



**Universitatea *Transilvania* din Braşov**

## **TEZĂ DE ABILITARE**

**EVALUAREA PERFORMANTELOR UNOR ECHIPAMENTE ŞI  
SISTEME TEHNICE UTILIZATE ÎN OPERAȚII DE  
EXTRACȚIE, TRANSPORT ŞI PRELUCRARE PRIMARĂ A  
LEMNULUI**

**Domeniul: SILVICULTURĂ**

**Autor: Conf.Dr.Ing. Stelian Alexandru BORZ**  
**Universitatea *Transilvania* din Braşov**

**BRASOV, 2015**

**CUPRINS**

(A) Summary .....	5
(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei .....	7
(B-i) Realizări științifice și profesionale .....	7
1.Introducere .....	7
1.1.Evaluarea performanței echipamentelor și sistemelor tehnice în operații forestiere de extracție și prelucrare a lemnului .....	7
1.2.Rezultatele cercetărilor ce stau la baza tezei de abilitare .....	10
2.Situația implementării studiilor de timp în evaluarea performanțelor echipamentelor și sistemelor tehnice utilizate în operațiile forestiere românești.....	12
3.Performanțele și securitatea muncii la utilizarea ferăstriailor mecanice în operații forestiere .....	16
3.1.Sinteza preocupărilor științifice naționale și internaționale privind utilizarea ferăstriailor mecanice în operații forestiere .....	16
3.1.1.Introducere .....	16
3.1.2.Materiale și metode utilizate în întocmirea sintezei .....	17
3.1.3.Rezultate și discuții .....	18
3.1.3.1.Organizarea muncii și tipuri de echipamente studiate.....	18
3.1.3.2.Intrări sub formă de consum de timp .....	20
3.1.3.3.Variabile de proces. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp.....	22
3.1.3.4.Productivitatea muncii .....	26
3.1.4.Concluzii .....	29
3.2.Evaluarea performanțelor ferăstriailor mecanice în operații de doborâre prin utilizarea unor procedee tehnice constând dintr-o singură tăietură de doborâre și implicații ale aninării arborilor.....	30
3.2.1.Introducere .....	30
3.2.2.Materiale și metode .....	31
3.2.2.1.Localizarea cercetărilor .....	31
3.2.2.2.Colectarea datelor de teren.....	32
3.2.2.3.Analiza datelor .....	33
3.2.3.Rezultate și discuții .....	34
3.2.3.1.Statistici descriptive .....	34
3.2.3.2.Modele empirice pentru estimarea consumului de timp la doborârea arborilor .....	35
3.2.3.3.Evaluarea productivității la operația de doborâre.....	36
3.2.4.Concluzii .....	37
3.3.Evaluarea modului de execuție a procedeeelor tehnice la doborârea arborilor cu ferăstraie mecanice .....	38
3.3.1.Introducere .....	38
3.3.2.Materiale și metode .....	39
3.3.2.1.Localizarea studiilor de caz.....	39
3.3.2.2.Proceduri de colectare a datelor .....	40
3.3.2.3.Analiza datelor .....	40
3.2.3.Rezultate și discuții .....	42
3.2.4.Concluzii .....	46
4.Performanțele operaționale la utilizarea atelajelor în operații de extracție a lemnului .....	47
4.1.Introducere .....	47
4.2.Colectarea datelor .....	48

4.2.Analiza datelor .....	49
4.3.Rezultate .....	50
4.3.1.Statistici descriptive .....	50
4.3.2.Modele empirice pentru estimarea consumului de timp pe elemente de muncă și la nivel de ciclu de muncă ..	51
4.3.3.Productivitatea muncii la colectarea cu atelaje .....	52
4.4.Concluzii .....	53
5.Evaluarea performanțelor operaționale ale tractoarelor skidder în operații de colectare a lemnului .....	55
5.1.Sinteza preocupărilor naționale și internaționale în evaluarea performanțelor tractoarelor skidder în operații de colectare a lemnului .....	55
5.1.1.Introducere .....	55
5.1.2.Metodologie .....	56
5.1.3.Rezultate .....	57
5.1.3.1.Tipuri constructive, funcții și puteri nominale .....	57
5.1.3.2.Mediul operațional .....	57
5.1.3.3.Organizarea muncii și operații studiate .....	58
5.1.3.4.Practici .....	59
5.1.3.5.Număr de observații .....	61
5.1.3.6.Indicatori ai performanței: consumul de timp și productivitatea .....	61
5.1.4.Discuții și concluzii .....	63
5.2.Evaluarea performanțelor la adunatul cu trolul montat pe tractor .....	64
5.2.1.Introducere .....	64
5.2.2.Materiale și metode .....	65
5.2.2.1.Localizarea studiului .....	65
5.2.2.2. Proceduri de colectare a datelor de teren .....	67
5.2.2.3.Centralizarea datelor. Analiza, modelarea și compararea între tratamente .....	68
5.2.3.Rezultate .....	69
5.2.3.1.Testarea multicoliniarității .....	69
5.2.3.2.Testarea normalității datelor .....	69
5.2.3.3.Elaborarea modelelor empirice privind consumul de timp pe tratamente experimentale .....	70
5.2.3.4.Consumul de timp pe elemente de muncă .....	72
5.2.3.5.Comparații între tratamente .....	72
5.2.4.Discuții și concluzii .....	73
5.3.Evaluarea performanțelor în operații de colectare a lemnului cu tractoare skidder pe baza unor date colectate la nivel populațional .....	74
5.3.1.Introducere .....	74
5.3.2.Materiale și metode .....	76
5.3.2.1.Sursele datelor utilizate, echipamente studiate și organizarea muncii .....	76
5.3.2.3.Colectarea datelor de teren .....	77
5.3.2.4.Prelucrarea datelor .....	78
5.3.2.5.Designul statistic și analiza datelor .....	78
5.3.3.Rezultate și discuții .....	79
5.3.3.1.Rezultate privind testarea normalității datelor .....	79
5.3.3.2.Statistici descriptive .....	80
5.3.3.3.Analiza multicoliniarității .....	81

5.3.3.4.Estimarea modelului global de consum de timp.....	81
5.3.3.5.Structura consumului de timp la operații de colectare cu tractoare skidder .....	83
5.3.3.6.Indicatori ai performanței.....	84
5.3.4.Concluzii și direcții noi de abordat .....	85
6.Evaluarea performanțelor echipamentelor de procesare atașate unor instalații cu pilon .....	87
6.1.Introducere .....	87
6.2.Materiale și metode .....	89
6.2.1.Locația studiului, organizarea muncii și descrierea echipamentului studiat .....	89
6.2.2.Proceduri de colectare a datelor .....	90
6.2.3.Analiza datelor .....	92
6.3.Rezultate .....	92
6.3.1.Rezultate privind testarea normalității. Statistici descriptive privind consumul de timp și variabilele mediului operațional.....	92
6.3.2.Modele empirice pentru estimarea consumului de timp la procesarea lemnului.....	94
6.3.3.Analiza performanței echipamentului studiat - productivitatea muncii .....	95
6.3.4.Compararea performanțelor echipamentului studiat cu performanțele unor echipamente tradiționale utilizate în medii operaționale similare .....	96
6.4.Discuții și concluzii.....	97
7.Evaluarea performanțelor unor echipamentelor forestiere utilizate în facilități de stocare a masei lemnoase .....	99
7.1.Introducere .....	99
7.2.Materiale și metode .....	101
7.2.1.Locația studiului, descrierea sumară a echipamentului și organizarea muncii .....	101
7.2.2.Procurarea datelor .....	101
7.2.3.Prelucrarea datelor. Designul experimental și analiza datelor .....	102
7.3.Rezultate .....	103
7.3.1.Rezultate privind testarea normalității datelor. Statistici descriptive privind mediul operațional și consumul de timp .....	103
7.3.2.Comparații între tratamente. Indicatori ai performanței.....	105
7.4.Discuții și concluzii.....	106
8.Evaluarea performanțelor operaționale ale echipamentelor de debitare a buștenilor .....	108
8.1.Introducere .....	108
8.2.Materiale și metode .....	109
8.2.1.Descrierea echipamentului și a schemei de debitare .....	109
8.2.2.Colectarea datelor .....	110
8.2.3.Prelucrarea și analiza datelor .....	111
8.3.Rezultate .....	111
8.4.Discuții și concluzii.....	113
9.Concluzii privind cercetările realizate și originalitatea acestora .....	115
(B-ii) Planul de evoluție și dezvoltare a carierei .....	119
1.Evoluția profesională .....	119
1.1.Studii absolvite.....	119
1.2.Activitatea profesională .....	119
1.3.Activitatea științifică .....	120
2.Planul de dezvoltare a carierei .....	121

---

2.1.Planul de dezvoltare a activității didactice .....	121
2.2.Planul de dezvoltare a activității de cercetare științifică .....	122
2.2.1.Planul strategic și operațional de dezvoltare a activității de cercetare științifică .....	122
2.2.2.Direcții și tematici de abordat .....	123
2.3.Cadrul de dezvoltare al carierei.....	125
(B-iii) Bibliografie .....	126

## (A) Summary

This Habilitation Thesis presents the results of research that has been carried out after the public defense of my PhD thesis entitled *Research Regarding the Timber Harvesting in the Forest Conditions of the Râul Negru Upper Basin, Covasna County*, in 2009 at Transilvania University of Braşov, and it is structured in the following sections: an abstract, the scientific and professional achievements, the career development plan and a list of references.

Nowadays, there is a number of timber harvesting equipment and systems that are employed to extract and bring the wood into economy, and their performance is subjected by the operational environment in which they are used. For instance, the Romanian forest operations rely on the use of motor-manual tree felling and processing and timber extraction using skidders, with only some minor exceptions when the cable yarding and animal traction is actually used. Therefore the motor-manual tree felling and processing, followed by skidding is extensively used in the mountainous and hilly forested areas of Romania. On the other hand, the state-of-art harvesting equipment started to be introduced also in the Romanian forest operations, and there is an increased need to evaluate the performance of such equipment, including the traditional one because the results may help in understanding the harvesting systems behavior and develop the adequate measures and strategies in this particular research field.

This Habilitation Thesis explores the performance in terms of time consumption and productivity of forest equipment, based on the implementation of work measurement specific studies, develops empirical models for such purposes and includes some comparisons between specific technological alternatives. It also focuses on issues like the way in which the technical prescriptions are actually used in motor-manual tree felling in the context of an increased rate of occupational accidents in forest related activities.

In the case of motor-manual tree felling and processing, the results indicate rather small productivities and an increased time consumption for a particular case study that was developed in the conditions of harvesting broadleaved trees resulting from thinning operations. Furthermore, in the conditions of a very dense forest stand, it is likely to be needed additional time to solve some problems related to tree leaning following the motor-manual felling. The procedural prescriptions in motor-manual tree felling are not properly used in practice as demonstrated by a number of three case studies carried out in mountainous and hilly conditions, where the chainsaw operators took increased risks when performing tree felling operations. This should trigger additional studies in order to observe if this behavior is rather generalized.

Horse traction performance was studied in thinning conditions developed in broadleaved forest stands. Along with the empirical models, the productivity estimates indicate rather low performances which were related to the increased extraction distances and the number of logs within a load. In this respect, this kind of equipment would be more appropriate for timber extraction for short distances, or, other alternatives should be identified for similar operational environments.

Detailed studies were conducted in order to identify the significant factors affecting the timber winching performance that was assessed in terms of time consumption for several experimental treatments. It seems that the winching distance, slope on the winching direction, winching direction itself, log volume and the operational behaviour of the operators affect the performance in such operations. Given the highly variable potential conditions of the operational environment as well as the resource intensive activities in data collection, it is concluded that some automatic procedures would be required in order to further collect such data and also to explore the physiological strain in cable winching operations.

The performance of skidding operations is affected by many factors as being specific to operational environment and the used practices. Empirical models aiming to assess the performance, built by using population level data are required in order to understand the

equipment behavior, plan and organize the production as well as to design and analyze downstream processes or systems. A population level study was conducted in order to develop time consumption and productivity models for reduced accessibility conditions as being specific in the Romanian skidding operations. The results indicate that in such conditions the productivity is rather low, and it is also affected by an important portion of time lost as delays. Practices such as increasing the load per turn are used to balance the skidding productivity. It is also concluded that further studies should be conducted in order to get more reliable models and to integrate the technological progress.

Processor tower yarders represent the state of art in yarding technology, being characterized by several extraction-processing capabilities. However, little information is available in what regards their performance in landing processing operations, and a study was designed to model the time consumption and productivity of such equipment when processing coniferous trees resulted from thinning. The results indicate that such equipment may replace the traditionally used one, under the pending diligence of developing the road transportation infrastructure. Compared with a traditional system, the productivity was several times greater.

The performance of wood transportation systems plays a key role in enabling a steady flow within the wood procurement supply chains. In Romania, there are some cases in which intermediary storage facilities are used to concentrate the wood prior to its shipping to industrial processors. A study was conducted in order to differentiate the performance of wood loading equipment operating in a storage facility that emphasized the effect of assortments length and the transportation mean over the loading performance. Therefore, loading productivity was greater when loading railway wagons and 4 meter in length wood assortments. However, experimental studies should be further conducted in order to gain more reliable knowledge.

About 7000 small wood processing facilities existed in Romania in 2007, and there exists some knowledge about their capacities and production, but, similar to other regions, little is known about the factors that are influencing the performance in such operations as well as their magnitude. Since most of the wood processing facilities were rather small, an experimental study has been employed to assess the performance in terms of feeding speed, recovery rate and time consumption of a small Romanian made bandsaw. Along with the empirical models that were developed in order to assess the aforementioned indicators, estimates were produced for the same indicators in case of five wood essences. The study concludes that further research is required in order to evaluate the performance as a function of other parameters including the used technology.

Based on the research results included but not limited to those presented herein, the research tematics and directions are presented along with a plan for academic career development in the second section of this Habilitation Thesis.

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

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

#### **1.Introducere**

##### **1.1.Evaluarea performanței echipamentelor și sistemelor tehnice în operații forestiere de extracție și prelucrare a lemnului**

Dintre numeroasele servicii pe care le pot asigura ecosistemele forestiere, serviciile de aprovizionare au jucat, joacă și vor juca, cel puțin pe termen mediu, un rol cheie în dezvoltarea societății. Mai mult, există păreri conform cărora umanitatea a ajuns la stadiul actual al dezvoltării sale tocmai datorită faptului că a utilizat, chiar de la începuturile sale, lemnul ca material de construcții sau ca sursă de energie iar, utilizarea lemnului pentru diferite scopuri ce îi serveau omului este cunoscută încă din cele mai vechi timpuri. Ca material structural utilizat în construcții, amenajări sau pentru varii alte scopuri, lemnul s-a impus datorită unor proprietăți specifice, inclusiv datorită sustenabilității sale în uz, sustenabilitate ce se datorează, printre altele, faptului că este un material natural relativ repede crescător. Sub raportul utilizării pentru producția de energie, mai ales în contextul actual al schimbărilor climatice, lemnul reprezintă una dintre resursele regenerabile viabile, fiind utilizat la scară largă, în special în aplicații de încălzire, în multe dintre țări iar, în țările mai puțin dezvoltate, sortimentele de lemn de foc reprezintă una dintre principalele, dacă nu unica sursă energetică. Similar proceselor implicate de folosirea tuturor resurselor naturale, în vederea utilizării lemnului sunt necesare anumite etape pentru aducerea acestuia în circuitul economic. Contrar proceselor de valorificare a unor resurse naturale, pentru a se aduce lemnul în uz sunt necesare anumite procese vizând cultura acestuia.

Activitățile de extracție a lemnului din cuprinsul fondului forestier, cunoscute în România sub denumirea generică de *exploatarea lemnului*, se întreprind în scopul aducerii primului în circuitul economic. Aceste activități îmbracă forma unui proces industrial-extractiv, reflectându-se prin acesta laturile tehnice implicate, fără a se neglija faptul că în spatele lemnului pus în valoare stau activități (proces) specifice pădurii cultivate ([Oprea 2008](#)). La nivel principial și aplicativ, între procesul de producție specific aducerii lemnului în circuitul economic și procesul de cultură există o strânsă interdependență, cele două condiționându-se reciproc ([Oprea 2008](#)).

Exploatarea lemnului poate fi caracterizată prin adăugări succesive de valoare asupra obiectului muncii - masa lemnoasă - care sunt realizate secvențial, pe măsura tranzitului acesteia prin diferite operații ce vizează aducerea sa la formele, dimensiunile și locațiile impuse de valorificarea ca sortiment de lemn brut sau ca sortiment de lemn caracterizat de un anumit grad de prelucrare. În același timp, exploatarea lemnului, ca proces de producție, se realizează în condiții complexe, care sunt rezultatul influenței unor factori caracterizați de o plajă largă de variație, și care se încadrează sintetic în trei mari categorii: factori ai mediului fizic, factori ai organizării producției și factori legați de echipamentele utilizate în operațiile forestiere de extracție a lemnului.

Operațiile forestiere de extracție a lemnului trebuie să fie conduse în condiții de eficiență, ultima putând fi exprimată prin mai mulți parametri sau indicatori, cum ar fi costul, productivitatea, impactul asupra mediului etc. În sensul prezentei lucrări, prin *operații forestiere* se înțeleg acele activități care sunt executate de forța de muncă, cu sau fără ajutorul unor unelte,



mașini sau alte dispozitive (tratate ca echipamente forestiere), în cadrul unui proces ce vizează transformarea cantitativă și calitativă a obiectului muncii (arborii de extras), în scopul aducerii lemnului în circuitul economic, prin aplicarea anumitor tehnici de lucru și utilizarea anumitor tehnologii, unde prin termenul de *tehnică* se face referire la *latura de specialitate strictă ce grupează totalitatea uneltelor și practicilor producției dezvoltate până în prezent, iar prin tehnologie se înțelege strict știința procedeeelor și mijloacelor utilizate, ca și ansamblul proceselor, metodelor, procedeeelor și operațiilor folosite pentru obținerea sortimentelor de lemn* (Borz 2014b). De asemenea, prin *metodă de extracție* se înțelege o modalitate de efectuare a operațiilor forestiere sub raport tehnic și tehnologic, ale cărei elemente distinctive sunt forma și dimensiunile sub care ajunge lemnul lângă o cale de transport cu caracter permanent (Borz 2014b).

Procesele naturale ca și cele antropice sunt încadrabile în sisteme ce se caracterizează prin anumiți parametri și au un comportament specific. Spre deosebire de sistemele naturale, care, în esență, pot să se autoguverneze, sistemele antropice necesită intervenții ingineresti pentru a le conduce și a le crește permanent eficiența (Borz 2014b). Printre altele, astfel de intervenții se referă și la *analiza, designul și dezvoltarea sistemelor*. În general, sistemele antropice sunt caracterizate de *atribute, proprietăți și caracteristici*, iar *performanța* unui sistem, redată prin anumiți *parametri*, este deosebit de importantă în funcționalitatea sistemului în ansamblu (Wasson 2006). În sensul prezentei lucrări, prin *sistem tehnic de extracție a lemnului* se înțelege un set integrat de *unelte, echipamente auxiliare, mașini și oameni, caracterizate de interoperabilitate, lucrând sinergic pentru a executa o procesare cu valoare adăugată a lemnului, pentru a permite unui utilizator să satisfacă necesități operaționale stabilite printr-o misiune, într-un mediu de operare prescris, cu un rezultat și o probabilitate de succes specificate* (Borz 2014b; Wasson 2006). Prin *capabilitatea unui sistem tehnic sau echipament forestier* se înțelege o *trăsătură explicită, intrinsecă activată sau declanșată de un stimul extern pentru a executa o funcție (acțiune) la un nivel specificat de performanță până la terminarea acționată de comenzi externe, îndeplinirea timpului alocat sau epuizarea resursei, iar prin performanța unui sistem tehnic sau echipament forestier se înțelege o măsură cantitativă caracterizând un atribut fizic sau funcțional relaționat cu execuția unei operații sau funcții*, în condițiile în care atributele performanței includ *cantitatea, calitatea, acoperirea, actualitatea și promptitudinea* (Borz 2014b; Wasson 2006). *Funcționalitatea* unui sistem tehnic în operații forestiere se referă la acțiunea pe care acesta trebuie să o îndeplinească dar nu dă indicii cu privire la cât de bine o va îndeplini. Cât de bine este îndeplinită acțiunea de către sistem se caracterizează prin *performanță*. În consecință, *sub raport operativ, capabilitatea unui sistem este caracterizată de funcționalitate și performanță* (Wasson 2006).

Sistemele tehnice utilizate în operații forestiere de extracție a lemnului sunt caracterizate de *intrări, procesare și ieșiri*, procesarea incluzând și *performanța* sistemului (Borz 2014b). Performanța unui echipament sau a unui sistem tehnic folosit în operații forestiere depinde de anumite condiții operaționale (de proces), a căror variabilitate condiționează magnitudinea atât a intrărilor cât și a ieșirilor (Borz 2014b). Prin urmare, analiza performanței echipamentelor și sistemelor tehnice în operații forestiere este strâns legată de analiza relațiilor care există între intrări, variabilele mediului operațional și ieșiri (Borz 2014b). Dintre intrările cele mai frecvent analizate se pot menționa timpul și energia (Magagnotti și Spinelli 2012), deoarece acestea pot fi utilizate, direct sau indirect, în evaluarea performanței în astfel de activități. Unele dintre cele mai studiate intrări în astfel de sisteme este consumul de timp, deoarece acesta poate fi utilizat în studii de modelare sau în estimarea productivității muncii. Este de așteptat ca orice sistem să producă anumite ieșiri care pot fi acceptabile sau inacceptabile (Wasson 2006). În studiile ce vizează evaluarea eficienței unor sisteme de extracție a lemnului, ieșirile în cauză trebuie să fie determinate la o acuratețe suficientă, în special în studiile vizând estimarea productivității, din moment ce ultima folosește în calcul unele dintre ieșiri (Magagnotti și Spinelli 2012; Björheden et al. 1995). În particular, pentru studiile ce adresează performanța în operații forestiere, interesează ieșirile cantitative și calitative, care sunt egal importante în evaluarea metodelor de

muncă sau a tehnologiilor utilizate (Borz 2014b). În astfel de studii, calitatea interesează atât în cazul produsului cât și a mediului operațional (Magagnotti și Spinelli 2012). În timp ce calitatea produselor rezultate ca ieșiri se evaluează în concordanță cu cerințele industriei, calitatea mediului pentru un anumit echipament sau sistem se evaluează, cel mai adesea, în termeni de impact asupra solului și arborilor remanenți (Borz 2014b). Performanța unui sistem tehnic în operații forestiere, în termeni de magnitudine a intrărilor și ieșirilor, este subiectul unor variabile operaționale (de proces), care pot să afecteze consumul de timp și productivitatea muncii ca măsură derivată (Borz 2014b). În sistemele antropice de natură tehnică și tehnologică, cum sunt cele utilizate în operații forestiere de extracție a lemnului, performanțele se evaluează frecvent prin tehnici specifice științei muncii, mai ales prin cele specifice ramurii științifice și tehnice denumită *măsurarea muncii* (Borz 2014b). Desigur, există și alte tehnici și proceduri de evaluare care au fost împrumutate din alte domenii particulare ale științei, cum ar fi *Evaluarea Ciclului de Viață* (eng. *Life Cycle Assessment*) ca tehnică de evaluare a impactului asupra mediului (Heinimann 2012), analize privind balanța energetică (Balimunsi et al. 2012; Maesano et al. 2103; Picchio et al. 2009; Vusić et al. 2013) etc. Impactul asupra solului se evaluează prin tehnici ce sunt specifice atât științei solurilor cât și domeniului general al construcțiilor și infrastructurii care folosesc drept suport solul, cu adaptări specifice domeniului forestier (Page-Dumroese et al. 2009a,b; McMahon 1995).

În general, activitatea științifică și practică de evaluare a performanțelor echipamentelor și sistemelor tehnice utilizate în operații forestiere și-a însușit anumite tehnici și indicatori specifici altor discipline. Conceptele, definițiile și terminologia specifică științei muncii aplicate în managementul și ingineria sistemelor tehnice utilizate în operații forestiere au derivat din domeniul industrial, iar așa-numita *paradigmă tayloristică* (Heinimann 2007), care a schimbat viziunea conceptuală internațională asupra muncii, a pătruns în domeniul operațiilor forestiere în jurul anului 1910, fapt ce a rezultat în prima descriere a legității *piesă-volum*, care exprimă principiul conform căruia *consumul de timp pe unitatea de volum descrește cu creșterea volumului obiectului muncii* (Ashe 1916; Strehlke 1927, citați în Heinimann 2007). La nivel mai general, diviziunea științifică ce reprezintă cunoștințele sistematizate, faptele și principiile privind munca ca și urmărirea, dezvoltarea și actualizarea acestor cunoștințe este cunoscută drept *știința muncii* (Björheden et al. 1995), iar aceasta examinează *forța de muncă umană, condițiile de muncă și tehnologia* incluzând mașini și mijloace, metode și tehnici ca și aspecte privind *organizarea muncii*. Mijloacele de examinare a muncii sunt concretizate în *studiul muncii* care se realizează sub formă de *studii organizatorice*, *studii de metodă* sau ca *măsurare a muncii*, ultima incluzând cel mai adesea un *studiu de timp* sau un *studiu de mișcări* (Björheden et al. 1995), dar, în diverse situații concrete, se recurge, cel mai adesea, la combinarea procedurilor de studiu menționate.

Sub raport metodologic, și din punct de vedere al caracteristicilor experimentale, evaluarea performanțelor echipamentelor și sistemelor tehnice ce se utilizează în operații forestiere se poate realiza prin *studii observaționale* sau prin *studii experimentale* (Magagnotti și Spinelli 2012). Primele, de altfel frecvent utilizate în știința aplicată, au avantajul unei posibilități de implementare largi, iar ultimele sunt caracterizate de necesitatea controlului anumitor variabile, cazuri în care, prin controlul acestora se vizează conducerea studiilor în condiții cât mai apropiate de realitățile operaționale ale terenului. Studiile observaționale se clasifică, de asemenea, în raport cu scopul, obiectivele și caracteristicile proprii în *studii de modelare* și *studii comparative*. În timp ce ultimele se întreprind în scopul distingării între două sau mai multe alternative operaționale (Magagnotti și Spinelli 2012), primele sunt deosebit de utile în producerea unor modele empirice care caracterizează performanțele echipamentelor și sistemelor tehnice utilizate în operații forestiere în condițiile unor echipamente existente ce se iau în studiu pentru condiții operaționale nestudiate, sau în condițiile unor echipamente forestiere noi, nestudiate (Visser și Spinelli 2012). Mai mult, astfel de studii sunt necesare pentru a se surprinde variabilitatea populațională a operatorilor forestieri ce utilizează același tip de echipament (Hiesl și Benjamin 2014) sau în cazul aceluiași operator lucrând în medii operaționale diferite, cunoscut

fiind faptul că două persoane implicate într-o aceeași activitate și dispunând de aceleași echipamente vor genera performanțe diferite în muncă.

În esență, această lucrare se bazează pe rezultatele unor *studii observaționale de modelare*, dar și pe *tehnici combinate ce aduc capabilități comparative* pentru modelele empirice dezvoltate în cazul unor echipamente forestiere de uz mai general, inclusiv a unora ce reprezintă stadiul actual de dezvoltare tehnologică, făcând tranziția de la știința fundamentală la cea aplicată, pentru producerea statisticilor necesare în evaluarea performanțelor echipamentelor și sistemelor tehnice utilizate în operații forestiere de extracție și prelucrare a lemnului. Majoritatea lucrării se bazează pe rezultate deja publicate, dar, există și părți care utilizează sau dezvoltă rezultate care nu au fost publicate.

## 1.2. Rezultatele cercetărilor ce stau la baza tezei de abilitare

Prezenta teză de abilitare se bazează pe rezultatele publicate în articole științifice în jurnale indexate de ISI Thompson Reuters (6), respectiv în articole științifice în jurnale indexate în baze de date internaționale (4) și în volumele unor conferințe de profil (2) după cum urmează:

1. **Borz S.A.**, Ignea G., Popa B., Spârchez G., Iordache E. (2015): *Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system - a case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions*, Croatian Journal of Forest Engineering, 36(1): 137-146. **Factor de impact = 0,526, Scor relativ de influență = 0,476.**
2. Gligoraș D., **Borz S.A.** (2015): *Factors affecting the effective time consumption, wood recovery rate and the feeding speed when manufacturing lumber using a FBO-02 CUT mobile bandsaw*, Wood Research, 60 (2): 328-338. **Factor de impact = 0,281, Scor relativ de influență = 0,328.**
3. **Borz S.A.** (2015). *A review of the Romanian and international practices in skidding operations*. Lucrare acceptată la **WFC 2015: XIV World Forestry Congress, Forests and People: Investing in a Sustainable Future**.
4. **Borz S.A.**, Bîrda M., Apăfăian A., Chirac A. (2015): *Comparing the performance of a FUCHS 714 MU made crane operating in an intermediary storage area when loading 3 and 4 meter wood assortments into trucks and railway wagons*, **Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development**, pp. 225-234.
5. **Borz S.A.**, Ignea G., Vasilescu M.M. (2014): *Small gains in wood recovery rate when disobeying the recommended motor-manual tree felling procedures: another reason to use the proper technical prescriptions*, Bioresources, 9(4): 6938-6949. **Factor de impact = 1,549, Scor relativ de influență = 1,810.**
6. **Borz S.A.**, Ignea G., Popa B. (2014): *Modelling and comparing timber winching performance in windthrow and uniform selective cuttings for two Romanian skidders*, Journal of Forest Research, 19: 473-482. **Factor de impact = 1,009, Scor relativ de influență = 0,841.**
7. **Borz S.A.**, Bîrda M., Ignea G., Popa B., Câmpu V.R., Iordache E., Derczeni R.A. (2014): *Efficiency of a Woody 60 processor attached to a Mounty 4100 tower yarder when processing coniferous timber from thinning operations*, Annals of Forest Research, 57(2): 333-345. **Factor de impact = 0,444.**
8. **Borz S.A.**, Ignea G., Popa B. (2014): *Assessing timber skidding efficiency in a group shelterwood system applied to a fir-beech stand*, African Journal of Agricultural Research, 9(1): 160-167.

