrarea pieselor investigate pe categorii de lungimi din 50 în 50 cm, s-a constatat existența unei corelații semnificative între numărul de piese și categoria de lungimi, exprimată printr-o ecuație parabolică în care coeficientul de determinație a avut valoarea  $R^2 = 0,815$  (figura 8.6).

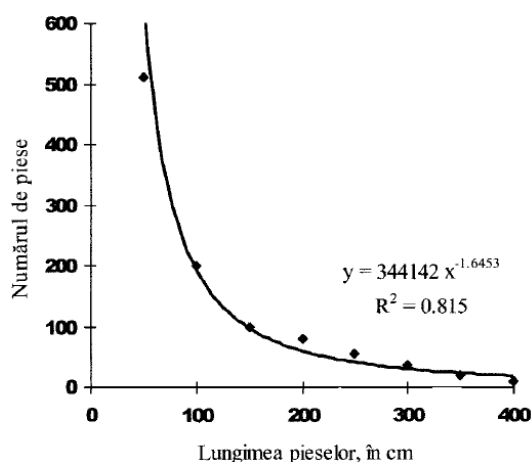


Figura 8.6. Corelația dintre numărul și lungimea pieselor (Ciubotaru et al., 2012)

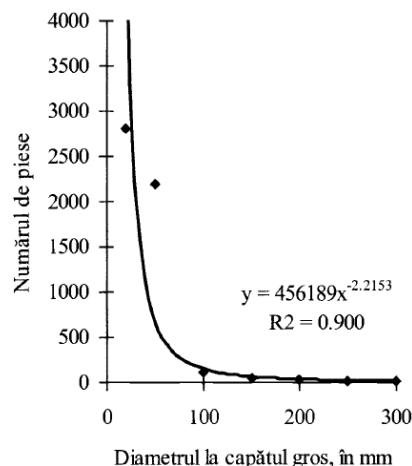


Figura 8.7. Corelația dintre numărul de piese și diametrul la capătul gros, cu coajă (Ciubotaru et al., 2012)

Diametrele, măsurate la capătul gros, cu coajă, au fost încadrate în clase de mărimi din 20 în 20 mm. Corelația dintre cei doi parametri, respectiv numărul de piese și diametrul lor (măsurat la capătul gros, cu coajă), exprimată printr-o ecuație parabolică, a evidențiat un coeficient de determinare  $R^2 = 0,900$  (figura 8.7). Un alt aspect luat în discuție a constat în verificarea corelației dintre grosimea cojii și diametrul pieselor investigate, luând în considerare diametrul fiecărei piese, măsurat la capătul gros, cu și fără coajă. S-a obținut o corelație foarte semnificativă ( $R^2 = 0,943$ ), exprimată printr-o ecuație de regresie de tip liniar (figura 8.8).

Chiar dacă și coaja prezintă valori energetice ridicate, în special la rășinoase, valoarea economică a resturilor de exploatare depinde și de proporția cojii. Pentru a elucida acest aspect a fost determinat volumul de coajă aferent fiecărei piese. Astfel, au fost măsurate diametrele pieselor la capătul gros și la cel subțire, cu și fără coajă, după care au fost calculate volumele pieselor cu și fără coajă și, în final, prin diferență a fost obținut volumul cojii pentru fiecare piesă în parte. Corelând cei doi parametri, respectiv proporția cojii și diametrul la capătul gros cu coajă, s-a constatat că între ei există o corelație foarte semnificativă ( $R^2 = 0,949$ ), exprimată printr-o ecuație de regresie de tip logaritmic (figura 8.9).

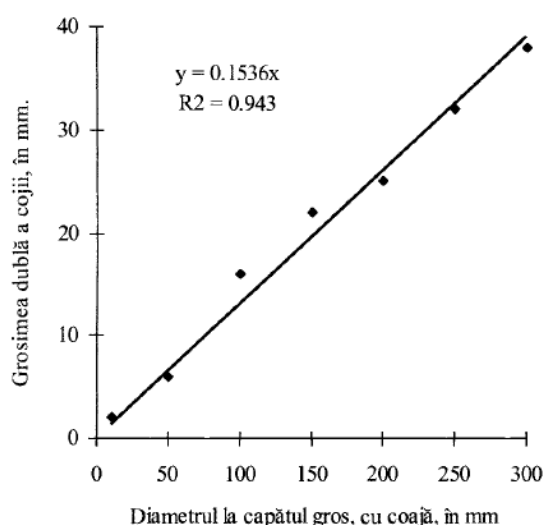


Figura 8.8. Corelația dintre grosimea dublă a cojii și diametrul la capătul gros, cu coajă (Ciubotaru et al., 2012)

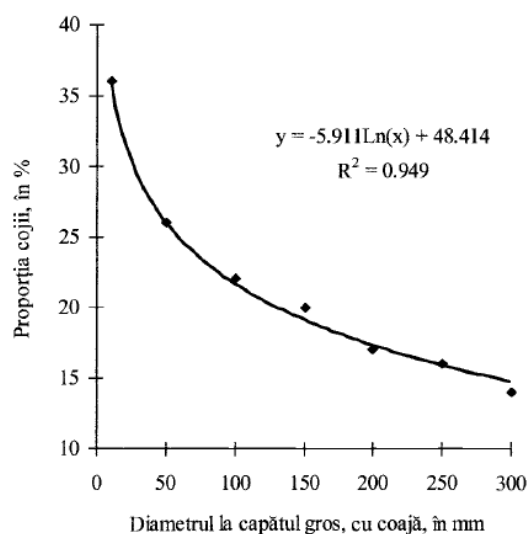


Figura 8.9. Corelația dintre proporția cojii și diametrul la capătul gros, cu coajă (Ciubotaru et al., 2012)

### 8.3.3. Caracteristici dimensionale și umiditatea tocăturii de salcie energetică

Așa cum s-a menționat în partea de metodologie, așchiile de salcie energetică aduse din teren au fost cântărite și puse în cutii de carton care au rămas în laborator timp de 4 zile. După această perioadă, înainte de a fi introduse în etuvă pentru a fi uscate, au fost cântărite din nou, constatându-se că masa acestora a scăzut și, implicit umiditatea lor (figura 8.10).

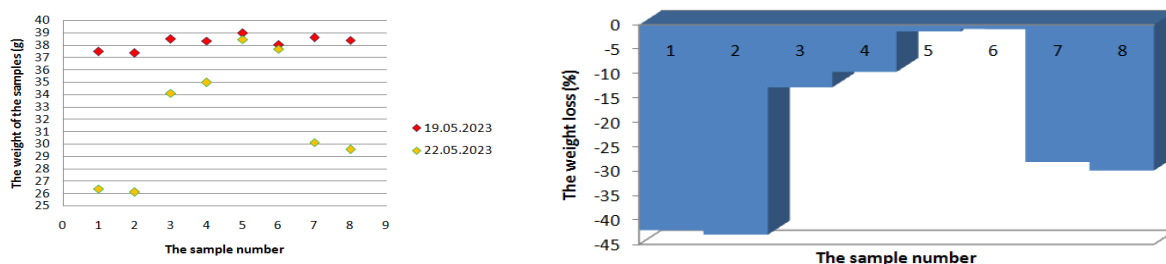


Figura 8.10. Pierderea umidității ca urmare a păstrării așchiilor în laborator (Scriba și Mușat, 2023)

Probele de tocătură au fost uscate în etuvă în trei zile consecutive, fiind măsurate la intervale de timp de 1, 2, 3 și 4 ore, în timp ce de la o zi la alta erau lăsate în etuvă cu ușa deschisă. Rezultatele

(figura 8.11) indică o scădere mare a umidității după prima oră de uscare în etuvă, practic celelalte cântăriri indicând valori relativ identice, ceea ce indică faptul că tocătura era uscată.

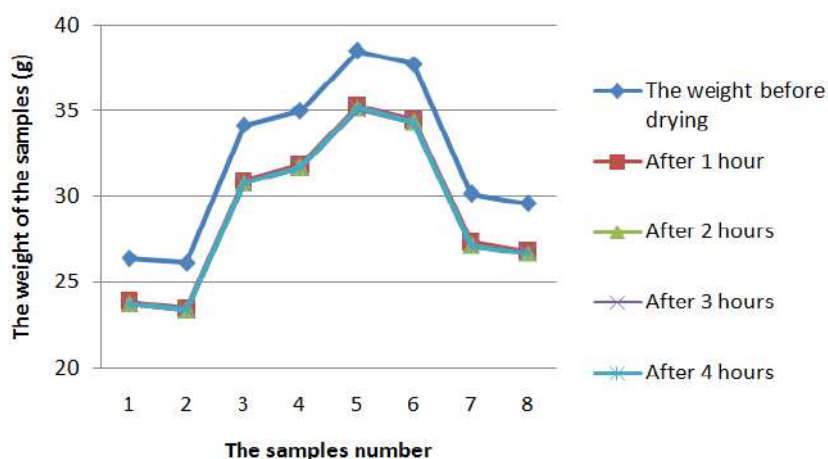


Figura 8.11. Rezultatele cântărilor în prima zi de uscare în etuvă (Scriba și Mușat, 2023)

În cea de-a doua zi, înainte de începerea uscării, probele au fost cântărite din nou și s-a constatat că masa lor a crescut față de ultima măsurătoare realizată cu o zi în urmă, chiar dacă nu până la aceleași valori ca înainte de începerea uscării în etuvă din prima zi, ceea ce înseamnă că așchiile au absorbit umiditate din aer (figura 8.12). În această zi, măsurătorile au fost realizate după o oră și după 6 ore, remarcându-se aceiași scădere a umidității/masei după prima oră de uscare (figura 8.13).

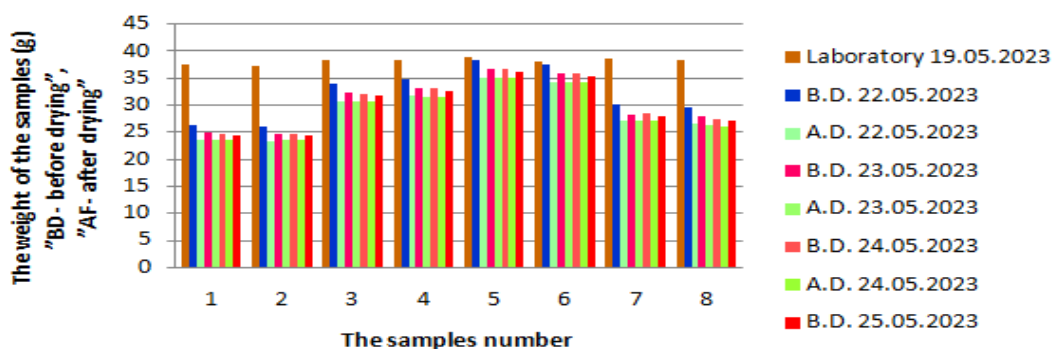


Figura 8.12. Variația masei probelor de la o zi la alta (Scriba și Mușat, 2023)

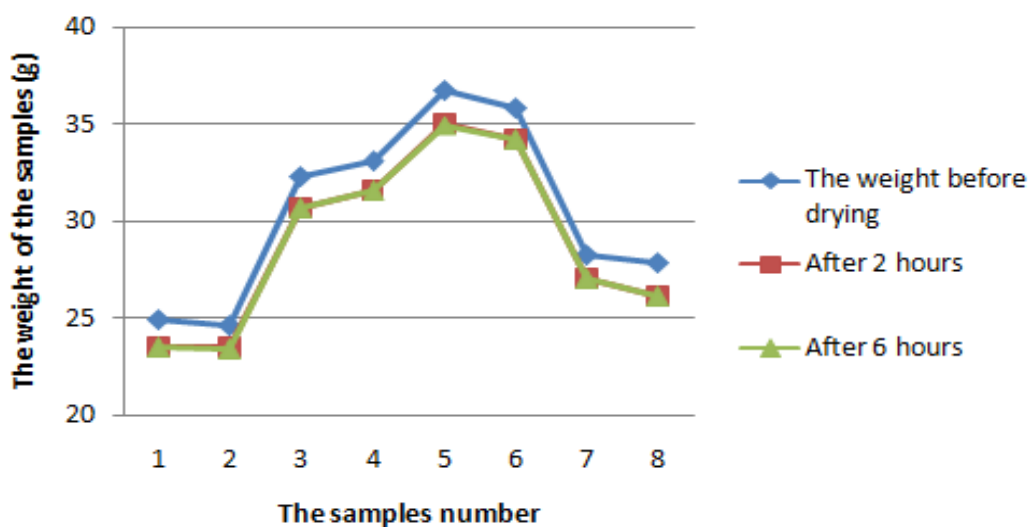


Figura 8.13. Rezultatele cântărilor în a doua zi de uscare în etuvă (Scriba și Mușat, 2023)



Raportat la dimensiunile așchiilor s-a constatat că apar unele valori maxime ale lungimilor, mult diferite de valorile medii și mediane (figura 8.14 – a.), situate între 18 și 30 mm. Același lucru apare și în ceea ce privește lățimea așchiilor (figura 8.14 – b.), valorile medii și mediane variind între 5 și 10 mm, dar și pentru grosimi (figura 8.14 – c.).

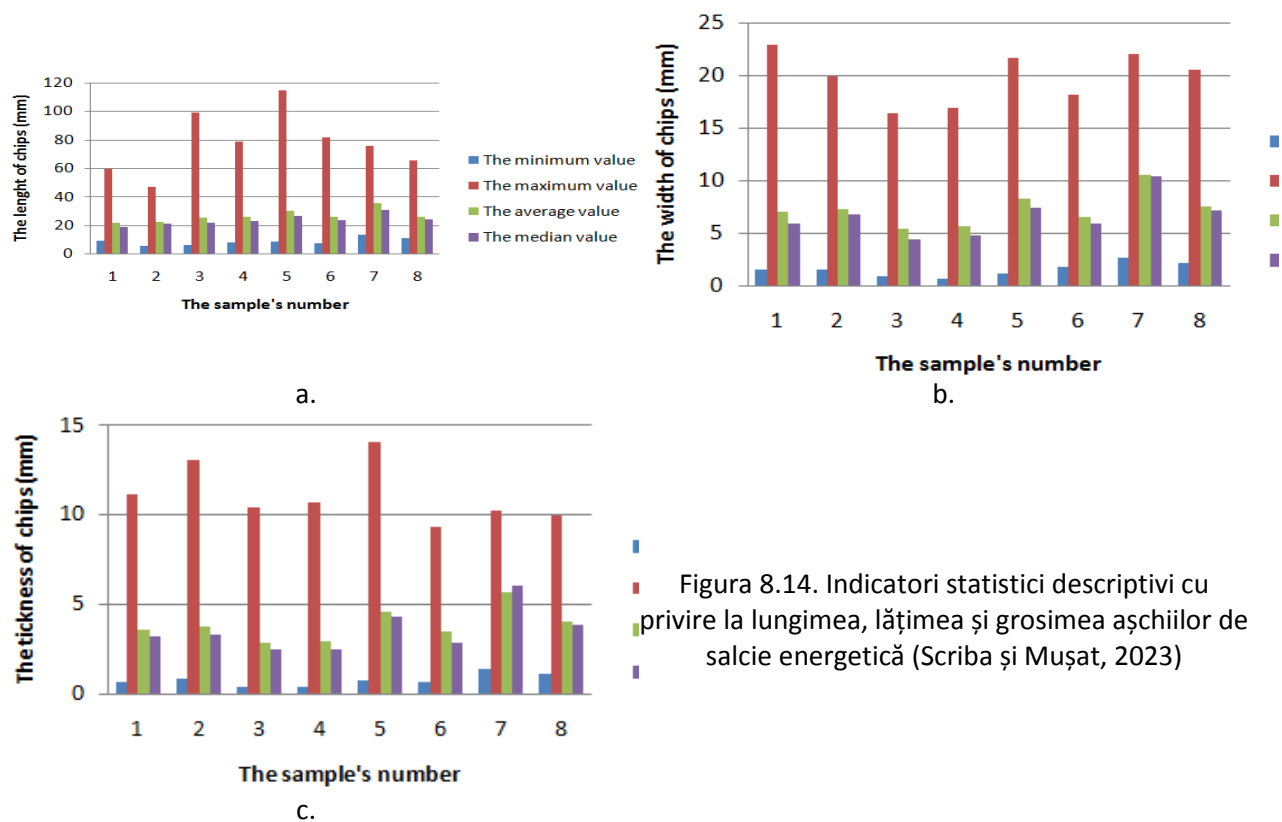


Figura 8.14. Indicatori statistici descriptivi cu privire la lungimea, lățimea și grosimea așchiilor de salcie energetică (Scriba și Mușat, 2023)

Întrucât procesul de ardere este mult influențat de suprafața specifică a combustibilului, s-au calculat rapoartele grosime/lungime și, respectiv lățime/lungime (figurile 8.15). Acestea au arătat că majoritatea valorilor variază în jurul a 0,2 pentru raportul grosime/lungime și de la 0,2 la 0,5 pentru raportul lățime/lungime. Astfel, așchiile au o formă lamelară și suprafețe specifice mari, ceea ce influențează pozitiv procesul de ardere.

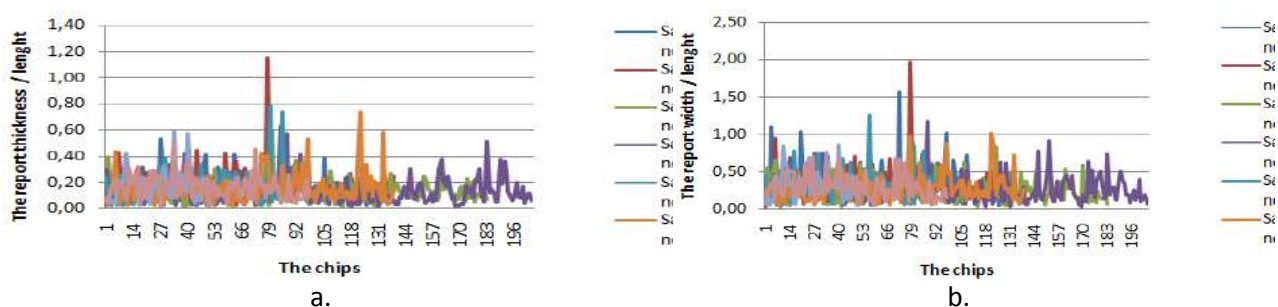


Figura 8.15. Rapoartele grosime/lungime (a.) și lățime/lungime (b.) pentru așchiile de lemn supuse investigațiilor (Scriba și Mușat, 2023)

### 8.3.4. Concluzii

Cercetările realizate într-un parchet de produse accidentale I din zona de munte indică faptul că 64,8% din volumul resturilor de exploatare cuprinde piese de lemn cu diametre mai mari de 5 cm și lungimi mai mari de 100 cm, aspecte foarte importante pentru stabilirea soluțiilor tehnologice de colectare și valorificare a resturilor de exploatare într-un mod rentabil.

În ceea ce privește umiditatea așchiilor de salcie energetică s-a constatat că, în situația dată, când nuielele de salcie au fost recoltate cu câteva luni înaintea tocării, tocătura s-a uscat natural în timp ce uscarea în etuvă a oferit diferențe de masă doar după prima oră de uscare. În plus, atunci când procesul de uscare, realizat în mod artificial, a fost oprit tocătura a absorbit umiditate din aer, ajungând aproximativ la aceeași masă ca anterior uscării în etuvă, deci se poate aprecia că tocătura/nuielele de salcie s-a/s-au uscat natural înainte de determinare, materialul celulozic fiind pretabil procesului de ardere.

## 8.4. Alte beneficii ale vegetației forestiere

### 8.4.1. Locul cercetării și metodologia de cercetare

Întrucât în literatura de specialitate sunt prezentate numeroase beneficii ale culturilor de salcie energetică pentru îmbunătățirea proprietăților solului și epurarea apelor uzate, a fost verificată și capacitatea culturilor de salcie energetică de a îmbunătăți proprietățile unor soluri contaminate cu metale grele. Pentru aceasta, lucrările de teren s-au desfășurat în localitatea Târnăveni, județul Mureș, într-o cultură de salcie energetică înființată în anul 2014 pe un teren aflat în imediata apropiere a lacului de decantare a substanțelor industriale de la combinatul chimic Târnăveni, fiind despărțit de acesta doar printr-un dig de pământ (figura 8.16). În plus, o altă sursă de contaminare a solului și a pânzei de apă freatică din zonă constă în haldele de depozitare a materialelor reziduale, de tipul bicromatului de sodiu și a carbidului. Astfel, au fost preluate probe de sol în anul 2014, anul înființării culturii, și apoi în anul 2016, ambele colectări realizându-se la sfârșitul lunii martie. Pentru prelevarea probelor au fost realizate trei profile de sol și au fost colectate probe de la adâncimi diferite. Acestea au fost amestecate și omogenizate pentru fiecare interval de adâncime în parte, realizându-se o probă medie din care au fost preluate cantități de 1 kg, ambalate în pungi de plastic și etichetate cu intervalul de adâncime corespunzător (figura 8.17). Probele de sol au fost analizate în Laboratorul de Pedologie al Facultății de Silvicultură și exploatarea forestieră din cadrul Universității Transilvania din Brașov. Pentru a determina conținutul de azot total, inclusiv azotul amoniacal, nitrații și azotul organic a fost folosită metoda Kjeldahl modificată (ISO 11261). Pentru conținutul de carbon organic din sol s-a apelat la metoda tritometrică indirectă (metoda Schollenberger-Jackson), pentru determinarea conținutului de fosfor a fost folosit fotocolorimetrul Cecil, iar pentru sodiu și potasiu a fost utilizat spectometrul de absorbție atomică.