9. **Borz S.A.** (2014): *Eficiența în utilizare a ferăstraielor mecanice în operații de recoltare a lemnului - o sinteză a preocupărilor naționale și internaționale*, Revista Pădurilor, 3-4: 80-98.
10. **Borz S.A.**, Dinulică F., Bîrda M., Ignea G., Ciobanu V.D., Popa B. (2013): *Time consumption and productivity of skidding silver fir (*Abies alba* Mill.) round wood in reduced accessibility conditions*, Annals of Forest Research, 56(2): 363-375. **Factor de impact = 0,000.**
11. **Borz S.A.**, Ciobanu V.D. (2013): *Efficiency of motor-manual felling and horse logging in small-scale firewood production*, African Journal of Agricultural Research, 8(24): 3126-3135.
12. **Borz S.A.**, Popa B. (2014). *The use of time studies in Romanian forestry: importance, achievements and future*, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, 7(56): 1-6.

## 2.Situația implementării studiilor de timp în evaluarea performanțelor echipamentelor și sistemelor tehnice utilizate în operațiile forestiere românești

Principiile măsurării muncii, ale cărui părinte este considerat a fi Taylor ([Magagnotti și Spinelli 2012](#); [Heinimann 2007](#)), au fost implementate în multe domenii de activitate și s-au dezvoltat în direcția creșterii eficienței în diferite procese industriale de producție. În ingineria și managementul operațiilor forestiere de extracție a lemnului, disciplină ce are drept scop gestionarea sub raport științific și practic a activității de extracție a lemnului, măsurarea muncii este utilizată pentru evaluarea eficienței sistemelor tehnice ce se utilizează, ultimele având, drept componente, mașini, oameni și diferite unelte. Studiile de timp sunt frecvent utilizate în astfel de evaluări iar, depinzând de mărimea eșantioanelor utilizate, modelele ce pot fi dezvoltate în urma conducerii unor studii de modelare se utilizează fie pentru a descrie un fenomen nou, fie pentru implementarea oficială ([Magagnotti și Spinelli 2012](#)). De asemenea, rezultatele unor studii comparative pot fi utilizate la punerea în evidență a diferențelor de performanță a două sau mai multe alternative tehnologice ([Magagnotti și Spinelli 2012](#)), contribuind în acest mod, prin oferirea de suport în asistarea deciziei. În domeniul operațiilor forestiere, studiile care au inclus și indicatori privind impactul asupra mediului sunt relativ puține, iar această direcție de preocupare ar trebui să fie abordată mai mult în studii de viitor. Totuși, există studii care arată modul de implementare a unor analize de tip *Life Cycle Assessment* ([Heinimann 2012](#)), sau a unor analize vizând eficiența energetică a echipamentelor și sistemelor tehnice utilizate în astfel de operații ([Balimunsi et al. 2012](#); [Picchio et al. 2009](#); [Vusić et al. 2013](#)). Unul dintre aspectele cheie de care se ține seama în știința aplicată din domeniul ingineriei și managementului operațiilor forestiere de extracție a lemnului este faptul că rezultatele cercetărilor ce se întreprind trebuie să aibă aplicabilitate în practică, țintă care poate fi atinsă numai printr-o colaborare intensivă cu industria de profil ([Brown et al. 2011](#)). Pe de altă parte, activitățile de extracție a lemnului sunt caracterizate puternic de o latură strict economică ([Oprea și Borz 2007](#)), în timp ce costurile implicate de diferite procese sunt considerate a fi unii dintre principalii indicatori pentru evaluarea eficienței în acest domeniu de activitate ([Oprea și Sbera 2004](#); [Oprea 2008](#)). În același timp, magnitudinile ce pot fi înregistrate în termeni de costuri operaționale sunt relaționate cu utilizarea unor echipamente forestiere în anumite condiții, primele putând să înregistreze amplitudini destul de mari, context în care studiile ce vizează măsurarea muncii capătă o importanță crescută în ingineria și managementul operațiilor forestiere, dat fiind faptul că nivelul de performanță ce poate fi atins în diferite condiții afectează costurile ([Oprea 2008](#)). Implicațiile generate de inexistența unor modele sau statistici relaționate cu performanțele în operații forestiere, sunt de fapt mult mai mari. Este un lucru cert că, în anumite cazuri, nu se pot formula strategii viabile în ingineria forestieră fără a se poseda cunoștințe privind problemele tehnice, economice și ecologice care pot să fie implicate de sistemele tehnice utilizate în operații forestiere, fapt care, în timp, chiar a condus la o regândire a sistemelor ce se analizează, prin tranziția scopicității studiilor de la nivelul unui loc de muncă la un nivel cu grad de integrare mult mai ridicat ([Heinimann 2012](#)). În timp ce progresul tehnologic îmbunătățește într-o manieră substanțială o anumită tehnologie utilizată în operații forestiere, este de așteptat ca unul, mai multe sau chiar toate procesele ce se desfășoară în aval să fie subiectul unor schimbări sau reconfigurări substanțiale. Un exemplu bun este cel legat de dezvoltarea infrastructurii de transport forestier, caz în care, strategiile legate de densitatea optimă a acesteia, ar trebui să fie relaționate necondiționat de performanța proceselor ce se desfășoară în amonte, după cum astfel de exemple există în literatura de specialitate ([Heinimann 1998](#); [Jourgholami et al. 2013](#); [Naghdi și Limaiei 2013](#)). Aspectele menționate anterior devin chiar mai importante în contextul în care în România a început introducerea de echipamente forestiere moderne ([Borz et al. 2011](#); [Sbera](#)

[2012](#)). Pe de altă parte, este cunoscut faptul că, prin creșterea gradului de mecanizare, se poate crește și eficiența economică în operații forestiere ([Oprea 2008](#)), un aspect care încă trebuie validat din perspective mult mai largi cum ar fi cele de tip *LCA* (*Life Cycle Assessment*). Indiferent de abordările care se utilizează, este ușor de întrevăzut faptul că măsurarea muncii în domeniul forestier va juca un rol foarte important și în viitor, un fapt care, în contextul descris de Hiesl și Benjamin ([2014](#)), conduce, în mod natural, la evaluarea situației românești privind implementarea unor studii de timp pentru evaluarea performanțelor sistemelor tehnice în operații forestiere.

Aspectele menționate anterior au condus la un studiu bibliografic ([Borz și Popa 2014](#)) care a fost realizat prin luarea în considerare a tuturor canalelor disponibile pentru a se obține informația necesară din lucrări științifice și normative tehnice, studiu ce a avut drept scop evaluarea stării în care se află implementarea de studii de timp în operațiile forestiere românești.

La data studiului s-au identificat numai 10 referințe bibliografice care au avut drept scop declarat, într-un fel sau altul, investigarea performanței unor echipamente forestiere prin studii de măsurare a muncii. Normativele disponibile au fost excluse din studiu din moment ce acestea se refereau la echipamente de concept învechit și la metode de extracție a lemnului care în prezent nu se mai aplică. Majoritatea studiilor de timp identificate au fost publicate în ultimii 5 ani ([Bîrda 2012](#); [Borz et al. 2014d](#); [Borz și Ciobanu 2013](#); [Borz et al. 2013](#); [Ciubotrau și Maria 2012a,b](#); [Duță și Borz 2013](#)), cu o grupare majoritară, la data studiului, în ultimii 2 ani, aspect care, într-o oarecare măsură, indică că acest gen de preocupări nu a fost abandonat în România. Majoritatea studiilor s-au aplicat prin luarea în considerare a ferăstraielor mecanice ([Borz și Ciobanu 2013](#); [Ciubotrau și Maria 2012a,b](#)), tractoarelor de tip skidder ([Borz et al. 2014d](#); [Borz et al. 2013](#); [Duță și Borz 2013](#)), care reprezintă, de altfel, opțiuni tehnice importante ca proporție de participare în operațiile forestiere românești ([Sbera 2007](#)). Numai unul dintre studii s-a realizat asupra colectării lemnului cu atelaje ([Borz și Ciobanu 2013](#)), situație similară cu cea a instalațiilor cu cablu ([Borz et al. 2011](#)). În acord cu clasificarea scopicității studiilor de timp ([Magagnotti și Spinelli 2012](#)), unele dintre studiile identificate au fost conduse mai degrabă la nivel elemental ([Bîrda 2012](#); [Duță și Borz 2013](#)), în timp ce restul au vizat grupuri de operații ([Borz et al. 2014d](#); [Borz et al. 2013](#); [Ciubotrau și Maria 2012a,b](#); [Popovici 2013](#)) sau sisteme tehnice ([Borz și Ciobanu 2013](#)). Din păcate, nu s-au identificat studii care să adreseze echipamente moderne, nou introduse în România, cu excepția unui singur studiu care a fost limitat în scop la câteva elemente de bază privind productivitatea și consumul de timp pentru o instalație cu pilon ([Borz et al. 2011](#)), după cum acest tip de echipament este definit în [Oprea \(2008\)](#). Deși unele dintre studii nu au inclus o descriere adecvată a designului experimental, se pare că, din punct de vedere metodologic, utilizarea metodei cronometrării continue, după cum aceasta este descrisă în [Björheden et al. \(1995\)](#), a fost acceptată și utilizată larg; unele dintre studii au inclus corelații între diferite intrări și variabile de proces după cum acestea sunt descrise în [Magagnotti și Spinelli \(2012\)](#), în timp ce altele au fost concentrate pe utilizarea de tehnici statistice mai avansate cum ar fi regresia retrogradă pas cu pas ([Bîrda 2012](#); [Borz et al. 2014d](#); [Borz et al. 2013](#); [Borz și Ciobanu 2013](#); [Duță și Borz 2013](#)), inclusiv alte tehnici statistice de alegere a celui mai bun model ([Borz et al. 2013](#)). Clasa modelelor liniare în astfel de studii reprezintă o opțiune obiectivă ([Magagnotti și Spinelli 2012](#)), și majoritatea studiilor identificate au ales acest mod de abordare a datelor ([Bîrda 2012](#); [Borz et al. 2014d](#); [Borz et al. 2013](#); [Borz și Ciobanu 2013](#); [Duță și Borz 2013](#)). Atunci când s-au luat în considerare studii de efectuat asupra ferăstraielor mecanice, ca variabile de proces s-au utilizat diametrele la nivelul de execuție a tăieturilor în operații de secționare ([Ciubotaru și Maria 2012a](#)), iar, în cazul operației de doborâre a arborilor s-au utilizat variabile independente cum ar fi diametrul la înălțimea pieptului, diametrul cioatei și volumul arborelui de doborât ([Borz și Ciobanu 2013](#); [Ciubotaru și Maria 2012a,b](#)). Un singur studiu a inclus explicit distanța parcursă între arborii de doborât ca variabilă independentă ([Borz și Ciobanu 2013](#)). La colectarea cu atelaje s-a identificat un singur studiu care a fost condus în condițiile unui arboret de foioase parcurs cu rărituri ([Borz și Ciobanu 2013](#)), caz în care variabilele considerate a fi relevante în explicarea variației consumului de timp

În operații de colectare a lemnului su fost distanța de extracție și numărul de piese dintr-o sarcină deplasată (Borz și Ciobanu 2013). În cazul utilizării tractoarelor de tip skidder, după cum acestea sunt definite și descrise în Oprea (2008), variabilele utilizate ca predictorii au fost distanța de desfășurare a cablului de sarcină în cazul adunatului cu troliul montat pe tractor (Bîrda 2012; Borz et al. 2014d; Borz et al. 2013; Duță și Borz 2013), declivitatea pe traseul pe care s-a desfășurat cablul de sarcină (Duță și Borz 2013), volumul pieselor tractate (Borz et al. 2014d), numărul de piese ce au format o sarcină (Borz et al. 2013) și distanța de apropiat (Borz et al. 2014d; Borz et al. 2013). Dintre intrările și ieșirile analizate (incluzând aici și indicatorii derivați), consumul de timp și productivitatea muncii au fost două dintre aspectele cel mai frecvent studiate (Bîrda 2012; Borz et al. 2014d; Borz et al. 2013; Borz și Ciobanu 2013; Ciubotrau și Maria 2012a,b; Duță și Borz 2013), un fapt care, la data realizării acestui studiu, lăsa o serie de probleme nestudiate, care trebuiau să fie abordate prin studii viitoare.

Dat fiind faptul că dezvoltarea de modele empirice pentru estimarea consumului de timp și a productivității muncii a reprezentat preocuparea generală în studiile analizate, rezultatele ce s-au obținut în acest mod pot fi utile în organizarea producției și calculul costurilor în condiții operaționale similare, iar, în anumite cazuri, pot fi incluse în unele studii cum ar fi cele de tip LCA. Pe de altă parte, pe termen scurt, o atenție sporită ar trebui să se acorde extinderii studiilor prin includerea unor alte elemente ale sistemelor analizate cum ar fi consumurile de energie și impactul generat prin aplicarea sistemelor tehnice în cauză, în vederea înțelegerii mai aprofundate a fenomenului în sine. Un aspect care ar trebui abordat pe termen mediu se referă la întreprinderea de studii la nivel populațional (Hiesl și Benjamin 2014), ca și la culegerea și prelucrarea unor date pe termen lung, o abordare care este în măsură să ofere cifre pentru implementarea oficială (Magagnotti și Spinelli 2012).



Figura 1. Sistem tehnic de tip harvester-forwarder. Sursa: [www.forestenergy.org](http://www.forestenergy.org)

Rezultatele studiului au indicat faptul că majoritatea studiilor au luat în considerare echipamente ce se încadrează în categoria celor des folosite în România, cum ar fi tractoarele skidder și ferăstraiele mecanice (Sbera 2007). Totuși, în viitor, ar trebui să se evalueze performanțele unor echipamente moderne pentru România, cum ar fi cele ce intră în alcătuirea unui sistem tehnic de tip harvester-forwarder (Figura 1), din moment ce astfel de echipamente forestiere au intrat și pe piața românească de profil (Sbera 2012). La fel, de o importanță egală ar fi efectuarea de studii pentru unele echipamente de tipul funicularilor moderne, dată fiind importanța reintroducerii acestora pe scară mai largă în România. În mod similar, ar trebui

abordată și problema unor echipamente sau sisteme tehnice forestiere ce au capacități în producerea de tocătură energetică.

Similar oricărui domeniu de activitate în care se utilizează proceduri statistice de modelare ([Zar 1974](#)), o importanță foarte mare în elaborarea unor modele de estimare a consumului de timp o are și dimensiunea eșantioanelor cu care se lucrează. În acest sens, cel puțin pentru echipamentele și sistemele tehnice ce se utilizează frecvent în acest moment în condițiile forestiere românești, conducerea unor studii de evaluare a performanțelor ar trebui să ia în considerare seturi de date mari, care să acopere nevoile de precizie în reprezentarea statistică. Un astfel de efort poate să fie considerabil, dat fiind faptul că, în condițiile forestiere românești, distanțele de extracție sunt mai degrabă mari, afectând și timpul necesar studiilor de acest fel.



### **3. Performanțele și securitatea muncii la utilizarea ferăstrielor mecanice în operații forestiere**

#### **3.1. Sinteza preocupărilor științifice naționale și internaționale privind utilizarea ferăstrielor mecanice în operații forestiere**

##### **3.1.1. Introducere**

Ferăstriile mecanice au reprezentat, reprezintă și vor reprezenta o categorie de echipamente absolut necesare în operații forestiere de recoltare a lemnului, incluzând aici operații cum ar fi cojirea la cioată ([Eker et al. 2011](#)). Aceste echipamente forestiere se utilizează în practica forestieră datorită unei serii de avantaje ce rezidă, în principal, în investiții respectiv costuri de întreținere și funcționare mici, asimilare relativ ușoară a tehnicii operaționale specifice de către potențialii operatori, costuri mult mai reduse ocazionate de trainingul și educarea muncitorilor forestieri, respectiv durata de viață bună ([Calvo et al. 2013](#)). Mai mult, în anumite situații operaționale cum ar fi arboretele de parcurs cu lucrări situate pe terenuri foarte abrupte, unde accesul mașinilor multifuncționale de recoltare este restricționat din punct de vedere tehnic sau ecologic, ca și situațiile în care se întrevide recoltarea unor specii de foioase sau a unor arbori de dimensiuni foarte mari care nu se pliază la capacitățile mașinilor multifuncționale de recoltare cum ar fi cele de tip harvester și, uneori, prevederile legale derivate din normativele managementului forestier din anumite regiuni geografice, fac ca utilizarea ferăstrielor mecanice în operații de recoltare a lemnului să fie singura opțiune tehnică. Utilizarea ferăstrielor mecanice în operații de recoltare prezintă și unele dezavantaje cum ar fi: efortul ridicat indus de operare în mod special la operația de curățire de crăci ([Oprea 2008](#); [Leszczynski 2010](#)), expunerea operatorilor la intemperii datorită lucrului în aer liber ([Yongang și Baojun 1998](#)), expunerea la zgomot ce poate genera probleme medicale legate de pierderea acuității auditive ([Tunay și Melemez 2008](#)), respectiv expunerea la noxe și vibrații, ultimele putând genera boli profesionale ([Alexandru 1997](#)). Pentru reducerea efectelor generate de utilizarea ferăstrielor mecanice, unele probleme de design au fost rezolvate încă din anii 60 iar actualele modele sunt considerate a fi unele cu un design ergonomic de succes ([Kaljun și Dolšak 2012](#)). Una dintre problemele majore în utilizarea ferăstrielor mecanice este cea legată de faptul că, în condițiile unei utilizări incorecte, se pot produce accidente profesionale majore sau chiar decese ([Lindroos și Burström 2010](#)). Acest fapt ar trebui să conducă atât la asigurarea unei pregătiri profesionale adecvate ([Brachetti Montorselli et al. 2010](#)), deoarece procedurile tehnice specifice recoltării lemnului cu ferăstraie mecanice nu sunt întotdeauna respectate ([Koger 1983](#); [Borz et al. 2014c](#)), cât și la controale periodice complexe prin care să se evalueze abilitățile și competențele operatorilor. Mai mult, ar trebui asigurată existența și utilizarea efectivă de către operatori a echipamentelor de protecție personală.

În țările nordice, unde se și produc astfel de echipamente, utilizarea lor a început să fie restrânsă doar la grupuri de proprietari mici prin introducerea masivă în uz a mașinilor multifuncționale. Totuși, cifrele privind vânzările în acest grup de întreprinzători sunt încă foarte ridicate ([Lindroos și Nordfjell 2005](#)) indicând faptul că ferăstriile mecanice sunt încă o componentă foarte importantă în managementul operațiilor forestiere pe termen scurt și mediu. Pe de altă parte, este de așteptat și un transfer masiv de mașini multifuncționale de recoltare în țările central europene și mediteraneene ([Spinelli și Magagnotti 2011](#)) datorită unor costuri mai reduse legate de utilizarea sistemelor tehnice mecanizate pe unitatea de produs.

În România, ferăstriile mecanice încă se folosesc la scară largă ([Sbera 2007](#)), iar cunoașterea performanțelor acestora în utilizare este deosebit de importantă pentru organizarea producției și estimarea costurilor. Acesta a fost și motivul pentru care s-au realizat studii privind performanțele acestor echipamente în termeni de consum de timp și productivitate, atât în

România (Borz și Ciobanu 2013; Ciobotaru și Maria 2012a,b) cât și în alte țări (Balimunsi *et al.* 2012; Behjou *et al.*, 2009; Björheden 1998; Brock *et al.* 1986; Ghaffariyan și Shobani 2007; Ghaffariyan *et al.* 2013; Hartsough *et al.* 2001; Jourgholami *et al.* 2013a; Kluender *et al.* 1996; Lortz *et al.* 1997; Maesano *et al.* 2013; McNeel și Dodd 1997; Mousavi *et al.* 2011; Picchio *et al.* 2009; Spinelli *et al.* 2006; Spinelli *et al.* 2009; Spinelli *et al.* 2011; Wang *et al.* 2004; Zinkevicius *et al.* 2012), studii privind consumurile de carburanți și analize energetice (Balimunsi *et al.* 2011; Maesano *et al.* 2013; Picchio *et al.* 2009; Popovici 2013), studii privind comportamentul mecanic al ferăstrierilor la utilizarea de bio-uleiuri și bio-combustibili (Skoupy *et al.* 2010; Stanovský *et al.* 2013; Wojtkowiak *et al.* 2007) și alte asemenea, cum ar fi evidențierea relației dintre productivitate și securitatea muncii (Brchetti Montorselli *et al.* 2010), analiza accidentelor în operații forestiere, inclusiv a celor specifice utilizării de ferăstraie mecanice (Lindroos și Burström 2010), analiza pierderilor de lemn în termeni de refuzare a unor sortimente la recoltarea cu ferăstraie mecanice (Gerasiomv și Seliverstov 2010), dezvoltarea unor modele estimative pe baza unor alte surse bibliografice (Hartsough *et al.* 2001), alegerea celor mai bune procedee tehnice la recoltarea lemnului (McNeel și Dodd 1997), respectiv calculul exclusiv al costurilor (Picchio *et al.* 2011). Astfel de studii sunt deosebit de utile în cercetarea specifică științei aplicate în operații forestiere (Brown *et al.* 2011) și abordările cele mai noi privind evaluarea unui echipament sau sistem tehnic utilizat în operații forestiere ce vizează integrarea unor tehnici științifice privind evaluarea ciclului de viață (Heinimann 2012), necesită cunoașterea performanțelor acestor echipamente în termeni de intrări, ieșiri și alți parametri derivați. Dat fiind faptul că, în cazul utilizării ferăstrierilor mecanice, s-a realizat un progres științific substanțial, s-a recurs la revizuirea abordărilor pe plan național și internațional legate de performanțele acestora în utilizare.

### 3.1.2. Materiale și metode utilizate în întocmirea sintezei

Pentru întocmirea unei sinteze, s-a recurs la un studiu narativ, la întocmirea căruia au fost necesare două etape. Prima dintre ele a vizat o documentare bibliografică de amploare pentru identificarea de surse bibliografice tratând aspecte precum performanțele ferăstrierilor mecanice, în timp ce a doua etapă a vizat analiza rezultatelor din sursele bibliografice luate în considerare. Pentru documentarea din prima etapă s-au folosit sursele bibliografice în format tipărit de tipul tratatelor, normativelor și manualelor de specialitate, ca și surse electronice de tipul bazelor de date. Documentarea în sursele electronice s-a realizat pe baza unor cuvinte cheie precum: ferăstrău mecanic, eficiență, productivitate, consum de timp, doborâre, curățire de crăci, secționare, etc. Separat, s-au condus căutări bibliografice utilizându-se și motoarele de căutare specifice interentului, dar și căutări bibliografice pe paginile web ale unor jurnale de profil, neincluse în bazele de date interogate. Pentru studiul de față s-au utilizat doar acele referințe care au putut fi accesate, sub o formă sau alta, ca document *in extenso*, disponibile în limbile română și engleză.

Informația găsită și luată în analiză s-a grupat în patru categorii specifice unor astfel de studii: *organizarea muncii*, *intrări*, *variabile de proces* și *ieșiri*. În prima categorie s-au inclus rezultatele cuprinzând modul de organizare a muncii caracterizat prin tipul și succesiunea elementelor de muncă într-un ciclu de muncă dat, în a doua categorie s-a inclus, ca intrare în proces, consumul de timp, care a fost tratat atât la nivel de elemente de muncă și la nivel de ciclu de muncă; aici s-au luat în considerare și rezultatele privind varii întârzieri generate de diferite cauze. În a treia categorie s-au inclus aspecte privind variabilele operaționale (de proces) considerate ca fiind relevante de către diferiți specialiști, ca și modelele empirice dezvoltate pentru evaluarea consumului de timp, iar, în a patra categorie, s-a inclus productivitatea muncii. Definițiile pentru elementele menționate anterior, cum ar fi elementul și ciclul de muncă,

întârzierile, productivitatea muncii etc. sunt cele descrise de Björheden *et al.* (1995), respectiv Magagnotti și Spinelli (2012).

### 3.1.3. Rezultate și discuții

#### 3.1.3.1. Organizarea muncii și tipuri de echipamente studiate

Elementele de muncă tipice operațiilor de doborâre a arborilor, cunoscute în terminologia românească drept faze se grupează în următoarele categorii (Oprea 2008): elemente de muncă preliminară, elemente de muncă propriu zise și elemente de muncă finale. O grupare oarecum similară este valabilă și la operații de curățire de crăci și secționare. Studiile ce evaluează performanțele echipamentelor forestiere (*e.g.* studiile de timp) pot fi conduse la diferite rezoluții, începând cu o unitate de amplasare a muncii, continuând cu schimbul de muncă și terminând cu studiile conduse la nivel de operație sau chiar element de muncă (Magagnotti și Spinelli 2012). De exemplu, Balimunsi *et al.* (2012), au optat pentru conducerea unui studiu de timp la nivel de operație, incluzând în studiul lor, pe lângă operația de rostogolire a lemnului ca formă de adunat nemecanizat, operațiile de recoltare, după cum acestea sunt definite în Oprea (2008): doborât, curățit de crăci și secționat, pe care le-au grupat într-o sarcină de tăiat. Bejhou *et al.* (2009) au luat în studiu doar operația de doborâre a arborilor, împărțind un ciclu de muncă în elemente specifice cum ar fi deplasarea la arborele de doborât, alegerea direcției tehnice de doborât, execuția tapei și execuția tăieturii din partea opusă tapei. În efortul de a căuta alternative operaționale pentru recoltarea integrată Björheden (1998) a condus un studiu comparativ între utilizarea ferăstraielelor mecanice, respectiv a mașinilor multifuncționale de recoltare a lemnului la curățirea de crăci și secționarea la cioată, tratând curățirea de crăci respectiv secționarea parțială drept un singur element de muncă (operație). Neprecizate în majoritatea studiilor, aninările pot să apară, ca incident, cu o probabilitate mai mare în arborete excesiv de dese, indiferent de măsurile de precauție ce se iau, caz în care se poate recurge la includerea acestui fenomen în structura operațională (Borz și Ciobanu 2013). În alte studii, care au urmărit evaluarea performanțelor la utilizarea ferăstraielelor mecanice, cum ar fi spre exemplu cel condus de Brachetti Montorselli *et al.* (2010), organizarea muncii nu a reprezentat un fapt dat de la care s-a pornit investigația, ci, mai degrabă, s-au observat mai multe moduri de organizare specifice unor echipe de lucru, dar, studiul menționat a fost conturat în jurul unui ciclu de muncă la fiecare arbore recoltat. Brock *et al.* (1986) includ în studiul lor, elemente de muncă distincte pentru deplasarea la arborele de doborât, alegerea direcției tehnice și execuția tăieturilor de doborâre și defalcă operația de curățire de crăci în elemente precum curățirea efectivă și îndepărtarea vârfului; aceeași autori tratează operația de secționare drept element de muncă independent. Ciubotaru și Maria (2012a) au realizat un studiu privind consumul de timp la doborârea arborilor în arborete de molid parcurse cu rărituri respectiv tăieri rase, iar organizarea muncii în studiul lor, adaptată la conceptele românești descrise de Rouă *et al.* (1976) respectiv de Hidoș și Isac (1971) a inclus ca următoarele elemente de muncă: alegerea direcției tehnice, execuția tapei, execuția tăieturii din partea opusă tapei și retragerea muncitorilor, revenirea muncitorilor, nivelarea cioatei, îndepărtarea crestei trunchiului și cojirea cioatei. Includerea unor elemente de muncă ce vizează îndepărtarea lăbărtărilor și baterea de pene a fost tratată de Ghaffariyan și Shobani (2007) care au studiat consumul de timp și productivitatea muncii la recoltarea cu ferăstraie mecanice a unor arborete constituite din fag și carpen, iar, în definiția lor, un ciclu de muncă a fost compus din: deplasarea la arborele de doborât, alegerea direcției tehnice de doborâre, îndepărtarea prin tăiere a lăbărtărilor, execuția tapei, execuția tăieturii din partea opusă tapei, baterea de pene, amplasarea tirforului și alimentarea ferăstrăului. Ulterior, Mousavi *et al.* (2011) realizează un studiu mult mai detaliat, prin împărțirea activității de doborâre în elemente de muncă cum ar fi deplasarea la arborele de doborât, curățirea locului de muncă, execuția tapei, execuția tăieturii

din partea opusă tapei, și alte elemente cum ar fi realimentarea ferăstrăului, cu precizarea punctelor de fixare conform ultimelor prescripții în acest sens ([Björheden et al. 1995](#)). Aceeași abordare este utilizată și la descrierea unui ciclu de muncă la fasonarea (procesarea) lemnului, în care autorii includ deplasarea, curățirea locului de muncă, măsurarea, curățirea de crăci și îndepărtarea vârfului, respectiv secționarea; întârzierile au fost descrise, de asemenea, separat pe categorii: personale, tehnice și operaționale. Ghaffariyan *et al.* ([2013](#)) au divizat un ciclu de doborâre în elemente de muncă cum ar fi deplasarea la arborele de doborât, alegerea direcției tehnice, execuția tapei, execuția tăieturii din partea opusă tapei și întârzieri de diferite naturi, iar, cam în același timp Jourgholami *et al.* ([2013a](#)) au definit la fel un ciclu de muncă la doborâre incluzând și baterea de pene ca element de muncă, respectiv o descriere precisă a elementelor de muncă și a punctelor de fixare. În ambele cazuri, la modelarea efectivă, timpul consumat datorită diferitelor întârzieri a fost exclus din analiză. Curățirea potecilor de refugiu a fost, de asemenea, inclusă ca element de muncă la recoltarea arborilor prin aplicarea metodei trunchiurilor și catargelor într-un studiu realizat de Kluender *et al.* ([1996](#)), rezultatele prezentate în studiul menționat fiind detaliate ulterior în Lortz *et al.* ([1997](#)). Există și studii în care structura unui ciclu de muncă nu este detaliată la nivel de elemente de muncă, precizările organizatorice fiind incluse la nivel de operații realizate, în această categorie intrând studii precum cel realizat de Maesano *et al.* ([2013](#)), în care autorii descriu doar principalele operații realizate la recoltarea lemnului, cel realizat de Magagnotti *et al.* ([2011](#)), unde autorii precizează, de asemenea, doar operațiile realizate la nivel de arbore precum doborârea, respectiv doborârea și procesarea, cel realizat de McNeel și Dodd ([1997](#)) în încercarea de a identifica varianta cea mai bună din punct de vedere al organizării muncii la recoltarea lemnului, prin compararea procedeele tehnice folosite în nordul Americii cu cele scandinave, respectiv cel realizat de Picchio *et al.* ([2009](#)), care au analizat productivitatea muncii și consumul de energie la recoltarea lemnului de cvercinee, prin luarea în studiu a mai multor variante tehnologice la colectare, păstrând, de fiecare dată, utilizarea ferăstraielelor mecanice la recoltare. Spinelli *et al.* ([2006](#)) au analizat costurile de producție la extragerea masei lemnoase din fâșii tampon cultivate cu platan, pentru sisteme tehnice caracterizate de diferite grade de mecanizare și au precizat faptul că ciclul de muncă la recoltare a fost divizat în elemente de muncă, pe care nu le nominalizează, aspect valabil și într-un studiu ulterior ([Spinelli et al. 2011](#)), în care autorii au testat diferite opțiuni tehnice, inclusiv utilizarea ferăstraielelor mecanice la recoltarea lemnului de plop din culturi întemeiate în scop comercial. Într-un alt studiu ([Spinelli et al. 2009](#)), operațiile de recoltare cu ferăstrăul mecanic au fost privite ca un ciclu de muncă complet, fără a se efectua separări în elemente de muncă. Un ciclu de muncă de recoltare în cazul aplicării metodei trunchiurilor și catargelor poate să conțină elemente de muncă cum ar fi deplasarea la arborele de doborât, alegerea direcției tehnice de doborâre, execuția tăieturilor de doborâre, respectiv curățirea de crăci (inclusiv detașarea vârfului) după cum precizează Wang *et al.* ([2004](#)) într-un studiu efectuat în America de Nord. Pe de altă parte, Zinkevicius *et al.* ([2012](#)) au comparat performanțele la recoltarea lemnului cu ferăstraie mecanice cu cele specifice recoltării mecanizate prin aplicarea metodei sortimentelor definitive la cioată (metoda lemn scurt), în arborete constituite preponderent din foioase moi, iar, în studiul lor, autorii fac referire doar la principalele operații, fără a le defalca pe elemente de muncă.