Figura 8.16. Localizarea plantației aproape de combinatul chimic Târnăveni, județul Mureș (Scriba et al., 2017)



Figura 8.17. Depozitarea și etichetarea probelor de sol în vederea transportului (Scriba et al., 2017)

Cercetările cu privire la proiectarea perdelelor forestiere de protecție au avut ca obiectiv prevenirea înzăpezirii drumului național I (D.N. I), pe sectoarele în lungime cumulată de 26,5 km cunoscute ca având risc de înzăpezire prin viscolire (km 36,5 – 44,0; km 57,0 – 63,0 și km 71,0 – 79,0). Din punct de vedere fitoclimatic, teritoriul luat în studiu este situat într-o zonă de tranziție dintre stepă și

silvostepă, unde arboretele naturale sunt foarte rare și ocupă suprafețe restrânse, fiind constituite din specii de stejar, tei, frasin și plop alb. Plantațiile forestiere realizate în zonă cuprind specii de salcâm, glădiță, sălcioară, arțar american, dud, ulm de Tukistan, pin negru, pin silvestru, soc negru, păducel, măceș, sânțer, porumbar, plop negru și liliac. Chiar dacă la proiectarea unei perdele forestiere se preferă utilizarea speciilor locale, caracterizate printr-o rată ridicată de supraviețuire și menținere în teren (Jonhson și Bradle, 2003), a fost important să se cunoască și tipurile de sol și cele de stațiune, motiv pentru care au fost realizate profile de sol care au condus la aflarea principalelor tipuri de soluri, respectiv preluvosol sodic, faeoziom argic, cernoziom cambic și renzină cambică scheletică.

La stabilirea speciilor forestiere în cadrul compozițiilor de împădurire au fost alese specii de arbori și arbuști locali, ținându-se seama de recomandările din literatura de specialitate (Jonhson și Bradle, 2003; Beldeanu, 2004; Șofletea și Curtu, 2007; Van Thuyet et al., 2014; Cai et al., 2021; Lavrov et al., 2021).

#### **8.4.2. Capacitatea culturilor de salcie energetică de a îmbunătăți proprietățile solurilor contaminate**

Analiza pedologică a probelor prelevate din teren contaminat în anul 2014 a indicat o reacție a solului care variază de la slab alcalină, în primii 30 cm, la puternic alcalină, în următorii 40 cm. Conținutul de humus este redus în primii 20 cm (2,76 %), cu humus de tip mull, iar raportul C/N (carbon/azot) a fost 11,43. În ceea ce privește celelalte elemente, probele prelevate au prezentat un conținut scăzut de azot, fosforul asimilabil aflându-se la un nivel mijlociu, iar potasiul asimilabil în proporție redusă. Conținutul de sodiu crește de la suprafață spre adâncime (tabelul 8.3), de la 188,5 ppm (0 – 20 cm) la 543,7 ppm (60 – 70 cm), valori mult peste limita superioară de 22,5 ppm, precizată în literatura de specialitate (Derome et al., 2002; Nieminu, 2011).

Tabelul 8.3. Rezultatele de laborator cu privire la probele de sol prelevate în anii 2014 și 2015 (Scriba et al., 2017)

Caracteristica solului	Probe prelevate în anul 2014				Probe prelevate în anul 2016				
	Adâncimea de prelevare (cm)				Adâncimea de prelevare (cm)				
	0 – 10	20 – 30	40 – 50	60 – 70	0 – 10	20 – 30	30 – 40	45 – 55	65 – 75
pH	8.10	8.16	9.27	9.37	8.30	8.38	8.45	8.50	8.64
Humus	2.76				3.60				
Carbon	1.60				2.09				
N %	0.14				0.16				
C/N	11.43				13.06				
P ppm	25				80				
K ppm	76.33				107.16				
Na ppm	188.5	157.7	479.6	543.7	35.21				

Probele de sol prelevate din aceeași cultură de salcie energetică după doi ani de la înființarea culturii, mai exact în anul 2016, prezintă reacție slab alcalină în primii 30 cm și reacție moderat alcalină în următorii 50 de cm. Solul are conținut scăzut de humus de tip mull, cu raportul C/N în valoare de 13,06 (tabelul 8.3). Este mijlociu aprovizionat cu azot, foarte bine aprovizionat cu fosfor asimilabil și prezintă conținut redus de potasiu asimilabil.

#### **8.4.3. Crearea perdelelor forestiere de protecție**

Pentru a asigura o protecție maximă împotriva înzăpezirii, s-a proiectat o perdea forestieră de protecție total acumulatorie de zăpadă, adică o perdea lată, impenetrabilă, care are rolul de a acumula, în interiorul ei, întreaga cantitate de zăpadă care este transportată de vânt și care, altfel, ar înzăpezi calea permanentă de transport. Perdelele au fost constituite din specii de arbori și de arbuști, urmărindu-se atât închiderea în plan orizontal, cât și în plan vertical, și au fost amplasate pe partea căii

din care suflă preponderent vânturile care transportă zăpada, așa cum se recomandă și în literatura de specialitate (Mize et al., 2008; Van Thuyet et al., 2014).

Pentru situația de față, ținându-se seama de recomandările din literatură (Johnson și Brandle, 2003), s-au adoptat compoziții de împădurire corespunzătoare tipului stațional identificat în teren (tabelul 8.4), dar s-a ținut seama și de faptul că speciile incluse în compozițiile de împădurire trebuie să asigure îndeplinirea rolului pentru care sunt proiectate perdelele forestiere respective, adică acela de a proteja drumul de înzăpezirea produsă prin viscolire.

Tabelul 8.4. Compozițiile de împădurire propuse (Mușat, 2021)

Poziția hectometrică	Codul stațiunii	Compoziția de împădurire	Suprafața (ha)
39,500 – 44,000	S <sub>1</sub>	14 Ult 13 Dd 13 Art 13 Sl 13 Gl7 Mc 20 Cg 7 Sp	4,38
57,000 – 63,000	S <sub>2</sub>	14 St 13 Ult 13 Art 13 Vit 13 Sc7 Mc 20 Soc 7 Sp	15,81
71,000 – 75,000	S <sub>3</sub>	14 Pa 13 Ult 13 Art 13 Vit 13 Te7 Mc 20 Soc 7 Sc	11,86
75,000 – 79,000	S <sub>4</sub>	14 Ult 13 Dd 13 Art 13 Sl 13 MI 7 Mc 20 Cg 7 Sp	11,90
		Total	43,95

Notă: **St** - stejar (*Quercus robur* L.), **Ult** - ulm de Turkestan (*Ulmus pumila* L.), **Dd** - dud (*Morus alba* L.), **Sp** - floarea miresii (*Spiraea x vanhouttei* L.), **Mc** - măceș (*Rosa canina* L.), **Vit** - vișin turcesc (*Prunus mahaleb* L.), **MI** - mălin (*Prunus padus* L.), **Gl** - glădiță (*Gleditsia triacanthos* L.), **Sc** - salcâm (*Robinia pseudoacacia* L.), **Cg** - caragana (*Caragana arborescens* Lam.), **Pa** - paltin de câmp (arțar-*Acer platanoides* L.), **Art** - arțarul tătăresc (*Acer tataricum* L.), **Sl** - sălcioară (*Elaeagnus angustifolia* L.), **Te** - tei de deal (*Tilia cordata* Mill.), **Soc** - soc roșu (*Sambucus racemosa* L.).

Amplasarea perdelelor față de drumul național 1 și modul de structurare sunt prezentate în tabelele 8.5 – 8.8. Simbolurile folosite în tabelele amintite au următoarea semnificație: d - arbust decorativ; D - arbore decorativ; u - arbust de umbră, P - arbore principal; S - arbore secundar; M - arbore melifer și s - arbust cu spini. După cum se poate observa în tabelele 8.5 – 8.8, la conceperea schemelor de împădurire s-a ținut seama și de o altă specificație din literatură (Jim, 2008; Johnson și Brandle, 2008), respectiv de recomandarea conform căreia speciile de arbuști trebuie amplasate pe rândurile exterioare ale perdelei, astfel încât să se evite umbrirea lor de către speciile cu înălțimi mai mari, iar arborii înalți să fie amplasați în zona centrală a perdelei. Tot din tabelele 8.5 – 8.8 se observă un alt aspect deosebit de important, și anume că speciile cu spini (glădiță, salcâm și măceș) au fost amplasate în partea dinspre câmp, astfel încât să fie împiedicat accesul animalelor spre drum.

Tabelul 8.5. Schema de împădurire pe sectorul dintre kilometrii 39,500 - 44,000 (Mușat, 2021)

Specia	Schema de împădurire									
Floarea miresii	d		d		d		d		D	
Sălcioară		D		D		D		D		D
Sălcioară	D		D		D		D		D	
Caragana		u		u		u		u		u
Ulm de Turkestan	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Arțar tătăresc		S		S		S		S		S
Ulm de Turkestan	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Caragana		u		u		u		u		u
Dud	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Arțar tătăresc		S		S		S		S		S
Dud	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Caragana		u		u		u		u		u
Glădiță	M		M		M		M		M	
Glădiță		M		M		M		M		M
Măceș	s		s		s		s		s	

Tabelul 8.6. Schema de împădurire pe sectorul dintre kilometrii 57,000 - 63,000 (Mușat, 2021)

Specia	Schema de împădurire									
Floarea miresii	d		d		d		d		D	
Vișin turcesc		D		D		D		D		D
Vișin turcesc	D		D		D		D		D	
Soc roșu		u		u		u		u		u
Stejar pedunculat	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Arțar tătărăsc		S		S		S		S		S
Stejar pedunculat	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Soc roșu		u		u		u		u		u
Ulm de Turkestan	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Arțar tătărăsc		S		S		S		S		S
Ulm de Turkestan	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Soc roșu		u		u		u		u		u
Salcâm	M		M		M		M		M	
Salcâm		M		M		M		M		M
Măceș	s		s		s		s		s	

Tabelul 8.7. Schema de împădurire pe sectorul dintre kilometrii 71,000 - 75,000 (Mușat, 2021)

Specia	Schema de împădurire									
Floarea miresii	d		d		d		d		D	
Vișin turcesc		D		D		D		D		D
Vișin turcesc	D		D		D		D		D	
Soc roșu		u		u		u		u		u
Arțar	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Arțar tătărăsc		S		S		S		S		S
Arțar	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Soc roșu		u		u		u		u		u
Ulm de Turkestan	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Arțar tătărăsc		S		S		S		S		S
Ulm de Turkestan	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Soc roșu		u		u		u		u		u
Tei de deal	M		M		M		M		M	
Tei de deal		M		M		M		M		M
Măceș	s		s		s		s		s	

Tabelul 8.8. Schema de împădurire pe sectorul dintre kilometrii 75,000 – 79,000 (Mușat, 2021)

Specia	Schema de împădurire									
Floarea miresii	d		d		d		d		D	
Sălcioară		D		D		D		D		D
Sălcioară	D		D		D		D		D	
Caragana		u		u		u		u		u
Ulm de Turkestan	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Arțar tătărăsc		S		S		S		S		S
Ulm de Turkestan	P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>	
Caragana		u		u		u		u		u
Dud	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Arțar tătărăsc		S		S		S		S		S
Dud	P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>		P <sub>2</sub>	
Caragana		u		u		u		u		u
Mălin	M		M		M		M		M	
Mălin		M		M		M		M		M
Măceș	s		s		s		s		s	

După cum se poate observa în tabelele 8.5 – 8.8, speciile folosite la împădurire, în funcție de categoria în care au fost încadrate, sunt pentru:

- arbuști decorativi (d): floarea miresei (*Spiraea x vanhouttei* L.);
- arbori decorativi (D): sălchioara (*Elaeagnus angustifolia* L.) și vișinul turcesc (*Prunus mahaleb* L.);
- arbuști de umbră (u): caragana (*Caragana arborescens* Lam.) și socul roșu (*Sambucus racemosa* L.);
- arbori principali (P): ulmul de Turkestan (*Ulmus pumila* L.), dudul (*Morus alba* L.), stejarul pedunculat (*Quercus robur* L.) și arțarul (*Acer platanoides* L.);
- arbori secundari (S): arțarul tătarăsc (*Acer tataricum* Mill.);
- arbori meliferi (M): glădița (*Gleditsia triacanthos* L.) și salcâmul (*Robinia pseudoacacia* L.);
- arbuști cu spini (s): măceșul (*Rosa canina* L.).

#### 8.4.4. Concluzii

Ca urmare a rezultatelor obținute cu privire la capacitatea culturilor de salcie energetică de a îmbunătăți proprietățile solului, a atras atenția, în mod deosebit, valoarea foarte mare a sodiului (188,5 ppm) care caracterizează un proces de alcalizare nespecific tipului de sol (faeoziom) și care evidențiază infiltrațiilor din iazul de decantare alăturat. După 2 ani se constată diminuarea masivă a acestuia, la doar 35,12 ppm, cel mai posibil fiind absorbit în biomasa culturii.

La fixarea speciilor din schemele de împădurire ale perdelelor forestiere de protecție trebuie să se țină seama atât de condițiile locale din zona în care se vor amplasa perdelele forestiere și de exigențele ecologice ale speciilor (față de lumină, apă, căldură și noxe), cât și de scopul pentru care se înființează respectivele perdele forestiere de protecție.

## 8.5. Discuții

Rezistența arborilor individuali și a arboretelor la degradările produse de vânt este influențată, în mare măsură (Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012), de caracteristicile arborilor (specia, înălțimea și diametrul arborilor, caracteristicile coroanei și ale sistemului de înrădăcinare) și a arboretelor (densitatea arboretului), dar și de particularitățile solului, în raport cu viteza medie a vântului, durata lui și ritmicitatea rafalelor.

Potrivit lui Zubizarreta-Gerendiain și a colaboratorilor săi (2012), în Finlanda, cele mai afectate de vânt sunt arboretele de molid și pin, iar prejudiciile produse de zăpadă sunt mai evidente în arboretele de pin și mesteacăn, după efectuarea unor rărituri prea intense, executate prea devreme sau prea târziu pentru arboretele respective; apariția acestor prejudicii fiind asociată și cu valorile mari ale coeficientului de zveltețe, afirmație întăluită și în lucrarea lui Persson (1972, citat de Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012).

Bolea și colaboratorii săi (1996) au analizat rezistența speciilor forestiere din România la acțiunea vântului folosindu-se de coeficientul de zveltețe și au ajuns la următoarea ierarhizare sub raportul rezistenței relative la vânt: laricele comun (*Larix decidua* Mill.), gorun (*Quercus petraea* L.), pin negru (*Pinus nigra* J.F. Arnold), brad (*Abies alba* Mill.), pin silvestru (*Pinus sylvestris* L.), carpen (*Carpinus betulus* L.), fag (*Fagus sylvatica* L.) și molid (*Picea abies* L.).

Conform celor menționate de Szabó (1998), în România, ponderea cea mai mare a suprafețelor afectate de doborâturi de vânt este în zona molidișurilor pure, afirmație confirmată și de Töke (1996), însă au existat și situații în care au fost afectate arboretele constituite din specii de rășinoase în proporție de 80% și specii de foioase, în proporție de 20% (Munteanu, 1996). În acest sens, Găbrian și Budeanu (2013) menționează că arboretele de foioase sau cele de amestecuri de rășinoase cu foioase au o rezistență mai mare la acțiunea destabilizatoare a vântului, comparativ cu arboretele pure de rășinoase, mai ales în timpul furtunilor care se produc iarna, întrucât suprafața de contact este mai redusă datorită pierderii frunzișului. În literatura de specialitate (Bosshard 1967 și Dvorak și Bachmann 2001, citați de Găbrian și Budeanu, 2013) se menționează că arboretele cu structură neregulată, multietajată, specifică arboretelor pluriene, prezintă, în general, o stabilitate mai bună față de factorii destabilizatori, comparativ cu arboretele uniforme, etajate.

Din investigațiile realizate în teren cu privire la structura și caracteristicile resturilor de exploatare dintr-un parchet de rășinoase, s-a constatat că masa totală din cele 15 suprafețe experimentale a fost de 74,85 kg, iar masa cojii a reprezentat aproximativ 11% din masa pieselor cu coajă. Analizând distribuția pieselor pe categorii de lungimi și diametre, s-a constatat că cel mai mare număr de piese (37%, ceea ce reprezintă 5,4% din volum) se încadrează în categoria de lungimi mai mici de 50 cm, iar cele cu lungimea mai mică de 100 cm reprezintă aproximativ 73% din numărul total de piese investigate (reprezentând 24,9% din volum, ceea ce face ca 75,1% din resturile de exploatare să corespundă pieselor cu lungime mai mare de 1 m).

Raportat la diametrul de capătul gros al pieselor, cu coajă, s-a constatat că 61,5% se încadrează în categoria 5 – 20 mm (ceea ce reprezintă 5,5% din volum), iar piesele cu diametrul mai mic de 50 mm au avut o pondere de 93,2% din numărul total de piese investigate, totalizând un volum de 37,0% din resturile de exploatare în cazul dat, ceea ce înseamnă că resturile cu diametrul mai mare de 50 mm reprezintă 58,4% din total.

Legat de dimensiunile așchilor, realizate cu ajutorul tocătorul Heizohack HM 8-400, se poate spune că acestea au o formă lamelară, deoarece lățimea este aproximativ jumătate din lungime, iar grosimea este aproximativ jumătate din lățime, ceea ce influențează în mod pozitiv procesul de ardere, datorită suprafeței mari a tocăturii.

În ceea ce privește capacitatea culturilor de salcie energetică de a îmbunătăți proprietățile solului se menționează că prin compararea probele se constată o creștere a conținutului de azot, fosfor și potasiu, fiind posibilă și o administrare de îngrășăminte chimice de către proprietarul plantației. De asemenea, se observă o scădere considerabilă a conținutului de sodiu în primii 10 cm, care s-a redus de la 188,5 ppm (valoare obținută pe probele de sol din 2014) la 35,21 ppm (valoare determinată pe probele recoltate în 2016), valoare apropiată de limita admisibilă superioară (Derome et al., 2002; Nieminu, 2011).

Ca urmare a descompunerii incomplete litierii și raportul C/N a crescut. Pe de altă parte, se observă o creștere și a fosforului, datorată aportului de materie organică înglobată în sol, aspect evidențiat și de faptul că solul pe care a fost instalată plantația de salcie de rotație scurtă a stat mulți ani necultivat.

Deși rolul perdelelor forestiere de protecție este bine-cunoscut, cercetările au luat amploare în ultimele decenii, și au urmărit, în principal, beneficiile oferite pentru agricultură, stoparea sau încetinirea proceselor de eroziune a terenurilor degradate, cunoașterea habitatelor create în cadrul perdelelor forestiere de protecție și protejarea diferitelor obiective prin modificările aduse vitezei și direcției vântului, cu implicații directe asupra efectelor pe care le au în cazul furtunilor de nisip și a înzăpezirilor produse pe timpul iernii.

Johnson și Brandle (2003) recomandă ca distanța dintre rândurile care intră în componența perdelei forestiere de protecție să fie de 2...4 m pentru a permite dezvoltarea nerestricționată a plantelor, iar Lavrov și colaboratorii săi (2021) menționează că distanța dintre rânduri poate fi și de 5 m. În studiul de față, pentru plantațiile integrale, s-au aplicat scheme de împădurire de 2,0 × 1,0 m, ceea ce, pentru o lățime a perdelei forestiere de protecție de 30 m, a corespuns unui număr de 5000 puiți la hectar.

Diferențele care apar între împăduririle realizate în zonele forestiere și împăduririle de la înființarea perdelelor forestiere de protecție constau doar în numărul mai mare de specii folosite în cadrul compozițiilor de împădurire specifice perdelelor forestiere, deoarece, în majoritatea situațiilor, se aplică aceeași schemă de împădurire, care presupune utilizarea a 5000 de puiți la hectar.

## 8.6. Diseminarea rezultatelor

Rezultatele prezentate în acest capitol au fost publicate după cum urmează: **4** articole ISI, **5** articole indexate în baze de date internaționale și **1** articol prezentat la o conferință internațională.