În studiile ce au drept scop evaluarea performanței echipamentelor forestiere este necesară precizarea tipului de echipament studiat ([Magagnotti și Spinelli 2012](#)) pentru a se putea relaționa rezultatele privind performanțele cu capacitățile echipamentului și cu mediul de operare. Acest lucru se datorează faptului că, între intrări, variabile de proces și ieșiri există relații ce pot fi intuite și stabilite, uneori chiar prin precizarea tipului de echipament folosit. La operațiile de recoltare a lemnului cu ferăstraie mecanice trebuie să existe o concordanță între caracteristicile tehnice ale echipamentului ce se folosește și dimensiunile arborilor de recoltat ([Oprea 2008](#)), în cazuri contrare fiind necesară aplicarea unor procedee tehnice mai greoaie în special la doborârea și secționarea lemnului ([Oprea și Sbera 2004](#); [Oprea 2008](#)).

În **Tabelul 1** se prezintă o sinteză a tipurilor de ferăstraie mecanice utilizate și studiate până în prezent.

Tabelul 1. Tipuri de ferăstraie mecanice evaluate

Descrierea echipamentului conform sursei bibliografice	Număr de situații studiate	Referințele bibliografice
Nespecificat, 2,3 kW	2	<a href="#">Balimunsi et al. (2012)</a>
Stihl, 3 CP, lama de 80 cm	1	<a href="#">Behjou et al. (2009)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">Björheden (1998)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">Borz și Ciobanu (2013)</a>
Nespecificat	3	<a href="#">Borz et al. (2014c)</a>
Nespecificat	4	<a href="#">Brachetti Montorselli et al. (2010)</a>
Nespecificat	3	<a href="#">Brock et al. (1986)</a>
Husqvarna 365, 3,4 kW, lama de 42 cm	1	<a href="#">Ciubotaru și Maria (2012a)</a>
Stihl 090	1	<a href="#">Ghaffariyan și Shobani (2007)</a>
Stihl 090	1	<a href="#">Ghaffariyan (2013)</a>
Stihl, 4 CP, lama de 70 cm	1	<a href="#">Jourgholami et al. (2013a)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">Kluender et al. (1996)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">Lortz et al. (1997)</a>
Stihl MS 880, 6,4 kW, lama de 120 cm	1	<a href="#">Maesano et al. (2013)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">Magagnotti et al. (2011)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">McNeel și Dodd (1997)</a>
Stihl MS 880	1	<a href="#">Mousavi et al. (2011)</a>
Stihl MS 390, 3,4 kW	3	<a href="#">Picchio et al. (2009)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">Spinelli et al. (2006)</a>
Nespecificat	1	<a href="#">Spinelli et al. (2009)</a>
Nespecificat	10	<a href="#">Spinelli et al. (2011)</a>
Husqvarna 372, 5,4 CP, lama de 51 cm	1	<a href="#">Wang et al. (2004)</a>
Husqvarna 365, lama de 45 cm	1	<a href="#">Zinkevicius et al. (2012)</a>

### 3.1.3.2. Ințrări sub formă de consum de timp

La operațiile de recoltare a lemnului, consumul de timp la nivel de element de muncă sau operație depinde, de variația mărimii unor variabile procesuale și de nivelul experienței în muncă al unui operator dat, luat în studiu. Balimunsi *et al.* (2012), au studiat consumul de timp la operații de recoltare desfășurate în arborete de rășinoase (*Pinus patula* și *Cupressus lusitanica*), pentru volume medii ale arborilor cuprinse între 0,69 și 0,78 m<sup>3</sup>×fir<sup>-1</sup> (diametre de bază de 26,12 respectiv 26,43 cm și înălțimi medii de 16,70 respectiv 17,58 m). În studiul lor, pentru doborâre, consumul de timp fără întârzieri a fost de 2,03 respectiv 2,16 minute pe arbore, în condițiile în care în primul caz a fost vorba de un arboret elagat situat în teren așezat, iar în ce de-al doilea caz, a fost vorba de un arboret situat în teren accidentat având și un elagaj mai slab. Consumul de timp la curățirea de crăci a fost semnificativ mai mare în primul caz (2,33 minute pe arbore) față de cel de-al doilea caz (2,05 minute pe arbore), iar la operația de secționat, se pare că dimensiunile pieselor rezultate, în special în termeni de diametru, a influențat variația consumului de timp. În studiul realizat de Behjou *et al.* (2009), autorii au luat în considerare consumul la nivel de elemente de muncă specifice operației de doborâre, constatând, pe de o parte, faptul că, un ciclu de muncă de doborât fără întârzieri a durat în medie 4,57 minute pentru un diametru mediu la înălțimea pieptului de circa 88 cm, respectiv a unei declivități și distanțe medii între arborii de doborât de circa 25% respectiv 36 m. În structura consumului de timp, execuția tapei a luat cel mai mult timp (31%), urmată fiind de execuția tăieturii din partea opusă (24%), căderea efectivă, probabil asistată prin baterea de pene pentru impulsioneare (21%), deplasarea între arborii de doborât (16%) și alegerea direcției tehnice (2%). Întârzierile în cazul studiat au fost responsabile pentru 6% din consumul de timp. Björheden (1998) a constatat faptul

că, timpul consumat cu procesarea diferențiată a lemnului la cioată (buștean de gater la cioată, procesare finală în platforma primară) poate să scadă cu până la 40% față de o situație convențională.

În rărituri executate în arborete excesiv de dese, mai ales în condițiile prezenței unor arbori de foioase cu coroane dezvoltate, consumul de timp poate să fie mai mare la operații de recoltare cu ferăstraie mecanice, datorită necesității aplicării de procedee tehnice de dezaminare a arborilor (Borz și Ciobanu 2013). Pe de altă parte, există diferențe în ceea ce privește performanțele recoltării lemnului între diferite echipe de lucru având diferite apartenențe. Brachetti Montorselli *et al.* (2010) au demonstrat faptul că echipele private sunt mult mai eficiente în termeni de timp consumat pe unitatea de produs realizată. Brock *et al.* (1986) au pus în evidență faptul că, în cazul răriturilor, intensitatea de extracție poate să afecteze consumul de timp la execuția operațiilor de recoltare, existând o relație directă între intensitatea extracției și consumul de timp dintr-un ciclu de muncă. Ciubotaru și Maria (2012a), au pus în evidență faptul că strategia de cojire a cioatelor poate să fie responsabilă pentru aproape 40% din consumul de timp la doborârea arborilor iar netezirea cioatelor împreună cu retezarea crestei trunchiurilor pot să conducă la consumuri de timp de până la 11%. Ghaffariyan și Shobani (2007) au constatat faptul că doborârea unui arbore în condițiile unor diametre foarte mari (de până la 150 cm) poate să aibă o durată de până la aproape 90 de minute, în timp ce doborârea unui arbore cu diametrul de 20 cm poate dura în jur de 30 de secunde, iar, în structura totală a timpului la locul de muncă, întârzierile au ajuns, în studiul lor, la circa 24%. Într-un alt studiu, Ghaffariyan *et al.* (2013) precizează faptul că tăietura din partea opusă tapei a fost responsabilă pentru o proporție de 31% din timpul total consumat la locul de muncă, urmată de execuția tapei (27%) și de diferitele întârzieri (19%), oarecum contrar față de cele precizate de Jourgholami *et al.* (2013a) care indică faptul că execuția tapei a consumat cel mai mult timp într-un ciclu de muncă, putând să ajungă până aproape de 6 minute. Kluender *et al.* (1996) precizează faptul că nu au existat diferențe statistice ce să poată fi dovedite între consumul de timp la execuția operațiilor de recoltare între diverși operatori ce au lucrat în aceleași condiții de muncă, iar, pe baza aceluiași date, Lorz *et al.* (1997) au indicat faptul că timpul consumat la un ciclu de muncă poate fi exprimat în funcție de intensitatea de extracție măsurată ca proporție din aria de bază extrasă. Într-un studiu destul de recent, Maesano *et al.* (2013) au estimat consumul de timp la recoltarea unor specii de arbori din păduri tropicale, și au constatat faptul că din cele 156 de ore luate în studiu, 49% din consumul de timp s-a datorat transferului zilnic al muncitorilor de la locul de cazare la arboretul supus operațiilor (datorită unei distanțe de 35 km), ca și că execuția operației de doborâre a fost, de asemenea, mare consumatoare de timp (12%), fapt ce a fost corelat cu diametrele foarte mari ale arborilor ce s-au recoltat (80 - 150 cm). În același studiu, realimentarea ferăstriailor a consumat 6% din timp, iar întârzierile cauzate de erori ale operatorilor au fost responsabile pentru o proporție de 6%. Deplasarea la arborele de doborât a consumat 5% din timp, curățirea locului de muncă a consumat 9% din timp, iar procesarea arborilor doborâți a consumat 8%. La recoltarea lemnului din rărituri aplicate unor plantații de nuc în Italia, Magagnotti *et al.* (2011) constată faptul că opțiunile mecanizate pot conduce la un consum de timp mai redus, deși nu prezintă explicit în studiul lor statistici în acest sens. McNeel și Dodd (1997) au realizat o comparație între procedeele tehnice utilizate la recoltare de către un operator nord-american și unul scandinav, constatând faptul că, timpul consumat pentru un ciclu de muncă a fost mult mai mare în cazul aplicării tehnicilor scandinave; totuși, prin aplicarea tehnicilor scandinave, productivitatea mijlocului folosit la colectarea lemnului a crescut, în medie, cu până la 72,5%, deci, pe întreg sistemul tehnic studiat, aplicarea tehnicilor scandinave s-au dovedit a fi mai utile. Deși nu precizează explicit date cu privire la dimensiunile arborilor autorii indică faptul că, pentru terminarea unui ciclu de muncă de recoltare în rărituri, operatorul nord-american a avut nevoie, în medie de 1,87 minute, în timp ce operatorul scandinav a avut nevoie de 4,48 minute, iar, în ambele cazuri, procesarea arborilor (curățire de crăci și secționare) a consumat cel mai mult timp. Mousavi *et al.* (2011) au analizat consumul de timp la operații de recoltare cu ferăstraie mecanice, constatând că, în structura unui ciclu de muncă ce include și întârzieri de

diferite naturi, execuția tăieturilor de doborâre a consumat circa 58% din timp, iar elementul de muncă majoritar din acest punct de vedere a fost execuția tăieturii din partea opusă tapei. La fasonarea arborilor, curățirea de crăci și secționarea au fost responsabile pentru proporții în consumul de timp de 28 respectiv 25%. În studiul lor, arborii au avut diametre la înălțimea pieptului de până la 170 cm. Picchio *et al.* (2009) au luat în studiu arborete de cvercinee mediteraneene în care s-au aplicat tăieri pentru conversia de la regimul crângului la regimul codrului. Ei constată faptul că, pentru a se recolta masa lemnoasă de pe un hectar (337 arbori) au fost necesare 30 de ore de utilizare a ferăstrăului mecanic, în timp ce timpul total consumat pentru recoltare (care a inclus aducerea lemnului la dimensiunile impuse de lemnul de foc) a fost de 61,3 ore. Spinelli *et al.* (2006) au condus un studiu privind eficiența unor sisteme tehnice caracterizate de diferite grade de mecanizare la recoltarea lemnului de platan subțire (diametru de circa 8 cm) în Italia. Un ciclu de muncă la recoltarea cu ferăstraie mecanice a avut o durată medie de 0,77 minute, în condițiile în care arborii au fost doborâți, iar cei prea grei pentru manipulare manuală au fost și secționați. Pentru cazul unor culturi de plop, Spinelli *et al.* (2011) au constatat faptul că, timpul consumat de operații cum ar fi doborârea cu ferăstraie mecanice, procesarea cu același echipament, respectiv alte activități cum ar fi manipularea poate să ajungă, global, la 12,1 minute pe ciclu de muncă, pentru diametre medii la înălțimea pieptului cuprinse între 28 și 41 cm, și volume ale arborilor medii cuprinse între 0,66 și 2,11 m<sup>3</sup>×fir<sup>-1</sup>. În condițiile descrise, timpul mediu consumat cu doborâre a fost de 1,7 minute pe arbore, iar timpul mediu consumat cu procesarea a fost de 6,3 minute. Pentru aplicarea metodei trunchiurilor și catargelor într-o tăiere selectivă, Wang *et al.* (2004) raportează faptul că timpul consumat pentru un ciclu de muncă de recoltare a fost, în medie, de 4,57 minute pe arbore, dintre care 2,01 minute au fost consumate pentru curățirea de crăci, respectiv 1,57 minute pentru execuția tăieturilor de doborâre. Datele s-au raportat pentru condițiile unui arboret de foioase tari, localizat pe un teren cu declivitate medie de 25%, diametrul mediu la înălțimea pieptului de 40 cm respectiv o distanță medie parcursă între doi arbori de extras de circa 11 m. La aplicarea metodei sortimentelor definitive la cioată (Zinkevicius *et al.* 2012) consumul de timp la recoltarea completă poate fi de ordinul a 155 secunde pe arbore, variind între 83 secunde la obținerea de două piese și 238 secunde pe arbore la obținerea a șase piese, în condițiile unui diametru mediu la înălțimea pieptului de circa 10 cm. În aceleași condiții, operațiile efective de doborâre, curățire de crăci și secționare au condus la o proporție de circa 80% din consumul total de timp la locul de muncă.

### 3.1.3.3. Variabile de proces. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp

Timpul consumat pentru deplasarea între arborii de recoltat este considerat ca fiind relevant, mărimea acestuia depinzând, la fiecare reluare a unui ciclu de muncă, de distanța efectiv parcursă până la un nou arbore de recoltat (Borz și Ciobanu 2013; Mousavi *et al.* 2011). Parcurgerea distanței între arborii de recoltat ar trebui să fie realizată pe traseul cel mai scurt, cu condiția existenței vizibilității între arborii de recoltat succesiv (Oprea 2008), condiție ce este satisfăcută în cazul tăierilor rase, și mai greu de îndeplinit în cazul tăierilor cu caracter selectiv. Majoritatea referințelor bibliografice nu indică explicit influența distanței asupra consumului de timp, dar în unele studii, distanța între arborii de recoltat s-a luat în considerare drept covariabilă în exprimarea variației totale a consumului de timp la o anumită operație (Behjou *et al.* 2009; Borz și Ciobanu 2013; Jourgholami *et al.* 2013a; Mousavi *et al.* 2011; Wang *et al.* 2004). Alte studii (Lortz *et al.* 1997) au indicat faptul că timpul consumat la deplasarea între arborii de recoltat poate fi exprimat în funcție de diametrul la înălțimea pieptului, după o serie de presupuneri legate de relațiile existente între distanța dintre arbori, intensitatea de extracție, și alte variabile. Distanța parcursă de muncitor poate fi utilizată drept predictor a variației consumului de timp și la operații de curățire de crăci și secționare (Mousavi *et al.* 2011).

Declivitatea terenului este rar precizată drept variabilă independentă în modele empirice ce s-au elaborat până în prezent, dar, în majoritatea cazurilor aceasta este precizată în alte secțiuni ale studiilor sau în statisticile descriptive specifice ([Balimunsi et al. 2012](#); [Behjou et al. 2009](#); [Borz și Ciobanu 2013](#); [Brock et al. 1986](#); [Ghaffariyan și Shobani 2007](#); [Ghaffariyan et al. 2013](#); [Jourgholami et al. 2013a](#); [Picchio et al. 2009](#); [Picchio et al. 2011](#); [Spinelli et al. 2009](#); [Wang et al. 2004](#)).

Diametrul la înălțimea pieptului este, poate, cel mai frecvent luat în considerare, fie ca predictor independent în evaluarea consumului de timp ([Behjou et al. 2009](#); [Ghaffariyan și Shobani 2007](#); [Ghaffariyan et al. 2013](#); [Lortz et al. 1997](#); [Maesano et al. 2013](#); [Mousavi et al. 2011](#); [Wang et al. 2004](#)), fie ca variabilă măsurată în vederea derivării altor variabile necesare cum ar fi volumul arborelui ([Borz și Ciobanu 2013](#); [Brock et al. 1986](#); [Jourgholami et al. 2013a](#)) sau masa acestuia în stare uscată ([Picchio et al. 2009](#); [Spinelli et al. 2006](#); [Spinelli et al. 2009](#)). Multe dintre studiile realizate prezintă această variabilă cel puțin la nivel de statistici descriptive, iar unele studii au acoperit ecarturi mai mari de diametre ([Behjou et al. 2009](#); [Ciubotaru și Maria 2012a](#); [Ghaffariyan și Shobani 2007](#); [Ghaffariyan et al. 2013](#); [Jourgholami et al. 2013a](#); [Maesano et al. 2013](#); [Mousavi et al. 2011](#); [Spinelli et al. 2011](#)). Diametrele medii la înălțimea pieptului, după cum ele au rezultat din studii specifice (**Tabelul 2**) au variat între circa 8,2 și 87 cm, cu o grupare majoritară în categoria 21...40 cm. Acest lucru indică faptul că, în ordinea urgenței, studii de viitor ar trebui să adreseze categorii extreme de diametre.

Tabelul 2. Categoriile de diametre de luate în considerare în studii privind evaluarea performanțelor la recoltarea cu ferăstraie mecanice

Categoria de diametre (cm)	Număr de situații studiate	Referințele bibliografice și număr de tratamente
<10	2	Spinelli et al. (2006) - 1, Zinkevicius et al. (2012) - 1
11...20	5	Borz și Ciobanu (2013) - 1, Ciubotaru și Maria (2012a) - 1, Magagnotti et al. (2011) - 2; Spinelli et al. (2009) - 1
21...40	12	Balimunsi et al. (2012) - 2, Spinelli et al. (2011) - 9, Wang et al. (2004)
41...50	2	Ghaffariyan și Shobani (2007) - 1, Spinelli et al. (2011) - 1
51...60	1	Jourgholami et al. (2013a)
61...80	2	Ciubotaru și Maria (2012) - 1, Ghaffariyan et al. (2013) - 1
81...100	1	Behjou et al. (2009)
*	16	Kluender et al. (1996) - 16, Lortz et al. (1997) - 16**
***	1	Maesano et al. (2013)
****	1	Mousavi et al. (2011)

Notă: \*Diametre medii cuprinse între 26,42 și 79,72 cm; \*\*Același set de date reprelucrat; \*\*\*Clase de diametre cuprinse între 80 și 150 cm; \*\*\*\*Clase de diametre cuprinse între <50 și 170 cm.

Legile naturale, confirmate din punct de vedere statistic, indică faptul că, între diametrul la cioată și diametrul la înălțimea pieptului există corelații puternice, fapt ce a fost indicat și de unele studii ce au vizat evaluarea performanței la recoltarea arborilor cu ferăstraie mecanice ([Ciubotaru și Maria 2012a](#)). Deși utilizarea diametrului la înălțimea pieptului ca măsură arbitrară, ce exprimă și mai bine caracteristicile volumetrice ale arborilor de recoltat, este larg răspândită în astfel de studii ([Behjou et al. 2009](#); [Björheden 1998](#); [Borz și Ciobanu 2013](#); [Ciubotaru și Maria 2012a](#); [Ghaffariyan 2013](#); [Mousavi et al. 2011](#)), nu trebuie uitat faptul că, în cazuri concrete, trebuie puse în evidență acele condiții care explică cel mai bine comportamentul anumitor variabile explicate (*i.e.* consumul de timp), iar din punct de vedere cantitativ, modelele ce pot să rezulte vor fi mult mai robuste. Diametrul la cioată, poate fi afectat și de lăbărțare, caz în care intensitatea relației dintre acesta și diametrul la înălțimea pieptului, respectiv relația de dependență dintre o variabilă explicată și el poate să scadă. Totuși, unele studii au recurs și la măsurarea diametrului la cioată pentru a explica mai bine variația consumului de timp implicat de anumite elemente de muncă ([Borz și Ciobanu 2013](#)). Similar diametrului la înălțimea



pieptului, diametrul la cioată poate fi utilizat ca variabilă independentă pentru studii de modelare vizând alte scopuri ([Borz et al. 2014c](#)).

Volumul arborelui mediu, ca măsură derivată, poate fi utilizat ca variabilă independentă în modele empirice ce se elaborează pentru operații de recoltare cu ferăstraie mecanice. În cazurile în care volumul arborelui nu este utilizat efectiv într-un model empiric, acesta este cuprins cel puțin în statisticile descriptive specifice unor studii ce evaluează performanța operațiilor conduse cu ferăstraie mecanice. Normativele românești precizează consumul de timp alocat și productivitatea muncii normată, alături de alte condiții operaționale, în funcție de volumul arborelui mediu ([Ministerul Industrializării Lemnului și a Materialelor de Construcții 1989](#)). Pentru alte tipuri de studii și/sau estimări, volumul arborelui devine o variabilă independentă importantă ([Borz et al. 2014c](#)). În **Tabelul 3** se prezintă sintetic volumele arborilor medii acoperite prin studii efectuate pentru modele de ferăstrău relativ recente, punând în evidență și categoriile care nu sunt acoperite în prezent.

*Tabelul 3. Categoriile de volume de luate în considerare în studii privind evaluarea performanțelor la recoltarea cu ferăstraie mecanice*

Categoria de volume (m <sup>3</sup> )	Număr de situații studiate	Referințele bibliografice
0,05-0,20	1	Borz și Ciobanu ( <a href="#">2013</a> )
0,21-0,30	4	Björheden ( <a href="#">1998</a> ) - 2, Ciubotaru și Maria ( <a href="#">2012a</a> ) - 1, Spinelli et al. ( <a href="#">2009</a> ) - 1
0,41-0,50	3	Björheden ( <a href="#">1998</a> ) - 2, Brock et al. ( <a href="#">1986</a> ) - 1
0,51-0,60	2	Picchio et al. ( <a href="#">2009</a> ) - 1, Wang et al. ( <a href="#">2004</a> ) - 1
0,61-0,70	4	Balimunsi et al. ( <a href="#">2012</a> ) - 1, Brock et al. ( <a href="#">1986</a> ) - 3, Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 1
0,71-0,80	2	Balimunsi et al. ( <a href="#">2012</a> ) - 1, Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 1
0,81-0,90	1	Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 1
1,01-1,25	1	Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 1
1,26-1,50	1	Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 1
1,51-1,75	2	Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 2
1,76-2,00	1	Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 1
2,01-2,50	1	Spinelli et al. ( <a href="#">2011</a> ) - 1
4,01-5,00	2	Ciubotaru și Maria ( <a href="#">2012</a> ) - 1, Jourgholami et al. ( <a href="#">2013a</a> ) - 1
5,01-6,00	1	Ghaffariyan et al. ( <a href="#">2013</a> )*
**	2	Behjou et al. ( <a href="#">2009</a> ) - 1, Ghaffariyan și Shobani ( <a href="#">2007</a> ) - 1,
***	1	Maesano et al. ( <a href="#">2013</a> )
****	1	Mousavi et al. ( <a href="#">2011</a> )
Notă: * Volum mediu neprecizat dar dedus pe baza rezultatelor raportate; **Neprecizate, dar probabil peste 5,00 m <sup>3</sup> ;***Neprecizat dar probabil peste 6,00 m <sup>3</sup> ; ****Neprecizat dar probabil peste 5,00 m <sup>3</sup> .		

Dimensiunile tăieturilor de doborâre depind într-o mare măsură de dimensiunile arborilor ce se recoltează ([Oprea 2008](#)). Prescripții privind modul de execuție tehnică a tăieturilor de doborâre sunt incluse în mai multe referințe de specialitate, dar, din păcate, dimensiunile recomandate nu sunt întotdeauna respectate în practică ([Koger 1983](#); [Brachetti Montorselli et al. 2010](#); [Borz et al. 2014c](#)), aspect ce poate avea efecte atât asupra consumului de timp și a productivității muncii, cât și a consumurilor tehnologice de lemn. În timp ce aplicarea unor dimensiuni mai reduse ale tapei pot conduce la reducerea consumului de timp și a consumurilor tehnologice de lemn în tapă, riscul asumat de operatori ce practică aceste procedee nu merită recompensa ce poate fi obținută în termeni de timp și economie de lemn ([Borz et al. 2014c](#)).

Prin caracteristicile specifice ale lemnului, în special densitatea acestuia, specia arborilor ce se recoltează poate crea situații mai mult sau mai puțin favorabile. Normativele românești ([Ministerul Industrializării Lemnului și a Materialelor de Construcții 1989](#)) prevăd faptul că, în cazul speciilor de rășinoase consumul de timp necesar doborârii este mai mic decât cel necesar în cazul speciilor de foioase, în special a foioaselor cu lemn foarte dur. Tipul și intensitatea extracției poate influența semnificativ performanța operațiilor de recoltare, cunoscându-se faptul că, în cazul tăierilor rase se obțin productivități mai mari ([Oprea 2008](#)). În **Tabelul 4** se prezintă

speciile, tipul și intensitățile de extracție, considerate în studiile ce au vizat evaluarea performanței la recoltarea cu ferăstraie mecanice, cu mențiunea că, atunci când au existat mai multe specii în aceeași locație studiată, în tabel s-a prezatat doar specia majoritară.