**Articole ISI:**

1. **Mușat, E.C.**, 2024b. *Impact of forest fires on the trees and wood quality – A case study for a beech stand*. Fire, Special Issue Post-fire effects on environment, vol. 7(9), ID articol 325. **Factor de impact 2023: 3,000. Scor relativ de influență 2023: 2,133.** DOI: [10.3390/fire7090325](https://doi.org/10.3390/fire7090325). Articol publicat: 18.09.2024, încă neindexat. Jurnal: <https://www.mdpi.com/2571-6255/7/9/325>. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/jsAJyHEdYFZRidp>
2. **Mușat, E.C.\***, 2024a. *How well can sound tomograms characterize inner-trunk defects in beech trees from a burned plot?*. BioResources, vol. 19(4), pp. 7530-7565. **Factor de impact 2023 = 0,464. Scor relativ de influență 2023 = 1,111.** DOI: [10.15376/biores.19.4.7530-7565](https://doi.org/10.15376/biores.19.4.7530-7565). Jurnal: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/how-well-can-sound-tomograms-characterize-inner-trunk-defects-in-beech-trees-from-a-burned-plot/> Publicat: 27.08.2024 încă neindexat. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/Yy4WmBEe7SWkyEk>
3. Scriba, C., **Mușat, E.C.\***, Salcă, E.A., Ciobanu, V.D., 2017. *Influence of energy willow crops on soil features in the case of a contaminated land*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 18(4), pp. 1403-1410. **Factor de impact 2017 = 0,195. Scor relativ de influență 2017 = 0,061.** Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/AkgkYbSaQgff7wK>
4. Ene, C., Ciobanu, V.D., Dumitrașcu, A.-E., **David, E.-C.**, Borz, S.A.\*, 2013. *Resource management of renewable energy of forest fuel in south-west forest districts of Romania*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology (JEPE)*, vol. 14(4), pp. 1794-1802. **Factor de impact 2013 = 0,097. Scor relativ de influență 2013 = 0,033.** Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/sSBEwn4nj7dXN5M>

**Articole BDI:**

1. **Mușat E.C.\***, 2021. *Soluții tehnice pentru combaterea înzăpezirilor prin crearea perdelelor forestiere de protecție: studiu de caz*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 136(4), pp. 31-46. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/i3Bwdz5XFTY9YiC>
2. Iancu, B., Lunguleasa, A., **Mușat, E.**, Spîrchez, C., 2019. *Properties of resinous wood species used in OSB technology*. In: *Recent Journal*, vol. 59, pp. 107-112. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/s33zjaWswWHbyXF>
3. **Mușat, E.C.\***, Ciubotaru, A., Száva, I., 2016e. *A short review regarding the losses recorded in windfall*. In: *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Tome XIV, fascicule 4, pp. 167-172. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/bNbiQDM5N6dNS3Y>
4. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., 2015. *Crown influence on the stability of trees: A short literature review*. In: *Proceedings of the International Conference “Forest and Sustainable Development”*, pp. 262-269. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/GfAQTSdwCC9fMGn>
5. Ciubotaru, A.\*, **David, E.C.**, Grapă, F., 2012. *Cercetări privind structura resturilor de exploatare*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 127(5), pp. 9-13. Drive: <https://drive.unitbv.ro/s/wqjaLSj7b53sKp2>

**Articole prezentate la conferințe internaționale:**

1. Scriba, C., **Mușat, E.C.**, 2023. *Dimensional characteristics of wood chips and their moisture content for short-rotation crops of energy willow*. **Articol susținut la:** 6<sup>th</sup> dition of the Integrated Management of Environmental Resources Conference IMER 2023, 23-24.11.2023, Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava, România.



## (B-ii) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

### 1. Experiența profesională

#### 1.1. Educație

Formarea mea profesională are la bază următoarele studii absolvite, prezentate în ordine cronologică inversă:

- 2008 – 2011: studii doctorale (doctorat cu frecvență), Școala Doctorală Interdisciplinară a Universității Transilvania din Brașov, sub îndrumarea domnului prof. dr. ing. Arcadie CIUBOTARU (diplomă de doctor);
- 2009 – 2011: studii postuniversitare de masterat, Facultatea de Silvicultură și exploatarea forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov (diplomă de studii aprofundate);
- 2003 – 2008: studii de licență, Facultatea de Silvicultură și exploatarea forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov (diplomă de inginer);
- 1999 – 2003: cursuri liceale, Liceul Teoretic Dan Barbilian din Câmpulung Muscel, profil matematică-informatică (diplomă de bacalaureat).

La acestea se adaugă și alte scurte specializări sau cursuri care au contribuit, de asemenea, la formarea mea profesională. Astfel:

- 2017 – cursuri de limba engleză, Centrul de Limbi Străine, Universitatea Transilvania din Brașov (certificat de absolvire);
- 2016 – curs privind „Dezvoltarea abilităților de predare – evaluare a cadrelor didactice”, Facultatea de Psihologie și științele educației, Universitatea Transilvania din Brașov (certificat de absolvire);
- 2011 – 2012: parcurgerea modulului psihopedagogic nivelul II, Departamentul de Pregătire a Personalului Didactic, Universitatea Transilvania din Brașov (diplomă de absolvire);
- 2010 – 2011: parcurgerea modulului psihopedagogic nivelul I, Departamentul de Pregătire a Personalului Didactic, Universitatea Transilvania din Brașov (diplomă de absolvire);
- 2010 – participarea la sesiunea de training cu tema „Doctoratul în școli de excelență – Evaluarea calității cercetării în universități și creșterea vizibilității prin publicare științifică”, Universitatea Transilvania din Brașov (diplomă de participare);
- 2003 – cursuri de utilizare a calculatorului, Liceul Teoretic Dan Barbilian din Câmpulung Muscel (atestat profesional).

#### 1.2. Activitatea profesională

Așa cum am menționat anterior, după absolvirea facultății m-am înscris la doctorat, urmând în paralel din anul doi de doctorat și cursurile de studii aprofundate în domeniul Tehnici și Tehnologii de Exploatare și Transport a Lemnului. În cadrul programului de pregătire a studiilor doctorale am fost unul dintre beneficiarii proiectului „Studii doctorale pentru dezvoltarea durabilă (SD-DD), POSDRU/6/1.5/6”.

Întrucât, cercetările desfășurate la doctorat m-au pasionat, iar activitatea de cercetare în sine mi s-a părut foarte interesantă, am considerat că ar fi foarte bine să continui pe această cale, motiv pentru care m-am înscris în competiție pentru o bursă post-doctorală, iar în aprilie 2014 am câștigat-o, fiind fericită că mă pot număra printre beneficiarii proiectului „Burse post-doctorale pentru dezvoltarea durabilă (POSTDOC-DD), ID59323”. După un an și jumătate am susținut raportul corespunzător, asumat pe bază de contract.

Revenind la perioada de după doctorat, trebuie să menționez că, începând cu luna octombrie 2011 și până în septembrie 2016, am activat la Facultatea de Silvicultură și exploatarea forestiere, din

cadrul Universității Transilvania din Brașov, în calitate de cadru didactic asociat, predând studenților din anii III și IV, de la programul de studii Exploatarea Forestiere, orele de laborator de la disciplinele *Utilaje pentru construcții forestiere, Drumuri forestiere și Ergonomie*.

Începând cu 1 octombrie 2016 și până în 30 septembrie 2023 am ocupat postul de Șef lucrări la Facultatea de Silvicultură și exploatarea forestiere, din cadrul Universității Transilvania din Brașov. De la 1 octombrie 2023 și până în prezent ocup postul de conferențiar universitar în aceeași instituție de învățământ. În această perioadă am predat ore de curs și laborator la disciplinele:

- *Desen tehnic și cartografie*, laborator, anul I, programele de studii Silvicultură, Exploatarea Forestiere, Cinegetică – zi și Cinegetică – ID;
- *Utilaje pentru construcții forestiere*, curs și laborator, anul III, programul de studii Exploatarea Forestiere;
- *Drumuri forestiere I și II*, curs și laborator, anii III și IV, programul de studii Exploatarea Forestiere;
- *Știința muncii și ergonomie*, curs și laborator, anul IV, programul de studii Exploatarea Forestiere;
- *Surse alternative de energie în sectorul forestier*, opțional, curs și laborator, anul IV, programul de studii Exploatarea Forestiere;
- *Tehnici și tehnologii de construcție și rehabilitare a drumurilor forestiere*, masterat, curs și laborator, anul II, programul de studii Management și Sisteme Tehnice în Exploatarea Forestiere;
- *Prevenirea și combaterea incendiilor forestiere*, masterat, curs și laborator, anul II, programul de studii Management și Sisteme Tehnice în Exploatarea Forestiere.

Pentru a le oferi sprijin studenților și a le asigura încrederea în ei și viziunea că orice problemă are o rezolvare, am participat la activități remediale la disciplina *Desen tehnic și cartografie* (anul I, licență, toate specializările), în cadrul grantului „Managementul riscului de abandon în primul an de studii de licență pentru studenții Facultății de Silvicultură și exploatarea forestiere (MARISA)”.

Din anul 2020 sunt tutore pentru anul III, specializarea Exploatarea Forestiere, rol prin care încerc să colaborez cât mai bine cu studenții și să-i încurajez să discute, indiferent de problemele sau nelămuririle pe care le au. În mare parte consider că am reușit să-mi ating acest obiectiv, deoarece și atunci când ajung în anii superiori (anul IV sau chiar la masterat), mă contactează când au nelămuriri.

Întrucât orice activitate desfășurată se bazează pe practică, am încercat ca la toate disciplinele predate să realizez ieșiri în teren, la diverși parteneri, firme și specialiști, prin care studenții să conștientizeze importanța însușirii cunoștințelor predate în sălile de clasă și să poată corela cunoștințele teoretice cu cele practice. În acest sens, la disciplina *Utilaje pentru construcții* sunt realizate deplasări la firmele care activează în domeniul construcției de drumuri și la balastiere, astfel încât studenții să poată vedea în timpul lucrului principalele utilaje necesare lucrărilor de drumuri. La disciplinele de *Drumuri forestiere*, respectiv *Tehnici și tehnologii de construcție și rehabilitare a drumurilor forestiere* sunt realizate deplasări la Direcția de Drumuri Naționale Brașov și pe diferite drumuri forestiere pentru ca studenții să înțeleagă rolul materialelor rutiere și a calității acestora în realizarea și fiabilitatea unui drum, precum și pentru a discuta în teren, la fața locului, despre părțile componente ale drumului, lucrările de apărare-consolidare, structurile rutiere, degradări și întreținere. La *Surse alternative de energie în sectorul forestier*, deși disciplină opțională la anul IV (programul de studii Exploatarea Forestiere), organizez deplasări la culturi de salcie energetică din județul Covasna și la firme care se ocupă cu fabricarea și întreținerea centralelor pe biomasă, astfel încât studenții să înțeleagă cât de importantă este valorificarea în scop energetic a resurselor forestiere și a celor agricole. La disciplina *Prevenirea și combaterea incendiilor forestiere* organizez deplasări la Inspectoratul pentru Situații de Urgență Țara Bârsei Brașov și la firmele care se ocupă cu stingătoarele, astfel încât studenții masteranzi să-și însușească tehnica folosită la stingerea incendiilor, modul de lucru și de abordare a unui incendiu de pădure, din prisma personalului care luptă cu focul, și să conștientizeze mai bine rolul personalului silvic și a campaniilor de informare a populației în prevenirea și combaterea acestor fenomene devastatoare, cu un impact nefast asupra ecosistemelor forestiere și asupra mediului.

Am participat cu bucurie la practicile de împăduriri, prevăzute în anul III, fiind responsabil cu practica pentru grupele de la programul de studii Exploatarea Forestiere, în anii 2017 și 2019 (R.P.L.P. Kronstadt R.A.), 2021 (R.P.L.P. Măieruș R.A.), 2022 (R.P.L.P. al Orașului Râșnov R.A.) și 2023 (R.P.L.P. Piatra Craiului R.A.). În 2018 și 2022 am fost responsabil cu practica studenților de anul IV, de la programul de studii Exploatarea Forestiere, practică realizată în diverse locații în țară (Direcția Silvică

Brăila și Direcția Silvică Tulcea în 2018, respectiv Direcția Silvică Sălaj și Direcția Silvică Maramureș în 2022), unde viitorii absolvenți și-au însușit detalii legate de specificul silvic, împărțite cu drag și dăruire de specialiștii din producție, atât din cadrul Regiei Naționale a Pădurilor Romsilva, cât și de la firme și ocolale private.

Am făcut parte din comisia pentru examenul de certificare a competențelor profesionale – nivelul 5, ca monitor de calitate, în 2016, la Liceul Tehnologic Dr. Nicolae Rucăreanu, Brașov.

Ca urmare a recomandării mele la Departamentul de Pregătire a Personalului Didactic, din cadrul Universității Transilvania din Brașov, am făcut parte din comisiile pentru efectuarea inspecțiilor specifice și susținerea lucrărilor metodico-științifice în vederea acordării gradului didactic I în învățământ, Seria Silvicultură, atât în calitate de membru în comisie (2019), cât și ca președinte de comisie (2019, 2021). Am participat și la examenul pentru acordarea gradului didactic II în învățământ, organizat de Departamentul de Pregătire a Personalului Didactic, ca președinte și examinator la metodică specialității, în cadrul Comisiei 12. Silvicultură și exploatarea forestieră, sesiunile august 2021, august 2022 și august 2024.

Datorită încrederii de care m-am bucurat din partea colegilor și șefilor ierarhici, am făcut parte din comisiile de finalizare a studiilor, în calitate de secretar, atât pentru programele de studii de licență (sesiunile iulie 2017 – februarie 2018: Silvicultură, iulie 2019 – februarie 2020: Cadastru, iunie 2021 – februarie 2022: Silvicultură; iulie 2023 – februarie 2024: Silvicultură), cât și la programele de masterat (MSTEF, sesiunile iunie 2018 – februarie 2019; iunie 2022 – februarie 2023).

Toată această perioadă m-am bucurat de posibilitatea de a îndruma studenți în elaborarea proiectelor de diplomă și a lucrărilor de disertație, astfel încât până în prezent am reușit să îndrum, cu succes, 70 de proiecte de diplomă și 34 de lucrări de disertație în domeniile specifice disciplinelor predate, cu accent pe teme de cercetare, care să-i ajute pe studenți să descopere această sferă plină de oportunități și satisfacții.

Din postura de cadru didactic am beneficiat de aprecierea studenților pe toată perioada, bucurându-mă mereu de colaborarea frumoasă pe care o avem împreună, fapt concretizat printr-o relație profesională deosebită, dar și de o oarecare prietenie. În plus, ca urmare a programului lansat de Universitate pentru stimularea cadrelor didactice de a se implica în activitățile cu studenții, am fost desemnată ca fiind „Cel mai apreciat profesor” al promoțiilor 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 și 2023 de la programul de studii Exploatarea Forestieră. Din același considerent am fost solicitată, în anul 2020, de International Forestry Student's Association pentru a prezenta situația incendiilor de pădure din România și impactul schimbărilor climatice asupra riscului și evoluției incendiilor de pădure.

## 2. Activitatea de cercetare

Cercetarea științifică pe care am desfășurat-o de-a lungul timpului este corelată cu direcțiile de cercetare pe care le-am urmărit, atât din postura de doctorand, cât și de cadru didactic. Astfel, la început am urmat direcțiile abordate la doctorat și post-doctorat, axate pe evaluarea calității lemnului la arborii din zonele publice, defectele lemnului și tehnici moderne de evaluare a calității interne a lemnului prin metode nedistructive.

Ca urmare a rolului de cadru didactic, am început să cercetez și să public articole pe domeniile disciplinelor predate, astfel că am reușit să ating, într-o măsură mai mică sau mai mare, fiecare disciplină. Tot în acest sens, am reușit să-i atrag pe studenții pe care i-am îndrumat în elaborarea proiectelor de diplomă și a lucrărilor de disertație în sfera cercetării, unele probleme abordate având ca rezultat articole publicate în reviste de specialitate, în care absolvenții sunt coautori.

Am publicat **63** de articole, dintre care **15** indexate Web of Knowledge, **4** Proceedings ISI, **36** indexate în baze de date internaționale și alte **8** articole neindexate.

Dintre cele **15** articole ISI publicate, **9** se regăsesc în jurnale situate în zone roșii și galbene. Din perspectiva rolului pe care l-am jucat în colectivul de autori, atunci când am colaborat pentru elaborarea articolelor, la **6** articole sunt prim autor, la **3** autor corespondent, iar la **3** articole sunt unic autor. Alegerea jurnalelor indexate ISI în vederea publicării manuscriselor s-a bazat, în primul rând, pe specificul jurnalului, apoi pe posibilitatea ca jurnalul să ofere acces liber tuturor celor interesați de

publicații (jurnale open access), să aibă valori bune pentru factorul de impact și scorul relativ de influență și, de asemenea, să fie încadrate pe cât posibil pe domeniul Forestry. Ca urmare, 8 dintre articolele publicate apar în domeniul Forestry, 3 în Environmental Sciences și 2 în domeniul Health Care Success and Sciences/Health Policy Services.

La cele 4 articole indexate Proceedings ISI au fost fie prim autor (3 articole), fie autor corespondent (un articol).

Am publicat 36 de articole indexate în baze de date internaționale. La jumătate dintre acestea sunt prim autor (18 articole), la 5 sunt autor corespondent, iar la 3 sunt unic autor. În alegerea jurnalelor și revistelor indexate BDI pentru publicarea rezultatelor cercetării nu le-am ocolit pe cele românești, astfel că 5 articole au fost publicate în Buletinul Universității Transilvania din Brașov – Seria II, 14 în Revista Pădurilor și 2 în jurnalul Recent, gestionat de colegii de la Industria Lemnului.

Am participat la conferințe internaționale, organizate fie în țară, fie în străinătate (Moldova, Rusia, Bulgaria, Ungaria, Austria), la care am prezentat 28 de teme cu rezultatele cercetărilor desfășurate. Nu am ocolit niciodată simpozioanele organizate de facultatea noastră, fiind prezentă la fiecare manifestare cu o lucrare sau doar cu o prezentare a rezultatelor obținute, dar nici alte conferințe organizate de colegi din universitate sau din țară. Astfel, am susținut la conferințe din țară:

- 11 lucrări la simpozionul internațional *Forest and Sustainable Development - FSD* (Brașov);
- 3 lucrări la conferința *Balkan Environmental Association – BENA* (Alba Iulia);
- 2 lucrări la simpozionul *Prospects for the 3<sup>rd</sup> Millenium Agriculture* (Cluj-Napoca);
- 1 lucrare la *Formec*, ediția 2017 (Brașov);
- 1 lucrare la *The 1<sup>st</sup> International Conference – Experimental Mechanics in Engineering* (Brașov);
- 1 lucrare la IMER 2023 (Suceava).

De asemenea, am participat activ la organizarea și la toate celelalte activități editoriale impuse de simpozionul internațional *Forest and Sustainable Development* (edițiile 2016, 2018, 2020 și 2022) și la *Formec* 2017, organizat chiar de departamentul nostru, cu ocazia a 50 de ani de la prima ediție. În plus, fac parte din comitetele editoriale ale unor reviste de specialitate, precum:

- *Bulletin of Transilvania University of Brașov – Series II* (din 2017);
- *Proceedings of the Symposium Forest and Sustainable Development* (din 2019);
- *LLC Consulting Publishing Company – Bussiness Perspectives* (din 2019);
- *American Journal of Environmental Science and Engineering* (din 2022);
- *Journal of Ecology and Natural Resources* (din 2023).

Am publicat 4 cărți de specialitate, din care la două sunt unic autor, și un îndrumar de laborator pentru disciplina de *Utilaje pentru construcții forestiere*.

Din perspectiva contractelor de cercetare științifică, am participat ca director sau membru în echipă la 10 contracte de cercetare științifică. Astfel, 7 au fost realizate pentru Regia Națională a Pădurilor Romsilva, dintre care la 4 am fost responsabil de contract, iar la 3 membru în colectiv. La acestea se adaugă un contract într-o competiție națională UEFISCDI, un proiect ERASMUS+ și un proiect Horizont, la toate cele 3 făcând parte din colectiv.

Cum orice muncă depusă nu ar trebui să rămână nerăsplătită, și eu mă bucur de roadele muncii mele, inclusiv ca recunoaștere a implicării în domeniul cercetării. În acest sens, chiar dacă încă mai am de lucru, în urma citării publicațiilor am obținut următorii indici Hirsh, calculați la data de 29.08.2024, respectiv: H index Google Scholar = 6; H index Scopus = 3 și H index Web of Knowledge = 3.

Trebuie să menționez și faptul că sunt recenzor pentru o serie de jurnale și conferințe, precum:

- *Revista Pădurilor* (din 2015);
- *Proceedings of the Symposium Forest and Sustainable Development* (din 2016);
- *Bulletin of Transilvania University of Brașov – Series II* (din 2017);
- *International Journal of Forestry and Wood Science* (din 2017);
- *Energy and Environment Research* (din 2021);
- *Environment and Ecology Research* (din 2021);
- *ISWEE* (din 2021);
- *American Journal of Environmental Science and Engineering* (din 2022);
- *Forestry Ideas* (din 2022);
- *Forest Science and Technology* (din 2023).

### 3. Dezvoltarea carierei universitare

#### 3.1. Planul de dezvoltare a activității didactice

Planul de dezvoltare profesională pe care mi-l propun se bazează pe experiența acumulată până în prezent și pe o serie de valori care țin de profesionalism, perseverență, răbdare, comunicare, colaborare și lucru în echipă, mai ales că se pune din ce în ce mai mult accent pe cercetarea interdisciplinară și pe creșterea vizibilității la nivel internațional. Punctual, planul meu de dezvoltare profesională se axează pe dezvoltarea carierei didactice, pe activitatea științifică și, nu în ultimul rând, pe acțiuni administrative, toate acestea fiind detaliate în cele ce urmează.