Tabelul 4. Specii, tipul și intensitatea extracțiilor luate în considerare în studii de evaluare a performanței la recoltarea cu ferăstraie mecanice

Specia, tipul și intensitatea extracției	Număr de situații studiate	Referințele bibliografice
<i>Pinus patula</i> , tăieri rase, 100%	1	Balimunsi <i>et al.</i> (2012)
<i>Cupressus lusitanica</i> , tăieri rase, 100%	1	Balimunsi <i>et al.</i> (2012)
<i>Fagus orientalis</i> , tăieri selective, neprecizat	1	Behjou <i>et al.</i> (2009)
<i>Pinus silvestris</i> , tăieri finale, neprecizat	2	Björheden (1998)
<i>Picea abies</i> , tăieri finale, neprecizat	2	Björheden (1998)
<i>Fagus sylvatica</i> , rărituri, neprecizat	1	Borz și Ciobanu (2013)
<i>Picea abies</i> tăieri selective, 80m <sup>3</sup> ×ha <sup>-1</sup>	4	Brachetti Montorselli <i>et al.</i> (2010)
Amestec de foioase, rărituri, 25...55%	3	Brock <i>et al.</i> (1986)
<i>Picea abies</i>	2	Ciubotaru și Maria (2012a)
<i>Fagus orientalis</i>	1	Ghaffariyan și Shobani (2007)
<i>Fagus orientalis</i>	1	Ghaffariyan <i>et al.</i> (2013)
<i>Fagus orientalis</i>	1	Jourgholami <i>et al.</i> (2013a)
<i>Pinus echinata</i> , <i>Pinus taeda</i> , tăieri selective și tăieri rase, 27-100%	16	Kluender <i>et al.</i> (1996)
Amestec de specii tropicale, neprecizat, probabil tăieri selective	1	Lortz <i>et al.</i> (1997)
<i>Juglans regia</i> , rărituri, 50%	1	Maesano <i>et al.</i> (2013)
<i>Tsuga heterophylla</i> , rărituri, nespecificat	2	Magagnotti <i>et al.</i> (2011)
<i>Quercus cerris</i> , tăieri de conversie, 100%	1	McNeel și Dodd (1997)
<i>Platanus sp.</i> , nespecificat	1	Picchio <i>et al.</i> (2009)
<i>Populus sp.</i> , nespecificat, probabil tăiere rasă, 100%	1	Spinelli <i>et al.</i> (2006)
<i>Fagus sylvatica</i> , rărituri, 38%	10	Spinelli <i>et al.</i> (2011)
<i>Quercus rubra</i> , <i>Betula nana</i> , <i>Acer rubrum</i> , tăieri selective, nespecificat	1	Spinelli <i>et al.</i> (2009)
<i>Populus tremula</i> , rărituri, 18%	1	Wang <i>et al.</i> (2004)
	1	Zinkevicius <i>et al.</i> (2012)

Elagajul arborilor afectează performanțele ferăstriailor mecanice în operații de recoltare a lemnului, în toate cazurile în care nu se aplică metoda arborilor la extracția masei lemnoase (Oprea 2008). Îndepărtarea crăcilor și vârfurilor prin tăiere reprezintă o operație grevată de un consum mare de timp și energie (Oprea 2008), dar, în condiții concrete, lăsarea crăcilor rezultate în arborete crează condiții bune pentru menținerea fertilității solurilor (Oprea 2008). Studiile efectuate până în prezent indică faptul că elagajul arborilor, dar și înălțimea acestora, respectiv porțiunea din înălțime pe care sunt distribuite crăcile de îndepărtat afectează consumul de timp la curățirea de crăci. Surprinzător, Balimunsi *et al.* (2012), precizează faptul că, în cazul arborilor cu o stare precară în ceea ce privește elagajul, productivitatea muncii a fost mai mare la operații de curățire de crăci prin comparație cu arbori elagați chiar și în condițiile în care acești arbori au fost operați în condiții de declivitate accentuată și au avut o înălțime mai mare. Björheden (1998) folosește atât înălțimea arborelui, lungimea porțiunii ocupate de coroană cât și dificultatea curățirii de crăci drept predictorii liberi sau interacțiuni dintre aceștia în elaborarea unor modele predictive privind estimarea consumului de timp la procesarea diferențiată la cioată a lemnului de gater cu ferăstraie mecanice. În alte cazuri, înălțimea și elagajul arborilor, sunt precizate la nivel descriptiv (Balimunsi *et al.* 2012; Borz și Ciobanu 2013), iar uneori valorile au fost colectate și utilizate pentru o estimare mai precisă a volumelor arborilor ce se recoltează, la nivel de arbore recoltat (Borz și Ciobanu 2013).

Numărul și dimensiunile pieselor rezultate depind de metoda de exploatare aplicată și de caracteristicile dimensionale ale arborilor extrași (Oprea 2008), prin corelarea cu capacitățile mijloacelor folosite la colectare. Consumul de timp și productivitatea muncii la operația de

secționare la cioată depinde de numărul și dimensiunile pieselor rezultate. Diametrele pieselor rezultate pot explica într-o măsură mai mare consumul de timp la operația de secționare după cum se arată în Balimunsi *et al.* (2012). Ghaffariyan și Shobani (2007), au luat în considerare drept predictor ai consumului de timp la fasonarea lemnului doborât volumul pieselor rezultate și lungimea acestora, care, probabil au rezultat ca fiind relevante, pe de o parte datorită relațiilor de natură deterministică ce există între volum și diametru, iar, pe de altă parte, datorită consumului de timp cu deplasarea în lungul arborilor doborâți, care poate fi proporțional cu distanța pe care se deplasează muncitorul în timpul fasonării, prin urmare cu lungimea piesei ce rezultă după secționare.

Studiile observaționale de modelare, care sunt de altfel cele mai răspândite în cercetarea aplicată ce vizează evaluarea performanței echipamentelor și sistemelor tehnice în operații forestiere (Magagnotti și Spinelli 2012), presupun, în mod obișnuit, desfășurarea mai multor etape ce vizează elaborarea unui design experimental adecvat. Una dintre etapele importante în acest sens constă din întocmirea unei liste cu toate variabilele independente ce ar putea fi utilizate în elaborarea unui model empiric pentru anumite estimări (Magagnotti și Spinelli 2012), cu condiția ca acestea să fie măsurabile sau cuantificabile într-o formă sau alta. O astfel de listă nu se realizează la întâmplare ci ea trebuie să țină seama de mai multe aspecte cum ar fi caracteristicile legate de mecanica procesului (Magagnotti și Spinelli 2012), inclusiv modul în care rezultatele obținute vor fi utilizate ulterior. La elaborarea modelelor empirice, pe cât posibil, este de preferat să se utilizeze ecuații de tip liniar, deoarece acestea sunt mult mai facil de implementat în practică (Magagnotti și Spinelli 2012), iar la transformarea sau manipularea datelor se pot folosi unele dintre posibilitățile și tehnicile statistice existente de manipulare și de transformare a seturilor de date (Zar 1974; Olsen *et al.* 1998; Costa *et al.* 2012). În Tabelul 5 se prezintă o sinteză a modelelor realizate până în prezent, inclusiv o descriere a predictorilor luați în considerare la elaborarea acestor modele.

### 3.1.3.4. Productivitatea muncii

Productivitatea muncii, ca ieșire derivată din cantitatea de produs realizată (producția realizată) raportată la intrările sub formă de consum de timp (Björheden *et al.* 1995), este un indicator deosebit de important ce se utilizează la evaluarea performanțelor unui muncitor, echipament sau sistem tehnic. În operații forestiere, productivitatea muncii este folosită drept indicator în majoritatea cazurilor, deoarece, pe baza acestui indicator se pot calcula o serie de parametri economici ca și de altă natură ce au de o importanță mare în managementul forestier. De exemplu, costul lucrărilor de extracție a lemnului este direct relaționat cu productivitatea muncii (Oprea și Borz 2007; Oprea 2008).

În condițiile unui studiu comparativ efectuat în cazul unor două variante alternative pentru specii de rășinoase, Balimunsi *et al.* (2012) concluzionează faptul că productivitatea muncii este afectată de anumite condiții operaționale, iar, la doborâre a fost mai mică în teren așezat decât în teren accidentat, fără diferențe majore (circa  $20 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  în ambele cazuri). La curățirea de crăci situația a fost oarecum schimbată, deoarece s-au înregistrat diferențe semnificative (de circa  $5 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ ) între cele două cazuri, iar la secționare a fost relativ egală între cele două situații (7,293 respectiv  $7,388 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ ). Behjou *et al.* (2009), precizează că productivitatea efectivă muncii la doborârea arborilor a fost de circa  $26 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1} \times \text{muncitor}^{-1}$ , pentru arbori cu diametrul mediu la înălțimea pieptului de circa 88 cm (variind între 40 și 273 cm), în condițiile unei distanțe medii parcursă între arborii de doborât de circa 36 m, respectiv a unei declivități medii pe traseele de deplasare între arborii de doborât de circa 25%. La includerea întârzierilor în structura timpului, productivitatea a fost de circa  $21 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1} \times \text{muncitor}^{-1}$ , iar prin luarea în considerare a faptului că operațiile de doborâre au fost executate de un număr de 3 muncitori, productivitățile orare pe echipa de muncă ar fi ajuns la 78 respectiv  $63 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ .

Tabelul 5. Modele de estimare a consumului de timp și predictorii relevanți luați în considerare

Model	Predictori relevanți	Sursa
Doborâre: logaritm	Volumul arborelui	Balimunsi <i>et al.</i> (2012)
Curățire de crăci: liniar	Volumul arborelui și elagaj ca variabilă calitativă	
Secționare: liniar	Volumul arborelui	
Doborâre: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului, distanța între arborii de doborât	Behjou <i>et al.</i> (2009)
Procesare diferențiată la cioată: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului, înălțimea arborelui, varii interacțiuni	Björheden (1998)
Deplasarea între arborii de recoltat: liniar	Distanța parcursă între arborii de recoltat	Borz și Ciobanu (2013)
Execuția tăieturii de doborâre: liniar	Diametrul la cioată	Borz și Ciobanu (2013)
Ciclu de muncă la doborâre: liniar	Distanța parcursă între arborii de recoltat, diametrul la înălțimea pieptului	Borz și Ciobanu (2013)
Ciclu de muncă la recoltare: polinomial	Volumul comercial pe arbore	Brock <i>et al.</i> (1986)
Doborâre: polinomial	Volumul arborelui	Ciubotaru și Maria (2012a)
Timp efectiv de tăiere: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului	Ciubotaru și Maria (2012a)
Timp de muncă manuală: polinomial	Diametrul la înălțimea pieptului	Ciubotaru și Maria (2012a)
Doborâre: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului	Ghaffariyan și Shobani (2007)
Curățire de crăci și secționare: liniar	Volumul și lungimea pieselor rezultate	Ghaffariyan și Shobani (2007)
Doborâre: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului	Ghaffaryian (2013)
Doborâre: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului, direcția de doborâre, distanța parcursă între arborii de recoltat	Jourgholami <i>et al.</i> (2013a)
Ciclu de recoltare (doborâre și curățire de crăci): exponențial	Diametrul la înălțimea pieptului, distanța parcursă între arborii de recoltat, intensitatea de extracție	Kluender <i>et al.</i> (1996)
Ciclu de recoltare (doborâre și curățire de crăci): exponențial	Diametrul la înălțimea pieptului, distanța parcursă între arborii de recoltat, intensitatea de extracție	Lortz <i>et al.</i> (1997)
Deplasarea între arborii de recoltat: exponențial	Diametrul la înălțimea pieptului	Lortz <i>et al.</i> (1997)
Alegerea direcției de doborâre: exponențial	Diametrul la înălțimea pieptului	Lortz <i>et al.</i> (1997)
Doborâre: exponențial	Diametrul la înălțimea pieptului	Lortz <i>et al.</i> (1997)
Procesare (curățire de crăci și îndepărtarea vârfului): exponențial	Diametrul la înălțimea pieptului	Lortz <i>et al.</i> (1997)
Doborâre: liniar, neinclus în studiu datorită unei corelații slabe	Diametrul la înălțimea pieptului	Maesano <i>et al.</i> (2013)
Doborâre: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului, gradul de mecanizare	Magagnotti <i>et al.</i> (2011)
Doborâre și procesare manuală: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului, gradul de mecanizare	Magagnotti <i>et al.</i> (2011)
Doborâre și procesare parțială: liniar	Numărul de lăstari la cioată	Spinelli <i>et al.</i> (2006)
Recoltare: liniar	Masa arborelui	Spinelli <i>et al.</i> (2009)
Recoltare: liniar	Diametrul la înălțimea pieptului, distanța parcursă între arborii de recoltat, înălțimea comercială a arborelui, specia	Wang <i>et al.</i> (2004)

Björheden (1998) a raportat faptul că productivitatea muncii în fasonarea parțială cu ferăstraie mecanice poate să fie de circa 1,2 până la 1,5 ori mai mare în cazul procesării

diferențiate (pentru recuperarea doar a buștenilor de gater la cioată, urmând ca lemnul cu utilizare energetică să fie procesat în alte locuri de muncă) față de un caz convențional.

La operații de doborâre a arborilor aplicate în primele rârături specifice unor arborete de foioase, în condițiile în care declivitatea terenului este destul de accentuată (47%), arborii sunt reduși din punct de vedere dimensional (volum mediu de  $0,15 \text{ m}^3 \times \text{fir}^{-1}$ ), iar distanța medie efectiv parcursă între doi arbori de doborât succesiv este de circa 4 m, se pot obține productivități la doborârea cu ferăstraie mecanice prin aplicarea unei singure tăieturi, de circa  $8 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , în condițiile în care se include în calcul și consumul de timp pentru dezaninarea arborilor doborâți, iar, atunci când se ia în considerare timpul total consumat la locul de muncă, productivitatea muncii în aceleași condiții poate fi de ordinul a  $6 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  (Borz și Ciobanu, 2013). Diferențele de productivitate pot să apară și datorită performanțelor neegale ale unor operatori. Brchetti Montorselli *et al.* (2010) au arătat faptul că, în condiții similare de muncă, cele mai productive pot fi echipele de muncă ale unor companii private. Nu trebuie neglijate nici aspectele legate de posibilitatea recoltării unor arbori foarte voluminoși cu ferăstraie mecanice, rezultând de aici și capabilitățile pe care acestea le posedă. Productivitatea muncii la doborârea cu ferăstraie mecanice poate să ajungă la aproape  $57 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  (Ghaffariyan *et al.* 2013), aspect susținut și de Jourgholami *et al.* (2013a), care, au indicat faptul că productivitatea muncii, prin excluderea din calcul a consumului de timp generat de diferite întârzieri, poate să ajungă chiar la circa  $81 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ . Dacă aceste rezultate indică productivități extraordinare, în cazul unor arbori cu dimensiuni extraordinare cum ar fi cei luați în studiu de Maesano *et al.* (2013), productivitatea muncii prin excluderea timpului consumat cu întârzieri la doborârea și fasonarea primară a fost de circa  $13 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1} \times \text{echipă}^{-1}$ , probabil datorită unor condiții mai grele legate de necesitatea curățirii locului de muncă, ca element de muncă absolut necesar în astfel de păduri (tropicale), dar și datorită unor extracții distribuite, probabil, pe suprafețe mari. Magagnotti *et al.* (2011) constată faptul că, operațiile de recoltare realizate cu ferăstraie mecanice au fost mai puțin productive față de cele realizate cu mașini specializate în cazul unor plantații de nuc. Autorii raportează productivități de ordinul a  $0,58 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  în cazul ferăstraielor mecanice utilizate la doborât și fasonat, respectiv de ordinul a  $6,62 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  în cazul utilizării ferăstraielor mecanice doar la doborât. Tot în rârături, de această dată aplicate unor arborete nord-americane, McNeel și Dodd (1997) au comparat productivitatea muncii la operații de recoltare, și au raportat productivitatea ca număr de arbori recoltați pe oră, modalitate de calcul destul de frecvent întâlnită în studii de evaluare a performanței operaționale din domeniul forestier (Magagnotti și Spinelli 2012; Ghaffariyan *et al.* 2013; Mousavi *et al.* 2011), constatând faptul că operatorul american a fost mult mai performant ( $32,44 \text{ arbori} \times \text{h}^{-1}$ ) prin comparație cu cel scandinav ( $13,49 \text{ arbori} \times \text{h}^{-1}$ ). În cazul unor diametre la înălțimea pieptului mari, de până la 170 cm, Mousavi *et al.* (2011) constată că, la doborâre, productivitatea muncii poate să ajungă până la 11,65 arbori recoltați pe oră, în timp ce productivitatea muncii la curățire de crăci și secționare poate să ajungă până la  $35 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ . Ca unitate de măsură în raportarea productivității se poate utiliza și masa lemnului în stare uscată, caz în care este necesară utilizarea unor factori de conversie (Magagnotti și Spinelli 2012). Picchio *et al.* (2009) constată faptul că, la recoltarea lemnului (doborâre, curățire de crăci și secționare în sortimente de lemn de foc), productivitatea muncii poate fi de ordinul a 1,1.-1,8 tone masă uscată pe oră. Prin comparație, un studiu condus de Spinelli *et al.* (2006) ce a vizat analiza performanței la recoltarea lemnului de platan (diametru mediu la înălțimea pieptului de 8,2 cm) din fâșii tampon localizate în Italia a raportat faptul că productivitatea muncii la recoltare (doborât, secționat parțial, tasonat) poate fi de ordinul a 2,3 tone masă uscată pe oră, iar în cazul recoltării unor culturi energetice de plop, Spinelli *et al.* (2011) precizează faptul că productivitatea unui sistem tehnic ce a cuprins recoltarea cu ferăstraie mecanice a fost de  $6,3 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , fără a decela între productivitatea obținută la operații de recoltare; Spinelli *et al.* (2009) precizează faptul că, în cazul unor rârături conduse într-un arboret de fag tânăr (diametru mediu la înălțimea pieptului de circa 14 cm și un volum al arborelui mediu de  $0,208 \text{ m}^3 \times \text{fir}^{-1}$ ) localizat pe un teren cu declivitate mare (65%), productivitatea muncii la recoltare a fost de 7,4 tone masă uscată  $\times \text{h}^{-1}$ . Un studiu condus de Wang *et al.* (2004) în nordul Americii, relevă faptul că în cazul

utilizării metodei trunchiurilor și catargelor (lemn lung), productivitatea muncii la operații de recoltare aplicate în arborete de foioase tari poate să ajungă la circa  $10 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , în condițiile unor tăieri selective, aplicate în cazul extragerii unor arbori cu diametrul mediu la înălțimea pieptului de circa 40 cm.

### 3.1.4. Concluzii

O primă concluzie ce se poate deduce din sinteza prezentată a preocupărilor în domeniu, rezidă în faptul că studiile adresând performanțele la recoltarea cu ferăstraie mecanice în România este destul de redusă, deși progrese în domeniul mai general legat de eficiența echipamentelor forestiere au fost realizate în ultima perioadă ([Borz și Popa 2014](#)). Astfel, dacă în țări precum Iranul și Italia au existat și probabil există multe astfel de preocupări, în majoritatea cazurilor finanțate corespunzător, în România nu s-a mai ținut pasul cu progresul tehnic înregistrat de producătorii de echipamente forestiere de acest tip.

Nu trebuie omis faptul că, momentan, principalele venituri din silvicultură sunt cele ce provin din valorificarea lemnului, iar cunoașterea performanțelor în utilizare a diferitelor echipamente este necesară pentru o gestionare adecvată a resurselor.

Atât sub raport metodologic, cât și sub raportul resurselor umane disponibile în România, conducerea unor astfel de studii este încă greoaie. În primul rând, trebuie asigurată implementarea unei metodologii adecvate care să conducă la rezultate de încredere, iar, în al doilea rând, trebuie pregătită resursa umană pentru a efectua astfel de studii. Astfel de studii necesită resurse importante, atât de timp cât și logistice și financiare, iar eforturile efectuate în România până în prezent nu pot să conducă decât la oferirea unor rezultate orientative, fiind absolut necesară continuarea efortului de a produce rezultate de încredere.

Activitatea de implementare de studii pentru evaluarea consumului de timp și a productivității muncii, cunoscută în trecut sub denumirea de “normare”, este laborioasă, iar ca măsuri de reducere a resurselor (timp, materiale, capital financiar), în viitorul apropiat ar trebui să se studieze posibilitatea conducerii de studii ce să integreze automatizarea la scară cât mai mare. Rezultatele sintetizate și prezentate în acest studiu, pot oferi cel mult niște cifre orientative, care reflectă ceea ce s-a obținut, de multe ori, în alte țări. Multe dintre țări recurg la elaborarea studiilor proprii datorită faptului că, oamenii de știință de specialitate consideră faptul că utilizarea rezultatelor unor studii preluate din alte țări nu reflectă în totalitate realitățile operaționale din țările proprii, aspect pus în evidență, obiectiv de Hiesl și Benjamin ([2014](#)). Implementarea unor astfel de studii este în măsură să răspundă atât factorilor de decizie, care, pe baza unor analize de eficiență ar putea să contureze politici și strategii, mai ales în contextul actual, când se pune accentul pe protejarea mediului (studii de tip *LCA*) și analiza energetică, cât și tuturor celor implicați în producția de lemn, începând cu cei ce administrează resursa și terminând cu cei ce operează în activități de aducere a acesteia în circuitul economic.

Un alt aspect ce poate fi identificat este cel legat de faptul că există foarte multe clasificări și definiții ale elementelor de muncă dar și confuzii între unii termeni utilizați; de asemenea, există studii care precizează că împărțirea unui ciclu de muncă în elemente de muncă ar trebui realizată astfel încât să se utilizeze doar atâtea elemente câte sunt necesare strict, cu efecte pozitive asupra preciziei studiului ([Spinelli et al. 2013](#)). Totuși, punerea în evidență a influenței unor factori operaționali, nu poate fi realizată prin conducerea unui studiu la nivel de ciclu de muncă ([Magagnotti și Spinelli 2012](#)). Din moment ce o împărțire la nivel de elemente de muncă poate conduce la identificarea acelor care nu sunt absolut necesare sau care pot fi regândite pentru a se îmbunătăți performanțele ([Borz et al. 2014b](#)), abordarea unor astfel de studii, în cazuri concrete, la nivel de ciclu de muncă nu este recomandată. Precizia măsurării poate fi îmbunătățită prin folosirea de logistică adecvată, de tipul camerelor video care au avantajul surprinderii integrale a modului de organizare a muncii, respectiv a duratelor pe

elemente de muncă ([Borz et al. 2014b](#)). Abordările realizate la nivel de operație (ciclu de muncă) pot fi, și sunt utilizate, în mod obișnuit, în studii comparative, în care se pleacă de la ipoteza că un mod de organizare a muncii este un dat și nu poate fi modificat, situații în care recurgerea la studii elaborate la nivel de element de muncă este contraproductivă. În studii de modelare poate fi necesară abordarea la nivel de element de muncă, pentru a se pune în evidență influența unei variabile asupra performanței unui proces.

Dintre aspectele cu o acoperire redusă în astfel de studii, atât în România, cât și la nivel internațional, se constată faptul că, încă sunt puține studii ce adresează categorii de diametre și volume pe fir extreme, unde procedeele tehnice de utilizat au particularități distincte față de cele folosite în condiții medii ([Oprea și Sbera 2004](#); [Oprea 2008](#)). Același lucru este valabil și în cazul speciilor, intensităților de extracție și a tipurilor de intervenție luate în studiu, mai ales în cazul României, unde, acestea sunt încă acoperite nesatisfăcător.

### **3.2.Evaluarea performanțelor ferăstriaielor mecanice în operații de doborâre prin utilizarea unor procedee tehnice constând dintr-o singură tăietură de doborâre și implicații ale aninării arborilor**

#### **3.2.1.Introducere**

În operații de recoltare a lemnului cu ferăstraie mecanice se utilizează echipamente și procedee tehnice ce se relaționează cu dimensiunile arborilor supuși extracției ([Oprea și Sbera 2004](#); [Oprea 2008](#)). În condițiile forestiere românești, caracterizate de aplicarea unor rărituri cu caracter selectiv ([Nicolescu 2014](#)), opțiunile tehnice ce se pot folosi la doborârea arborilor sunt limitate la utilizarea ferăstriaielor mecanice. În cazul unor arbori caracterizați de dimensiuni reduse (diametre, volume pe fir), se pot aplica, în cazuri speciale, procedee de execuție a tăieturilor de doborâre constând dintr-o singură tăietură ([Oprea 2008](#)), urmând ca arborele de doborât să fie impulsionat prin mijloace manuale. De asemenea, datorită desimii arboretului inițial, în astfel de extracții, opțiunile tehnice ce se pot folosi la colectarea lemnului sunt reduse, fiind reprezentate, în mod obișnuit, de către atelaje ([Oprea 2008](#)). Mai mult, în situațiile în care arboretele sunt foarte dese, aninarea arborilor ce se doboară, care în condiții obișnuite este de evitat chiar prin procedeele ce se aplică datorită efortului suplimentar și pericolozității muncii implicate de rezolvarea unor astfel de cazuri ([Oprea 2008](#)), devine un fenomen destul de frecvent, cu implicații asupra performanței muncii în operațiile de recoltare. Nu se insistă aici asupra problemelor rămase neacoperite deoarece acestea au fost prezentate pe larg în [subcapitolul 2.1.1.3](#). Totuși, pe baza informației ce s-a prezentat în subcapitolul menționat, se poate constata faptul că nu există, sau nu s-au precizat explicit în studiile care s-au realizat până în prezent, efectul unor caracteristici specifice de organizare a muncii cum ar fi doborârea arborilor prin aplicarea unui procedeu constând dintr-o singură tăietură de doborâre, condusă în plan paralel cu solul. Mai mult, efectul operațiilor necesare pentru dezaninarea arborilor asupra performanței în cazul utilizării ferăstriaielor mecanice nu a fost pus în evidență prin studiile realizate până în prezent. Prin urmare, s-a luat în studiu un arboret de foioase în care s-au aplicat procedeele de doborâre menționate, vizându-se analiza critică a consumului de timp implicat de execuția operației de doborâre, respectiv dezaninare a arborilor, urmând ca pe baza datelor analizate să se dezvolte modele privind consumul de timp în funcție de anumite variabile de proces măsurate în teren.

### 3.2.2. Materiale și metode

#### 3.2.2.1. Localizarea cercetărilor

Ceretările s-au realizat în unitatea amenajistică numărul 59 localizată în unitatea de producție Șinca, care intră sub administrarea Ocolului Silvic Pădurile Șincii. Unitatea amenajistică în cauză poate fi localizată prin setul de coordonate 45° 41' 60'' N - 25° 09' 00'' E și se află în vecinătatea localității Șinca Nouă, în județul Brașov.

Suprafața parchetului în care s-a condus studiul a fost de 6,5 hectare, parchetul în cauză fiind localizat la o altitudine medie de 850 m (690-960 m) și având o declivitate medie de 47%. Arboretul de parcurs cu rărituri a constat dintr-un amestec de foioase relativ echien, cu participarea fagului, carpenului și mesteacănului. Diametrul mediu la înălțimea pieptului a fost de 12,8 cm, rezultând un volum al arborelui mediu la nivel de parchet de 0,150 m<sup>3</sup>, și un volum de extras de 74 m<sup>3</sup>. În parchetul luat în studiu s-a aplicat metoda trunchiuri și catarge, urmând ca în platforma primară (la drumul auto) lemnul să fie fasonat în lemn de steri. Studiul de teren s-a realizat în primăvara anului 2013 (februarie și martie), ocazie cu care au avut loc și operațiile de extracție a lemnului. Operațiile de doborâre a arborilor au fost executate cu un ferăstrău mecanic Husqvarna H55 (**Figura 2**).



*Figura 2. Ferăstrăul Husqvarna H55 în timpul desfășurării operațiilor*

Pe parcursul operațiilor de doborâre, aninarea arborilor datorită desimii mari a arboretului inițial s-a manifestat frecvent (**Figura 3**), aspect ce a presupus organizarea unor operații suplimentare ce au vizat dezinarea arborilor respectivi. În toate situațiile de acest fel, dezinarea arborilor a presupus utilizarea de procedee manuale prin folosirea unor mijloace confecționate ad-hoc (**Figura 4**).





*Figura 3. Aninarea arborilor datorită desimii arboretului inițial*



*Figura 4. Proceduri de dezaninare manuală a arborilor*

### **3.2.2.2. Colectarea datelor de teren**

Culegerea datelor din teren a fost realizată de către persoane instruite în acest sens. Pentru operația de doborâre, incluzând aici și fenomenele de dezaninare, s-au cules date pentru un număr de 413 arbori, reprezentând tot atâtea cicluri de muncă. Datele reprezentând intrări sub

formă de consum de timp au fost colectate pe fișe special concepute, prin utilizarea metodei cronometrării continue. Acestea s-au conceput după alocarea unei perioade de timp pentru a se observa modul specific de organizare a muncii, care, în studiul de față a avut forma prezentată în **Relația 1**:

$$CMD = EM_{DAD} + EM_{ADTD} + EM_{ETD} + EM_{CA} \quad (1)$$

în care:

$CMD$  – reprezintă un ciclu de muncă de doborâre a arborelui;

$EM_{DAD}$  – element de muncă reprezentând deplasarea între arborii de doborât;

$EM_{ADTD}$  – element de muncă reprezentând alegerea direcției tehnice de doborâre;

$EM_{ETD}$  – element de muncă reprezentând execuția tăieturii de doborâre a arborelui;

$EM_{CA}$  – element de muncă reprezentând căderea arborelui ca fenomen indus.

Operațiile de curățire de crăci și de secționare în cazul unor arbori de dimensiuni mai mari (pentru corelarea cu mijlocul utilizat la colectare), au fost realizate de către un alt muncitor. Consumul de timp la nivelul unui ciclu de muncă s-a colectat după procedurile expuse anterior, iar structura acestuia este descrisă sintetic în **Relația 2**:

$$T_{CMD} = T_{DAD} + T_{ADTD} + T_{ETD} + T_{CA} \quad (2)$$

în care:

$T_{CMD}$  - reprezintă consumul de timp la nivelul unui ciclu de muncă de doborât și dezaninat;

$T_{DAD}$  - reprezintă consumul de timp implicat de deplasarea muncitorului între arborii de doborât;

$T_{ADTD}$  - reprezintă consumul de timp implicat de alegerea direcției tehnice de doborâre;

$T_{ETD}$  - reprezintă consumul de timp implicat de execuția tăieturii de doborâre;

$T_{CA}$  - reprezintă consumul de timp implicat de căderea arborelui.