Ținând seama că postul de conferențiar universitat ocupat în prezent se centreează, în proporții relativ egale, atât pe activitatea didactică, cât și pe cercetarea științifică, îmi propun, ca prin activitățile întreprinse, să-mi îmbunătățesc continuu abilitățile pedagogice și să implementez proiecte de licență, lucrări de disertație și teze de doctorat prin care studenții și doctoranzii să fie implicați direct în cercetarea științifică, în sensul studierii unor aspecte practice care să-i aducă mai aproape de mediul economic și să le faciliteze inserția pe piața muncii.

Îmi doresc să cresc calitatea în activitatea de predare, prin utilizarea unor metode și mijloace moderne, care să sporească atractivitatea activităților de curs și interesul studenților față de noțiunile teoretice predate, apelând la discuții și exemple din practică. Chiar dacă până în prezent am îmbunătățit o parte dintre cursuri, îmi doresc să adaptez conținuturile la realitățile și necesitățile pieței muncii, dar și să actualizez cursurile pentru toate disciplinele predate, inserând suporturi grafice mai sugestive și mai atractive pentru studenți. Pentru orele de proiect de la disciplina de *Drumuri forestiere* îmi doresc să modific modul actual, tradițional, de realizare a proiectului, cu unul mai potrivit zilelor noastre, prin integrarea programului RoadEng în cadrul activităților de proiectare.

Îmi propun ca lucrările de laborator să aibă un caracter mai aplicativ, bazându-mă atât pe deplasări în teren, la diferite instituții și agenți economici, cât și prin atragerea de fonduri din proiecte de cercetare științifică, sponsorizări și/sau alte surse de finanțare prin care să contribui la dotarea *Laboratoarelor de Drumuri forestiere și Ergonomie*. Dotarea laboratoarelor, pe lângă faptul că susține procesul didactic, ar reprezenta o modalitate activă, practică, de însușire a cunoștințelor de către studenți. În plus, echipamentele achiziționate ar putea fi folosite și în cadrul contractelor de cercetare științifică, dar și pentru proiectele de diplomă, pentru lucrările de disertație și tezele de doctorat, care ar avea un caracter aplicativ mult mai pronunțat.

Pentru următorii ani, am ca obiectiv ca o parte a încercărilor de laborator de la disciplina *Drumuri forestiere* să poată fi realizate practic de către studenți, în sala de laborator. În acest sens, încă din toamna anului trecut am solicitat achiziția unor instrumente de laborator (cilindri gradați, aparat Cassagrande pentru plasticitate, densimetru cu indicare directă – pentru sedimentare) din fondurile institutului de cercetare al universității. Pentru disciplina de *Utilaje pentru construcții* îmi doresc să achiziționez de la firmele producătoare sau să obțin printr-un contract de sponsorizare, machete funcționale ale utilajelor folosite la construcția și întreținerea drumurilor forestiere (care să conțină principalele elemente constructive și să poată fi manevrate prin telecomandă), pe care studenții să le poată utiliza în cadrul lucrărilor de laborator și să înțeleagă mai bine principiile de funcționare ale fiecărui utilaj. De asemenea, pentru disciplina de *Știința muncii și ergonomie*, chiar dacă există echipamente în cadrul Departamentului E.F.A.P.M.T. pentru unele determinări (analiza factorilor de microclimat, a zgomotului, vibrațiilor și a posturilor de lucru), se pot aduce îmbunătățiri, în timp, prin achiziționarea unor echipamente actuale necesare determinării consumului de energie umană și pentru determinarea oboselii.

Îmi propun să particip la schimburi de experiență pe latură didactică și în stagii de documentare în universități din străinătate, în vederea dezvoltării experienței proprii și stabilirii unor noi relații cu colegi din alte centre universitare și de cercetare, prin care să facem schimburi de idei și să colaborăm în proiecte de cercetare sau la publicații.

Îmi doresc să invit specialiști pe problemele abordate prin disciplinele predate, atât din țară, cât și din străinătate, care să le prezinte studenților viziunea și rezultatele muncii lor. Totodată, în permanență îmi propun să îmbunătățesc relațiile de colaborare cu agenții economici din zonă și să dezvolt și alte relații, astfel încât oportunitățile de practică pentru studenți să fie cât mai diverse și să cuprindă cât mai multe subiecte teoretice dezbătute prin disciplinele predate.

De asemenea, voi susține în continuare, ca și până acum, implicarea studenților în cercetare, pentru elaborarea proiectelor de diplomă, a lucrărilor de disertație și a tezelor de doctorat cu caracter aplicativ, pentru a le deschide noi orizonturi și a le oferi șansa de a descoperi lucruri noi despre subiectele abordate, dar mai ales despre ei, în sensul depășirii limitelor și a ieșirii din zona de confort. Voi susține, în același mod, participarea studenților și doctoranzilor la diverse manifestări științifice (cercuri studențești, întâlniri cu agenții economici) în care aceștia să-și prezinte rezultatele obținute și să-și justifice punctele de vedere în cazul aplicării unor anumite metode de cercetare.

Voi încerca permanent să elaborez sau să colaborez la elaborarea unor proiecte educaționale la nivel național sau internațional. În plus, îmi doresc să continui colaborarea cu colegii de la Departamentul de Pregătire a Personalului Didactic din cadrul universității, pentru comisiile de acordare a gradelor didactice I și II în învățământ. În acest sens, în prezent mă aflu în calitate de îndrumător al unei lucrări metodic-științifice pentru acordarea gradului didactic I în învățământ.

Voi continua să mă implic în activitățile curente organizate de departamentul din care fac parte, de conducerea facultății și universității, și voi sprijini, cu toate forțele, îndeplinirea planurilor strategice și operaționale de perspectivă ale acestor instituții. De asemenea, voi continua activitățile de recrutare a candidaților, prin orice mijloace (deplasări la licee, discuții, postări media), pentru a sprijini facultatea și universitatea în atragerea de viitori studenți care să urmeze programele de studii din oferta noastră educațională.

### **3.2. Planul de dezvoltare a activității de cercetare**

Planul de dezvoltare a activității de cercetare științifică va continua efortul depus până în prezent, prin creșterea numărului de publicații și a vizibilității rezultatelor cercetării. Totodată, strategia proprie de dezvoltare a carierei științifice va ține seama de obiectivele strategice ale facultății și universității, motiv pentru care îmi propun dezvoltarea carierei mele în strânsă legătură cu indicatorii de performanță stabiliți la nivelul facultății.

Îmi propun dezvoltarea activității de cercetare științifică pe subiecte specifice postului, dar și în domenii conexe, prin accentuarea colaborărilor cu cadre didactice și cercetători din universitate, dar și din afara acesteia, motiv pentru care îmi doresc să realizez unele stagii de perfecționare în centre universitare din Europa și participarea în programe de tip Cost și Erasmus. În acest sens, îmi doresc să extind direcțiile de cercetare pe care le-am avut în vedere până în prezent, printr-o abordare interdisciplinară și transdisciplinară a propriilor cercetări, implicându-i totodată și pe viitorii doctoranzi.

Voi urmări ca rezultatele cercetării proprii și a celor realizate în colaborare să fie publicate în jurnale și reviste prestigioase din domeniul forestier și din domenii conexe, care să ofere acces liber celor interesați, astfel încât să fie asigurată o eficiență maximă în ceea ce privește vizibilitatea științifică a autorilor, a facultății și universității.

Voi pune un accent mai mare pe valorificarea rezultatelor din proiectele de diplomă, lucrările de disertație și tezele de doctorat, în lucrări publicare sau susținute la conferințe internaționale, în care studenții îndrumați să fie autori sau coautori. În acest mod, consider că studenții vor fi mai determinați și serioși în atingerea obiectivelor cercetării, și mai motivați pentru obținerea unor rezultate corecte, valorificate în publicații ce îi vor putea ajuta dacă vor activa în domeniul cercetării sau învățământ.

Îmi doresc să public constant articole în reviste indexate Web of Science, preponderent în jurnale cu factor de impact și scor relativ de influență, specifice domeniului silvic sau domeniilor conexe. Nu voi evita nici revistele românești, cu tradiție în sectorul forestier, și nici Buletinul Universității Transilvania – Seria II.

Pentru stabilirea și dezvoltarea unor relații de colaborare cu specialiști de prestigiu în domeniul disciplinelor predate și a temelor de cercetare abordate, voi participa la conferințe internaționale

desfășurate în țară sau străinătate. De asemenea, voi participa cu lucrări la fiecare simpozion *Forest and Sustainable Development* organizat de facultatea noastră și voi încerca să particip și la alte manifestări științifice organizate de celelalte facultăți ale universității.

Voi urmări permanent competițiile naționale și internaționale și voi încerca să dezvolt idei de proiecte, să elaborez și să depun propuneri în aceste competiții, cu scopul de a atrage finanțare în acord cu prioritățile tematice naționale, europene și internaționale. Voi încerca să atrag fonduri prin proiecte de tip Erasmus+, prin proiecte de cercetare sau consultață cu companii, instituții sau alte entități din România sau din străinătate, care au profil de activitate în domeniile pe care mă axează.

Din aceeași perspectivă, îmi doresc ca prin rezultatele obținute, colaborările existente și cele viitoare, să fac parte din comitetele științifice și editoriale ale unor reviste de prestigiu care abordează problematica disciplinelor predate.

Inevitabil, direcțiile și tematicile de cercetare pe care le voi aborda în viitor vor avea la bază experiența și rezultatele studiilor realizate până în acest moment. În ansamblu, acestea sunt legate de problematica extinsă a drumurilor forestiere, dar și de utilajele pentru construcții, ergonomie, incendii forestiere și calitatea lemnului.

Voi încerca să abordez, prin cercetările viitoare, tematici care să corespundă tuturor disciplinelor predate, fie ca abordare disciplinară, fie interdisciplinară. Astfel, îmi propun să-mi îndrept atenția asupra unor subiecte ce se vor concretiza în:

- evaluarea influenței drumurilor forestiere asupra ecosistemelor, în speță asupra vegetației lemnoase aflată la diferite distanțe față de drum;
- evaluarea impactului drumurilor forestiere încă din etapa de proiectare, apoi în fazele de construcție și exploatare asupra ecosistemelor și mediului (vegetație, faună, eroziune etc.);
- analiza nivelului de noxe ce ajung în mediul natural ca urmare a executării lucrărilor de drumuri și a procesului de colectare a masei lemnoase cu mijloace mecanizate;
- evaluarea culoarelor de vizibilitate în cazul drumurilor deschise circulației publice în raport cu particularitățile arboretelor sau vegetației forestiere din imediata apropiere a acestora;
- analiza timpilor de execuție a diferitelor lucrări de construcție și întreținere a drumurilor forestiere, pentru diverse utilaje, dar și pentru procesele de extragere și prelucrare a materialelor pietroase;
- evaluarea factorilor de ambianță (factori de microclimat, zgomot, vibrații, pulberi, noxe) în cazul diferitelor mașini și utilaje folosite la construcția drumurilor forestiere și la recoltarea și colectarea materialului lemnos;
- elaborarea unui ghid de bune practici la recoltarea lemnului cu ferăstraie mecanice și colectarea lemnului cu tractoare, în scopul prevenirii accidentelor de muncă;
- elaborarea unor strategii de management în ceea ce privește prevenirea și combaterea incendiilor forestiere;
- extinderea analizelor privind influența incendiilor de pădure asupra arborilor rămași pe picior și a calității lemnului, respectiv și asupra vegetației din zonele afectate;
- extinderea cercetărilor cu privire la posibilitatea evaluării calității interne a lemnului prin metode nedistructive;
- evaluarea cantității de resturi de exploatare și alte materiale combustibile din pădure ce pot fi valorificate în scop energetic.

**(B-iii) Bibliografie**

1. \*\*\* 1995: Legea 10 din 18 ianuarie 1995 (republicată) privind calitatea în construcții. Publicată în Monitorul Oficial nr. 765 din 30 septembrie 2016. Disponibil online la: <http://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/5729> (accesat în 15.02.2021).
2. \*\*\* 1997: Hotărârea Guvernului nr. 766 din 21 noiembrie 1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcții. Publicată în Monitorul Oficial al României nr. 352 din 10 decembrie 1997.
3. \*\*\* 2002. Normativ privind proiectarea și execuția împietruirilor drumurilor de pământ. Condiții de calitate (Normative regarding the design and execution of paving dirt roads. Quality conditions). Indicative AND-582/2002
4. \*\*\* 2008: Legea nr. 46 – Codul Silvic din 19 martie 2008 (reactualizată). Publicată în Monitorul Oficial al României nr. 611 din 12 august 2015.
5. \*\*\* 2010: Legea nr. 56 din 19 martie 2010 (republicată) privind accesibilizarea fondului forestier național. Publicată în Monitorul Oficial al României nr. 770 din 6 septembrie 2018.
6. \*\*\* 2011a: Normativ privind proiectarea drumurilor forestiere. Indicativ PD-003-11. Aprobabil prin Ordinul Ministrului Mediului și Pădurilor nr. 1374 din 04.05.2012.
7. \*\*\* 2011b: Normativ pentru reabilitarea drumurilor forestiere. Indicativ RD-001-11. Aprobabil prin Ordinul Ministrului Mediului și Pădurilor nr. 1373 din 2012.
8. \*\*\* 2015: Normativ pentru întreținerea și repararea drumurilor forestiere. Indicativ ID-001-15. Aprobabil prin Ordinul Ministrului Mediului, Apelor și Pădurilor nr. 482 din 19.03.2015.
9. \*\*\* 2018: Research Report 148: Infrastructure: Road construction cost on infrastructure procurement benchmarking: 2017 update. Australian Government. Department of Infrastructure, Regional Development and Cities. Bureau Infrastructure, Transport and Regional Economics, Canberra, Australia, 54 p.
10. Achim, A., Nicoll, B.C., 2009. Modeling the anchorage of shallow-rooted trees. In: Forestry, 82 (3), pp. 273 – 284.
11. Ackerman P., Belbo H., Eliasson L., de Jong A., Lazdins A., Lyons J., 2014: The COST model for calculation of forest operation costs. International Journal of Forest Engineering, 25(1), pp. 75-81. DOI: 10.1080/14942119.2014.903711.
12. Acuna M., 2017. Timber and biomass transport optimization. A review of planning issues, solution techniques and decision support tools. Croatian Journal of Forest Research, no. 38(2), pp. 279-290.
13. Adeney, J.M., Christensen, N.L. & Pimm, S.L. (2009). Reserves protect against deforestation fires in the Amazon. PLoS ONE, 4: e5014.
14. Akay A.E., 2006: Minimizing total costs of forest roads with computer-aided design model. Asdhana, 31(5), 621-633. DOI: 10.1007/BF02715918.
15. Akay A.E., Wing M.G., Zengin M., Kose O., 2017: Determination of fire-access zones along road networks in fire-sensitive forests. Journal of Forest Research, 28(3), 557-564.
16. Akgul M., Akburak S., Yurtseven H., Akay A.O., Cigizoglu H.K., Demir M., Ozturk T., Eksi M., 2019: Potential impacts of weather and traffic conditions on road surface performance in terms of forest operations continuity. Applied Ecology and Environmental Research, 17(2), 2533-2550.
17. Alexandru I., Alexandru A., 2007. Metode INCPDM de evaluare a riscurilor. Curs postuniversitar „Evaluator de risc în SSM”. Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor.
18. Alexandru V. (2000): Construcția și întreținerea drumurilor forestiere (Construction and maintenance of forest roads). Infomarket.
19. Allison R.B., Wang X., 2015. Nondestructive testing in the urban forest. In: R. J. Ross [ed.], Nondestructive evaluation of wood, 2<sup>nd</sup> ed., General Technical Report FPL-GTR-238. U.S.



- Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, USA, pp. 77-86.
20. Alves R.C., Mantilla J.N.R., Bremer C.F., Carrasco E.V.M., 2015. Application of acoustic tomography and ultrasonic waves to estimate stiffness constants of Muiracatiara Brazilian wood. *BioResources*, vol. 10(1), pp. 1845-1856.
  21. Ambassa Z., Allou F., Petit C., Eko R., 2013. Fatigue life prediction of an asphalt pavement subjected to multiple axle loadings with viscoelastic FEM. *Materials Science*.
  22. Amekudzi, A.A., Jotin Khisty, C. & Khayesi, M. (2009). Using the sustainability footprint model to assess development impacts of transportation systems. *Transportation Research Part A. Policy and Practice*, 43(4), 339-348. doi: [10.1016/j.tra.2008.11.002](https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.11.002).
  23. Amiril, A., Nawawi, A.H., Takim, R., Farhana, Ab. & Latif, S.N. (2014). Transportation infrastructure project sustainability factors and performance. *Procedia – Social and Behavioral Science*, 153, 90-98. doi:[10.1016/j.sbspro.2014.10.044](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.044).
  24. Antoniadu C.C., 2015: Contribuții privind majorarea capacității portante a drumurilor forestiere, în vederea extinderii transportului lemnului cu autovehicule de tonaj sporit. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov, 144 p.
  25. Arévalo, E. & Newhard, K. (2011). Traffic noise affects forest bird species in a protected tropical forest. *Revista de Biologia Tropical*, 59(2), 969-980. doi: [10.15517/rbt.v0i0.3152](https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3152).
  26. Armenteras, D., Barreto, J. S., Tabor, K., Molowny-Horas, R., and Retana, J. (2017). "Changing patterns of fire occurrence in proximity to forest edges, roads and rivers between NW Amazonian countries," *Biogeosciences* 14(11), 2755-2765. DOI: 10.5194/bg-14-2755-2017
  27. Arvanitidis P.A., Papagiannitsis G., 2020: Urban open spaces as a commons: The credibility thesis and common property in a self-governed park of Athens, Greece. *Cities*, 97, 120480.
  28. Asikainen A., 2001: Simulation of logging and barge transport of wood from forests on islands. *International Journal of Forest Engineering*, 12(2), 43-50.
  29. Awasthi A., Chauhan S.S. & Omrani H. (2011). Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportation system. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12270-12280. doi:[10.1016/j.eswa.2011.04.005](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.005).
  30. Balcom, J. (1988). Construction costs for forest roads. Forest Research Lab. College of Forestry, Oregon State University. *Research Bulletin*, 64, 28 p.
  31. Barbu, I., 2004. Metode de evaluare a riscului de apariție a vătămărilor de zăpadă în pădurile din România. In: *Bucovina Forestieră*, XII, 1 – 2, pp. 53 – 69.
  32. Barker P.A., 1975: Ordinance control of street trees. *Journal of Arboriculture*, 1, 212-216.
  33. Barnes, R.F.W., Barnes, K.L., Alers, M.P.T. & Blom, A. (1991). Man determines the distribution of elephants in the rainforests of northeastern Gabon. *African Journal of Ecology*, 29(1), 54-63. doi:[10.1111/j.1365-2028.1991.tb00820.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1991.tb00820.x).
  34. Barrael, J., Loureiro, M. and Picos, J. (2012). "Estudio de la causalidad de los incendios forestales en Galicia", *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 12(1), 99-114. Doi: [10.7201/earn.2012.01.04](https://doi.org/10.7201/earn.2012.01.04).
  35. Bartens J., Wiseman P.E., Smiley E.TH., 2010. Stability of landscape trees in engineered and conventional urban soil mixes. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 9, pp. 333-338.
  36. Beaulieu J., Dutilleul P., 2019. Applications of computed tomography (CT) scanning technology in forest research: a timely update and review. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 49, pp. 1173-1188. dx.doi.org/10.1139/cjfr-2018-0537.
  37. Begus, J. & Pertlik, E. (2017). Guide for planning, construction and maintenance of forest roads. Budapest, Hungary: Food and Agriculture Organization of the United States. Available at: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/I7051EN/>. Accessed 20 May 2022.
  38. Beldeanu E., 2004: Specii de interes sanogen din fondul forestier. Editura Universității Transilvania din Brașov, 260 p.
  39. Beldeanu E., 2008. Produse forestiere. Editura Universității Transilvania din Brașov, 331p.
  40. Bereziuc R., Alexandru V., Ciobanu V., 2013. Accesibilizarea pădurilor în condiții ecologice, în vederea valorificării masei lemnoase. *Revista Pădurilor*, anul 128, nr. 6, pp. 28-33.

41. Bereziuc R., Alexandru V., Ciobanu V., Ignea Gh., 2008. Elemente de fundamentare a normativului de proiectare a drumurilor forestiere. Editura Universității Transilvania din Brașov.
42. Bereziuc R., Alexandru V., Ciobanu V., Ignea Gh., Abrudan I., Derczeni R. (2006): Ghid pentru proiectarea, construcția și întreținerea drumurilor forestiere (Guide for the design, construction and maintenance of forest roads). Editura Universității Transilvania, ISBN 978-973-635-708-4
43. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V.\*, **Mușat, E.-C.**, Dumitrașcu, A.-E., Antoniade, C., Vișan, J., 2015. *The density index of the forest road network managed by the Natinal Forest Administration (R.N.P.)*. In: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, pp. 196-203.
44. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V.\*, **Mușat, E.-C.**, Dumitrașcu, A.-E., Antoniade, C., Vișan, J., 2015. *The density index of the forest road network managed by the Natinal Forest Administration (R.N.P.)*. In: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, pp. 196-203.
45. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V., 2014: Accesibilizarea pădurilor în condiții ecologice în vederea valorificării masei lemnoase. Lucrare susținută în 8 noiembrie 2013 la București – ASAS – în curs de apariție în Revista Pădurilor, nr. 6.
46. Beskou N.D., Hatzigeorgiou G. Theodorakopoulos D., 2015. Finite element inelastic analysis of 3-D flexible pavements under moving loads. COMPDYN 2015 – 5th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering - Crete Island, Greece, 25-27 May 2015, pp. 4584-4595.
47. Bilgili B.C., Gökyer E., 2012: Urban green space system planning. Landscape Planning (edited by M. Ozyavuz), 360 p.
48. Bitir I., **Mușat E.C.\***, Ciobanu V.D., 2021b. *Analiza economică și financiară a soluțiilor tehnice utilizate în reabilitarea suprastructurii drumurilor forestiere*. In: Revista Pădurilor, vol. 136(3), pp. 41-60.
49. Bitir I., **Mușat E.C.\***, Ciobanu V.D., 2021b. *Analiza economică și financiară a soluțiilor tehnice utilizate în reabilitarea suprastructurii drumurilor forestiere*. In: Revista Pădurilor, vol. 136(3), pp. 41-60.
50. Bitir I., **Mușat E.C.**, Lunguleasa A.\*, Ciobanu V.D., 2021a. *Monitoring the transport on the Ciobănuș forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, nr. 1(63), pp. 10-16. DOI: [10.31926/RECENT.2021.63.010](https://doi.org/10.31926/RECENT.2021.63.010).
51. Bitir I., **Mușat E.C.**, Lunguleasa A.\*, Ciobanu V.D., 2021a. *Monitoring the transport on the Ciobănuș forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, nr. 1(63), pp. 10-16.
52. Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*, issue 3.2, pp. 853-860.
53. Björheden R., Apel K., Shiba M., Thompson M., 1995. IUFRO forest work study nomenclature. Grapenberg, Sweden: Swedish University of Agricultural Science, Department of Operational Efficiency, 16p.
54. Bouchet A., Danneau F.G.M., 2017. La vitesse du on dans différents milieux. Printemps des Sciences, vol. 17, 3p.
55. Brancheriau L., Ghodrati A., Gallet P., Thauay P., Lasaygues P., 2012. Application of ultrasonic tomography to characterize the mechanical state of standing trees (*Picea abies*). *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 353, 10<sup>th</sup> Anglo-French Physical Conference (AFPAC 2011), 19-21 January, 2011, Fréjus, France.
56. Brancheriau L., Lasaygues P., Debieu E., Lefebvre J.P., 2008. Ultrasonic tomography of green wood using a non-parametric imaging algorithm with reflected waves. *Annals of Forest 0*, pp. 712-718. DOI: 10.1051/forest:200851.
57. Brandstock, R. A. (2008). "Effect of large fires on biodiversity in south-eastern Australia: Disaster or template for diversity?," *International Journal of Wildland Fire*17(6), 809-822. DOI: 10.1071/WF07153

58. Brown, M.W., 2021: Evaluation of the Impact of Timber Truck Configuration and Tare Weight on Payload Efficiency: An Australian Case Study. *Forests* 12(7): 855. <https://doi.org/10.3390/f12070855>
59. Burlui I, Burlui MC (2018) Incendiile forestiere: elemente caracteristice, factori determinanți și măsuri de gestionare. *Bucovina Forestieră* 18(2):165–175.
60. Byrne, K.E., Mitchell, S.J., 2007. Overturning resistance of western redcedar and western hemlock in mixed-species stands in coastal British Columbia. In: *Canadian Journal of Forest Research*, 37, pp. 931 – 939.
61. Cai X., Henderson M., Wang L., Su Y., Liu B., 2021: Shelterbelt structure and crop protection from increased typhoon activity in Northeast China. *Agriculture*, 11(10), 995. Doi: [10.3390/agriculture11100995](https://doi.org/10.3390/agriculture11100995).
62. Camacho-Cervantes M., Schondube J.E., Castillo A., MacGregor-Fors Y., 2014. How the people perceive urban trees? Assessing likes and dislikes in relation to the tree of a city. *Urban Ecosystems*, vo. 17, pp. 761-773.
63. Cambi, M., Certini, G., Neri, F. & Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: a review. *Forests Ecology and Management*, 338, 124-138. doi: [10.1016/j.foreco.2014.11.022](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.022).
64. Carborn J.M., 1957: Shelterbelts and microclimate. *Forestry Commission Bulletin*, 29, 164 p.
65. Catford, J.A., Daehler, C.C., Murphy, H.T., Sheppard, A.W., Hardesty, B.D., Westcott, D.A., Rejmánek, M., Bellingham, P.J., Pergl, J., Horvitz, C.C. & Hulme, P.E. (2012). The intermediate disturbance hypothesis and plant invasion: Implications for species richness and management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14(3), 231-241. doi: [10.1016/j.ppees.2011.12.002](https://doi.org/10.1016/j.ppees.2011.12.002).
66. Câmpu V.R., Iftime M.D., 2021: Muncitorii forestieri de la recoltarea arborilor și colectarea lemnului - caracterizare, calificare, competențe. *Revista Pădurilor*, 136(3), 1-24.
67. Câmpu VR (2010) Research concerning the development of red heartwood and its influence on beech wood sorting. *BUT – Series II* 3(52):11–16.
68. Câmpu VR, Dumitrache R (2015) Frost crack impact on European Beech (*Fagus sylvatica* L.) wood quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 43(1):272–277.
69. Cebon D. (1993). Interaction between heavy vehicles and roads. SAE Technical Paper 930001, 81p. Available: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/930001/>. Accessed 19 November 2021.
70. Cenușă, R., Barbu, I., 2005. Caracteristici biometrice ale coroanelor arborilor de molid din arborete echine de productivitate superioară. In: *Bucovina Forestieră*, XIII, 1 – 2, pp. 3 – 13.
71. Chen Y., Zhang H., Zhu X., Liu D.W., 2015. The response of pavement to the multi-axle vehicle dynamic load. *International Conference of Electrical, Automation and Mechanical Engineering – EAME 2015*, pp. 238-241.
72. Chiatante, D., Sarnataro, S., Di Iorio, A., Scippa, G.S., 2003. The influence of steep slopes on root system development. In: *Journal of Plant Growth Regulation*, vol. 21, pp. 247 – 260.
73. Chiriac D., Humă C., Stanciu M., 2009: Spațiile verzi – O problemă a urbanizării actuale. *Calitatea Vieții*, XX(3-4), 249-270.
74. Ciobanu V.D., 1998. Cercetări privind utilizarea geogriurilor la consolidarea părții carosabile a drumurilor forestiere amplasate în terenuri argiloase. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov.
75. Ciobotaru, A. (1998). *Exploatarea pădurilor [Forests Harvesting]*, Lux Libris Publishing House, Brașov, Romania, 303 p.
76. Ciobotaru, A. and David, E. C. (2011). "Cercetări privind unele caracteristici ale nodurilor plopului negru (*Populus nigra* L.) din aliniamente", *Revista Pădurilor*, 126(6), 8-12.
77. Ciobotaru, A. and Păun, M. (2014) *Structura arboretelor*. Editura Universității Transilvania din Brașov.
78. Ciobotaru, A.\*, Carpea, I.L., David, E.C., 2009. Cercetări privind prejudiciile produse arborilor pe picior prin activitatea de exploatare a pădurilor. In: *Revista Pădurilor*, nr. 4, anul 124, pp. 7-12.

79. Ciubotaru, A.\*, David, E.C., 2011. Cercetări privind unele caracteristici ale nodurilor plopului negru (*Populus nigra* L.) din aliniamente. In: *Revista Pădurilor*, vol. 126(6), pp. 8-12. Record Number: 20123036918.
80. Ciubotaru, A.\*, **David, E.C.**, Grapă, F., 2012. *Cercetări privind structura resturilor de exploatare*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 127(5), pp. 9-13.
81. Ciubotaru, A.\*, David, E.C., Grapă, F., 2012. Cercetări privind structura resturilor de exploatare. In: *Revista Pădurilor*, vol. 127(5), pp. 9-13.
82. Ciubotaru, A., Câmpu, V.R., **David, E.C.**, 2012. *Exploatarea și prelucrarea lemnului*. Editura Universității *Transilvania* din Brașov, 119 p.
83. Clevenger, C., Ozbek, M. & Simpson, S. (2013). Review of sustainability rating systems used for infrastructure projects. 4<sup>th</sup> ASC Annual International Conference Proceedings, San Luis Obispo, California, Aprilie 10-13, 2013; California Polytechnic State University, 8 p.
84. Çoban, H. O. and Eker, M. (2010). "Analysis of forest road network conditions before and after forest fire", FORMEC 2010 – Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment, July 11-14, 2010, Padova, Italy.
85. Cochrane, T.A., Egli, M., Phillips, C. & Acharya, G. (2007). Development of a forest road erosion calculation GIS tool for forest road planning and design. International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrating Systems for Sustainability, Christchurch, New Zealand, December 1-5, 2007; University of Centerbury. Civil and Natural Resources Engineering, 1273-1279.
86. Coffin, A.W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15, 396-406. doi: [10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006).
87. Coleman, J.S. & Fraser, J.D. (1989). Habitat use and home ranges of black and Turkey vultures. *The Journal of Wildlife Management*, 53(3), 782-792.
88. Conrad, J.L.IV., 2021b: Evaluating Profitability of Individual Timber Deliveries in the US South. *Forests* 12(4): 437. <https://doi.org/10.3390/f12040437>
89. Constantinescu Ș., Suci D., 2002: Strategii de întreținere și reparații pentru structuri rutiere la drumuri noi. *Revista Drumuri și Poduri*, 67, 13-17.
90. Costa, F. & Magnusson, W. (2002). Selective logging effects on abundance, diversity, and composition of tropical understory ferns. *Ecological Applications*, 12(3), 807-819. doi: [10.2307/3060991](https://doi.org/10.2307/3060991).
91. Cristini, V., Tippner, J., Tomšovský, M., Zlámal, J. and Mařík, R. (2022). "Acoustic tomography in comparison to the properties of degraded wood in beech trees", *European Journal of Wood and Wood Products*, 80, 1377-1387. Doi: [10.1007/s00107-022-01872-w](https://doi.org/10.1007/s00107-022-01872-w).
92. Culp, M. (2011). FHWA's sustainable highways initiative and self-evaluation tool. APWA Sustainability Conference, Portland, Oregon, June 29, 2011. American Public Works Association, 1-16.
93. Davis E.L., Laroque C.P., van Rees K., 2013: Evaluating the suitability of nine shelterbelt species for dendrochronological purposes in the Canadian Prairies. *Agroforest Systems*, vol. 87, 713-727.
94. De Clercq E.M., De Wulf R., Van Herzele A., 2007. Relating spatial pattern of forest cover to accessibility. În: *Landscape and Urban Planning*, vol. 80, pp. 14-22.
95. Deckard, D.L., Newbold, R.A., Vidrine, C.G., 2003. Benchmark roundwood delivery cycle-times and potential efficiency gains in the southern United States. *Forest Products Journal*, vol. 53(7), pp. 61-69.
96. Deflorio G., Fink S., Schwarze F.W.M.R., 2008. Detection of incipient decay in tree stems with sonic tomography after wounding and fungal inoculation. *Wood Science and Technology*, vol. 42, pp. 117-132.
97. Demir, M. (2007). Impacts, management and functional planning criterion of forest road network system in Turkey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(1), 56-68. doi: [10.1016/j.tra.2006.05.006](https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.006).
98. Demir, M., Kocukosmanoglu, A., Hasdemir, M., Ozturk, T. & Acar, H.H. (2009). Assessment of forest roads and firebreaks in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(18), 4553-4561.

99. Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Ciobanu, D.V., Bitir, I., **Mușat, E.C.\***, Liampas, S.A., 2019. *Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. In: *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, The 8<sup>th</sup> Edition, pp. 161-170.
100. Dimitrakopoulos, A. P. and Panov, P. I. (2001). "Pyric properties of some dominant Mediterranean vegetation species", *International Journal of Wildland Fire*, 10(1), 23-27. Doi: [10.1071/WF01003](https://doi.org/10.1071/WF01003).
101. Divos F., Divos P., 2005. Resolution of stress wave based acoustic tomography. 14<sup>th</sup> International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, May 2005, University of Applied Sciences, Eberswalde, Germania, pp. 309-314.
102. Dolocan, C. and Gheorghiuță, Gh. (2012) Contribuții la cunoașterea stării actuale a pădurilor de stejar brumăriu (*Quercus pedunculiflora* K. Koch.) din bazinul Mostiștei, sub raport biometric și ecologic. *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, XVII(31), 44-49.
103. Dorren, L.K.A., Berger, F., 2005. Stem breakage of trees and energy dissipation during rockfall impacts. In: *Tree Physiology*, 26, pp. 63 – 71.
104. Dorsey, B., Olsson, M. & Rew, L.J. (2015). Ecological effects of railways on wildlife. In R. Van Der Ree, D.J., Smith, C. Grilo (Eds.), *Handbook of Road Ecology* (pp. 219-227). John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex Wiley.
105. Dowling, T.N., 2010. An analysis of log truck turn times at harvest sites and mill facilities. Master thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, 92 p.
106. Du, X., Li, S., Li, G., Feng, H. and Chen, S. (2015). "Stress wave tomography of wood internal defects using ellipse-based spatial interpolation and velocity compensation," *BioResources* 10(3), 3948-3962. Doi: [10.15376/biores.10.3.3948-3962](https://doi.org/10.15376/biores.10.3.3948-3962).
107. Dudás, L., **Mușat, E.C.**, 2023. *Caracteristici biometrice ale arborilor din parcurile Brașovului. Studii de caz: Parcul Gheorghe Dima și Parcul Ina Schaeffler*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 138(4), pp. 1-22.
108. Dupont, S., Brunet, Y., 2006: Simulation of turbulent flow in an urban forested park damaged by a windstorm. În: *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 120, pp. 133 – 161.
109. Edgens, J. (2000). Banning roads, burning forest. *Brief Analysis - National Center for Policy Analysis*, 336, 2 p.
110. Elliot, W.J. & Hall, D.E. (1997). Water erosion prediction (WEPP). Forest applications. United States, Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research, Ogden, UT: Rocky Mountain Research Station, General Technical Report 365, 16 p.
111. Ellis D., 2014. Practical use of tomography as a part of tree risk evaluation. For The 2014 Annual California Tree Failure Report Program. January 9, 4 p.
112. Ene, C. (2013). Managementul incendiilor forestiere în zona Moldova Nouă-Berzasca din sud-vestul României. Editura Politehnica, Timișoara, 209 p.
113. Ene, C., Ciobanu, V.D., Dumitrașcu, A.-E., **David, E.-C.**, Borz, S.A.\* , 2013. *Resource management of renewable energy of forest fuel in south-west forest districts of Romania*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology (JEPE)*, vol. 14(4), pp. 1794-1802.
114. Eskandari, S. & Hosseini, S.A. (2013). Assessment of drainage system standards of forest roads in Iran using GIS. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3), 675-682.
115. Espinosa, L., Arciniegas, A., Cortes, Y., Prieto, F., and Brancheriau, L. (2017). "Automatic segmentation of acoustic tomography images for the measurement of wood decay," *Wood Science and Technology* 51, 69-84. DOI: [10.1007/s00226-016-0878-1](https://doi.org/10.1007/s00226-016-0878-1)
116. Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487-515. doi: [10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419).
117. Fannin, R.J. & Lorbach, J. (2007). Guide to forest road engineering in mountainous terrain. Forest Harvesting and Engineering Working Paper 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/0c93fc4e-089b-5c4b-ab72-1b850b784971/>. Accessed 15 May 2022.
118. Femmig, Jh., 2010. Principii de bază pentru formarea coroanei arborilor din spațiile verzi intra și extravilane. In: *Revista Pădurilor*, year 125, no. 1, pp. 10 – 19.

119. Feng, H., Li, G., Fu, S. and Wang, X. (2014). "Tomographic image reconstruction using an interpolation method for tree decay detection," *BioResources* 9(2), 3248-3263. Doi: [10.15376/biores.9.2.3248-3263](https://doi.org/10.15376/biores.9.2.3248-3263).
120. Filipovici J., 1964. *Studiul lemnului*, vol. I. Editura Didactică și Pedagogică, București, 424 p.
121. Földi, L. and Kuti, R. (2016). "Characteristics of forest fires and their impact on the environment", *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, 15(1), 5-17. Doi: [10.32565/aarms.2016.1.1](https://doi.org/10.32565/aarms.2016.1.1).
122. Fransen, P.J.B., Phillips, C.J. & Fahey, B.D. (2001). Forest road erosion in New Zealand: overview. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(2), 165-174. doi: [10.1002/1096-9837\(200102\)26:2<165::AID-ESP170>3.3.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1096-9837(200102)26:2<165::AID-ESP170>3.3.CO;2-R).
123. Fu G., 2005. *Inspection and monitoring techniques for bridges and civil structures*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
124. Garcia, C. & Feintrenie, L. (2014). Beyond the mirror: tropical forest fragmentation and its impact on rural livelihood. In C.J. Kettle, L.P. Koh (Eds.), *Global Forest Fragmentation*; Chapter: Beyond the mirror: Tropical forest fragmentation and its impact on rural livelihoods (pp. 115-131).
125. Gardiner, B.A., Quine, C.P., 2000. Management of forests to reduce the risk of abiotic damage – a review with particular reference to the effects of strong winds. In: *Forest Ecology and Management*, 135 (1 – 3), 15 September, pp.261 – 277.
126. Garrett, S. (1997). *Tree Defect Detection*, United States Department of Agriculture, Forest Service, Technology and Development Program, Madison, WI, USA.
127. Ghajar I. Nakafi A., Karimimajd A.M., Boston K., Torabi S.A., 2013: A program for cost estimation of forest road construction using engineer's method. *Forest Science and Technology*, 9(3), 1-7. DOI: 10.1080/21580103.2012.759163.
128. Gillet, P., Vermeulen, C., Feintrenie, L., Dessard, H. & Garcia, C. (2016). Quelles sont les causes de la déforestation dans le bassin du Congo? Synthèse bibliographique et études de cas. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20(2), 183-194. doi: [10.25518/1780-4507.13022](https://doi.org/10.25518/1780-4507.13022).
129. Gillies, C. (2011). Water management techniques for resource roads in wetlands. A state of practice review. Contract Report CR-652, Ducks Unlimited Canada, 9-25.
130. Gilman, E.F., Masters, F., Grabosky, J.C., 2008. Pruning affects tree movement in hurricane force wind. In: *Arboriculture & Urban Forestry*, 34 (1), pp. 20 – 28.
131. Giurgiu, V., Decei, I., Drăghiciu, D., 2004. *Metode și tabele dendrometrice*. Ceres Publishing House, București, 575 p.
132. Gomi, T., Sidle, R.C., Noguchi, S., Negishi, J.N., Nik, A.R. & Sasaki, S. (2006). Sediment and blood accumulations in humid tropical headwater streams: effects of logging and riparian buffers. *Forest Ecology and Management*, 224, 166-175.
133. Grajewski S.M., Czerniak A., Kuroska E.E., 2020. The influence of vegetation succession on bearing capacity of forest roads made of unbound aggregates. *Forest*, 11, 1137.
134. Griffiths G.J.K., Holland Jh.M., Bailey A., Thomas M.B., 2008: Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control. *Biological Control*, 45, 200-209.
135. Griscom, B., Ellis, P. & Putz, F.E. (2014). Carbon emissions performance of commercial logging in East Kalimantan, Indonesia. *Global Change Biology*, 20(3), 923-937. doi: [10.1111/gcb.12386](https://doi.org/10.1111/gcb.12386).
136. Grote, R., 2003: Estimation of crown radii and crown projection area from stem size and tree position. In: *Annals of Forest Science*, volume 60, number 5, July – August, pp. 393 – 402.
137. Grudnicki F., 2004. Slenderness ratio and individual stability of the spruce trees (in Romanian). In: *Bucovina Forestieră*, vol. 12(1–2), pp. 75–87.
138. Grudnicki, F. (2003) *Bazele stabilității arborilor forestieri*. Editura Universității Ștefan cel Mare Suceava, Romania.
139. Grulois S., Pellegrini M., Lingua E., Grignolato S., Protti F., Vitali A., Rebolj L., Grum A., Ginet C., Corette T., Hairzer E., Stöhr D., 2014: General presentation of the wood transport sector in the alpine space. Interreg Alpine Space Project, project no. 2-3-2-FR.