Pe durata efectuării studiului s-au colectat și date cu privire la consumul de timp implicat de unele activități cu rol suportiv (realimentarea ferăstrăului -  $T_{RF}$ , ascuțirea lanțului -  $T_{ALF}$  și reparații sumare -  $T_{RSF}$ ), ca și timpul consumat datorită diferitelor întârzieri ( $TI$ ), inclusiv cel implicat de dezaninarea arborilor ( $T_{DA}$ ). Structura timpului în studiul de față a fost adaptată la nomenclatorul descris de Björheden *et al.* (1995), iar colectarea datelor s-a realizat în secunde.

Cu ocazia desfășurării studiului de teren, s-au colectat și date privind anumite variabile operaționale (de proces). Distanța dintre arborii de recoltat succesiv ( $DAD$ ) s-a măsurat pe traseul parcurs efectiv de operatorul ferăstrăului prin utilizarea unui călăreț cu deschiderea de un metru, la o precizie de 0,5 metri, diametrul la înălțimea cioatei ( $DC$ ) s-a preluat cu ajutorul unei clupe forestiere la o precizie de 1 cm, prin aplicarea procedurilor specifice de măsurare a diametrelor, diametrul la înălțimea pieptului ( $DP$ ) s-a măsurat în mod similar, iar înălțimea arborelui ( $HA$ ) s-a măsurat cu ajutorul unei rulete, la precizie decimetrică, după doborâre (dezaninare).

### 3.2.2.3. Analiza datelor

Datele culese din teren s-au centralizat în foi de calcul întocmite în MS Excel. Unele dintre date s-au preluat direct din fișele de teren, în timp ce altele au necesitat prelucrări suplimentare. Timpii pe elemente de muncă s-au calculat prin efectuarea de diferențe între timpii înregistrați la nivelul punctelor de fixare (Borz 2014b) pe baza datelor culese pe fișele de teren.

Variabilele de proces s-au înscris direct în foile de calcul întocmite, în care s-a calculat și volumul fiecărui arbore în parte (**VA**) pe baza datelor privind variabilele **DP** și **HA**. În acest sens s-au utilizat ecuațiile alometrice dezvoltate de Giurgiu *et al.* (2004) pe specii.

Analiza statistică a fost adaptată recomandărilor precizate în Magagnotti și Spinelli (2012) și a constatat din calcularea statisticilor descriptive, respectiv din estimarea unor modele pornindu-se de la premisa unei posibilități de implementare a metodei regresiei retrograde pas cu pas. În acest sens, înainte de elaborarea efectivă a modelelor în cauză, s-a realizat un test în vederea detectării multicolinearității. Acesta a constatat dintr-o analiză simplă a corelației care s-a realizat în MS Excel utilizându-se funcționalitățile acestui program legate de întocmirea unei matrici a corelației. Dacă calcularea statisticilor descriptive s-a realizat pentru toate variabilele luate în studiu (dependente, independente), în cazul analizei corelației s-au analizat doar variabilele independente. Asocierea dintre fiecare două variabile dintr-o pereche s-a măsurat prin utilizarea coeficientului de corelație simplă (**R**), iar excluderea uneia dintre cele două variabile incluse într-o pereche s-a realizat la constatarea unei valori a coeficientului de corelație mai mari de un prag prestabilit de  $R=0,5$ . În analiza regresiei, testarea semnificației globale, ca și a celei a fiecărei variabile incluse în model s-a realizat la un nivel de încredere  $\alpha=0,001$  ( $p<0,001$ ).

Pe baza timpului total înregistrat în teren, ca și pe baza producției realizate (estimate - **P**) s-au calculat indicatori derivați ai performanței cum ar fi productivitatea netă (**Pnet**) și productivitatea brută (**Pbrut**). Primul indicator s-a calculat în două ipoteze: prin luarea în considerare a consumului de timp în care s-au executat doar activități productive - **Pnet1**, respectiv a consumului de timp consumat cu activități productive și suportive (**TP+TS**) - **Pnet2**. Cel de-al doilea indicator, s-a calculat prin raportarea producției realizate (**P**) la consumul total de timp înregistrat în activitățile de teren, timp ce a inclus și întârzierile (**TI**) de diferite naturi ( $TT=TP+TS+TI$ ).

### 3.2.3. Rezultate și discuții

#### 3.2.3.1. Statistici descriptive

Principalele statistici descriptive privind variabilele dependente și variabilele independente luate în studiu sunt redate în **Tabelul 6**. După cum s-a menționat anterior, una dintre particularitățile acestui studiu a constatat din faptul că s-a aplicat un procedeu tehnic de doborâre prin execuția unei singure tăieturi de doborâre. În această situație, pentru un diametru mediu la nivelul cioatei de circa 17 cm, și pentru un diametru mediu la înălțimea pieptului de circa 13 cm, un ciclu de muncă la doborârea arborilor a durat, în medie, circa 37 secunde (**Tabelul 6**). Execuția tăieturii de doborâre a consumat în medie circa 19 secunde incluzând aici și poziționarea muncitorului lângă arbore respectiv a ferăstrăului pe arbore.

Aninarea arborilor ca fenomen specific unor astfel de situații operaționale a survenit frecvent, iar, în medie, rezolvarea unor astfel de probleme prin procedee manuale a consumat un timp de circa 9 secunde, cu variații mari, ajungându-se, în situații mai complicate chiar la circa 6 minute. Desimea arboretului ce s-a supus operațiilor poate fi apreciată și prin distanța medie parcursă de muncitor între doi arbori de recoltat succesiv, care, în studiul de față a fost de circa 5 metri, și care, a presupus un consum mediu de circa 12 secunde.

Întârzierile înregistrate în studiul de față au fost responsabile pentru circa 33% din totalul timpului consumat la locul de muncă (**Figura 5**), în timp ce timpul suportiv constând din realimentarea ferăstrăului, ascuțirea lanțului ferăstrăului și efectuarea unor reparații sumare a ocupat o proporție de circa 19% din timpul total. Timpul productiv, calculat pe baza **Relației 2** a ocupat o proporție de circa 39% din timpul total, iar dezaninarea arborilor a ocupat restul de circa 9%.

La nivelul unui ciclu de muncă, execuția tăieturii de doborâre a fost responsabilă pentru cel mai mare consum de timp, fiind urmată de deplasarea între arborii de doborât succesiv, căderea arborelui și alegerea direcției tehnice de doborâre (Figura 5).

Tabelul 6. Statistici descriptive privind variabilele operaționale și intrările sub formă de consum de timp

Denumire variabilă, abreviere, unitate de măsură	Statistica descriptivă				
	Valoarea Minimă	Valoarea maximă	Amplitudine de variație	Media	Abaterea standard
Diametrul la înălțimea cioatei - <i>DC</i> (cm)	8,000	37,000	29,000	17,300	±6,130
Diametrul la înălțimea pieptului - <i>DP</i> (cm)	5,000	30,000	25,000	13,110	±5,010
Înălțimea arborelui - <i>HA</i> (m)	7,500	28,700	21,200	16,480	±3,440
Volumul arborelui - <i>VA</i> (m <sup>3</sup> )	0,020	0,860	0,840	0,150	±0,130
Distanța între arborii de doborât - <i>DAD</i> (m)	0,000	30,000	30,000	5,000	±5,210
Timpul consumat cu deplasarea între arborii de doborât - <i>T<sub>CMDD</sub></i> (s)	1,000	213,000	212,000	11,740	±18,680
Timpul consumat cu alegerea direcției tehnice de doborât - <i>T<sub>ADTD</sub></i> (s)	1,000	3,000	2,000	1,630	±0,600
Timpul consumat cu execuția tăieturii de doborâre - <i>T<sub>ETD</sub></i> (s)	3,000	219,000	216,000	18,640	±19,320
Timpul consumat cu căderea arborelui - <i>T<sub>CA</sub></i> (s)	3,000	10,000	7,000	4,850	±1,080
Timpul unui ciclu de muncă la doborâre, fără întârzieri - <i>T<sub>CMD</sub></i> (s)	10,000	239,000	238,000	36,870	±28,520
Timpul consumat cu dezanierea arborelui - <i>T<sub>DA</sub></i> (s)	0,000	355,000	355,000	9,150	±68,340

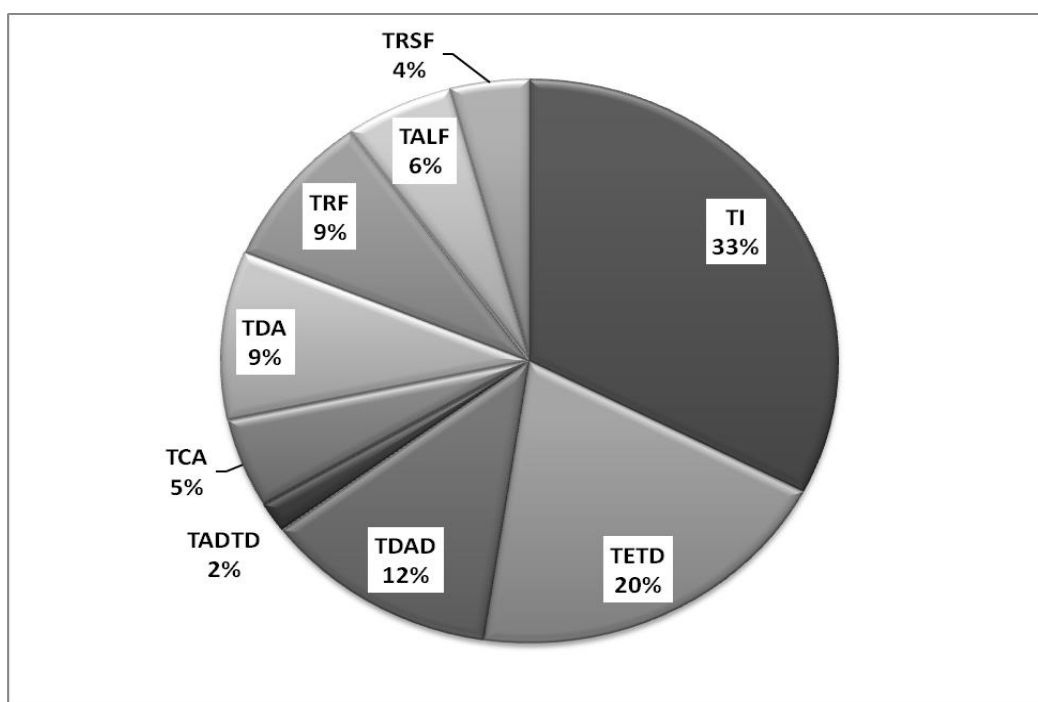


Figura 5. Distribuția procentuală a diferitelor categorii de consum de timp înregistrate în consumul total de timp

### 3.2.3.2. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp la doborârea arborilor

În urma procedurilor statistice aplicate s-a constatat existența unor asocieri puternice între variabilele *DC*, *DP* și *VA*. Prin urmare, s-au dezvoltat în continuare procedurile regresiei retrograde pas cu pas, după eliminarea posibilității de a fi incluse în modelele rezultate asocieri dintre variabilele independente menționate. Modelele empirice dezvoltate pentru condițiile

operaționale descrise se prezintă în **Tabelul 7**. După cum se observă, din motive de natură logică, pentru realizarea modelului de estimare a timpului consumat la deplasarea între arbori s-a utilizat drept variabilă independentă doar distanța parcursă între arborii în cauză. Deși modelul, respectiv variabila independentă aleasă au fost semnificative la pragul de încredere ales ( $\alpha=0,001$ ,  $p<0,001$ ), variația lui **DAD** explică variația lui  $T_{DAD}$  doar în proporție de 56%. Restul variației poate fi pusă pe seama unor alți factori care în studiul de față fie nu au fost măsurați, fie nu au putut fi măsurați. De exemplu, declivitatea terenului a variat în limite destul de largi, având o medie de 47%, iar deplășările operatorului ferăstrăului nu s-au realizat întotdeauna în palier sau în aval. Pentru a se explica mai bine relația mecanică la execuția tăieturii de doborâre, pentru dezvoltarea celui de-al doilea model inclus în **Tabelul 7**, s-a recurs la utilizarea diametrului la cioată (**DC**). Modelul rezultat a fost valid, iar variația lui **DC** a fost capabilă să explice variația lui  $T_{ETD}$  în proporție de 77%, restul din aceasta putând fi efectul includerii mișcărilor de poziționare a muncitorului și ferăstrăului mecanic în elementul de muncă  $EM_{ETD}$ .

Tabelul 7. Modele pentru estimarea consumului de timp

Modele empirice	Statisticile modelului				
	N	Semn. F	R <sup>2</sup>	Variabila independentă	Valoarea p
$T_{DAD}$ (s) = 2,70 × DAD (m) - 1,74	413	<0,0001	0,56	DAD	<0,0001
$T_{ETD}$ (s) = 1,75 DC (cm) - 11,34		<0,0001	0,77	DC	<0,0001
$T_{CMD}$ (s) = 2,28 × DP (cm) + 2,93 × DAD (m) - 7,75		<0,0001	0,48	DP	<0,0001
				DAD	<0,0001

Sub raport teoretic, pentru elaborarea celui de-al treilea model inclus în **Tabelul 7** se putea utiliza și diametrul la cioată în locul variabilei **DP**. Totuși, pentru utilizarea practică utilizarea variabilei **DP** este mult mai oportună pentru că permite realizarea de estimări pentru producție pe baza unor înscrisuri în acte oficiale. Mai mult, utilizarea variabilei **VA** ar fi condus la rezultate mai puțin stabile dat fiind faptul că volumele, la rândul lor reprezintă estimări obținute pe baza unor ecuații alometrice, care, în esență au utilizat variabila **DP**. Includerea în același model a variabilelor **DP** și **VA** nu a fost posibilă datorită rezultatelor analizei corelației, care a indicat o asociere aproape perfectă între cele două ( $R=0,93$ ). Prin urmare, cele două variabile rămase au fost incluse în modelul de estimare a consumului de timp pe ciclul de muncă de doborâre; acestea s-au dovedit a fi semnificative la nivelul de încredere ales ( $\alpha=0,001$ ,  $p<0,001$ ), și, prin urmare procedurile regresiei retrograde pas cu pas s-au limitat la o singură iterație. Totuși, modelul rezultat și-a pierdut o bună parte din capacitatea de predicție, variația lui  $T_{CMD}$  fiind explicată de variația comună celor două variabile rămase în proporție de 48%.

Trebuie precizat aici faptul că aplicabilitatea modelelor dezvoltate trebuie limitată doar în amplitudinea de variație a șirurilor care s-au luat în considerare (**Tabelul 6**), conform prescripțiilor și restricțiilor legate de extrapolarea, în utilizare, a unui model în afara domeniului ocupat de valorile care au fost folosite în elaborarea lui ([Zar 1974](#)).

### 3.2.3.3. Evaluarea productivității la operația de doborâre

Rezultatele privind productivitatea muncii în scenariile descrise anterior se prezintă în **Tabelul 8**, alături de valorile calculate pentru eficiența muncii prin folosirea timpului ca intrare în calcule, în conformitate cu prescripțiile descrise în Björheden *et al.* (1995). După cum se poate observa, productivitatea muncii în condițiile studiate poate să fie de ordinul a  $8 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , incluzând aici și timpul necesar pentru întreținerea capacității de funcționare a ferăstrăului. În condițiile excluderii timpului suportiv, productivitatea muncii crește de circa 1,37 ori, dar este puțin probabil ca astfel de situații să aibă loc în mod real în condițiile operaționale date.

Tabelul 8. Calculul unor indicatori derivați ai performanței utilizării ferăstraielor mecanice la operații de doborâre

Categoria de timp	Producție realizată (m <sup>3</sup> )	<i>Pnet1</i> (m <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup> )	<i>Enet1</i> (h×m <sup>-3</sup> )	<i>Pnet2</i> (m <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup> )	<i>Enet2</i> (h×m <sup>-3</sup> )	<i>Pbrut</i> (m <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup> )	<i>Ebrut</i> (h×m <sup>-3</sup> )
<i>TP</i> = 19006 sec.	60,2	11,36	0,088	-	-	-	-
<i>TS</i> = 7308 sec.	60,2	-	-	-	-	-	-
<i>TT</i> = 39084 sec.	60,2	-	-	-	-	5,54	0,180
<i>TI</i> = 12770 sec.	60,2	-	-	-	-	-	-
<i>TP+TS</i> = 26314 sec.	60,2	-	-	8,24	0,121	-	-

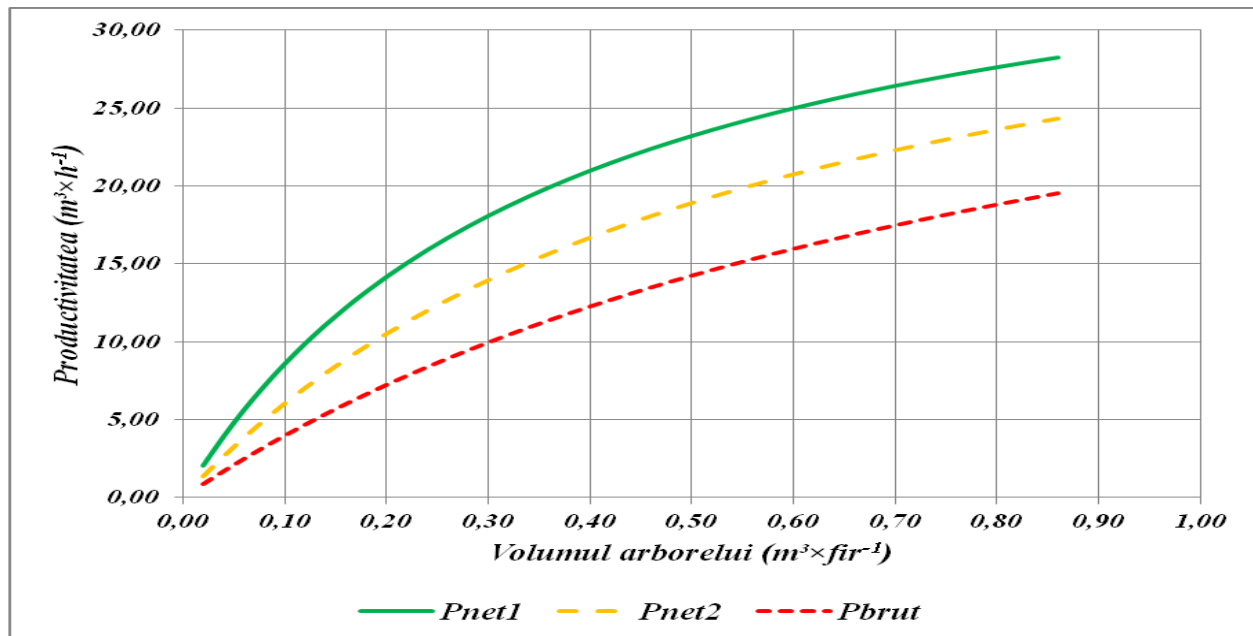


Figura 6. Productivitatea netă și brută la doborârea arborilor prin procedeul expus

Pentru a se doborî un m<sup>3</sup> de masă lemnoasă, în condițiile studiului de față au fost necesare circa 0,12 ore, aspect care s-a înrăutățit prin includerea întârzierilor de diferite naturi (Tabelul 8). Dat fiind faptul că acest studiu a implicat un ecart destul de mare de diametre, prin urmare de volume pe fir, s-a putut reprezenta dependența dintre volumul arborelui și productivitatea muncii în cele trei scenarii luate în studiu. Relația de dependență dintre cele două se prezintă în Figura 6.

### 3.2.4. Concluzii

În primele rărituri specifice silviculturii românești, care se aplică în mod obișnuit în arborete foarte dese, au caracter selectiv, și din care rezultă, în mod majoritar lemn de mici dimensiuni, singura opțiune tehnică în operații de recoltare a lemnului este reprezentată de către ferăstraiile mecanice. În studiul de față s-a investigat, în principal, efectul aplicării unei singure tăieturi de doborâre asupra consumului de timp, dar și efectul indus de apariția frecventă a fenomenului de aninare a arborilor doborâți. Consumul de timp la execuția tăieturii de doborâre a fost explicat în funcție de diametrul măsurat la cioată, printr-un model empiric semnificativ. Mai mult, consumul de timp la operația de doborâre a fost modelat în funcție de diametrul la înălțimea pieptului și de distanța de deplasare între arborii de doborât. Consumul de timp la aplicarea procedurilor descrise de doborâre a fost, în medie, de circa 19 secunde pe arbore. În aceleași condiții, dezaninarea arborilor a luat, în medie, circa 9 secunde. Rezultatele studiului indică, de asemenea, productivități destul de scăzute, de ordinul a 5,54 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>, prin includerea întârzierilor și de ordinul a 8,24 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup> prin excluderea acestora. Un management mai bun al

timpului ar fi în măsură să crească productivitatea muncii, dar, în condiții reale nu se va ajunge niciodată la cifra de  $8,24 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  și cu atât mai mult la  $11,36 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , deoarece componenta majoritară în structura întârzierilor a fost reprezentată de către refacerea capacității de muncă. În acest context, printr-un management mai bun al timpului este de așteptat ca în astfel de condiții productivitatea muncii să fie de ordinul a  $6,0\text{-}6,5 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ . Tot în ceea ce privește întârzierile de diferite naturi, comparativ cu alte studii, întârzierile au fost mai mari. De exemplu, Behjou *et al.* (2009) respectiv Ghaffariyan și Shobani (2007) au raportat întârzieri de numai 6 respectiv 24% din timpul total de lucru, dar acestea au fost specifice altor condiții operaționale. Probabil că, în studiul de față, declivitatea accentuată a terenului a afectat capacitatea fizică a operatorului, care a necesitat mai multe pauze pentru odihnă. Nu trebuie neglijat nici timpul consumat cu activități de suport, care, în studiul de față a fost însemnat. La nivelul indicat al productivității, se constată faptul că, în supoziția unei zile de muncă de 8 ore, este posibilă doborârea unei cantități de circa  $44 \text{ m}^3$ , producție pe care o mașină multifuncțională de recoltare o realizează în mai puțin de o oră. Acest lucru ar trebui să conducă la găsirea unor soluții de utilizare a unor echipamente forestiere mult mai performante, inclusiv la regândirea unor aspecte legate de managementul forestier.

### **3.3.Evaluarea modului de execuție a procedeele tehnice la doborârea arborilor cu ferăstraie mecanice**

#### **3.3.1.Introducere**

Ferăstraiele mecanice sunt caracterizate de faptul că au funcționalități în execuția unor tăieturi într-un mediu prescris delimitat de caracteristicile constructive. La doborârea arborilor, funcționalitatea ferăstraielor ca și anumite caracteristici constructive ale acestora se corelează cu dimensiunile arborilor supuși unor astfel de operații (Oprea 2008). Se aplică în acest sens o serie de procedee tehnice de execuție a tăieturilor de doborâre, care, la doborârea cu lăsare de cioate (Oprea 2008), pot să presupună execuția unei tape respectiv a unei tăieturi din partea opusă tapei. Modul în care trebuie să fie executate tăieturile având drept scop desprinderea legăturii arborelui cu solul, concretizat în diferite procedee tehnice, indică pașii elementari de respectat pentru a se asigura, pe de o parte, securitatea muncitorilor, iar pe de altă parte, recuperarea într-o proporție cât mai mare a lemnului din zona bazei trunchiului, unde, de obicei, se află lemnul cel mai valoros (Oprea 2008). Pe de altă parte, la doborârea arborilor, prin execuția tapei (obișnuit de tip pană) și a tăieturii din partea opusă tapei, o anumită cantitate de lemn (calupul tapei și rumegușul expulzat) nu va putea fi recuperată, constituindu-se în consumuri tehnologice (Oprea și Borz 2007). Prin urmare, una dintre preocupările de actualitate în conducerea operațiilor forestiere de extracție a lemnului este constituită din găsirea de mijloace tehnice care să conducă la reducerea consumurilor de lemn, dar, la utilizarea ferăstraielor mecanice pentru doborârea arborilor se are în vedere, în primul rând, asigurarea securității muncii.

În ceea ce privește consumurile tehnologice implicate de utilizarea ferăstraielor mecanice, s-a constatat faptul că acestea, în asociere cu diferite mijloace de colectare pot să conducă la pierderi de lemn de circa 5% (Gerasimov și Seliverstov 2010). În unele cazuri, la execuția tăieturilor de doborâre, limitarea consumului de lemn poate fi realizată chiar prin limitarea dimensiunilor unora dintre elementele tăieturilor ce se aplică (Oprea 2008; Oprea și Sbera 2004), dar, ca regulă generală, dimensiunile care trebuie respectate sunt precizate în literatura de specialitate (Conway 1976; Koger 1983; Oprea și Sbera 2004; Oprea 2008) ca măsuri de securitate a muncii la doborârea arborilor cu ferăstraie mecanice, din moment ce aceste operații sunt deosebit de periculoase. Doborârea cu ferăstraie mecanice este periculoasă în mod particular, deoarece anumite condiții operaționale pot să conducă la direcții de cădere neprevăzute ale arborilor ce se doboară (Nikooy *et al.* 2013a) iar, în anumite cazuri poate să

cauzeze accidente grave. În România, un raport recent publicat de Ministerul Muncii, Familiei și Protecției Sociale (2014) indică faptul că în activitățile de silvicultură și exploatarea forestieră, au rezultat, în medie, 106 de accidente în perioada 2006-2014, din care un număr de 63 au rezultat în incapacitate temporară de muncă, 10 în dizabilități și 33 în deces. Conform aceleiași surse, 26,9% dintre dizabilități și decese au fost provocate datorită obiectelor și materialelor aflate în cădere, 21,2% din accidentele aceleiași categorii au avut loc datorită neevaluării corecte a riscurilor și neefectuării operațiilor necesare pentru asigurarea securității muncii, iar pe prima poziție în lista de non-conformități s-a aflat realizarea operațiilor forestiere de către personal necalificat. Aspectele menționate anterior au dus la realizarea unor studii privind modul în care se implementează în practică prescripțiile tehnice la doborârea arborilor cu ferăstraie mecanice, dar informațiile disponibile privind practicile recomandate și cele efectiv implementate sunt puține. Unul dintre puținele studii care au indicat faptul că procedeele tehnice de execuție a tăieturilor de doborâre nu sunt respectate a fost cel condus de Koger (1983). Pe de altă parte, există și posibilitatea ca nerespectarea procedeele de execuție a tăieturilor de doborâre să fie corelată cu dorința de a recupera lemnul de la baza trunchiului într-o proporție cât mai mare, iar evaluarea consumurilor tehnologice în cazul folosirii diferitelor echipamente forestiere a reprezentat o preocupare frecventă în comunitatea științifică de profil. Unver și Acar (2009) au studiat pierderile de lemn în operații de colectare cu tractoare skidder și au dezvoltat modele empirice pentru a prezice aceste pierderi, concluzionând faptul că pierderile de lemn sunt mai mici atunci când lemnul este colectat iarna. Gerasimov și Seliverstov (2010) au analizat sistemele tehnice utilizate în operații de extracție a lemnului în Rusia, concluzionând faptul că acele sisteme tehnice în care se folosesc ferăstraie mecanice și mașini multifuncționale de recoltare, inclusiv aplicarea metodei sortimentelor definitive, generează mai puține pierderi în termeni de respingere a sortimentelor de lemn de către industrii prin comparație cu sistemele tehnice ce implementează metoda arborilor, chiar în contextul în care doborârea și fasonarea mecanizată poate să afecteze în termeni de calitate sortimentele de lemn rezultate (Nuutinen *et al.* 2010). Prea puțin este cunoscut despre cât lemn poate să fie (potențial) pierdut atunci când se aplică tăieturi cum ar fi tupa de tip pană și tăietura din partea opusă tapei, și este puțin neclar în ce măsură modul de execuție a acestor tăieturi (în termeni de dimensiuni) poate afecta gradul de recuperare a lemnului. În același timp, evaluarea potențialului de recuperare a lemnului în cazul aplicării unor tăieturi non-conforme poate să suporte aplicarea corectă a tăieturilor, prin evidențierea faptului că beneficiile potențiale de natură economică nu compensează expunerea la riscuri profesionale. Studiul de față a avut drept scop compararea între modul în care se execută și modul în care ar fi trebuit să fie executate tăieturile de doborâre în cazul aplicării procedurii tehnic de doborâre prin execuția unei tape și a unei tăieturi din partea opusă tapei, în vederea punerii în evidență a faptului că prin nerespectarea procedurilor de execuție a tăieturilor în astfel de operații câștigul economic nu merită riscurile asumate, mai ales pe fondul inexistenței unor astfel de date în România.

### 3.3.2. Materiale și metode

#### 3.3.2.1. Localizarea studiilor de caz

În primăvara anului 2014, s-au condus studii de teren în vederea colectării datelor necesare pentru efectuarea de comparații între procedurile recomandate și cele aplicate la execuția tăieturilor de doborâre a arborilor. În acest scop, s-au luat în considerare trei parchete (Tabelul 9), dintre care două au fost localizate în zona montană (*M1*, *M2*) și unul a fost localizat în zona forestieră de deal (*D*). După cum este obișnuit pentru condițiile românești, operația de doborâre a arborilor a fost realizată în fiecare parchet luat în studiu de câte o formație de muncă compusă din câte doi muncitori, dintre care unul a executat sarcinile de muncă legate de operarea



ferăstrăului. Aceștia au avut, la data studiului, o experiență în muncă mai mare de zece ani, și, probabil, cunoștințe cu privire la modalitățile de aplicare a unor procedee sigure de doborâre a arborilor. Pe durata efectuării studiului nu s-au utilizat unelte auxiliare cum ar fi penele sau alte dispozitive de asistare a doborârii.

Tabelul 9. Descrierea parchetelor luate în studiu

Abreviere	Specii aflate în compoziția arboretului	Tipul tratamentului	Intensitatea extracției, proporția volumului extras din volumul total (%)	Declivitatea medie a terenului (%)
<i>M1</i>	Brad ( <i>Abies alba</i> ) Molid ( <i>Picea abies</i> ) Fag ( <i>Fagus sylvatica</i> )	Tăieri accidentale *	10	45
<i>M2</i>	Molid ( <i>Picea abies</i> )	Tăieri rase	100	25
<i>D</i>	Gorun ( <i>Quercus petraea</i> ) Carpen ( <i>Carpinus betulus</i> ) Fag ( <i>Fagus sylvatica</i> )	Tăieri progresive	35	5

\* Extragerea unor arbori de brad afectați de uscare

### 3.3.2.2.Proceduri de colectare a datelor

Datele aferente studiilor de caz s-au colectat în fișe special concepute în acest sens. După doborârea fiecărui arbore, s-au efectuat măsurători asupra înălțimii arborelui (*HA*), diametrului la înălțimea pieptului (*DP*), diametrului la înălțimea cioatei (*DC*), adâncimii tapei (*AT*), adâncimii tăieturii din partea opusă tapei (*ATPOT*) și înălțimii maxime a tapei (*HT*). Diametrul la cioată a fost măsurat la mijlocul înălțimii dintre tăietura orizontală a tapei și nivelul tăieturii din partea opusă tapei. Specia fiecărui arbore doborât și luat în studiu s-a evaluat vizual, diametrele menționate s-au măsurat cu o clupă forestieră la o precizie de 1 cm, înălțimea arborelui a fost măsurată, după doborâre, la o precizie de un decimetru, în timp ce dimensiunile tăieturilor de doborâre, respectiv a înălțimii tapei s-au măsurat cu o ruletă de buzunar, la precizia de 1 cm. În total, s-au analizat în cele trei locații un număr de 348 de arbori doborâți (*M1*=15, *M2*=70, *D*=263).

### 3.3.2.3.Analiza datelor

Toate datele colectate în modul descris anterior au fost transpuse în foi de calcul întocmite special în MS Excel, foi ce au folosit și pentru analize ulterioare. Datele privind dimensiunile tăieturilor de doborâre au fost comparate cu cele indicate de literatura de specialitate pentru aplicarea procedeelelor de doborâre constând din execuția tapei și a tăieturii din partea opusă tapei, în funcție de diametrul la cioată (*DC*). Pentru a se efectua acest tip de comparație, pentru fiecare dintre parchetele luate în studiu, s-a derivat un set de date comparative bazat pe prescripțiile literaturii de specialitate (Oprea și Sbera 2008; Oprea 2004). Dimensiunile recomandate pentru adâncimea tapei (*ATR*) și a tăieturii din partea opusă tapei (*ATPOTR*) au fost calculate prin utilizarea [Relațiilor 3-4](#).

$$ATR (cm) = 0,333 \times DC \quad (3)$$

$$ATPOTR (cm) = 0,667 \times DC - 3,000 \quad (4)$$

Deschiderea recomandată a tapei (*DTR*) a fost presetată la un unghi de  $45^\circ$ , fapt ce a permis și calcularea înălțimii tapei în acest scenariu (*ITR*). În calculele de față s-a luat în considerare o lățime minimă a zonei de frânare (*LZF*) de 3 cm, după prescripțiile literaturii românești (Oprea 2008), cu precizarea că alte surse indică lățimi minime de adoptat echivalând o zecime din diametrul cioatei (Conway 1976; Oprea 2008). O descriere a dimensiunilor recomandate comparată cu cele efectiv utilizate este inclusă, pentru cele trei parchete luate în studiu, în Figura 7.

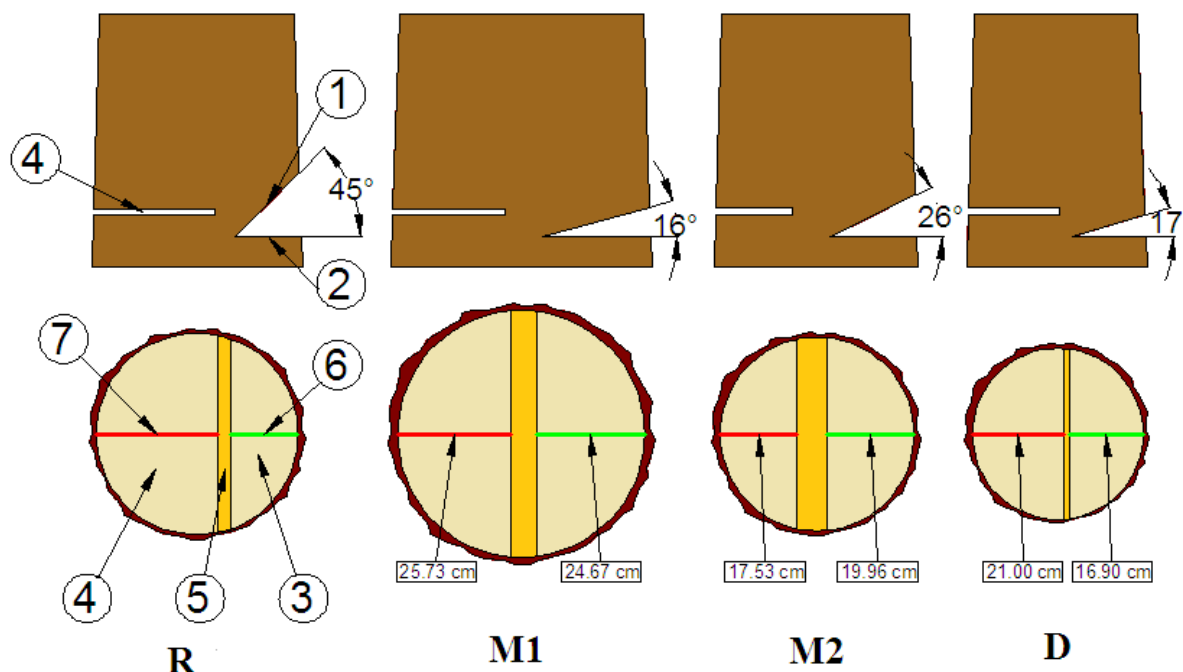


Figura 7. Dimensiuni medii recomandate versus dimensiuni medii aplicate la execuția tăieturilor de doborâre a arborilor în parchetele luate în studiu.

Legenda: 1 – tăietura înclinată a tapei, 2 – tăietura orizontală a tapei, 3 – tapă, 4 – tăietura din partea opusă tapei, 5 – zonă de frânare, 6 – adâncimea tapei, 7 – adâncimea tăieturii din partea opusă tapei, R – dimensiuni recomandate, M1 – parchetul 1 din zona montană, M2 – parchetul 2 din zona montană, D – parchetul din zona de deal

Pentru comparație, a fost necesară utilizarea unor teste statistice, iar, în vederea alegerii testului statistic adecvat comparării datelor, s-a aplicat, într-o primă fază, un test de verificare a normalității distribuției datelor. Pentru acest scop s-a utilizat testul Shapiro-Wilk. Apoi, compararea între seturile de date din fiecare parchet luat în studiu s-a realizat pe perechile *AT-ATR*, *ATPOT-ATPOTR* și *IT-ITR*, prin utilizarea fie a unui test *t* bidirecțional cu luarea în considerare a ipotezei conform căreia varianțele celor două șiruri au fost egale (în cazul datelor distribuite normal), depinzând, în esență, de rezultatele unui test *F* realizat în avans, fie prin utilizarea unui test Wilcoxon pentru șiruri împerecheate (în cazul datelor neparametrice), pentru a se pune în evidență eventualele diferențe semnificative. Mai mult, pentru testarea eventualelor diferențe între parchetele luate în considerare în termeni de proceduri aplicate la execuția tăieturilor de doborâre, datele colectate din teren reprezentând șirurile pentru variabilele măsurate în cazul dimensiunilor tăieturilor de doborâre și a înălțimii tapei au fost comparate prin implementarea unui test Kruskal-Wallis pentru șiruri de date neîmperecheate. Toate testele statistice au fost efectuate prin utilizarea a două programe software: MS Excel și Statistica 8.0.

O etapă ulterioară a analizei datelor a constat din calculul volumul de lemn (potențial) pierdut în cele două scenarii (recomandat - *VLPR*, aplicat - *VLPA*), iar, pentru a se furniza chiar de la început rezultate privind acest volum în conformitate cu procedurile aplicate, *VLPA* ( $m^3$ ) a fost exprimat în funcție de diametrul la înălțimea pieptului (*DP*) respectiv diametrul la cioată (*DC*). *VLPA* a fost calculat pe baza variabilelor *IT* și *DC*, asumându-se o secțiune cilindrică a trunchiului la nivelul *DC*, în timp ce *VLPR* a fost calculat utilizându-se aceeași presupunere în funcție de *ITR* și *DC*. Pentru a se estima rata pierderilor de volum (*PV*) datorată aplicărilor tăieturilor de doborâre, volumul fiecărui arbore (*VA*) a fost calculat în funcție de specie, diametrul la înălțimea pieptului (*DP*) și înălțimea arborelui (*HA*), utilizându-se ecuațiile de estimare a volumului indicate de literatura de specialitate ([Giurgiu et al. 2004](#)), de forma prezentată în [Relația 5](#), în care coeficienții  $a_0 - a_4$  sunt specifici anumitor specii date. Apoi, *PV* a fost calculat pentru fiecare dintre cele două scenarii ca procent din *VA*.

$$\log(VA) = a_0 + a_1 \times \log(DP) + a_2 \times \log^2(DP) + a_3 \times \log(HA) + a_4 \times \log^2(HA) \quad (5)$$

### 3.2.3. Rezultate și discuții

Statisticile descriptive privind condițiile operaționale specifice celor trei studii de caz sunt prezentate în [Tabelul 10](#). În mod obișnuit, atunci când se realizează tăieturi pentru execuția tapei, adâncimea ultimei este recomandată a fi de 0,25 până la 0,33 din diametrul la cioată. După cum se observă în statisticile descriptive, contrar prescripțiilor tehnice furnizate de literatură pentru adâncimea tapei, în toate parchetele luate în studiu, operatorii ferăstraielelor au tins să conducă această tăietură până aproape de jumătatea diametrului la cioată ([Tabelul 10](#)). Aceeași tendință de a executa tăieturi mai adânci decât cele recomandate s-a păstrat și în cazul tăieturilor din partea opusă tapei, care, în studiul de față, au fost echivalentul a 0,40 până la 0,54 din *DC*. În ciuda faptului că, atunci când se conduce tăietura din partea opusă tapei, se recomandă păstrarea unei zone de frânare cu lățimea de cel puțin o zecime din diametrul cioatei și minimum 3 cm ([Oprea and Sbera 2004](#); [Oprea 2008](#)), în multe dintre cazurile analizate în prezentul studiu, operatorii ferăstraielelor mecanice au condus această tăietură până aproape de zona de terminare a tăieturii orizontale a tapei. Un comportament similar legat de execuția tehnică a procedurilor de doborâre a fost observat, de asemenea, de Brachetti Montorselli *et al.* ([2010](#)) care au analizat, printre altele, comportamentul procedural al unor echipe de recoltare din mediu privat. După cum se precizează în majoritatea standardelor și cărților de specialitate, este foarte cunoscut faptul că o deschidere suficientă rezultată după extragerea calupului tapei trebuie să fie de 45° în cazul execuției unei tape de tip pană, din moment ce această deschidere ajută la asigurarea unei doborâri în condiții de siguranță a arborilor ([Oprea 2008](#)). Totuși, în conformitate cu valorile medii calculate pe baza elementelor colectate în teren ([Figura 7](#), [Tabelul 10](#)), această recomandare a fost neglijată sistematic din moment ce valorile medii ale deschiderilor tapelor în studiile de caz analizate au fost mult mai mici, variind între 16° și 26° (valorile medii ale *IT* au variat între 5 și 10 cm). În [Tabelul 11](#) se prezintă modelele empirice dezvoltate pentru cele două scenarii, pentru estimarea variației dimensiunilor tăieturilor în funcție de diametrul la cioată. Acestea scot în evidență modul în care tăieturile au fost executate, respectiv modul în care acestea ar fi trebuit să fie executate.

Deși consultarea statisticilor descriptive prezentate în [Tabelul 10](#) poate fi suficientă în evidențierea diferențelor dintre procedurile recomandate și cele efectiv aplicate, utilizarea testelor de comparație poate ajuta într-o mai bună înțelegere a fenomenului.

Tabelul 10. Statistici descriptive privind scenariile studiate și condițiile operaționale

Parchet/variabile	Număr de observații	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Media (Mediana)*	Abaterrea standard
<b>M1</b>					
HA (m)	15	10,800	30,500	19,840	±6,210
DP (cm)	15	22,000	76,000	44,670	±15,870
VA (m <sup>3</sup> )	15	0,209	5,468	1,247	±1,524
DC (cm)	15	28,000	100,000	56,270	±21,600
AT (cm)	15	10,000	42,000	24,670	±10,690
IT (cm)	15	2,000	12,000	6,630	±2,580
ATPOT (cm)	15	13,000	45,000	25,730	±9,840
DT (°)	15	9,460	28,610	15,780	±4,740
VLPA (m <sup>3</sup> )	15	0,001	0,094	0,024	±0,026
ATR (cm)	15	9,330	33,330	18,760	±7,200
ATPOTR (cm)	15	15,670	63,670	34,510	±14,400
ITR (cm)	15	9,330	33,330	18,760	±7,200
VLPR (m <sup>3</sup> )	15	0,005	0,262	0,046*	±0,078
<b>M2</b>					
HA (m)	70	20,000	37,300	30,100	±3,620
DP (cm)	70	20,000	50,000	34,890	±6,800
VA (m <sup>3</sup> )	70	0,380	2,810	1,378	±0,573
DC (cm)	70	25,000	74,000	44,200	±9,540
AT (cm)	70	7,000	35,000	19,960	±5,900
IT (cm)	70	4,000	16,000	9,730	±2,940
ATPOT (cm)	70	10,000	30,000	17,530	±4,550
DT (°)	70	14,040	39,810	26,420	±6,230
VLPA (m <sup>3</sup> )	70	0,002	0,056	0,016*	±0,069
ATR (cm)	70	8,330	24,670	14,730	±3,180
ATPOTR (cm)	70	13,670	46,330	26,470	±6,360
ITR (cm)	70	8,330	24,670	14,730	±3,180
VLPR (m <sup>3</sup> )	70	0,004	0,106	0,026*	±0,017
<b>D</b>					
HA (m)	263	13,000	26,500	20,490*	±2,600
DP (cm)	263	18,000	80,000	30,000*	±10,190
VA (m <sup>3</sup> )	263	6,215	6,668	0,720*	±0,835
DC (cm)	263	22,000	97,000	39,000*	±13,620
AT (cm)	263	7,000	51,000	16,900*	±7,180
IT (cm)	263	1,500	17,000	5,200*	±2,840
ATPOT (cm)	263	10,000	55,000	21,000*	±7,560
DT (°)	263	6,340	53,970	17,350*	±5,550
VLPA (m <sup>3</sup> )	263	0,001	0,082	0,007*	±0,014
ATR (cm)	263	7,330	32,330	13,000*	±4,540
ATPOTR (cm)	263	11,670	61,670	23,000*	±9,080
ITR (cm)	263	7,330	32,330	13,000*	±4,540
VLPR (m <sup>3</sup> )	263	0,003	0,239	0,016*	±0,034

\* Valoarea mediane a fost utilizată ca statistică descriptivă pentru datele ce nu au trecut testul de normalitate

În **Tabelul 12** se prezintă rezultatele comparațiilor efectuate între șirurile de date luate în studiu. Datorită faptului că datele din eșantioane nu au provenit din populații normal distribuite, comparațiile între **VLPA** și **VLPR** s-au realizat prin utilizarea unui test Wilcoxon împerecheat. Datele privind variabila **VLPA** corespunzătoare celor trei șiruri (**M1**, **M2**, **D**) au fost de asemenea comparate prin utilizarea unui test Kruskal-Wallis neîmperecheat. După cum era de așteptat, s-au înregistrat diferențe semnificative ( $\alpha=0,05$ ) la compararea perechilor **AT-ATR**, **ATPOT-ATPOTR** **IT-ITR** și **VLPA-VLPR** (**Tabelul 12**), cu câteva excepții în **M1**, unde, oarecum la limită, nu s-au găsit diferențe semnificative în cazul seturilor **AT-ATR** și **ATPOT-ATPOTR**.

Comparațiile efectuate între parchete pentru șirurile de date (**Tabelul 14**) au relevat faptul că, cel puțin în unul dintre parchetele luate în studiu au existat diferențe semnificative, fapt ce poate fi pus, în limitele oferite de testele de comparație neparametrice, pe seama condițiilor operaționale și procedural-comportamentale diferite ale operatorilor ferăstrielor mecanice.

Cunoașterea modului în care sunt executate dimensiunile tăieturilor de doborâre reprezintă un aspect deosebit de important, cu implicații în securitatea muncii, deoarece în anumite cazuri specifice, o mică creștere în gradul de recuperare a lemnului chiar nu merită riscurile pe care și le asumă operatorii. În timp ce o imagine de ansamblu privind modul în care s-au executat tăieturile în parchetele studiate se prezintă în **Tabelul 11**, în **Tabelul 14** se prezintă modelele de regresie estimate pentru calcularea **VLPA** în funcție de **DP** și **DC**, unde se observă că variația **VLPA** poate fi exprimată într-o proporție mai mare de către variația **DC** (84-98%), datorită procedurilor utilizate în calcul (**VLPA** a fost calculat în funcție de **DC**). Totuși, pentru motive practice modelele dezvoltate ca funcție de **DP**, pot fi utilizate pentru a se obține rezultate suficient de precise.

Tabelul 11. Dimensiuni recomandate versus dimensiuni aplicate în condițiile studiate

Parchetul	Model	R <sup>2</sup>	valoarea p
<b>R*</b>	<b>ATR</b> (cm) = 0,333 × <b>DC</b> (cm)	-	-
	<b>ITR</b> (cm) = 0,333 × <b>DC</b> (cm)	-	-
	<b>ATPOTR</b> (cm) = 0,667 × <b>DC</b> (cm) - 3,00	-	-
<b>M1</b>	<b>AT</b> (cm) = 0,445 × <b>DC</b> (cm) - 0,36	0,81	<0,0001
	<b>IT</b> (cm) = 0,113 × <b>DC</b> (cm) + 0,29	0,89	<0,0001
	<b>ATPOT</b> (cm) = 0,414 × <b>DC</b> (cm) + 2,45	0,83	<0,0001
<b>M2</b>	<b>AT</b> (cm) = 0,436 × <b>DC</b> (cm) + 0,66	0,50	<0,0001
	<b>IT</b> (cm) = 0,159 × <b>DC</b> (cm) + 2,70	0,27	<0,0001
	<b>BCD</b> (cm) = 0,288 × <b>DC</b> (cm) + 4,78	0,37	<0,0001
<b>D</b>	<b>AT</b> (cm) = 0,473 × <b>DC</b> (cm) - 2,19	0,73	<0,0001
	<b>IT</b> (cm) = 0,140 × <b>DC</b> (cm) - 0,03	0,45	<0,0001
	<b>ATPOT</b> (cm) = 0,448 × <b>DC</b> (cm) - 0,39	0,72	<0,0001

\* Modele matematice deterministe corespunzând dimensiunilor recomandate

Tabelul 12. Rezultatele testelor Wilcoxon și t pentru perechile comparate

Parchet	Șiruri comparate	Tipul testului implementat	Valoarea p	Diferență semnificativă
<b>M1</b>	<b>AT-ATR</b> (cm)	t	=0,0870	-
	<b>IT-ITR</b> (cm)	t	<0,0001	*
	<b>ATPOT-ATPOTR</b> (cm)	t	=0,0613	-
	<b>VLPA-VLPR</b> (m <sup>3</sup> )	Wilcoxon	=0,0006	*
<b>M2</b>	<b>AT-ATR</b> (cm)	t	<0,0001	*
	<b>IT-ITR</b> (cm)	t	<0,0001	*
	<b>ATPOT-ATPOTR</b> (cm)	t	<0,0001	*
	<b>VLPA-VLPR</b> (m <sup>3</sup> )	Wilcoxon	<0,0001	*
<b>D</b>	<b>AT-ATR</b> (cm)	Wilcoxon	<0,0001	*
	<b>IT-ITR</b> (cm)	Wilcoxon	<0,0001	*
	<b>ATPOT-ATPOTR</b> (cm)	Wilcoxon	<0,0001	*
	<b>VLPA-VLPR</b> (m <sup>3</sup> )	Wilcoxon	<0,0001	*

\*Nivel de semnificație:  $\alpha = 0,05$

Tabelul 13. Rezultatele comparării diferențelor între procedurile aplicate în cele trei parchete

Caracteristica testată	Parchete comparate	Tipul testului	Valoarea p	Diferență semnificativă
<b>AT</b> (cm)	<b>M1-M2-D</b>	Kruskal-Wallis	=0,01305	*
<b>ATPOT</b> (cm)	<b>M1-M2-D</b>	Kruskal-Wallis	<0,00000	*
<b>IT</b> (cm)	<b>M1-M2-D</b>	Kruskal-Wallis	<0,00000	*
<b>VLPA</b> (m <sup>3</sup> )	<b>M1-M2-D</b>	Kruskal-Wallis	<0,00000	*

\*Nivel de semnificație = 0.05

Tabelul 14. Estimări ale variației VLPA în funcție de DP și DC

Parchet	Model	R <sup>2</sup>	Valoarea p
M1	VLPA (m <sup>3</sup> ) = 0,0000001 × DP <sup>3,17</sup> (cm)	0,93	<0,0001
	VLPA (m <sup>3</sup> ) = 0,0000001 × DC <sup>3,09</sup> (cm)	0,98	<0,0001
M2	VLPA (m <sup>3</sup> ) = 0,0000005 × DP <sup>2,89</sup> (cm)	0,74	<0,0001
	VLPA (m <sup>3</sup> ) = 0,0000004 × DC <sup>2,79</sup> (cm)	0,84	<0,0001
D	VLPA (m <sup>3</sup> ) = 0,0000004 × DP <sup>2,87</sup> (cm)	0,75	<0,0001
	VLPA (m <sup>3</sup> ) = 0,0000001 × DC <sup>3,11</sup> (cm)	0,88	<0,0001

Aplicarea tăieturilor de doborâre a arborilor prin execuția tapei de tip pană și a tăieturii din partea opusă într-o manieră care neglijează recomandările procedurale poate conduce la un grad mai ridicat de recuperare a lemnului, dar, asemenea abordări ar trebui să fie excluse cel puțin pentru două motive: aspectele legate de securitatea muncii și câștiguri economice mici.

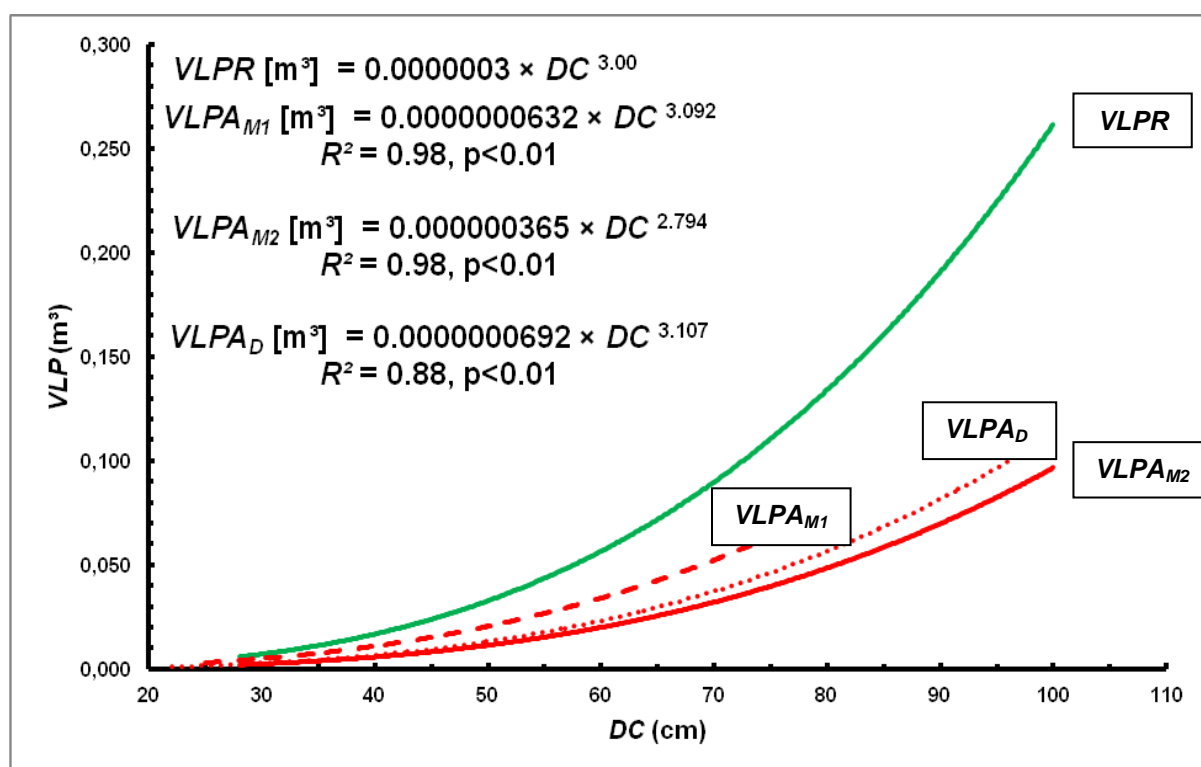


Figura 8. Variația VPLA și VPLR în funcție de DC.

De exemplu, în condițiile acestui studiu, valoarea **VLP** la utilizarea unor proceduri nerecomandate la doborârea arborilor poate să reprezinte aproape jumătate din cea obținută în cazul aplicării celor recomandate, dar, cantitățile potențiale ce pot fi câștigate sunt foarte mici (**Tabelul 10**). Variația volumelor potențial pierdute în cazul variabilelor **VLPA** și **VLPR** sunt prezentate în **Figura 8** alături de modelele estimate în funcție de **DC**, care pot fi utile în estimarea volumului de lemn pierdut în diferite scenarii. Compararea între **VLPA** și **VLPR** a condus la diferențe statistice semnificative la nivelul de încredere ales, dar, magnitudinea câștigului economic ar fi mai degrabă mică, după cum se poate deduce din **Tabelul 10** și **Figura 8**. Diferențe semnificative s-au înregistrat și în cazul șirurilor **VLPA** între parchetele luate în studiu, după cum s-a prezentat în **Tabelul 13**, aspect care indică faptul că există diferențe care în momentul de față pot fi interpretate doar speculativ ca și faptul că sunt necesare studii conduse la o amploare mai mare, pentru a se surprinde mult mai bine variabilitatea populațională în problema abordată.

Tabelul 15. Proporțiile VPLA și VLPR în volumul recoltat estimat în condițiile studiate

Parchetul	Volumul arborelui mediu ( $m^3 \times fir^{-1}$ )	Specii recoltate	% din volum pierdut ca VLPA	% din volum pierdut ca VLPR
<i>M1</i>	1,25	Silver Fir ( <i>Abies alba</i> )	1,20	3,17
<i>M2</i>	1,30	Norway Spruce ( <i>Picea abies</i> )	1,11	1,74
<i>D</i>	0,72	Sessile Oak ( <i>Quercus petraea</i> ) Hornbeam ( <i>Carpinus betulus</i> ) Beech ( <i>Fagus sylvatica</i> )	0,89	2,25

Pe de altă parte, în conformitate cu datele prezentate în acest studiu, procentul lemn (*PV*) ce poate fi pierdut (potențial) după cum indică datele de teren a reprezentat între 0,89 și 1,20% din volumul estimat al arborilor recoltați (*VA*) în condițiile studiului de față (**Tabelul 15**), fiind oarecum redus față de situația în care s-ar fi implementat procedurile recomandate de doborâre a arborilor (1,74 - 3,17%). În termeni mult mai descriptivi, aceasta înseamnă că la fiecare 100 de arbori medii recoltați, s-ar fi câștigat numai 0,9 până la 2,5  $m^3$  comparativ cu situația recomandată. Prin urmare, cel puțin din acest punct de vedere, asumarea unor riscuri în acest sens nu merită, iar operatorii ferăstraielei mecanice ar trebui să își reconsidere abordările utilizate la doborârea arborilor.

### 3.2.4. Concluzii

Pe baza rezultatelor prezentate în studiul de față, se pot extrage mai multe concluzii. În primul rând, rezultatele indică faptul că procedurile recomandate la doborârea arborilor cu ferăstraie mecanice prin aplicarea procedurii de execuție a tapei și tăieturii din partea opusă tapei sunt neglijate la un nivel considerabil, după cum rezultă din studiile de caz prezentate în acest studiu, iar experiența în muncă a operatorilor se pare că nu a avut niciun impact asupra preocupărilor privind securitatea muncii, din moment ce toți operatorii având o experiență în muncă considerabilă, nu au respectat procedurile. În termeni de dimensiuni ale tăieturilor de doborâre, între operatori diferiți și/sau condiții operaționale diferite pot să existe diferențe semnificative, după cum s-a dovedit în studiul de față, în cel puțin un caz. Această constatare ar trebui să încurajeze cercetări ulterioare în condițiile forestiere românești, pentru a se evalua modul în care problemele privind securitatea muncii sunt abordate de muncitori și cei ce îi supraveghează. Gradul de recuperare a lemnului în operații de doborâre reprezintă o problemă importantă, dar, aceasta este mai puțin importantă decât securitatea muncii. Oricum, rezultatele studiului de față indică faptul că prin neglijarea recomandărilor privind procedeele tehnice de implementat se pot obține doar câștiguri mici în termeni de volum recuperat, prin urmare și în termeni financiari. Pe parcursul culegerii datelor de teren nu s-a produs niciun fel de accident și doar câțiva arbori au căzut pe direcții neplanificate. Totuși, cifrele oficiale românești, indicând frecvența și severitatea accidentelor ocupaționale în domeniul forestier sunt îngrijorătoare și ar trebui să constituie un semnal pentru implementarea adecvată a procedurilor de doborâre a arborilor.