140. Guêné-Nanchen, M., LeBlanc, M. C., and Rochefort, L. (2022). "Post-fire peatland vegetation recovery: A case study in open rich fens of the Canadian boreal forest," *Botany* 100(5), 435-447. DOI: 10.1139/cjb-2021-0194
141. Halecki W., Stachura T., Fudala W., Stec A., Kuboń S., 2023: Assessment and planning of greenspaces in urban parks: A review. *Sustainable Cities and Society*, 88, 104280.
142. Hammar T., Ericsson N., Sundberg C., Hannson P.A., 2014: Climate impact of willow grown for energy in Sweden. *Bioenergy Research* 7: 1529-1540.
143. Hamsley, A.K., Greene, W.D., Siry, J.P., Mendell, B.C., 2007: Improving Timber Trucking Performance by Reducing Variability of Log Truck Weights. *Southern Journal of Applied Forestry* 31(1): 12–16. <https://doi.org/10.1093/sjaf/31.1.12>
144. Haritos, N., James, K., 2008: Dynamic response characteristics of urban trees. În: *Australian Earthquake Engineering Society 2008 Conference*, 10 p.
145. Harrison, M. E., Page, S. E. and Limin, S. H. (2009). "The global impact of Indonesian forest fire", *Biologist*, 56(3), 156-163.
146. Hartanto, H., Prabhu, R., Widayat, A.S.E. & Asdak, C. (2003). Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. *Foreste Ecology and Management*, 180(1-3), 361-374. doi: [10.1016/S0378-1127\(02\)00656-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00656-4).
147. Harvey, C. and Visser, R. (2022). "Characterisation of harvest residues on New Zealand's steep-land plantation cutovers", *New Zealand Journal of Forestry Science*, 52(3), 7. Doi: [10.33494/nzjfs522022x174x](https://doi.org/10.33494/nzjfs522022x174x).
148. Hauser, J., Ševelová, L., Matula, R. & Zedník, P. (2018). Optimization of low volume road pavement design and construction. *Journal of Forest Science*, 64(2), 74-85. doi: [10.17221/109/2017-JFS](https://doi.org/10.17221/109/2017-JFS).
149. Heinimann, H.R. (2012). Life Cycle Assessment (LCA) in forestry – state and perspectives. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33(2), 357-372.
150. Helvey, J.D. & Kochenderfer, J.N. (1190). Soil density and moisture content on two unused forest roads during first 30 months after construction. Research Paper nr. NE-629, United States Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, 10 p. Available: <https://books.google.ro/books?id=S7BUrkoaxBMC&printsec=frontcover&hl=ro#v=onepage&q&f=false>. Accessed 15 May 2022.
151. Hély, C., Chaste, E., Girardin, M. P., Remy, C. C., Blarquez, O., Bergeron, Y. and Ali, A. A. (2020). "A Holocene perspective of vegetation controls on seasonal boreal wildfire sizes using numerical paleo-ecology", *Frontiers in Forests and Global Change*, 3, 511901. Doi: [10.3389/ffgc.2020.511901](https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.511901).
152. Holzleitner F., Kanzian C., Stampfer K., 2011: Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. *European Journal of Forest Reserach*, 130, 293-301.
153. Hossain, F. M. A., Zhang, Y. M., and Akter Tonima, M. (2020). "Forest fire flame and smoke detection from UAV-captured images using fire-specific color features and multi-color space local binary pattern," *Journal of Unmanned Vehicle Systems* 8, 285-309. DOI: 10.1139/juvs-2020-0009
154. Huang, S. H., Wang, B. J., Li, J., Lei, Y., Dai, C., and Sun, X. (2012). "Characterizing changbai larch through veneering. Part 2: Effect of diameter at breast height and radial growth," *BioResources* 7, 3076-3092. DOI: 10.15376/biores.7.3.3076-3092
155. Hulme, P.E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Science Base Catalog. Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10-18. doi: [10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x).
156. Iancu, B., Lunguleasa, A., Mușat, E., Spîrchez, C., 2019. *Properties of resinous wood species used in OSB technology*. In: *Recent Journal*, vol. 59, pp. 107-112.
157. Ichim, R., 1994. Funcțiile de producție și protecție ale pădurilor din județul Suceava. *Bucovina Forestieră*, anul II, nr. 1, pp. 71-76.

158. Iftime, M., **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., 2019. *Analysis of the working accidents recorded during the harvesting of the trees, between 2013 – 2018, for workers of the National Forest Administration, Romsilva, Romania*. In: *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 20(4), pp. 1717-1726.
159. Iftime, M.D., **Mușat, E.C.\***, 2022. *Accidentele de muncă la recoltarea lemnului în România, expresia organizării și funcționării sistemului de muncă*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 137(3), pp. 1-14.
160. Iordache, E., 2015. *Accesibilizarea pădurilor cu mijloace de colectare și transport*. Editura Lux Libris, Brașov.
161. Iordache, E., Niță, M.D. & Clinciu, I. (2012). Planning forest accessibility with a low ecological impact. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33(1), 143-147.
162. Irle M., Barbu M.C., 2010. Wood-based Panel Technology, Chapter 1 in: Thömen, H. Irle, M.; Sernek, M. (eds.): *Wood based Panels – An Introduction for Specialists*. Brunel University Press, London, pp. 1-94.
163. Irmak M.A., Yilmaz S., Mutlu E., Yilmaz H., 2018: Assessment of the effects of different tree species in urban microclimate. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 15802-15822.
164. Istrate V., 1983. *Tehnologia produselor aglomerate din lemn*. Editura Didactică și Pedagogică București, 476 p.
165. James, K., Hallam, C., Spener, C., 2013. Tree stability in winds: Measurements of root plate tilts. In: *Biosystems Engineering*, 115, pp. 324 – 331.
166. Jelonek, T., Pazdrowski, W., 2004: Correlation between breast height diameter of trees, their crown biometric elements and selected wood macrostructural traits of Scots pine. În: *Annales of Warsaw agricultural University – SGGW. Forestry and Wood Technology*, no. 55, pp. 263 – 267.
167. Jim C.Y., Chen W.Y., 2008: Pattern and divergence of tree communities in Taipei's main greenspaces. *Landscape and Urban Planning*, 84, 312-323.
168. Jim, C.Y. and Zhang, H. (2013) Defect-disorder and risk assessment of heritage trees in urban Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12 p.
169. Jim, C.Y., 2004. Characteristics of urban park trees in Hong Kong in relation to green space planning and Development. In: *Acta Horticulturae*, 643, pp. 123 – 128.
170. Jim, C.Y., 2005. Monitoring the performance and decline of heritage trees in urban Hong Kong. In: *Journal of Environmental Management*, Jan., 74 (2), pp. 161 – 172.
171. Jiménez-Pérez J., Aguirre-Calderón O.A., Kramer H., 2006. Tree crown structure in a mixed coniferous forest in México. In: *Conference on International Agricultural Research for Development, Tropentag, University of Bonn, October 11–13, Bonn, Germany*.
172. Jinxin, C., Yukio, T., Akihito, Y., 2012. Aerodynamic characteristics of trees for green roofing systems. In: „*The Seventh International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications (BBAA7)*”, Shanghai, China, 2 – 6 September, 10 p.
173. Johnson (Stawell) H., Brandle J., 2003: Shelterbelt design. *Landcare Notes*, May 2003, State of Victoria, Department of Sustainability and Environment, 4 p.
174. Jolliet, O., Müller-Wenk, R., Bare, J., Brent, A., Goedkoop, M. & Heijungs, R. (2004). The LCA midpoint-damage framework of the UNEP/SETAC life cycle initiative. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(6), 394-404.
175. Jucan, V., 1994. Autovehiculul, drumul sau încărcătura? (I). *Bucovina forestieră*, vol. II(1), pp. 98-100.
176. Kane, B., 2008: Tree failure following a windstorm in Brewster, Massachusetts, USA. În: *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 7, pp. 15 – 23.
177. Kärhä, K., Rantala, T., 2022. The Biggest Bottlenecks and the Most Potential Development Measures in Long-distance Road Transport of Industrial Roundwood in Finland. In *Proceedings of the Joint 44th Annual Meeting of Council on Forest Engineering (COFE), the 54th International Symposium on Forest Mechanization (FORMEC), and IUFRO All-Division 3 Meeting*; Chung, W., Kanzian, C., McNeary, P., Eds. *One Big Family – Shaping Our Future Together*, October 4–7, Corvallis, OR, USA, 74 p.



178. Kärhä, K., Seuri, M., Donagh, P.M.M., Acuna, M., Kanzian, C., Petković, V., Gonçalves, R.R.C., Costa, L.H.S., da Cruz, R.C., Krumov, T., Bradley, A., Röser, D., Pinto, C., Dian, W., Pandur, Z., Dvořák, J., Jørgensen, M.T., Muiste, P., Irdla, M., Ginet, C., Purfürst, T., Dietz, H.-U., Spinelli, R., Suzuki, Y., Shirasawa, H., Lazdiņš, A., Visser, R., Harvey, C., Skjølaas, D., Moskalik, T., Trzciński, G., Borz, S.A., **Mușat, E.C.**, Triplat, M., Oberholzer, F., Talbot, B., Tolosana, E., von Hofsten, H., Akay, A.O., Bakay, B., Conrad IV, J., Olivera, A., 2024: *Overview of global long-distance road transportation of industrial roundwood*. In: *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 25(1), pp. 217-236.
179. Kazemi S., Shalbafan A., Ebrahimi G., 2009. Internal decay assessment in standing beech trees using ultrasonic velocity measurement. *European Journal of Forest Research*, vol. 128(4), pp. 345-350.
180. Keller, G. & Sherar, J. (2003). *Low-volume roads engineering – Best management practices field guide*. U.S. Agency for International Development (USAID), USDA, Forest Service, International Programs, Conservation Management Institute, Virginia Polytechnic Institute and State University, pp. 5-42, 103-140.
181. Kelley A.M., King Jh.S., 2014. Pest pressure, hurricanes, and genotype interact to strongly impact stem form in young pine (*Pinus taeda* L.) along the coastal plain of North Carolina. In: *Trees*, vol. 28(5), pp. 1343–1353.
182. Kendal D., Williams N.S.G., Williams K.J.H., 2012: Drivers of diversity and tree cover in gardens, parks and streetscapes in an Australian city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11, 257-265.
183. Keshkamat, S.S., Tsendbazar, N.E., Zuidgeest, M.H.P., van der Veen, A. & de Leeuw, J. (2012). The environmental impact of not having paved roads in arid regions: an example from Mongolia. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 41(2), 202-205. doi: [10.1007/s13280-011-0155-3](https://doi.org/10.1007/s13280-011-0155-3).
184. Kharavassefat P., Jelagin D., Birgisson B., 2015. Dynamic response of flexible pavements at vehicle-road interaction. *Road Materials and Pavement Design*, 16(2), 256-276.
185. Kharavassefat P., Jelagin D., Birgisson B., 2016. The non-stationary response of flexible pavements to moving loads. *International Journal of Pavement Engineering*, 17(5), 458-470.
186. Kirkpatrick J.B., Davison A., Daniels G.D., 2012. Resident attitudes towards trees influence the planning and removal of different types of trees in eastern Australian cities. *Landscape and Urban Planning*, vol. 107, pp. 147-158.
187. Klein, D., Wolf, C., Schulz, C. & Weber-Blaschke, G. (2015). 20 years of Life Cycle Assessment (LCA) in the forestry sector: state of the art and a methodological proposal for the LCA of forest production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4), 556-575. doi: [10.1007/s11367-015-0847-1](https://doi.org/10.1007/s11367-015-0847-1).
188. Kleinschroth, F. & Healey, J.R. (2017). Impacts of logging roads on tropical forests. *Biotropica*, 49(5), 620-635. doi: [10.1111/btp.12462](https://doi.org/10.1111/btp.12462).
189. Knight, C.R.D., Bolding, C., Conrad IV, J.L., Barrett, S.M., 2023. Log truck transportation challenges and innovative solutions: evaluating the perspectives of truck drivers, logging business owners, and forests. *International Journal of Forest Engineering*, vol. 37(5), pp. 113-121. DOI: [10.1080/14942119.2023.2273123](https://doi.org/10.1080/14942119.2023.2273123).
190. Kochenderfer J.N., Wendel G.W., Clay Smith H., 1984: Cost of and soil loss on "Minimum-Standard" forest truck road constructed in the Central Appalachians. Research paper NE-544, United State Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 12 p.
191. Kodrík, J., Kodrík, M., 2002: Root biomass of beech as a factor influencing the wind tree stability. In: *Journal of Forest Science*, vol. 48 (12), pp. 549 – 564.
192. Kogler R., Quendler E., Boxberger J., 2015. Analysis of occupational accidents with agricultural machinery in the period 2008 -2010 in Austria. *Safety Science*, vol. 72, pp. 319-328.
193. Koirala, A., Kizha, A.R., De Hoop, C.F., Roth, B.E., Han, H.-S., Hiesl, P., Abbas, D., Gautam, S., Baral, S., Bick, S., Sahoo, K., 2018: Annotated Bibliography of the Global Literature on the Secondary Transportation of Raw and Comminuted Forest Products (2000–2015). *Forests* 9(7): 415. <https://doi.org/10.3390/f9070415>

194. Koirala, A., Kizha, A.R., Roth, B.E., 2017: Perceiving Major Problems in Forest Products Transportation by Trucks and Trailers: A Cross-sectional Survey. *European Journal of Forest Engineering* 3(1): 23–34.
195. Koizumi, A., Hirai, T., 2006: Evaluation of the section modulus for tree-stem cross sections of irregular shape. În: *Journal of Wood Science*, 7 p.
196. Kontogianni, A., Tsitsoni, T., Goudelis, G., 2011: An index base don silvicultural knowledge for tree stability assessment and improved ecological function in urban ecosystems. În: *Ecological Engineering*, vol. 37, pp. 914 – 919.
197. Kosztko M., Markó G., Péterfalvi J., Primusz P., Tóth C., 2008. Measuring bearing capacity on forest roads in Hungary. *A magyar Tudományos Akademia Agrartudományok Osztálya*, vol. XXXII – Gödöllő, Ungary.
198. Krč J., Beguš J., 2013. Planning forest opening ith forest roads. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34(2), 217-228.
199. Labrecque, M., Teodorescu, T.I., 2005: Preliminary evaluation of a living willow (*Salix* SPP.) sound barrier along a highway in Quebec, Canada. *Journal of Arboriculture* 31(2): 95-98.
200. Lachini E., Fiedler N., Silva G., Pinheiro C., Carmo F., 2018. Operational analysis of forestry transportation using self-loading trucks in a mountainous region. *Foresta e Ambiente*, 25(4), e20150060.
201. Laurance, W.F., Goosem, M. & Laurance, S.G.W. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12), 659-669. doi:[10.1016/j.tree.2009.06.009](https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009).
202. Laurence, W.F., Sloan, S., Weng, L. & Sayer, J.A. (2015). Estimating the environmental costs of Africa's massive "development corridors". *Current Biology*, 25(24), 3202-3208. doi: [10.1016/j.cub.2015.10.046](https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.10.046).
203. Lauridsen H., 2011: The impacts of rood tolling: A review of Norwegian experience. *Transport Policy*, 18, 85-91. DOI: [10.1016/j.tranpol.2010.06.003](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.06.003).
204. Lavrov V., Miroshnyk N., Grabovska T., Shupova T., 2021: Forest shelter belts in organic agricultural landscape: structure of biodiversity and their ecological role. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, 63(1), 48-64. Doi: [10.2478/ffp-2021-0005](https://doi.org/10.2478/ffp-2021-0005).
205. Lawes, M. J., Richards, A., Dathe, J. and Midgley, J. J. (2011). "Bark thickness determines fires resistance of selected tree species fire-prone tropical savanna in north Australia", *Plant Ecology*, 212(12), 2057-2069. Doi: [10.1007/s11258-011-9954-7](https://doi.org/10.1007/s11258-011-9954-7).
206. Layton D.A., LeDoux C.B., Hassler C.C., 1992: Cost estimators for construction of forest roads in Central Appalachians. Research paper NE-665, United State Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 8 p.
207. Leahu If., 1994. Forest mensuration (in Romanian). Didactic and Pedagogical Publishing House, Bucharest.
208. Lear G.C., 2005. Improving the assessment of in situ timber members with the use of nondestructive and semi-destructive testing techniques. A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.
209. Leboucher B., 2014. Fabriquer en bois massif: anticiper les variations. *Le Bouvet*, vol. 167, pp. 21-33.
210. Li G., Wang X., Feng H., Wiedenbeck J., Ross R.J., 2014. Analysis of wave velocity patterns in black cherry trees and its effect on internal decay detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 104, pp. 32-39.
211. Li L., Sandu C., 2002: On the impact of cargo weight, vehicle parameters, and terrain characteristics on the prediction of traction for off-road vehicles. *Journal of Terramechanics*, 44, 221-238.
212. Liang S., Fu F., 2012. Relationship analysis between tomograms and hardness maps in determining internal defects in Euphrates poplar. *Wood Research*, vol. 57(2), pp. 221-230.
213. Liang S., Fu F., Lin L., Hu N., 2010. Various factors and propagation trends of stress waves in cross sections of Euphrates poplar. *Forest Products Journal*, vol. 60(5), pp. 440-446.

214. Lieberman, D. (2008). "Aspecte privind organizarea, prevenirea și evitarea incendiilor de pădure din Israel [Aspects of forest fire management, prevention and avoidance in Israel]," Sesiunea Științifică [Scientific session], of the University Ștefan cel Mare, Suceava, Romania.
215. Lim, S.K. & Yang, J. (2007). Enhancing sustainability deliverables for infrastructure project delivery. Creating Viable, Healthy and Environmentally Viable Cities: Asian Perspective. Proceedings of the World Sustainable Building Conference, Kowloon, Hong Kong, June, 2007, 467-480.
216. Lim, S.K. (2009). Framework and processes for enhancing sustainability deliverables in Australian road infrastructure projects. Queensland University of Technology, Brisbane, Australia. Available at: <https://eprints.qut.edu.au/32053/>. Accessed 16 May 2022.
217. Lin C.J., Chang T.T., Juan M.Y., Lin T.T., 2011. Detecting deterioration in royal palm (*Roystonea regia*) using ultrasonic tomographic and resistance microdrill log techniques. *Journal of Tropical Forest Science*, vol. 23, pp. 260-270.
218. Lin C.J., Kao Y.C., Lin T.T., Tsai M.J., Wang S.Y., Lin L.D., Wang Y.N., Chan M.H., 2008. Application of an ultrasonic tomographic technique for detecting defects in standing trees. *International Biodeterioration and Biodegradation*, vol. 62, pp. 434-441.
219. Lin W., Wu J., 2013. Study on application of stress wave for nondestructive test of wood defect. *Applied Mechanics and Materials*, vol. 401-403, pp. 1119-1123.
220. Lindström H., Reale M., Grekin M., 2009. Using non-destructive testing to assess modulus of elasticity of *Pinus sylvestris* trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 24(3), pp. 247-257. DOI: [10.1080/02827580902758869](https://doi.org/10.1080/02827580902758869).
221. Lindström J., Fjeld D., 2011. Routing of self-loading logging trucks in Sweden. 34<sup>th</sup> Council on Forest Engineering, 12-15 iunie 2011, Quebec.
222. Luce, C. & Wemple, B.C. (2001). Introduction to special issue on hydrologic and geomorphic effects of forest roads. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(2), 111-113. Doi: [10.1002/1096-9837\(200102\)26:2<111::aid-esp165>3.0.co;2-2](https://doi.org/10.1002/1096-9837(200102)26:2<111::aid-esp165>3.0.co;2-2).
223. Lugo, A.E. & Gucinski, H. (2000). Function, effects, and management of forest roads. *Forest Ecology and Management*, 133(3), 249-262. doi: [10.1016/S0378-1127\(99\)00237-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00237-6).
224. Luley, C.J., Sisinni, S., Pleniger, A., 2002. The effect of pruning on service requests, ranch failures and priority maintenance in the city of Rochester, New York, U.S. In: *Journal of Arboriculture*, May, 28 (3), pp. 137 – 143.
225. Lunguleasa A., 2004. Anatomia și mecanica lemnului. Reprografia Universității Transilvania, Brașov, 106 p.
226. Lyunch, D. L. (2004). "What do forest fires really cost?", *Journal of Forestry*, 102(6), 42-49. Doi: [10.1093/jof/102.6.42](https://doi.org/10.1093/jof/102.6.42).
227. Makki, T., Fakheran, S., Moradi, H., Iravani, M. & Senn, J. (2013). Landscape-scale impacts of transportation infrastructure on spatial dynamics of two vulnerable ungulate species in Ghamishloo Wildlife Refuge, Iran. *Ecological Indicators*, 31, 6-14. doi: [10.1016/j.ecolind.2013.03.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.001).
228. Malinen, J., Nousiainen, V., Palojarvi, K., Palander, T., 2014: Prospects and Challenges of Timber Trucking in a Changing Operational Environment in Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering* 35(1): 91–100.
229. Malinovski R.A., Nutto L., Schwegler Wiese W., Brunsmeier M., 2016. Non-destructive analysis of the root system and tree growth parameters. *Revista Árvore*, vol. 40(2), pp. 289-295.
230. Markó, G.; Primusz, P.; Péterfalvi, J. Measuring the bearing capacity of forest roads with an improved Benkelman beam apparatus. *Acta Silv. Lignaria Hung.* 2013, 9, 97-110. DOI: [10.2478/aslh-2013-0008](https://doi.org/10.2478/aslh-2013-0008).
231. Marra, E., Laschi, A., Fabiano, F., Foderi, C., Neri, F., Mastrolonardo, G., Nordfiell, T. & Marchi, E. (2021). Impacts of wood extraction on soil: assessing rutting and soil compaction caused by skidding and forwarding by means of traditional and innovative methods. *European Journal of Forest Research*, 171, 71-86. doi: [10.1007/s10342-021-01420-w](https://doi.org/10.1007/s10342-021-01420-w).