## 4. Performanțele operaționale la utilizarea atelajelor în operații de extracție a lemnului

### 4.1. Introducere

Utilizarea atelajelor în operații de colectare a lemnului încă reprezintă o alternativă tehnică viabilă, mai ales pentru companii mici și pentru fermierii locali, datorită unor considerente cum ar fi costurile mici cauzate de investiții și operare ([Oprea 2008](#)), unei prestații superioare din punct de vedere ecologic, caracterizată prin impact mai redus asupra solului, arborilor remanenți și semințișului ([Wang 1997](#)), dar și datorită unei tehnologii și tehnici de lucru simplu de aplicat în operații de colectare a lemnului ([Oprea 2008](#)). Pe de altă parte, colectarea lemnului cu atelaje necesită un efort fizic ridicat ([Rodriguez și Fellow 1986](#)), și este mai puțin productivă în comparație cu utilizarea unor mijloace mecanizate. De asemenea, tot din motive de productivitate, pe distanțe mai mari de 100 de metri, utilizarea atelajelor la tractarea lemnului nu este recomandată ([Oprea 2008](#)). Tracțiunea animală poate deveni eficientă în cazul unor arborete foarte dese, din care rezultă în, mod obișnuit, lemn de dimensiuni mici ([Oprea 2008](#); [Jourgholami 2012](#)) cum sunt cele parcurse cu primele rărituri. Pe de altă parte, în unele țări sau regiuni geografice, utilizarea atelajelor este privită ca fiind o tradiție ([Ezzati et al. 2011](#)), care, alături de indisponibilitatea financiară pentru achiziția de echipamente forestiere mai performante ([Jourgholami et al. 2010](#)) poate să reprezinte și motivul pentru care atelajele încă mai sunt utilizate în operații forestiere. Fenomenul nu este unul izolat, nici vechi, și nici unul specific țărilor aflate în dezvoltare, deoarece colectarea cu atelaje a fost raportată și în diferite regiuni sau țări, inclusiv cele dezvoltate ([Toms et al. 2001](#); [Demir și Bilici 2010](#); [Dinev și Tichkov 2010](#); [Magagnotti și Spinelli 2011a](#); [Magagnotti și Spinelli 2011b](#)). Colectarea cu atelaje a fost studiată în diferite condiții operaționale. Jourgholami et al. ([2010](#)) a luat în studiu o situație de extracție a lemnului cu asini în condițiile forestiere din Iran, constatând că diferitele întârzieri apărute pe durata de desfășurare a operațiilor au contorizat circa 20% din timpul total petrecut la locul de muncă, dar și faptul că, prin creșterea sarcinii deplasate, consumul de timp necesar colectării lemnului devine mai mare. Productivitățile raportate de ei au fost de ordinul a  $1,0 - 1,5 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  în cazul unor sarcini de deplasat de  $0,1 - 0,3 \text{ m}^3$  și distanțe de extracție de 50 - 350 m. Într-un alt studiu, Jourgholami ([2012](#)) a precizat faptul că utilizarea asinilor la operații de colectare implică un efort fizic ridicat. Un alt studiu, condus de această dată asupra unor cai de tracțiune a fost realizat de Magagnotti și Spinelli ([2011a](#)), pentru două situații distincte din care, în prima, s-a utilizat o formație de muncă compusă dintr-un singur muncitor, iar, în a doua, s-a utilizat o formație de muncă compusă din doi muncitori, dintre care unul a avut sarcini de ajutor. În urma studiului efectuat, autorii au constatat că productivitatea la colectarea lemnului a fost de circa 1,5 ori mai mare în cel de-al doilea caz ( $2,6 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  față de  $1,73 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ ).

Comarate cu echipamente forestiere alternative de colectare a lemnului cum ar fi tractoarele skidder, colectarea lemnului cu cai de tracțiune poate să producă un impact economic îmbunătățit la nivel global, fapt ce se datorează impactului redus ([McNamara 1983](#); [McNamara 1985](#)), iar, în tăieri selective, utilizarea tracțiunii hipo poate să fie superioară utilizării tractoarelor skidder atunci când aspectele legate de impactul asupra mediului reprezintă o problemă suplimentară ([Wang 1997](#)). De asemenea, privit din punctul de vedere al epuizării inevitabile a combustibililor de proveniență fosilă, este bine de știut că intrările de energie regenerabilă în cazul atelajelor sunt, de departe, superioare în comparație cu cele specifice tractoarelor ([Rydberg și Jansén 2002](#)).

Chiar și în aceste condiții, informațiile disponibile cu privire la utilizarea și performanțele tracțiunii animale în operații forestiere de colectare a lemnului sunt foarte limitate ([Jourgholami et al. 2010](#)). Mai mult, în România, tracțiunea animală încă se utilizează într-o proporție destul de însemnată ([Sbera 2007](#)), uneori chiar pe distanțe de extracție foarte lungi dat fiind faptul că



normativele prevăd acest lucru ([Ministerul Industrializării Lemnului și Materialelor de construcții 1989](#)), iar cunoașterea nivelului de performanță specific acestor echipamente forestiere devine important, mai ales în contextul unor condiții operaționale care limitează din punct de vedere tehnic utilizarea unor echipamente cu capabilități superioare. Scopul studiului de față a fost de a evalua performanța operațiilor de colectare a lemnului cu atelaje într-un arboret de foioase parcurs cu primele rărituri, iar obiectivele au fost de a: (i) analiza critic structura consumului de timp, (ii) dezvolta modele empirice pentru estimarea consumului de timp la nivel de ciclu de muncă, respectiv (iii) evalua productivitatea muncii în astfel de operații.

#### 4.2. Colectarea datelor

Colectarea datelor s-a realizat după proceduri similare celor descrise în [paragraful 3.2.2.2](#), iar colectarea datelor de teren s-a realizat în locația precizată în [paragraful 3.2.2.1](#). În ansamblu, datele au fost colectate pentru un număr de 47 de cicluri de muncă de colectare realizate prin tracțiune animală. Atelajul utilizat a fost compus dintr-un cal și dispozitivele necesare pentru atașarea și menținerea legată a sarcinii în timpul deplasării (**Figura 9**). Un ciclu de muncă la colectarea lemnului prin tracțiune hipo a fost divizat în elementele de muncă ce se prezintă în [Relația 6](#) iar structura consumului de timp la nivelul unui ciclu de muncă de colectare a lemnului, colectat după procedurile descrise în [paragraful 3.2.2.2](#), se prezintă sintetic în [Relația 7](#).



Figura 9. Atelajul folosit la colectarea lemnului

$$CMCA = EM_{CG} + EM_{LS} + EM_{CP} + EM_{DS} \quad (6)$$

în care:

**CMCA** - reprezintă un ciclu de muncă la colectarea cu atelaje;

**EM<sub>CG</sub>** - element de muncă reprezentând deplasarea atelajului la cursa în gol;

**EM<sub>LS</sub>** - element de muncă reprezentând legarea sarcinii la dispozitivele de prindere ale atelajului;

$EM_{CP}$  - element de muncă reprezentând deplasarea atelajului cu sarcina la cursa în plin;

$EM_{CA}$  - element de muncă reprezentând dezlegarea sarcinii la dispozitivele de prindere ale atelajului.

Colectarea lemnului cu atelaje a presupus utilizarea unei formații de muncă ce a fost compusă dintr-un singur muncitor. Sarcina de muncă a muncitorului în cauză a constat din îngrijirea calului, legarea și dezlegarea sarcinilor la atelaj, impulsionarea sarcinii la începerea cursei în plin etc.

$$T_{CMCA} = T_{CG} + T_{LS} + T_{CP} + T_{DS} \quad (7)$$

în care:

$T_{CMCA}$  - reprezintă consumul de timp la nivelul unui ciclu de muncă de colectare cu atelajul;

$T_{CG}$  - reprezintă consumul de timp implicat de deplasarea atelajului la cursa în gol, efectuată între platforma primară și locul de legare a sarcinii;

$T_{LS}$  - reprezintă consumul de timp implicat de legarea sarcinii la dispozitivele de prindere ale atelajului;

$T_{CP}$  - reprezintă consumul de timp implicat de deplasarea atelajului cu sarcina la cursa în plin efectuată între locul de legare a sarcinii și platforma primară;

$T_{DS}$  - reprezintă consumul de timp implicat de dezlegarea sarcinii de la dispozitivele de prindere ale atelajului.

Pe lângă categoriile de timp descrise în [Relația 7](#), s-au mai colectat date cu privire la timpul consumat cu întârzieri ( $TI$ ). Procedurile de colectare a datelor privind consumul de timp au fost similare cu cele descrise în [paragraful 3.2.2.2](#). Cu ocazia desfășurării studiului de teren, s-au colectat și date privind anumite variabile operaționale (de proces), care, de această dată au fost distanța de colectare ( $DC$ ), declivitatea traseelor de colectare ( $DTC$ ), numărul de piese de lemn atașate la fiecare cursă în plin ( $NPL$ ), respectiv diametrele ( $DGG$ ,  $DCS$ ) și lungimile ( $LPL$ ) pieselor de lemn din fiecare sarcină. Distanța de colectare s-a măsurat pe baza unor repere prestabilite în teren după procedurile expuse în Borz ([2014b](#)) la o precizie de 1 metru, declivitatea traseelor de colectare s-a măsurat cu un clizimetru prin utilizarea aceluiași proceduri la o precizie de 1%, diametrele pieselor de lemn s-au măsurat la capetele groase ( $DCG$ ) și subțiri ( $DCS$ ) cu o clupă forestieră la precizia de 1 centimetru, lungimile pieselor s-au măsurat cu o ruletă forestieră la precizia de 1 decimetru, iar numărul pieselor s-a evaluat vizual la fiecare cursă. Datele colectate în acest fel au fost înscrise pe fișe de teren special concepute. Adițional s-au colectat date cu privire la numărul de opriri pe traseele de colectare ( $NO$ ) care au fost necesare pentru odihna animalului și refacerea capacității de muncă a acestuia. Acestea au fost colectate vizual și notate în fișierele de colectare a datelor.

#### 4.2. Analiza datelor

Analiza datelor a urmat, în principiu, aceleași proceduri ca cele descrise în [paragraful 3.2.2.3](#). Diferențele au constat din necesitatea prelucrării datelor cu privire la determinarea volumelor pe piese, care au fost calculate în foi MS Excel pe baza diametrelor și lungimilor pieselor, inclusiv în asumarea unui nivel de încredere de  $\alpha=0,05$  ( $p<0,05$ ) la estimarea modelelor empirice privind consumul de timp. Prin însumarea volumelor pieselor individuale ( $VPL$ ) din fiecare sarcină s-a obținut volumul pe sarcină ( $VS$ ), iar prin luarea în considerare a lungimii celei mai lungi piese din sarcină s-a determinat lungimea sarcinii ( $LS$ ).

### 4.3.Rezultate

#### 4.3.1.Statistici descriptive

Statisticile descriptive calculate prin utilizarea procedurilor descrise în [paragraful 3.2.2.3.](#) sunt redade în [Tabelul 16.](#) După cum se poate observa, durata medie a unui ciclu de muncă a fost de 1671 secunde (0,46 ore), în condițiile unui număr mediu de circa 7 piese pe sarcină, totalizând un volum mediu al sarcinii de circa 0,7 m<sup>3</sup> ce a fost deplasat pe o distanță medie de circa 310 m, înspre aval, pe o declivitate medie a traseului de colectare de circa 13%. Numărul de piese pe sarcină a variat destul de amplu, între 3 și 16, cu implicații asupra consumului de timp la legarea și dezlegarea sarcinii, ultimele având valori medii de circa 157 respectiv 94 secunde. După cum era de așteptat, dezlegarea sarcinii a consumat mai puțin timp datorită procedurilor de efectuat mai simple în cazul acestui element de muncă. Legarea sarcinii a consumat mai mult timp datorită necesității de grupare (pe distanță scurtă) și legare a pieselor din sarcină. Volumul maxim al sarcinii a fost de circa 1,2 m<sup>3</sup>, depășind cu mult sarcina recomandată la tracțiunea hipo în cazul utilizării unui singur cal ([Oprea 2008](#)). În medie, a fost necesară circa o oprire pentru odihna animalului la fiecare cursă efectuată, cu variații între niciuna și trei opriri. Acest lucru poate fi realționat cu durata medie a întârzierilor ce au apărut, cu precizarea că, în categoria respectivă s-au inclus toate tipurile de întârzieri (personale, tehnice, organizatorice etc.), dar și cu precizarea că durata totală implicată de odihna animalului a fost de 2801 secunde (circa 0,8 ore), care, în condițiile unui număr total de 43 de opriri pentru odihnă a condus la concluzia că, în medie, s-a consumat pentru o staționare medie de odihnă circa 1 minut.

Tabelul 16. Statistici descriptive privind mediul operațional și consumul de timp la colectarea cu atelaje

Denumirea variabilei, abreviere, unitate de măsură	Statistica descriptivă			
	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Media	Abaterrea standard
Diametrul la capătul subțire, <i>DCS</i> (cm)	4,000	24,000	8,320	±4,130
Diametrul la capătul gros, <i>DCG</i> (cm)	3,000	39,000	15,180	±5,960
Lungimea piesei de lemn, <i>LPL</i> (m)	1,400	19.500	7,710	±2,830
Volumul piesei de lemn, <i>VPL</i> (m <sup>3</sup> )	0,010	0.770	0,090	±0,080
Numărul de piese pe sarcină <i>NPL</i>	3,000	16,000	7,280	±3,050
Lungimea sarcinii, <i>LS</i> (m)	6,800	19.500	11,240	±2,660
Volumul sarcinii, <i>VS</i> (m <sup>3</sup> )	0,243	1.233	0,684	±0,197
Distanța de colectare, <i>DC</i> (m)	182,000	402,000	307,230	±65,120
Declivitatea traseului de colectare, <i>DTC</i> (%)	12,000	13,000	12,520	±0,470
Numărul de opriri pentru odihnă ( <i>NO</i> )	0,000	3,000	0,910	±0,800
Consum de timp la cursa în gol, <i>T<sub>CG</sub></i> (s)	250,000	570,000	407,230	±80,450
Consum de timp la legarea sarcinii, <i>T<sub>LS</sub></i> (s)	45,000	391,000	157,000	±89,840
Consum de timp la cursa în gol, <i>T<sub>CP</sub></i> (s)	110,000	630,000	276,450	±111,420
Consum de timp la dezlegarea sarcinii, <i>T<sub>DS</sub></i> (s)	30,000	198,000	94,150	±44,520
Timp pe ciclu de muncă de colectare fără întârzieri, <i>T<sub>CMC</sub></i> (s)	948,000	2951,000	1671,00	±378,360
Întârzieri, <i>TI</i> (s)	933,000	6578,000	2607,110	±1340.440

Lungimea maximă a sarcinii, corespunzând lungimii maxime a piesei celei mai lungi a fost de circa 20 m, iar volumul mediu pe piesă a fost de circa 0,01 m<sup>3</sup>. În condițiile observate, în medie, o cursă în gol a consumat mai mult timp decât o cursă în plin, fapt ce poate fi relaționat cu refacerea capacității de tracțiune a animalului circulând fără sarcină.

În structura timpului consumat la locurile de muncă (zona de legare a sarcinii, traseul de colectare, platforma primară), întârzierile de diferite naturi au fost responsabile pentru circa jumătate din consumul de timp (46%), după cum se poate observa în [Figura 10.](#)

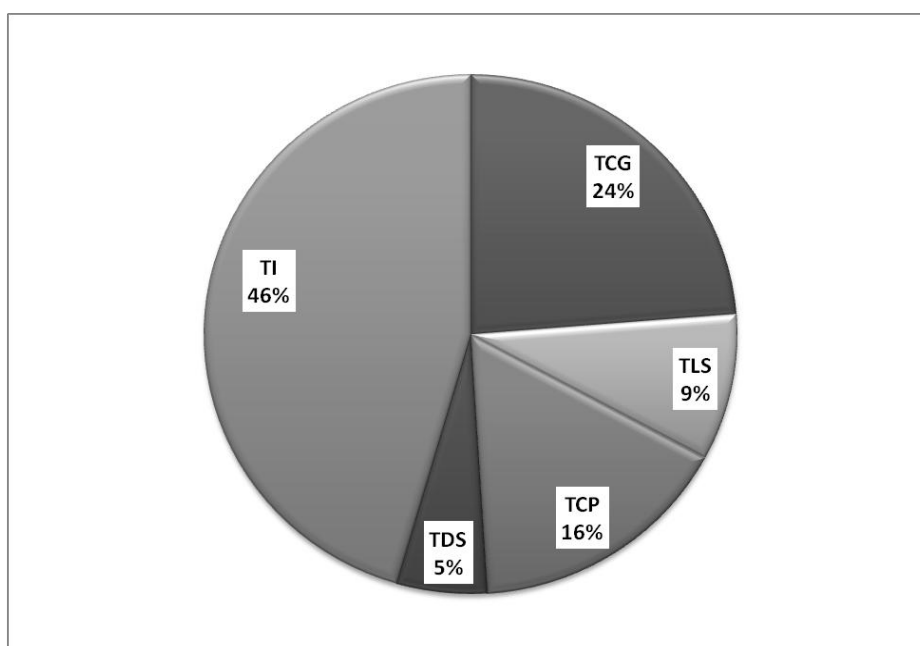


Figura 10. Structura timpului consumat la locurile de muncă

În ordine, cursa în gol a reprezentat circa 24%, cursa în plin circa 16%, legarea sarcinii circa 9% și dezlegarea sarcinii circa 5% din consumul total de timp la locurile de muncă.

#### 4.3.2. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp pe elemente de muncă și la nivel de ciclu de muncă

În **Tabelul 17** se prezintă modelele empirice dezvoltate pentru estimarea consumului de timp pe elemente de muncă și la nivel de ciclu de muncă de colectare. Toate modelele dezvoltate au fost semnificative la nivelul de încredere ales ([paragraful 3.2.2.3.](#)), lucru valabil și în cazul variabilelor independente utilizate. Criteriile care au fost utilizate la dezvoltarea modelelor prezentate în **Tabelul 17** au fost aceleași ca și în cazul operațiilor de doboare ([paragraful 3.2.2.3.](#)): criterii logice și criterii legate de mecanica procesului, cu precizarea că s-au utilizat aceleași tehnici ale regresiei.

Tabelul 17. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp pe elemente de muncă și ciclu de muncă

Model empiric	Statisticile modelului				
	<i>N</i>	Sig. <i>F</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	Variabilă independentă	Valoarea <i>p</i>
$T_{CG}(s) = 0,98 \times DC(m) + 105,37$	47	<0,001	0,63	<i>DC</i> (m)	<0,001
$T_{LS}(s) = 25,84 \times NPL - 31,01$	47	<0,001	0,77	<i>NPL</i>	<0,001
$T_{CP}(s) = 132,88 \times VS(m^3) + 1,47 \times DC(m) - 66,49 \times DTC(\%)$	47	<0,001	0,59	<i>VS</i> (m <sup>3</sup> )	=0,020
				<i>DC</i> (m)	<0,001
				<i>DTC</i> (%)	=0,040
$T_{DS}(s) = 10,76 \times NPL + 13,83$	47	<0,001	0,54	<i>NPL</i>	<0,001
$T_{CMC}(s) = 2,10 \times DC(m) + 32,05 \times NPL + 56,93$	47	<0,001	0,59	<i>DC</i> (m)	<0,001
				<i>NPL</i>	<0,001

În urma analizei corelației, ce s-a realizat în conformitate cu cele precizate în [paragraful 3.2.2.3.](#) nu s-au găsit perechi de variabile între care să existe un nivel de asociere mare, cu

excepția perechii **DC-DTC** ( $R=0,65$ ). Totuși, în acest caz asocierea a fost pur întâmplătoare, neexistând relații specifice între cele două. Prin urmare s-a recurs la menținerea ambelor în cazul celui de-al treilea model prezentat în **Tabelul 17**, și pe baza considerentelor precizate de Zar (1974) cu privire la procedurile de detectare a multicolinearității ( $R=0,8-0,9$ ).

Variația consumului de timp la cursa în gol a fost explicată prin utilizarea distanței de colectare, rezultând un model valid, capabil să explice variația consumului de timp în funcție de distanța de colectare în proporție de 63%. Numărul de piese ce au trebuit să fie legate în fiecare sarcină a explicat într-o proporție de 77% variația consumului de timp la acest element de muncă; la cursa în plin, variabilele relevante păstrate în modelul final au fost volumul sarcinii, distanța de colectare și declivitatea traseului de colectare care, după cum se observă ai avut o magnitudine mare în explicarea consumului de timp. Dat fiind faptul că deplasarea sarcinii s-a realizat înspre aval, declivitatea traseului de colectare a avut o contribuție negativă în variația consumului de timp. La elementul de muncă constând din dezlegarea sarcinii, s-a utilizat ca variabilă explicativă tot numărul de piese din sarcină pentru a se putea realiza comparații cu magnitudinea consumului de timp la legarea sarcinii. La un ciclu de muncă de colectare, variația consumului de timp a fost explicată în proporție de 59% de variația comună a distanței de colectare și a numărului de piese dintr-o sarcină. În acest caz, în urma aplicării procedurilor regresiei retrograde pas cu pas, restul variabilelor luate în considerare nu au mai avut semnificația dorită la nivelul de încredere ales.

După cum au demonstrat și alte studii, la acele elemente de muncă care presupun deplasarea lemnului, distanța pe care acesta se deplasează devine un predictor semnificativ în modelele empirice ce se estimează (Jourgholami *et al.* 2010; Magagnotti și Spinelli 2011a). Totuși, rezultatele studiului de față arată că, pe lângă distanța de colectare, în explicarea consumului de timp la nivel de ciclu de muncă mai devine relevantă și variabila ce se referă la numărul de piese dintr-o sarcină deplasată, efectul acesteia manifestându-se datorită timpului necesar pentru realizarea sarcinii prin gruparea pieselor. Deși în modelul empiric ce s-a estimat pentru explicarea consumului de timp la cursa în plin, volumul sarcinii a devenit o variabilă semnificativă, la nivelul modelului realizat pentru estimarea consumului de timp pe ciclu de muncă efectul acesteia a fost mai mic, poate datorită consumului mai mare de timp la cursele în gol, aspect ce ar fi putut echilibra variația dată de volumul sarcinii.

#### 4.3.3. Productivitatea muncii la colectarea cu atelaje

Indicatorii performanței în utilizarea atelajelor la operații de colectare au fost calculați în mod similar celor expuse în [paragraful 3.2.3.3](#), cu diferența că s-au luat în calcul doar două ipoteze (productivitatea și eficiența netă - **Pnet**, **Enet** - la care s-a folosit timpul productiv în calcul, respectiv productivitatea și eficiența brută - **Pbrut**, **Ebrut** - la care s-a folosit în calcul tot timpul consumat la locul de muncă).

Tabelul 18. Calculul unor indicatori derivați ai performanței utilizării atelajelor la operații de colectare

Categoria de timp	Producție realizată (m <sup>3</sup> )	Pnet (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	Enet (h×m <sup>-3</sup> )	Pbrut (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	Ebrut (h×m <sup>-3</sup> )
TP = 43937 sec.	32,158	2,635	0,380	-	-
TT = 80625 sec.	32,158	-	-	1,436	0,696
TI = 36688 sec.	32,158	-	-	-	-

Productivitatea muncii la colectarea cu atelaje joacă un rol cheie, mai ales în cazurile în care nu există alternative tehnice la colectarea lemnului în cazuri date. Rezultatele prezentate în acest studiu indică o productivitate a muncii mai mare prin comparație cu alte rezultate cum ar fi cele raportate de Magagnotti și Spinelli (2011a) pentru o formație de muncă compusă dintr-un

singur muncitor, chiar dacă distanța medie de colectare a fost mult mai redusă în cazul studiului condus de ei. Această diferență poate fi rezultatul unor volume medii pe sarcină mult mai mari în cazul de față ( $0.684 \text{ m}^3$ ) comparativ cu cele raportate de Magagnotti și Spinelli (2011a) care au fost de ordinul a  $0,33\text{-}0,39 \text{ m}^3$ . Întârzierile din prezentul studiu reprezentând circa 46% din totalul timpului consumat (36688 secunde) au fost datorate în mare parte faptului că două atelaje separate au trebuit să lucreze pe același traseu de colectare.

Relația de dependență între productivitatea muncii și distanța de colectare pentru condițiile studiate este redată în **Figura 11**. După cum se poate observa, atât productivitatea netă cât și productivitatea brută scad simțitor odată cu creșterea distanței de colectare. Astfel, prin excluderea întârzierilor de diferite naturi, productivitatea netă poate ajunge, în condițiile date, la circa  $4 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  pentru o distanță de colectare de circa 150 m, și scade semnificativ la circa  $2 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , practic înjumătățindu-se pentru o distanță de colectare de circa 450 m. Alura curbei pentru productivitatea brută este atenuată de prezența întârzierilor înregistrate, un fapt care, la luarea în considerare a aceluiași supoziții ar conduce la o productivitate de circa  $2 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  pentru o distanță de colectare de 150 m respectiv la o productivitate brută de circa  $1 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  pentru o distanță de colectare de 450 m, reprezentând, datorită întârzierilor (46% din consumul de timp) circa jumătate din productivitatea netă.

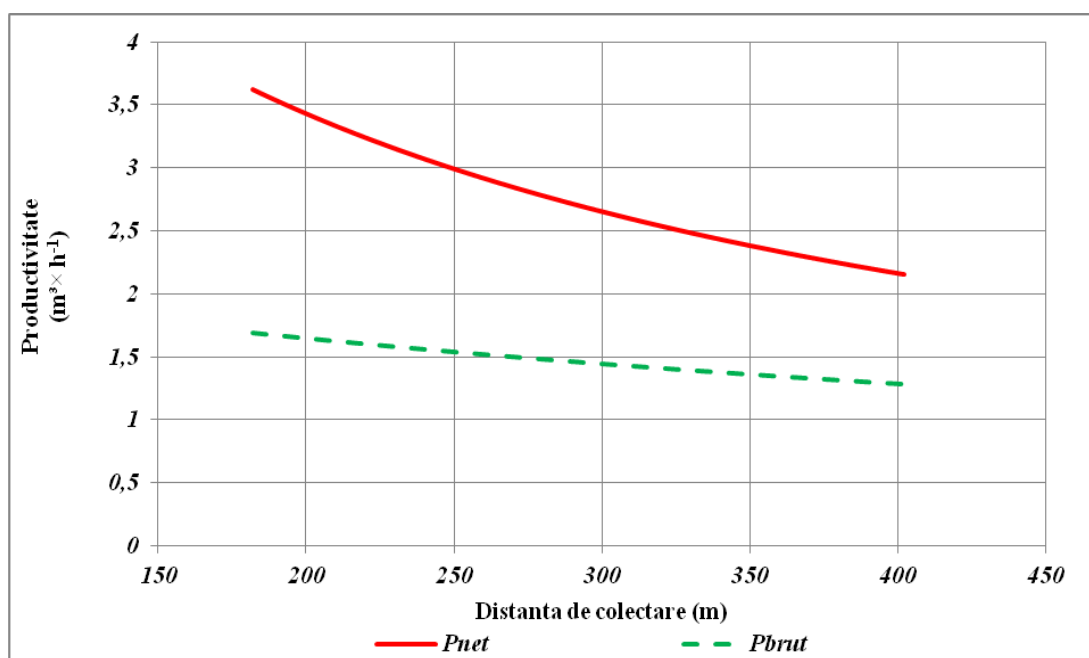


Figura 11. Relația dintre productivitatea muncii și distanța de colectare în condițiile date

Dat fiind faptul că majoritatea întârzierilor au fost provocate de întâlnirea frecventă pe un același traseu de colectare a două echipe de muncă deservind atelajele în cauză, ar fi fost de așteptat ca productivitatea muncii în ipoteza unui management operațional îmbunătățit să fi crescut la circa  $2,0 - 2,5 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  în condițiile studiate.

#### 4.4. Concluzii

Atelajele reprezintă de multe ori singura alternativă tehnică ce poate fi utilizată pentru realizarea unor operații de colectare a lemnului, fiind utilizate majoritar pentru adunatul masei lemnoase pe trasee scurte, cazuri în care se poate obține un nivel de performanță acceptabil. Rezultatele studiului de față, care indică o productivitate de numai circa  $1,4 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  pentru condițiile unei distanțe de colectare medii de circa 310 metri conduc la concluzia că astfel de

echipamente forestiere ar trebui să fie limitate în uz la distanțele recomandate de Oprea (2008), respectiv ar trebui să fie utilizate în tandem cu mijloace de colectare cu capabilități superioare, un fapt care poate să aibă, de asemenea, implicații asupra modului de dezvoltare a rețelelor de colectare a lemnului, relaționat direct cu practicile managementului forestier.