232. Martin, M.A., Chitale, V.S., Murthy, M.S.R., Uddin, K., Bajracharya, B. & Pradhan, S. (2017). Understanding forest fire patterns and risk in Nepal using remote sensing, geographic information system and historical fire data. *International Journal of Wildland Fire*, 26(4), 276-286. doi: [10.1071/WF16056](https://doi.org/10.1071/WF16056).
233. Martinis R., Socco L., Sambuelli L., Nicolotii G., Schmitt O., Bucur V., 2004. Tomographie ultrasonore pour les arbres sur pied. *Annals of Forest Science, Springer Nature*, vol. 61(2), pp. 157-162.
234. Matheny, N.P., Clark, J.R., 2009. Tree risk assessment. What we know (and what we don't know). In: *Arborist News*, February, pp. 28 – 33.
235. McClure, C.J., Ware, H.E., Carlisle, J., Kalteflecker, G. & Barber, J.R. (2013). An experimental investigation into the effects of traffic noise on distribution of birds: avoiding the phantom road. *Proceedings of the Royal Society B – Biological Sciences*, 280, 20132290, 9p. doi: [10.1098/rspb.2013.2290](https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2290).
236. Meddour-Sahar, O., Meddour, R., Leone, V., Lovreglio, R. and Derridj, A. (2013). "Analysis of forest fires causes and their motivations in northern Algeria: the Delphi method", *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 6(5), 247-254. Doi: [10.3832/ifor0098-006](https://doi.org/10.3832/ifor0098-006).
237. Mickovski, S.B., Ennos, A.R., 2003a. Anchorage and asymmetry in the root system of *Pinus peuce*. In: *Silva Fennica*, 37, pp. 161 – 173.
238. Mickovski, S.B., Ennos, A.R., 2003b. The effect of unidirectional stem flexing on shoot and root morphology and architecture in young *Pinus sylvestris* trees. In: *Canadian Journal of Forest Research*, 33 (11), pp. 2202 – 2209.
239. Miller R.H., Miller R.W., 1991: Planting survival of selected street tree taxa. *Journal of Arboriculture*, 17(7), 185-191.
240. Miron-Onciul M., Roibu C.C., 2005: Considerații asupra Ghidului de bună practică pentru drumurile forestiere din România. *Analele Universității „Ștefan cel Mare” Suceava, Secțiunea Silvicultură, Serie Nouă*, 2, 37-46.
241. Mitchell, S.J., 2013. Review – Wind as a natural disturbance agent in forest: a synthesis. In: *Forestry. An International Journal of Forest Research*, 86, pp. 147 – 157.
242. Mitișor A., Istrate V., 1983. Tehnologia furnirelor, placajelor și plăcilor din fibre de lemn. Editura Tehnică, București.
243. Mize C.W., Brandt J.R., Schoeneberger M.M., Bentrup G., 2008: Ecological development and function of shelterbelts in temperate north America. *Towards Agroforestry Design*, 27-54. Doi: [10.1007/978-1-4020-6572-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6572-9_3).
244. Möller B., Nielsen P.S., Analysing transport costs of Danish forest wood chip resources by means of continuous cost surfaces, *Biomass and Bioenergy*, vol. 31, 2007, pp. 291-398;
245. Moradi, F., Darvishsefat, A. A., Pourrahmati, M. R., Deljouei, A. and Borz, S. A. (2022). "Estimating aboveground biomass in dense Hyrcanian forests by use of Sentinel-2 data", *Forests*, 13(1), 104. Doi: [10.3390/f13010104](https://doi.org/10.3390/f13010104).
246. Moravčík L., Vincúr R., Rózová Z., 2021. Analysis of the static behavior of a single tree on a finite element method. *Plants*, vol. 10, ID article 1284. DOI: 10.3390/plants10071284.
247. Morelli, F., Beim, M., Jerzak, L., Jones, D. & Tryjanowski, P. (2014). Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 30, 21-31. doi: [10.1016/j.trd.2014.05.006](https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.006).
248. Moskalik, T., and Gendek, A. (2019). "Production of chips from logging residues and their quality for energy: A review of European literature," *Forests* 10(3), article 262. DOI: 10.3390/f10030262
249. Mousavi S.R., Nikooy M., 2014. Evaluation of Tree Forwarding by Farm Tractor in Patch Cutting of Poplar Plantations in Northern Iran. *Small-Scale Forestry*, vol. 13, pp. 527-540.
250. Mu H., Qi D., Zhang M., Zhang P., 2010. Study of wood defects detection based on image processing. 2010 Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2010), pp. 607-611.
251. Murphy, G. (2003). Reducing trucks on the road through optimal route scheduling and shared log transport services. *SJAF*, 27(3), 198-205. doi: [10.1093/sjaf/27.3.198](https://doi.org/10.1093/sjaf/27.3.198).

252. **Mușat, E.C.\***, 2023. *The agreement in accuracy between tomograms, resistograms and the actual condition of the wood from lime trees harvested from cities*. In: *Bioresources*, vol. 18(1), pp. 1757-1779.
253. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A.\*, Barti, M.E., Dumitru-Dobre, C., 2020. *Analysis of sound velocity through the wood of spruce trees located into a burned area*. Articol susținut la: *International Symposium „Forest complex in the digital economy”*, dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the foundation of Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University (ex. Moscow Forest Technical Institute – Moscow State Forest University), 2 – 5 December, 2019, Moscow, Russia. Publicat în: *Forestry Bulletin*, T.24, nr. 4, pp.98-109.
254. **Mușat E.C.\***, 2021. *Soluții tehnice pentru combaterea înzăpezirilor prin crearea perdelelor forestiere de protecție: studiu de caz*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 136(4), pp. 31-46.
255. **Mușat, E.C.\***, 2024a. *How well can sound tomograms characterize inner-trunk defects in beech trees from a burned plot? ”*. *Bioresources*, vol. 19(4), pp. 7530-7565.
256. **Mușat, E.C.\***, Abutnăriței, G.L., Hoge, D.D., Miu, L.D., Avram, V.N., Derczeni, R.A., 2024a. *Loading round wood in forestry trucks and forestry platforms: a case study for Romania*. *Forests*, Special Issue Sustainable Forest Operations Planning and Management, vol. 15(9), ID articol 1646.
257. **Mușat, E.C.\***, Alexandru, V.M., Ciobanu, V.D., Săceanu, S.C-tin., Antoniadă c.ș. Roman, C., Vișan, J., 2014c. *The type and the extension of the degradations caused by the introduction in the timber transportation of the increased weight vehicles*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 129(5-6), pp. 38-43.
258. **Mușat, E.C.\***, Bitir, I., 2022. *Evaluating the forest road systems subjected to different loadings by using the Finite Element Method*. In: *Forests*, vol. 13, ID article 1872, 26 p.
259. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, D.V., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016c. *Solicitările provocate de transportul lemnului cu autovehicule de tonaj sporit și portanța drumurilor forestiere secundare*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(1-2), pp. 88-96.
260. **Mușat, E.C.\***, Ciobanu, V.D., Vișan, J., Antoniadă, C., Săceanu, S.C-tin., 2016d. *Analiza variantelor de structuri rutiere în contextul sporirii capacității portante a drumurilor forestiere*. In: *Revista Pădurilor*, vol. 131(3-4), pp. 91-99.
261. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., 2015. *Crown influence on the stability of trees: A short literature review*. In: *Proceedings of the International Conference “Forest and Sustainable Development”*, pp. 262-269.
262. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., Ciobanu, V.D., 2014a. *The external defects and the particularities of the trees crowns located into the green areas of Brașov*. In: *Conference Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific Geoconferences (SGEM 2014), 14<sup>th</sup> GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Oceanic Ecosystems*, vol. II, pp. 461-468.
263. **Mușat, E.-C.\***, Ciubotaru, A., Ciobanu, V.D., 2014b. *The particularities on the crowns for poplar trees located in alignments and forest*. In: *Conference Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific Geoconferences (SGEM 2014), 14<sup>th</sup> GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Oceanic Ecosystems*, vol. II, pp. 485-492.
264. **Mușat, E.C.\***, Ciubotaru, A., Száva, I., 2016e. *A short review regarding the losses recorded in windfall*. In: *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Tome XIV, fascicule 4, pp. 167-172.
265. **Mușat, E.C.\***, Greșiță, C.I., Maican, I., 2019a. *Analysis of transported volumes and unloading times of raw material used in manufacturing OSB boards*. In: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019*, vol. 19, issue 1.4. *Science and Technologies in Geology, Oil and Gas Exploration, Water Resources, Forest Ecosystems*, pp. 335-342.
266. **Mușat, E.C.\***, Iancu, B.I., Derczeni, R.A., Ciobanu, V.D., 2019b. *Analysis of transport distances and wood volumes purchased by a woodworking company*. În: *Conference Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019*, vol. 19 – *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystem*, issue 3.2, pp. 617-624.

267. **Mușat, E.C.\***, Salcă, E.A., 2022. *Can the characteristics of the crown influence the stability of poplar trees?* In: *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Hardwood Conference*, 12-14 October 2022, Sopron, Hungary, pp. 142-145.
268. **Mușat, E.C.**, 2022. Defectele lemnului la arborii din zonele publice ale Brașovului. Editura Universității Transilvania din Brașov, 153 p.
269. **Mușat, E.C.**, 2023. Defectele exterioare și calitatea lemnului la arborii izolați. Editura Universității Transilvania din Brașov, 557 p.
270. **Mușat, E.C.**, 2024b. Impact of forest fires on the trees and wood quality – A case study for a beech stand. *Fire, Special Issue Post-fire effects on environment*, vol. 7(9), ID articol 325.
271. **Mușat, E.C.**, Borz, S.A.\*, 2022. *Learning from acceleration data to differentiate the posture, dynamic and static work of the back: an experimental setup*. In: *Healthcare*, vol. 10(5), ID article 916, 22 p.
272. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A.\*, Bitir, I., Liampas, S.A., Ciobanu, V.D., 2019c. *Analiza costurilor în cazul lucrărilor de drumuri executate în regie proprie sau cu terți*. In: *Revista Pădurilor*, anul 134, nr. 1, pp. 37-50.
273. **Mușat, E.C.**, Derczeni, R.A., Salcă, E.A., Bratu, C.A., Ciobanu, V.D., 2023. *Evaluation of deformations of the forest road pavements by using the Finite Element Method*. In: *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium Forest and Sustainable Development*, pp. 135-148.
274. Navarro Maroto P.J., Rodriques Bayo J., Codina i Palou M., Dominquez i Tores G., Lopes Vicens Y., 2010. Prospects for the market supply of wood and other forest products from areas with fragmented forest ownership structure. Task II. Case study: Catalonia, Spain. *Centre Tecnologic Forestal de Catalunya*, 93 p.
275. Neagu, M.L., Croitoru, A.E., Irimuș, I.A., Rusz, O., 2012. The role of climatic factors on forest landscape change in the Giurghiu basin. In: *Proceedings of the Conference „Air & Water components of the Environment”*, March, Cluj University Press 2012, pp. 381 – 388.
276. Negishi, J.N., Sidle, R.C., Ziegler, A.D., Noguchi, S. & Nik, A.R. (2008). Contribution of intercepted subsurface flow to road runoff and sediment transport in a logging-disturbed tropical catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38(8), 1174-1191. doi: [10.1002/esp.1606](https://doi.org/10.1002/esp.1606).
277. Negruțiu F., 1980: Spații verzi. Editura Didactică și Pedagogică, București, 311 p.
278. Nenu, I.M. (2019). Metode de evaluare a impactului asupra mediului cu aplicabilitate în proiectarea și construcția drumurilor forestiere. *Revista Pădurilor*, 134(2), 29-42.
279. Nero B.F., 2019: Wood species and trait diversity-functional relations of green spaces in Kumasi, Ghana. *Urban Ecosystems*, 22, 593-607.
280. Nevečerel, H., Lepoglavec, K., Papa, I., Pičman, D. & Pentek, T. (2011). Development of a new computer program for designing forest roads. Pushing the boundaries with research and innovation in forest engineering (FORMEC), Graz, Austria, October 9-13, 2011, 13p.
281. Nicoll, B.C., Ray, D., 1996. Adaptive growth of tree root system in response to wind action and site conditions. In: *Tree Physiology*, 16, pp. 891 – 898.
282. Nicolotti G., Socco L.V., Martinis R., Godio A., Sambuelli L., 2003. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. *Journal of Arboriculture*, vol. 29(2), pp. 66-78.
283. Nimară D., Voiculescu P., Pavelescu I.M., 1964. Cartea sortatorului de produse lemnoase de pădure. Editura Agro-Silvică, București, 224p.
284. Nishimura T.B., 2005. Tree characteristics related to stem breakage of *Picea glehnii* and *Abies sachalinensis*. In: *Forest Ecology and Management*, vol. 215(1–3), pp. 295–306.
285. Nyumba, T.O., Sang, C.C., Olago, D.O., Marchant, R., Waruigi, L., Githiora, Y., Kago, F., Mwangi, M., Owira, G., Barasa, R. & Omangi, S. (2021). Assessing the ecological impacts of transportation infrastructure development: A reconnaissance study of the Standard Gauge Railway in Kenya. *PLoS ONE*, 16(1), 1-14, e0246248. doi: [10.1371/journal.pone.0246248](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246248).
286. Odhiambo, B., Meincken, M. and Seifert, T. (2014). "The protective role of bark against fire damage: a comparative study on selected introduced and indigenous tree species in the Western Cape, South Africa", *Trees*, 28(2), 555-565. Doi: [10.1007/s00468-013-0971-0](https://doi.org/10.1007/s00468-013-0971-0).

287. Ogden, L.E. (2012). Road ecology: reconnecting a fragmented landscape. *BioScience*, 62(1), 100. doi: [10.1525/bio.2012.62.1.19](https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.19).
288. Olsson L., Lohmander P., 2005: Optimal forest transportation with respect to road investments. *Forest Policy and Economics*, 7, 369-379. DOI: 10.1016/j.forpol.2003.07.004.
289. Olteanu I., Stan I., Transportul auto forestier – prezent și perspective, *Revista Pădurilor*, anul 107, nr. 3, 1992, pp. 43-48;
290. Olteanu N. (1996). Proiectarea drumurilor forestiere (Design of the forest roads). Lux Libris.
291. Olteanu N., 1995. Drumuri forestiere. Proiectare. Editura Universității Transilvania din Brașov, 173 p.
292. Omi, P. N. (2005). "Forest fires: a reference handbook". Contemporary World Issue, ABC-CLIO publishing house, Santa Barbara, California, U.S.A.
293. Oprea, I., 2008. Tehnologia exploatării lemnului. Editura Universității Transilvania din Brașov, 273 p.
294. Oprea, I., Borz, S.A., 2007. Organizarea șantierelor de exploatare a lemnului: îndrumar de proiect. Editura Universității Transilvania din Brașov, Brașov, 133 p.
295. Oprea, I., Sbera, I., 2000: Tehnologia exploatării lemnului. Vol. I. Elemente de bază și tehnici procesurale. Editura Universității Transilvania din Brașov, 261 p.
296. Oprea, I., Sbera, I., 2004. Tehnologia exploatării lemnului. Editura Tridona, Oltenița, 369 p.
297. Orzel S., 2007. A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. In: *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, vol. 10(2). Available at: <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue2/art-13.html>. Accessed on: 24.08.2015.
298. Ostrovsky R., Kobza M., Gazo J., 2017. Extensively damaged trees tested with acoustic tomography considering tree stability in urban greenery. *Trees*, vol. 31, pp. 1015-1023.
299. Page-Dumroese, D. S., Jurgensen, M. F., Miller, C. A., Pickens, J. B. and Tirocke, J. M. (2019). "Wildfire alters belowground and surface wood decomposition on two national forests in Montana, U.S.A.", *International Journal of Wildland Fire*, 28(6), 456-469. Doi: [10.1071/WF18218](https://doi.org/10.1071/WF18218).
300. Palaghianu, C. (2007). "Aspecte privitoare la dinamica resurselor forestiere mondiale [Aspects regarding the dynamics of world forest resources]," *Analele Universității Ștefan cel Mare Suceava, Section Silviculture* 9(2), 21-32.
301. Palander, T., Haavikko, H., Kortelainen, E., Kärhä, K., Borz, S.A., 2020: Improving Environmental and Energy Efficiency in Wood Transportation for a Carbon-Neutral Forest Industry. *Forests* 11(11): 1194. <https://doi.org/10.3390/f11111194>
302. Palander, T., Kärhä, K., 2017: Potential Traffic Levels after Increasing the Maximum Vehicle Weight in Environmentally Efficient Transportation System: The Case of Finland. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* 5(3): 417-429. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d5.0154>
303. Papandrea, S. F., Cataldo, M. F., Bernardi, B., Zimbalatti, G. and Proto, A. R. (2022). "The predictive accuracy of modulus of elasticity (MOE) in the wood of standing trees and logs", *Forests*, 13, 1273. Doi: [10.3390/f13081273](https://doi.org/10.3390/f13081273).
304. Parascan D., Danciu M., 2001. Fiziologia plantelor lemnoase cu fundamente de fiziologie vegetală generală. Editura Pentru Viață, Brașov, 303p.
305. Pădure F., 2001: Verificarea calității și prioritizarea lucrărilor la drumuri. *Revista Drumuri și Poduri*, 60, pp. 30.
306. Peltola, H., Kellomäki, S., Hassinen, A., Lemettinen, M., Aho, J., 1993. Swaying of trees as caused by wind: analysis of field measurements. In: *Silva Fennica*, 27 (2), pp. 113 – 126.
307. Pentek T., Pičman D., Potočnik I., Dvorščak P., Nevečerel H., 2005. Analysis of an existing forest road network. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26(1), pp. 396-50.
308. Pentek, T., Nevečerel, H., Poršinsky, T., Pičman, D., Lepoglavec, K. & Potočnik, I. (2008). Methodology for development of secondary forest traffic infrastructure cadastre. *Croatian Journal of Forest Engineering* 29(1), 75-83.
309. Pereira Domingues Martinho, V. J. (2019). "Socioeconomic impacts of forest fires upon Portugal: an analysis for the agricultural and forestry sectors", *Sustainability*, 11(2), 374. Doi: [10.3390/su11020374](https://doi.org/10.3390/su11020374).

310. Piboule, A., Collet, C., Frochot, H., Dhôte, J.-F.: Reconstructing crown shape form stem diameter and tree position to supply light models. I. Algorithms and comparison of light simulations. In: *Annals of Forest Science*, vol. 62, pp. 645- 657, 2004.
311. Polak, M., Wiącek, J., Kucharczyk, M. & Orzechowski, R. (2013). The effect of road traffic on a breeding community of woodland birds. *European Journal of Forest Research*, 132, 931-941. doi: 10.1007/s10342-013-0732-z.
312. Popa, I., 1999a. Model mecanic de simulare a stabilității unui arbore la acțiunea vântului (I). In: *Revista Pădurilor*, anul 114, no. 5, pp. 25 – 29.
313. Popa, I., 1999b. Model mecanic de simulare a stabilității unui arbore la acțiunea vântului (II). In: *Revista Pădurilor*, anul 114, no. 6, pp. 28 – 32.
314. Popa, I., 2001: Analiza stabilității arborilor la acțiunea vântului prin metoda cuplurilor uniforme. În: *Bucovina Forestieră*, vol. IX (1 – 2), pp. 21 – 29.
315. Popa, I., 2007: Managementul riscului la doborâturi produse de vânt. *Forestry Technical Publishing House*, București, 235 p.
316. Popovici V., Bereziuc R., Clinciu I. (2003): Extinderea rețelei de drumuri pentru accesibilizarea fondului forestier și, în general, a pădurii (Expanding the road network to make the forest fund and the forest in general more accessible). *Bucovina Forestieră*, e-ISSN 1582-3725, Vol. 11(2), pp. 36-40
317. Potočnik I., Pentek T., Pičman D. (2005): Impact of traffic characteristics on forest roads due to forest management. *Croatian Journal of Forest Engineering*, ISSN 1845-5719, Vol. 26(1), pp. 51-57
318. Proto A.R., Cataldo M.F., Costa C., Papandrea S.F., Zimbalatti G., 2020. A tomographic approach to assessing the possibility of ring shake presence in standing chestnut trees. *European Journal of Wood and Wood Products*, vol. 78, pp. 1137-1148. DOI: 10.1007/s00107-020-01591-0.
319. Punches, J. (2004). "Tree growth, forest management, ad their implications for wood quality". Report no. PNW 576. A Pacific Northwest Ectension publications, Oregon State University, University of Odaho, Washington State University.
320. Qu, H., Chen, M., Hu, Y. and Lyu, J. (2020). "Effect of trees knot defects on wood quality: a review," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 738(1). 2019 International Conference on Energy, Chemical and Material Science (ECMS 2019), Malaysia, 012027. Doi: [10.1088/1757-899X/738/1/012027](https://doi.org/10.1088/1757-899X/738/1/012027).
321. Rahmani, M.; Kim, Y.R.; Park, Y.B.; Jung, J.S. Mechanistic analysis of pavement damage and performance prediction based on finite element modeling with viscoelasticity and fracture of mixtures. *LHI Journal of Land, Housing and Urban Affairs* 2020, 11(2), 95-104.
322. Rauch, P. & Borz, S.A. (2020). Reengineering the Romanian timber supply chain from a process management perspective. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41(1), 85-94. doi: 10.5552/crojfe.2020.610.
323. Raupp M.J., Cumming M.J., Raupp E.C., 2006: Street tree diversity in eastern North America and its potential for tree loss to exotic borers. *Arboriculture & Urban Forestry*, 32(6), 297-304.
324. Rautiainen, M., Möttus, M., Stenberg, P., Ervasti, S. 2008: Crown envelope shape measurements and models. In: *Silva Fennica*, 42 (1), pp. 19 – 33.
325. Rinn F., 1988. A new method for measuring tree-ring density parameters. Physics diploma thesis. Institute for Enviromental Physics, Heidelberg University, Germania, 85 p.
326. Rinn F., 1994. Resistographie visualization of tree-ring density variations. International Conference on Tree Rings, Environment and Humanity. Relationships and Processes. May 17 – 21, Hotel Park, Tucson Arizona, U.S.A., 4 p.
327. Rinn F., 2014. Central basics of sonic tree tomography, 14(4):8–10. <https://ictinternational.com/casestudies/central-basics-of-sonic-tree-tomography/> Accessed 04 October 2022.
328. Rodgers, M., Hayes, G. & Healy, M.G. (2009). Cyclic loading tests on sandstone and limestone shale aggregates used in unbound forest roads. *Construction and Building Material*, 23(6), 421-427. doi: [10.1016/j.conbuildmat.2008.10.007](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.10.007).



329. Rodríguez y Silva, F., Molina, J. R., González-Cabán, A., and Herrera Machuca, M. A. (2012). "Economic vulnerability of timber resources to forest fires," *Journal of Environmental Management* 100, 16-21. DOI:10.1016/j.jenvman.2011.12.026
330. Ross R.J., De Groot R.C., 1998. Scanning technique for identifying biologically degraded areas in wood members. *Experimental Techniques*, vol. 22(3), pp. 32-33.
331. Roughton J.E., 1982. Non-nvasive measurements. *Journal of Physics E: Scientific Instruments*, vol. 15(2), pp. 12-57.
332. Ryan, T., Philips, H., Ramsey, J. and Dempsey, J., 2004. *Forest road manual. Guidelines for the design, construction and maintenance of forest roads.* COFORD Press, Dublin, 168 p.
333. Saebø A., Borzan Ž., Ducatillion C., Hatzistathis A., Lagerström T., Supuka J., García-Valdecantos J.L., Rego F., van Slycker J., 2005. The selection of plant materials for street trees, park trees and urban woodland. Konijnendijk C., Kilsson K., Randrup T., Schipperijn T. (eds.). *Urban Forests and Trees.* Springer, Berlin, Heidelberg.
334. Sandak, J., Sandak, A., Zitek, A., Hintestoisser, B. and Picchi, G. (2020). "Development of low-cost portable spectrometers for detection of wood defects," *Sensors* 20(2), 545. Doi: [10.3390/s20020545](https://doi.org/10.3390/s20020545).
335. Sandoz J.L., Lorin P., 1996. Tares internes de bois sur pied: détection par ultrasons. *Revue Forestiere Français - Technique et Forêt*, vol. XLVIII(3), pp. 231-240.
336. Săceanu S.C., 2014: *Contribuții privind comportarea drumurilor forestiere în condițiile extinderii transportului lemnului cu autovehicule de tonaj sporit.* Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov, 180 p.
337. Schütz, J.-PH., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D., 2006: Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. În: *European Journal of Forest Research*, vol. 125, pp. 291 – 302.
338. Scriba, C., **Mușat, E.C.\***, Salcă, E.A., Ciobanu, V.D., 2017. *Influence of energy willow crops on soil features in the case of a contaminated land.* In: *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 18(4), pp. 1403-1410.
339. Seifert T., Nickel M., Pretzsch H., 2010. Analysing the long-term effects of artificial pruning of wild cherry by computer tomography. *Trees*, vol. 24, pp. 797-808. DOI: 10.1007/s00468-010-0450-9.
340. Seiler, A. (2001). Ecological effects of roads. A Review. *Swedish University of Agricultural Sciences*, 26(40), 41 p.
341. Sellier, D., Fourcaud, T. and Lac, P. (2006) A finite element model for investigating effects of aerial architecture on tree oscillations. *Tree Physiology*, 26, 799-806.
342. Serin, H. & Akay, A.E. (2010). Noise level analysis of a bulldozer used in constructing a forest road in Mediterranean region of Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(19), 2624-2628.
343. Shaffer, R.M., Stuart, W.B., 2005: A Checklist for Efficient Log Trucking. Virginia Cooperative Extension, Publication 420–094.
344. Shimano, K.: Analysis of the Relationship between DBH and Crown Projection Area using a new model. In: *Journal of Forest Research*, November 16, volume 2, issue 4, pp. 237 – 242, 1997.
345. Sidle, R.C. & Ziegler, A.D. (2012). The dilemma of mountain roads. *Nature Geoscience*, 5(7), 437-438. doi: [10.1038/ngeo1512](https://doi.org/10.1038/ngeo1512).
346. Sidle, R.C., Ziegler, A.D., Negishi, J.N., Nik, A.R., Siew, R. & Turkelboom, F. (2006). Erosion processes in steep terrain – Truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia. *Forest Ecology and Management*, 224(1-2), 199-225. doi: [10.1016/j.foreco.2005.12.019](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.019).
347. Siegert B., 2013. Comparative analysis of tools and method for the evaluation of tree stability. Results of a field test in Germany. *Arborist News*, pp. 26 – 31.
348. Sieghardt, M., Mursch-Radlgruber, E., Paoletti, E., Couenberg, E., Dimitrakopoulos, A., Rego, F., Hatzistathis, A., Randrup, T.B., 2005. The abiotic urban environment: impact of urban growing conditions on urban vegetation. In: *Urban Forests and Trees: A Reference Book* (chapter 11).

- Editori: Konijnendijk, C.C., Nilsson, K, Randrup, T.B., Schipperijn, J. Berlin Springer Heidelberg, pp. 281 – 323.
349. Sist, P. (2000). Reduced-impact logging in the tropics: objectives, principles and impacts. *The International Forestry Review*, 2(1), S.I. Reduced Impact Logging, 3-10.
350. Sivrikaya, F., Bozali, N., Okumuş, A. and Çankaya, C. (2015). "Forest road network effect on forest fire: a case study of Turkey", 38<sup>th</sup> Annual COFE Meeting – Engineering Solutions for Non-Industrial Private Operationn, July 19 – 22, Lexington, Kentucky, 282-290.
351. Sivrikaya, F., Sağlam, B., Akay, A.E. & Bozali, N. (2014). Evaluation of forest fire risk with GIS. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(1), 187-194.
352. Sjöman H., Östberg J., Bühler O., 2012: Diversity and distribution of the urban tree population in three major Nordic cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11, 31-39.
353. Smiley, E.Th., 2008: Root pruning and stability of young willow oak. În: *Arboriculture and Urban Forestry*, vol. 34 (2), March, pp. 123 – 128.
354. Smith, S.W. *Digital Signal Processing - A practical guide for engineers and scientists*, 1<sup>st</sup> ed.;Newnes - Elsevier Science: Burlington, MA, USA, 2003; pp. 451–480.
355. Soethe, N., Lehmann, J., Engels, C., 2006: Root morphology and anchorage of six native tree species from a tropical montane forest and an elfin forest in Ecuador. În: *Plant and Soil*, vol. 279, pp. 173 – 185.
356. Sosa, A., Acuna, M., McDonell, K., Devlin, G., 2015: Managing the moisture content of wood biomass for the optimisation of Ireland’s transport supply strategy to bioenergy markets and competing industries. *Energy* 86: 354–368. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.032>
357. Southworth J., Tucker C., 2001. The influence of accessibility, local institution and socioeconomic factors on forest cover change in the mountains of Western Honduras. În: *Mountain Research and Development*, vol. 21(3), pp. 276-283.
358. Stagoll K., Lindenmayer D.B., Knight E., Fischer J., Manning A.D., 2012. Largetrees are keystonestructures in urban parks. *Conservation Letters*, 5, 115-122.
359. Stokes, A., Mattheck, C., 1996. Variation of wood strength in tree roots. In: *Journal of Experimental Botany*, vol. 47, no. 298, May, pp. 693 – 699.
360. Straže, A., Plavčak, D., Žveplan, E. and Gorišek, Ž. (2021). "Linking visual and tress wave grading of beech wood from the log to the samill product", *Environmental Sciences Proceedings*, 3, 65. Doi: [10.3390/IECF2020-08450](https://doi.org/10.3390/IECF2020-08450).
361. Suciu P., 1975. Lemnul: structură, proprietăți, tehnologie. Editura Ceres, București, 331p.
362. Szymański, M., Pazdrowski, W., Nawrot, M., Kaźmierczak, K., Mańka, K., 2009: Interdependence between selected quantitative traits of tree crown and wood macrostructure of common oak (*Quercus robur* L.) growing under different site conditions. În: *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Forestry and Wood Technology*, no. 69, pp. 358 – 365.
363. Șofletea N., Curtu A.L., 2007: *Dendrologie*, Editura Universității Transilvania din Brașov, 540 p.
364. Șofletea N., Curtu L., 2008. *Dendrologie [Dendrology]*. "Pentru Viață" Publishing House, Brașov, 418 p.
365. Șofletea, N., Curtu, L.: *Dendrologie. Volumul II. Cronologia, ecologia și însușirile biologice ale speciilor*. Editura Pentru viață, Brașov, 300 p., 2001.
366. Tahvanainen T., Anttila P., 2011: Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3360-3375.
367. Tarasiuk S., Jednoralski G., Krajewski K., 2007. Quality assessment of old-growth Scots pine stands in Ploand. *Quality Control for Improving Competitiveness of Wood Industries*. Cost E53 Conference, 15-17 October 2007, Warsaw, Poland, pp. 153-160.
368. Tello, M.L., Tomalak, M., Siwecki, R., Gáper, J., Motta, E., Mateo-Sagasta, E., 2005. Biotic urban growing conditions – threats, pests and diseases. In: *Urban Forests and Trees: A Reference Book* (chapter 12). Editori: Konijnendijk, C.C., Nilsson, K, Randrup, T.B., Schipperijn, J. Berlin Springer Heidelberg, pp. 325 – 365.
369. Thompson M., Sessions J., Boston K., Skaugset A., Tomberlin D., 2010: Forest road erosion control using multiobjective optimization. *Journal of the American Water Resources Association - JAWRA*, 46(4), 712-723.

370. Tian, X., Zhao, F., Shu, L. and Wang, M. (2013). "Distribution characteristics and the influence factors of forest fires in China", *Forest Ecology and Management*, 310, 460-467. Doi: [10.1016/j.foreco.2013.08.025](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.025).
371. Tikhonova, I.V., Shabalina, O.M., Minakova, O.A., 2009: Structure of the crown of Siberian larch as a complex stability index of trees in the plantation of Krasnoyarsk. În: *Contemporary Problems of Ecology*, vol. 2, no. 9, pp. 451 – 455.
372. Tomikawa Y., Iwase Y., Arita K., Yamada H., 1986. Nondestructive inspection of a wooden pole using ultrasonic computed tomography. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 33, pp. 354-358. <https://doi.org/10.1109/T-UFFC.1986.26842>.
373. Torres, A., Jaeger, J.A.G. & Alonso, J.C. (2016). Assessing large-scale wildlife responses to human infrastructure development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(30), 8472-8477. doi: [10.1073/pnas.1522488113](https://doi.org/10.1073/pnas.1522488113).
374. Troxel B., Piana M., Ashton M.S. et al., 2013. Relationships between bole and Relationships between bole and crown size for young urban trees in the north-eastern USA. In: *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 12, pp. 144–153.
375. Trzcinski G., Kaczmarzyk S., 2006. Estimation of carrying capacity od slag and gravel forest road pavements. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 27(1), 27-36.
376. Trzcinski G., Kozakiewicz P., Selwakowski R., 2017. The technical aspects of using timber in the construction of forest roads. *Journal of Water and Land Development*, 34(VII-IX), 241-247.
377. Tsitsoni, T., Zagas, T.: Silvicultural measures for improved adaptability of tree species in the urban environment. In: *Proceedings of the 1st International Conference Ecological Protection of the Planet Earth*, vol. 1, pp. 415–422, 2001.
378. Turk, Y. (2014). Construction method of forest roads in Turkey. 5<sup>th</sup> Forest Engineering Conference (FORMEC), Gerarder, France, September 23-26, 8p.
379. Țenchea, A. I., Tokar, D. M. and Foris, D. (2019). "The use of biomass as a renewable energy sources in a fluidized bed combustion plant", *Bulletin of the Transilvania University of Brasov – Series II: Forestry, Wood Industry, Egricultural Food Engineering*, 12(61), 2, 117-126. Doi: [10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.10](https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.2.10).
380. Uhl, C. & Vieira, I.C.G. (1989). Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the state of Para. *Biotropica*, 21(2), 98-106.
381. Valladares, F., Niinemets, Ü., 2007. 4. The architecture of plant crowns: form design rules to light capture and performance. In: *Functional Plant Ecology*, pp. 101 – 149.
382. Van Der Ree, R., Jaegar, J.A.G., Van Der Grift, E.A. & Clevenger, A.P. (2011). Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: Road ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society*, 16(1), 1-10. doi: [10.5751/ES-03982-160148](https://doi.org/10.5751/ES-03982-160148).
383. Van Goethem G.R.M., van de Kuilen J.W.G., Gard W.F., Ursem W.N.J., 2008. Quality assessment of standing trees using 3D lase
384. Van Thuyet D., Tran Van D., Sato T., Trieu H., 2014: Effects of species and shelterbelt structure on wind speed reduction in shelter. *Agroforestry Systems*, 88(2), 237-244. Doi: [10.1007/s10457-013-9671-4](https://doi.org/10.1007/s10457-013-9671-4).
385. van Wassenaer P., 2010. Minimally-invasive tree risk assessment: a canadian perspective. 44<sup>th</sup> National Amenity Arboriculture Conference, Manchester, Anglia.
386. van Wassenaer P., Richardson M., 2009. A review of tree risk assessment using minimally invasive technologies and two case studies. *Arboricultural Journal*, vol. 32, pp. 275-292.
387. Vasilescu M.M., 2003: Perdele forestiere de protecție -O problemă de mare actualitate. *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, 17 - 18, 30-31.
388. Vasilescu M.M., 2008. Influence of few forest shelterbelts on wheat yield. *Revista Pădurilor*, 123(1), 25-33.
389. Vasilescu M.M., Tereșneu C., Candrea B., 2007: Research on the effects of forest shelterbelts on agricultural crops. *Proceedings IUFRO - Conference on Forest Landscape Restoration*, Seoul, 257-258.

390. Veldman, J.W., Mostacedo, B., Pena-Claros, M. & Putz, F.E. (2009). Selective logging and fire as drivers for alien grass invasion in a Bolivian tropical dry forest. *Foreste Ecology and Management*, 258(7), 1643-1649. doi: [10.1016/j.foreco.2009.07.024](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.024).
391. Vincent, G., Harja, D., 2008: Exploring ecological significance of tree crown plasticity through three-dimensional modeling. În: *Annals of Botany*, vol. 101, pp. 1221 – 1231.
392. Visser, R., Harvey, C., 2021: A Review of Log Truck Gradeability and Unsealed Forest Road Grade. Report prepared for the NZ Log Truck Safety Council.
393. Vișan, J., Alexandru, V.M., Ciobanu, D.V., **Mușat, E.C.\***, 2017. *The impact of forest roads on the environment: A short review*. In: *Proceedings of the International Simposyium "Forest and Sustainable Development"*, Brașov, pp. 133-138.
394. Vuorimies, N., Kolisoja, P., Kaakkurivaara, T. & Uusitalo, J. (2015). Estimation of the risk of rutting on forest roads during the spring thaw. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2472(1), 143-148. doi: [10.3141/2474-17](https://doi.org/10.3141/2474-17).
395. Waghorn M.J., Watt M.S., Mason E.G., 2007. Influence of tree morphology, genetics and initial stand density on outer wood modulus of elasticity of 17 – year-old *Pinus radiata*. In: *Forest Ecology and Management*, vol. 244 (1–3), pp. 86–92.
396. Wang L., Xu H., Zhou C., Li L., Yang X., 2007. Effect of sensor quantity on measurement accuracy of log inner defects by using stress wave. *Journal of Forestry Research*, vol. 18(3), pp. 221-225.
397. Wang X., 2013. Acoustic measurements on trees and logs: A review and analysis. *Wood Science and Technology*, vol. 47(5), pp. 965-975.
398. Wang X., Wiedenbeck J., Liang S., 2009. Acoustic tomography for decay detection in black cherry trees. *Wood and Fiber Science*, vol. 41(2), pp. 127-137.
399. Wang, L., Xu, H., Zhou, C., Li, L. and Yang, X. (2007). "Effect of sensor quantity on measurement accuracy of log inner defects by using stress wave," *Journal of Forestry Research* 18(3), 221-225. DOI: [10.1007/s11676-007-0045-5](https://doi.org/10.1007/s11676-007-0045-5).
400. Watson G.W., Hewitt A.M., Custic M., Lo M., 2014: The management of tree root systems in urban and suburban settings II: A review of strategies to mitigate human impacts. *Arboriculture & Urban Forestry*, 40(5), 249-271.
401. Wemple, B.C., Swanson, F.J. & Jones, J.A. (2001). Forest roads and geomorphic process interactions, Cascade Range, Oregon. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(2), 191-204. doi: [10.1002/1096-9837\(200102\)26:2<191::AID-ESP175>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1096-9837(200102)26:2<191::AID-ESP175>3.0.CO;2-U).
402. Wiącek, J., Polak, M., Filipiuk, M., Kucharczyk, M. & Bohatkiewicz, J. (2015a). Do birds avoid railroads as has been found for roads? *Environmental Management*, 56(3), 643-652. doi: [10.1007/s00267-015-0528-7](https://doi.org/10.1007/s00267-015-0528-7).
403. Wiącek, J., Polak, M., Kucharczyk, M. & Bohatkiewicz, J. (2015b). The influence of road traffic on birds during autumn period: implications for planning and management of road network. *Landscape and Urban Planning*, 134, 76-82. doi: [10.1016/j.landurbplan.2014.10.016](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.016).
404. Wu, X. G., Li, Z. and Jiao, W. X. (2018). "Reliability of acoustic tomography and ground-penetrating radar for tree decay detection," *Applications in Plant Sciences* 6(10), e001187. Doi: [10.1002/aps3.1187](https://doi.org/10.1002/aps3.1187).
405. Wuerther, G. (2006). "The wildfire reader". Island Press by the Foundation for Deeo Ecology, 440 p.
406. Wunder J., Manusch C., Queloz V., Brang P., Ringwald V., Bugmann H., 2013. Does increment coring enhance tree decay? New insights from tomograph assessments. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 43, pp. 711-718.
407. Yamazaki, M., and Sasaki, Y. (2010). "Determining Young's modulus of timber on the basis of a strength database and stress propagation velocity I: An estimation method for Young's modulus employing Monte Carlo simulation," *Journal of Wood Science* 56(5), 269-275. DOI: [10.1007/s10086-010-1114-5](https://doi.org/10.1007/s10086-010-1114-5)
408. Yorulmaz, A., Sivrikaya, O. & Uysal, F. (2021). Evaluation of the bearing capacity of poor subgrade soils stabilized with waste marble powder according to curing time and freeze-thaw cycles. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(5), 360. doi: [10.1007/s12517-021-06749-5](https://doi.org/10.1007/s12517-021-06749-5).

409. Zanuncio A.J.V., Carvalho A.G., da Silva M.G., Lima J.T. (2017): Importance of wood drying to the forest transport and pulp mill supply. CERNE, e-ISSN 2317-6342, Vol. 23(2), pp. 147-152, <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201723022223>
410. Zhu, J.-J., Liu, Z.-G., Li, X.-F., Matsuaki, T., Gonda, Y., 2004. Review: effects of wind on trees. In: Journal of Forestry Research, 15 (2), pp. 153 – 160.
411. Zhu, X., Law, S.S., 2016. Recent developments in inverse problems of vehicle-bridge interaction dynamics. In: Journal of Civil Structural Health Monitoring, vol. 6, pp. 107-128.
412. Ziegler, A.D., Giambelluca, T.W., Tran, L.T., Vana, T.T., Nullet, N.A., Fox, J., Vien, T.D., Pinthong, J., Maxell, J.F. & Evett, S. (2004). Hydrological consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: evidence of accelerated overland flow generation. Journal of Hydrology, 287(1-4), 124-146. doi: [10.1016/j.jhydrol.2003.09.027](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.09.027).
413. Zubizarreta-Gerendiain A., Pellikka P., Garcia-Gonzalo J. et al., 2012. Factors affecting wind and snow damage of individual trees in a small management unit in Finland: assessment base don inventoried damage and mechanistic modelling. In: Silva Fennica, vol. 46(2), pp. 181–196.