Implicațiile utilizării statisticilor și modelelor prezentate în acest studiu sunt similare aspectelor prezentate în [paragraful 3.2.3.2.](#), un fapt care ar trebui să conducă la extinderea unor astfel de studii prin luarea în considerare a unei plaje mai ample de variație a factorilor prezentați în acest studiu, respectiv prin includerea în studiu și a altor factori. Acest lucru devine mult mai importat, cu cât rezultatele obținute în acest studiu diferă semnificativ de cele incluse în normele și normativele de muncă. Mai mult, ultimele sunt redată pe categorii care au limite prea ample.

## 5. Evaluarea performanțelor operaționale ale tractoarelor skidder în operații de colectare a lemnului

### 5.1. Sinteza preocupărilor naționale și internaționale în evaluarea performanțelor tractoarelor skidder în operații de colectare a lemnului

#### 5.1.1. Introducere

Livrarea lemnului în cantitatea, la calitatea și în locația cerută de industrie, implică, printre alte lucruri, mai multe transformări ale arborilor pe picior în termeni de formă și locație (Oprea 2008). Necesitatea de a reduce presiunea asupra ecosistemelor forestiere, concomitent cu creșterea performanței în activitățile de extracție a lemnului a condus oamenii din știință și din activitatea de producție la dezvoltarea unui număr de sisteme tehnice de aplicat în operații forestiere de extracție a lemnului, care, în zilele noastre asociază echipamente forestiere cu caracterizabile prin performanță ridicată și care, în anumite medii de operare sunt caracterizate de capabilități specifice. Printre multitudinea de echipamente forestiere ce se utilizează în operații de extracție a lemnului, tractoarele de tip skidder sunt unele dintre cele mai utilizate mașini forestiere. Exceptând țările nordice, astfel de echipamente forestiere sunt larg utilizate atât la nivel european cât și pe restul globului. Printre modelele constructive disponibile în zilele noastre se pot enumera unele subtipuri pe baza caracteristicilor tehnico-operaționale (Oprea 2008). Mai mult, tractoarele agricole pot fi echipate sau adaptate pentru a li se extinde capabilitățile și funcționalitatea în vederea realizării de operații de colectare. Din categoria tractoarelor de tip skidder, cele dotate cu trolii pentru adunatul masei lemnoase (*eng. winch skidder*), cele dotate cu braț pe care se montează un clește hidraulic cu fălcile orientate în jos (*eng. grapple skidder*) ca și tractoarele agricole adaptate pentru operații forestiere pot reprezenta categoriile de echipamente forestiere cel mai des utilizate din categoria mai largă a tractoarelor, din moment ce acest tip de tractoare a fost descris de multe studii. În cazul cel mai complex, funcțiile tehnice pe care un tractor skidder le poate realiza sunt similare celor descrise de Heinemann *et al.* (2001) pentru sistemele cu cablu utilizate în Europa Centrală. Funcția de transport este comună tuturor tractoarelor skidder aceasta facilitând desfășurarea unor elemente cum ar fi cursele în gol, oprirea și manevrarea la locul de adunat sau de atașare a sarcinii de apropiat, deplasarea sarcinii la platforma primară și oprirea. Depinzând de dispozitivele cu care sunt echipate, prin urmare de tipul constructiv al tractorului, funcțiile de ridicare și manipulare sunt realizate separat, iar acestea facilitează, în principal, semisuspendarea sarcinii înainte de efectuarea cursei în plin ca și lăsarea sarcinii la sol în platforma primară. Funcțiile de manipulare suportă, de asemenea, acțiuni cum ar fi atașarea-eliberarea sarcinii, stivuirea pieselor de lemn în platforma primară etc. Dispozitivele cele mai comune care facilitează funcțiile de ridicare și manipulare sunt cablurile acționate de trolii, cleștii acționați hidraulic, și macaralele utilizate pentru încărcarea și descărcarea cleștilor. Funcția de tras mecanic prin utilizarea cablurilor acționate de trolii este specifică tractoarelor de tip *winch skidder*, iar acestea se referă la tracțiunea pieselor prin intermediul cablurilor la care acestea se leagă, un fapt care facilitează utilizarea unui tractor cu troliu în trei locuri de muncă distincte: la locul de recoltare (adunat), pe traseele de colectare și în platformele primare. Performanțele operațiilor de colectare cu tractoare de tip skidder sunt subiectul multor variabile, inclusiv de practicile care se utilizează în diferite zone forestiere. Ca măsură a performanței, productivitatea la operații de colectare cu tractoare skidder, este afectată de factori cum ar fi distanța de extracție, mărimea sarcinii medii deplasate, ultima fiind direct afectată de practicile utilizate. Până în momentul de față, s-au acumulat o serie de cunoștințe legate de performanțele operațiilor de colectare cu tractoare de tip skidder, după cum s-au întreprins destul de multe studii vizând evaluarea consumului de timp și a productivității muncii. Scopul acestui studiu a fost de a revizui practicile aplicate în operații de



colectare a lemnului cu tractoare de tip skidder, prin focalizarea studiului în direcția relațiilor dintre indicatorii performanței și variabilele operaționale, după cum unele dintre ultimele pot fi expresia practicilor aplicate în astfel de operații. Obiectivele prezentului studiu au fost de a: (i) extrage date relevante din studii ce au adresat operații de colectare cu tractoare de tip skidder, (ii) compara practicile românești din operațiile forestiere de colectare a lemnului cu tractoare cu cele internaționale și (iii) de a evidenția modul în care practicile folosite pot afecta performanțele în operații de colectare a lemnului cu astfel de tractoare.

### 5.1.2. Metodologie

Pentru colectarea datelor necesare s-a recurs al un studiu de sinteză pentru care a fost necesară căutarea de informație în bazele de date internaționale grupând articole științifice pe problema studiată. Cu mențiunea că date importante ar fi putut fi conținute în articole publicate în diferite limbi de circulație internațională, în studiul de față s-au luat în considerare doar acele studii care au fost publicate în limbile română și engleză, iar selectarea referințelor bibliografice s-a realizat prin luarea în considerare a unor articole relativ recente dat fiind faptul că practicile forestiere în acest sens au suferit modificări pe parcursul timpului. Totuși, unele publicații mai vechi au fost incluse, de asemenea, și în studiul de față. Datele culese din diferite studii și incluse în studiul de față s-au referit la diferite variabile relaționate cu tipul de echipament forestier studiat (producător, tip, funcții), organizarea muncii (tipul operațiilor studiate), variabile ale mediului fizic (tipul extracției, compoziția arboretelor, volumul arborelui mediu, declivitatea terenului), variabile relaționate într-un mod sau altul cu practicile utilizate (volumul pieselor deplasate, distanțele medii de adunat, declivitatea terenului pe traseele de adunat, volumul sarcinilor deplasate în operația de apropiat, distanța de apropiat, declivitatea traseelor de apropiat), variabile experimentale (numărul de observații statistice), variabile reprezentând intrări în sistemele analizate (timp consumat la adunat, apropiat și la lucrările din platformele primare), ca și indicatori derivați ai performanței (productivitatea). Studiile luate în considerare au acoperit o perioadă de circa 30 de ani (1986-2015), și au fost conduse în regiuni (țări) reprezentând o acoperire justă la nivel internațional și european. Dintre cele 29 de studii adresând în mod specific operațiile de colectare a lemnului cu tractoare de tip skidder, cinci au fost selectate ca fiind conduse în condițiile operaționale românești, abordare care a fost necesară pentru a se efectua comparațiile necesare. Datorită faptului că unele dintre studii s-au concentrat pe mai mult de o condiție operațională sau tip de echipament forestier, datele colectate au fost structurate pe tratamente conturate în jurul condițiilor descrise de fiecare studiu în parte, rezultând, în acest fel, un număr de 56 de tratamente luate în studiu. Date fiind standardele de raportare a datelor, unele dintre rezultatele identificate au necesitat conversii pentru a se ajunge la termeni comuni în efectuarea comparațiilor. Unele dintre transformările necesare au fost cele legate de conversii din sistemul imperial în cel metric, respectiv conversii de date privind consumul de timp. După cum se precizează în Magagnotti și Spinelli (2012), producția realizată poate să fie raportată în diferite unități de măsură incluzând aici numărul de piese, volumul, masa etc. În timp ce importanța studiilor ce au utilizat drept unitate de măsură masa în stare uscată nu este de neglijat, în acest studiu s-au luat în considerare doar acele referințe care au raportat producția în sub formă de volum, tot din considerate legate de posibilitatea efectuării de comparații.

Deși studiile de tipul review-urilor sistematice sunt cunoscute drept o unealtă de cercetare capabilă să producă rezultate de o acuratețe și încredere ridicată prin abordări de tipul meta-analizelor, în acest studiu, astfel de proceduri au fost, mai degrabă, greu de implementat dat fiind faptul că studiul de față s-a concentrat pe un număr mare de variabile de colectat și analizat, dintre care, în cazul unora nu s-au găsit valori declarate în studiile analizate. Prin urmare, studiul

de față are, mai degrabă, un caracter narativ, dar, include și anumite măsuri pentru variabilele în cazul cărora s-au putut identifica suficiente date.

### 5.1.3.Rezultate

#### 5.1.3.1.Tipuri constructive, funcții și puteri nominale

Se pare că unul dintre cele mai studiate tractoare de tip skidder a fost modelul constructiv Timberjack 240C, utilaj dotat cu trolu pentru adunatul masei lemnoase ([Behjou 2010](#); [Gholami și Majnounian 2008](#); [Mousavi 2012](#); [Nikooy et al. 2013b](#); [Sabo și Porsinsky 2005](#); [Wang 2004](#)), în timp ce unele dintre studii, cum ar fi cel condus de Kluender *et al.* (1997) au luat în considerare mai multe echipamente forestiere și condiții operaționale. În urma analizei datelor, s-a constatat faptul că tractoarele agricole adaptate pentru operații forestiere de colectare a lemnului încă sunt subiectul investigației în termeni de performanță, din moment ce 41% (23) dintre tratamentele analizate au adresat acest tip echipament forestier. Un studiu foarte extins privind utilizarea tractoarelor agricole adaptate pentru operații forestiere a fost cel condus de Spinelli și Baldini (1992), studiu care a furnizat și datele necesare pentru conturarea a 10 dintre tratamentele incluse în prezentul studiu. De asemenea, se pare că, în ultima perioadă, s-a manifestat un interes crescut în conducerea de studii adresând performanțele tractoarelor agricole adaptate pentru operații forestiere. Astfel de studii au fost conduse în medii operaționale specifice unor țări precum Croația ([Zecic et al. 2005](#)), Grecia ([Gallis și Spyroglou 2012](#)), Iran ([Gilanipoor et al. 2012](#)), Italia ([Spinelli et al. 2012](#); [Magagnotti și Spinelli 2011a,b](#)), Turcia ([Öztürk 2010a,b](#); [Öztürk și Senturk 2010](#); [Öztürk 2014](#)), și România ([Bîrda 2013](#)). În studiile investigate, tractoarele agricole au fost echipate cu trolii, aspect ce le-a permis exercitarea unor funcții tehnice specifice unui tractor de tip *winch-skidder*. Majoritatea dintre acestea au fost descrise ca având un sistem de rulare pe roți (pneuri), variantă constructivă care este mai performantă și mai puțin agresivă decât cea pe șenile ([Spinelli et al. 2012](#)). Din cele 29 de studii, un număr de 27 au raportat date cu privire la puterea nominală a echipamentelor analizate. Trei dintre tratamente s-au conturat în jurul tractoarelor de tip *grapple skidder*. Puterea nominală minimă, după cum aceasta a fost raportată, a fost de 40 kW, indiferent de tipul tractorului studiat, în timp ce puterea nominală maximă a fost de 118 respectiv 130 kW pentru tractoarele agricole respectiv cele de tip skidder, fapt ce a condus la concluzia că, în medie, în domeniul forestier se utilizează tractoare cu puteri nominale de circa 64 respectiv 77 kW pentru tractoarele agricole, respectiv cele de tip skidder. În România, tractoarele agricole adaptate pentru operații de colectare reprezintă o opțiune tehnică destul de comună pentru firmele de exploatare ([Sbera 2007](#)), în special în cazul celor mici. Această opțiune este favorizată de costurile de achiziție, întreținere și funcționare relativ mici, dar și de disponibilitatea pe piață a unor tractoare de construcție românească. Chiar și în aceste condiții, doar un studiu adresând utilizarea unor astfel de echipamente a fost identificat în condițiile românești. Este interesat, și merită a fi menționat faptul că, exceptând studiul condus de Spinelli și Baldini (1992), toate celelalte studii efectuate prin luarea în considerare a unor tractoare agricole adaptate pentru operații de colectare a lemnului au fost publicate după anul 2010. Prin urmare, practica utilizării tractoarelor agricole în operații forestiere încă mai captează atenția oamenilor de știință.

#### 5.1.3.2.Mediul operațional

Printre alți factori, tratamentul silvicultural și tipul tăierii joacă roluri cheie în selectarea echipamentelor forestiere de extracție a lemnului, deoarece capacitățile acestora trebuie să fie aliniate cu dimensiunile arborilor și masa lemnoasă ce se extrage de pe o suprafață dată ([Oprea](#)

2008). În general, tractoarele de tip skidder sunt capabile să opereze într-un domeniu larg de condiții operaționale legate de tratamentul silvicultural, volumul mediu al arborelui și volumul de extras. În 47 dintre tratamentele studiate, tratamentul silvicultural a fost raportat de către autorii studiilor, identificându-se, din acest punct de vedere, un domeniu destul de larg în care au fost utilizate astfel de tractoare, începând cu răriturile și sfârșind cu tăierile rase. Din cele 56 de tratamente, în 39 dintre cazuri operațiile studiate s-au realizat în păduri de foioase, iar în 28 dintre cazuri s-a precizat și volumul arborelui mediu, acesta variind între  $0,046 \text{ m}^3 \times \text{fir}^{-1}$  (Spinelli și Baldini 1992) și  $4,600 \text{ m}^3 \times \text{fir}^{-1}$  (Borz et al. 2013), cu o medie de circa  $1,320 \text{ m}^3 \times \text{fir}^{-1}$ . Este cunoscut faptul că între tractoarele agricole adaptate pentru operații forestiere și tractoarele de tip skidder pot să existe diferențe în termeni de capabilitate, primele necesitând trasee sau drumuri de tractor cu declivități mult mai mici (Oprea 2008). În timp ce acest aspect va fi acoperit în secțiunile de mai jos, merită menționat aici faptul că valorile precizate de diferite studii în ceea ce privește declivitățile generale ale terenului au variat destul de mult. În 36 dintre tratamentele analizate, autorii au inclus descrieri cu privire la declivitatea generală a terenului care a reprezentat mediul operațional pentru echipamentele studiate, fie ca domeniu de variație, fie ca valoare medie. Sabo și Porsinsky (2005) au indicat faptul că declivitatea terenului în studiul condus de ei a fost cuprinsă între 0 - 20 și 10 - 25% pentru cele două cazuri analizate pentru un tractor skidder, în timp ce Gilanipoor et al. (2012) care au studiat performanțele unui tractor agricol adaptat pentru operații forestiere de colectare a lemnului au indicat o declivitate a terenului mai mică de 15%. După cum a reieșit din studiile analizate, declivitatea locală a terenurilor forestiere ce au constituit mediul operațional pentru echipamentele studiate a variat între 0 (Vusic et al. 2013) și 61% (Magagnotti și Spinelli 2011a), indiferent de tipul de tractor studiat. De exemplu, Öztürk (2010a) a studiat performanțele unui tractor agricol adaptat pentru operații forestiere de colectare a lemnului pentru două categorii de distanțe de colectare, caracterizând declivitățile terenurilor în cauză ca fiind cuprinse între 25 și 45%. În conformitate cu studiile realizate în România, este specific faptul că tractoarele de tip skidder se utilizează în terenuri cu declivitate accentuată. Numai unul dintre studiile efectuate în România a indicat o declivitate locală de 5% (Borz et al. 2015), în timp ce celelalte au fost realizate în locații cu declivități cuprinse între 30 (Borz et al. 2014d) și 58% (Borz et al. 2013). În timp ce la operația de apropiat declivitatea locală poate să nu afecteze în mod particular performanța tractoarelor, datorită unor declivități mai reduse ale traseelor și drumurilor de tractor, la operații de adunat cu trolul montat pe tractor, performanța poate fi afectată de către declivitatea locală a terenului. De asemenea, în astfel de condiții, sunt necesare frecvent drumuri de tractor săpate, situație ce poate declanșa sau accentua fenomene erozionale.

### 5.1.3.3. Organizarea muncii și operații studiate

Studiile adresând performanța unor echipamente forestiere pot fi conduse la diferite rezoluții (Magagnotti și Spinelli 2012), iar, în conformitate cu scopul lor, ele pot să fie focalizate asupra unui echipament dat sau asupra unui întreg sistem tehnic ce se analizează. În general, operațiile de colectare cu tractoare de tip skidder se desfășoară în trei locuri de muncă: locul de adunat, traseul sau drumul de tractor și platforma primară. Cinci dintre tratamentele luate în studiu au descris doar operația de adunat, toate fiind conduse în condițiile forestiere românești (Bîrda 2013; Borz et al. 2014e). Operația de adunat cu trolul montat pe tractor poate să reprezinte un consumator mare de energie și timp în terenuri accidentate (Magagnotti și Spinelli 2012). În toate resursele analizate, organizarea specifică a muncii a fost similară oricărui studiu realizat asupra unor tractoare de tip skidder. Două dintre tratamentele analizate au adresat doar operația de apropiat, 26 au adresat operațiile de adunat și apropiat și 21 au inclus toate operațiile pe care tractoarele de tip skidder le pot realiza. Exceptând unele diferențe minore cum ar fi necesitatea de deplasare a tractorului pe suprafața platformei primare, caz în care viteza de deplasare este mult mai mare comparativ cu apropiatul înspre amonte (Zecic et al. 2005) practicile utilizate în termeni

de organizare a muncii au fost asemănătoare, după cum acestea au fost descrise în majoritatea studiilor.

#### 5.1.3.4. Practici

La utilizarea tractoarelor pentru colectarea lemnului, deplasarea sarcinilor înspre aval prezintă mai multe avantaje față de colectarea înspre amonte. Unul dintre avantaje constă din utilizarea unei cantități de energie mai mici dat fiind faptul că direcția naturală de gravitare a lemnului acționează în sensul deplasării sarcinii. Totuși, în anumite cazuri particulare, deplasarea sarcinilor la operația de apropiat nu este posibil de realizat înspre aval. În conformitate cu rezultatele studiului de față, în 38 dintre cele 56 de tratamente studiate, autorii au precizat direcția în care sarcinile au fost deplasate în raport cu declivitatea terenului. Deplasarea lemnului înspre amonte a avut loc în 24% dintre cazuri, aspect ce a fost studiat atât pentru tractoare specializate ([Ghaffariyan et al. 2013](#); [Öztürk și Sentürk 2010](#); [Vusic et al. 2013](#)) cât și pentru tractoare agricole adaptate pentru operații forestiere de colectare a lemnului ([Öztürk 2010a,b](#); [Zecic et al. 2005](#)). Totuși, practicile ce implică deplasarea lemnului înspre aval au fost cel mai des studiate, iar acestea reprezintă o particularitate pentru mediul operațional românesc unde, infrastructura de transport forestier este dezvoltată, în mare majoritate, pe văile principale.

În ceea ce privește lungimile pieselor deplasate, unele dintre studii au raportat explicit valori medii legate de această variabilă, în timp ce alte studii au precizat fie domeniul de variație fie metoda de extracție utilizată ([Spinelli și Baldini 1992](#)). Astfel, 32 dintre tratamentele analizate în acest studiu au raportat, într-un fel sau altul, lungimile pieselor deplasate. Mousavi ([2012](#)) care a studiat efectul lungimii pieselor colectate asupra performanței tractoarelor skidder la colectarea lemnului în condițiile forestiere din Iran, a separat lungimile respective în două categorii: maximum 5,2 metri (lungimi mici) și minimum 7,2 metri (lungimi mari). Pentru colectarea înspre amonte în condițiile Turciei, Öztürk și Sentürk ([2010](#)) au precizat un domeniu de variație pentru această variabilă cu valori între 2,5 și 6 metri, în timp ce Öztürk ([2014](#)) a descris lungimea pieselor deplasate ca variind între 12 și 18 metri la studiul asupra unui tractor agricol adaptat pentru operații forestiere de colectare a lemnului, având o putere nominală apropiată de cel precizat în studiul anterior. În extracția spre aval a lemnului provenit din rărituri, Spinelli et al. ([2012](#)) au descris lungimi ale pieselor deplasate cuprinse între 2,3 și 5,2 metri pentru două tractoare având aceeași putere nominală, dintre care unul de construcție italiană și unul de construcție croată. Restul tratamentelor analizate au raportat lungimi ale pieselor deplasate cuprinse între 3,90 ([Horvat et al. 2007](#)) și 20,12 metri ([Borz et al. 2014d](#)), cu o medie în jurul valorii de 9 metri. Studiile realizate în România au indicat valori cuprinse 9,50 ([Borz et al. 2014d](#)) și 20,12 metri ([Borz et al. 2014e](#)), cu o medie de circa 13 metri, aspect care este relaționat cu metodele de extracție utilizate, în condițiile în care metoda trunchiurilor și catargelor este frecvent utilizată în regiunile montane ([Sbera 2007](#)). Comparativ cu practicile utilizate în alte zone geografice, este destul de evident faptul că operațiile de colectare a lemnului conduse prin utilizarea tractoarelor skider sunt diferite în termeni de lungime a pieselor colectate, dar aceste practici pot fi asociate cu necesitatea de a echilibra productivitatea muncii în condițiile în care distanțele de colectare în România sunt mari.

Dacă se asociază și cu mărimea arborilor, dimensiunile mai mari ale pieselor de lemn tractate generează volume mai mari pe sarcină. Șase dintre tratamentele analizate au raportat volumul mediu pe piesa deplasată în condițiile românești, cu valori cuprinse între 1,023 și 2,284  $m^3 \times \text{piesă}^{-1}$  și o medie de 1,489  $m^3 \times \text{piesă}^{-1}$ . Prin comparație cu restul tratamentelor analizate, valoarea medie în condițiile românești a fost semnificativ mai mare din moment ce, conform acestora, valoarea medie a fost de 0,837  $m^3 \times \text{piesă}^{-1}$  (0,100-2,780  $m^3 \times \text{piesă}^{-1}$ ). În timp ce practici similare celor românești au fost raportate de Ghaffariyan et al. ([2013](#)) pentru unele dintre condițiile forestiere iraniene (2,780  $m^3 \times \text{piesă}^{-1}$ ), valoarea medie privind această variabilă, după cum a fost raportată în tratamentele analizate a fost de 1,015  $m^3 \times \text{piesă}^{-1}$ .

Distanța medie de adunat a fost identificată în 27 dintre tratamentele analizate, căpătând o valoare medie, pentru toate datele luate în studiu, de circa 16 metri, cu variație cuprinsă între 7 (Spinelli și Baldini 1992) și 23 m (Bîrda 2013; Borz et al. 2014e). În această privință, tratamentele specifice mediului operațional românesc, au indicat o valoare medie de 14 metri, dar, după cum este descris în unele studii, operațiile de adunat cu troliul montat pe tractor pot fi realizate pe distanțe depășind 50 de metri (Borz et al. 2014e, Ghaffariyan et al. 2013), un fapt care poate afecta performanța în astfel de operații.

Considerate ca variabile adiționale, declivitatea terenului pe traseele de adunat ca și direcția de adunat raportat la declivitatea terenului pot să afecteze performanța în operații de adunat (Borz et al. 2014e; Magagnotti și Spinelli 2012).

Volumul sarcinilor deplasate și distanța de apropiat afectează productivitatea la operațiile de colectare. Distanța de apropiat reprezintă cea mai semnificativă variabilă ce poate explica consumul de timp în astfel de operații, după cum multe dintre studiile analizate au evidențiat acest fapt prin modelare. În condițiile unor distanțe de apropiat egale, variațiile sarcinilor medii deplasate afectează productivitatea muncii. Sarcina medie pe cursă este relaționată cu volumul mediu al pieselor deplasate și cu numărul de piese dintr-o sarcină. 47 dintre tratamentele analizate au descris numeric sarcinile medii deplasate în operația de apropiat, variabilă pentru care s-au raportat valori cuprinse între 0,58 (Spinelli și Baldini 1992) și 7,12 m<sup>3</sup> (Borz et al. 2014d) cu o medie de 2,40 m<sup>3</sup>. În studiile conduse în România, valoarea medie a fost de 4,88 m<sup>3</sup>, fiind aproape de 2,5 ori mai mare decât media extrasă din restul tratamentelor (2,041 m<sup>3</sup>). Valori similare au fost raportate de Horvat et al. (2007) respectiv Sabo și Porsinsky (2005) în condițiile unor extracții selective în pădurile din Croația. Numărul mediu de piese deplasate la o cursă a variat între 1,17 și 23,00, ultima dintre valori fiind specifică unor piese de dimensiuni foarte mici (Spinelli și Baldini 1992).

Una dintre particularitățile studiilor efectuate în România a fost cea legată de distanțele de apropiat care au fost mari, fiind relaționate cu densitatea redusă a infrastructurii de transport forestier (Oprea 2008). În timp ce nu se pot face presupuneri cu privire la dezvoltarea locală a infrastructurii de transport forestier în diferite zone din care au provenit referințele analizate în acest studiu, o imagine în termeni de distanțe de medii de colectare se prezintă în Figura 12.

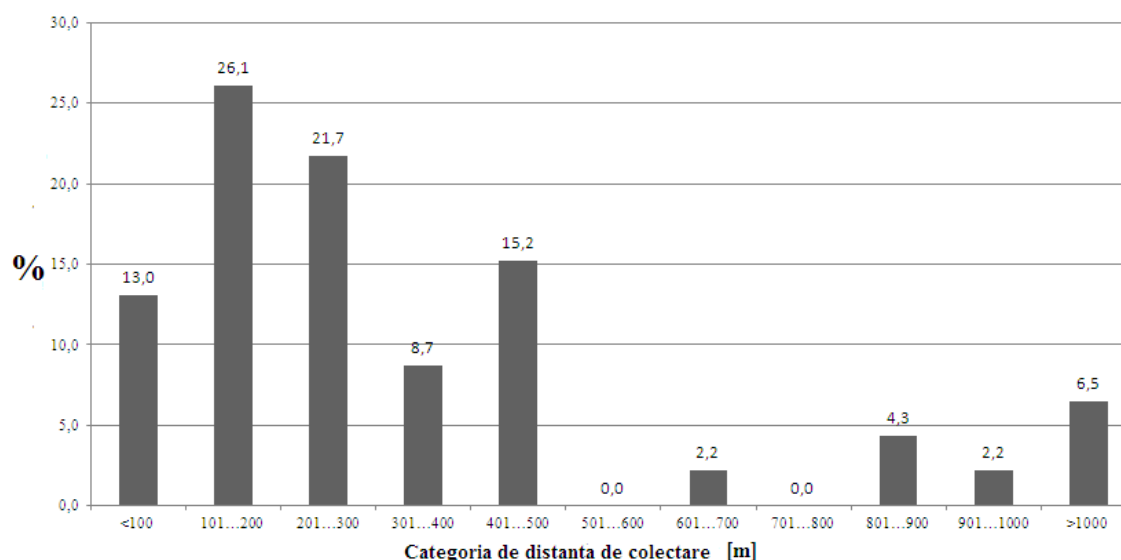


Figura 12. Distribuția tratamentelor analizate pe categorii de distanțe medii de colectare

După cum se poate observa, aproape 85% dintre tratamentele analizate au raportat distanțe medii de apropiat sub 500 de metri, și mai mult de 50% dintre cazurile analizate au fost specifice unor distanțe medii de apropiat de până la 300 de metri. Numai 3 dintre studiile analizate au raportat distanțe medii de apropiat mai mari de 1000 de metri, aspecte care prezintă o importanță

pentru mediul operațional românesc în care se pot înregistra distanțe de colectare depășind frecvent 1000 de metri, uneori ajungând să fie mai mari de 2 km (Borz *et al.* 2015). Este evident faptul că astfel de situații locale pot să conducă la practici cu totul diferite: creșterea sarcinii pe cursă, deplasarea unor piese mai lungi etc. Prin analizarea acelor tratamente în care distanța de apropiat a fost descrisă numeric, s-a constatat că distanța medie de colectare în studiile analizate a fost de circa 360 de metri, variind între 52 și 1706 m.

Declivitatea traseelor și/sau drumurilor de apropiat reprezintă un parametru important din moment ce ea poate să afecteze performanțele operațiilor de colectare cu tractoare skidder, în mod special cele legate de consumul de timp și energie (Oprea 2008), și poate constitui o limită tehnică pentru anumite tipuri constructive de tractor. Această variabilă este, de asemenea, relaționată cu practica în operații de colectare a lemnului cu tractoare de tip skidder, respectiv cu modul în care este dezvoltată infrastructura forestieră de colectare a lemnului în diferite regiuni, cunoscându-se faptul că, pe măsură ce declivitatea generală a terenului și declivitatea cu care este condus un traseu sau drum de tractor scade, volumele locale de pământ dislocate cresc (Oprea și Borz 2007). Valori pentru această variabilă au fost descrise fie numeric fie ca amplitudini de variație de către 31 dintre tratamentele studiate. Han și Renzie (2005) au precizat că declivitățile drumurilor de tractor în studiul lor au fost mai mici de 15%, valoare oarecum similară cu datele raportate pentru condițiile turcești de Öztürk și Sentürk (2010) respectiv Öztürk (2014) care au descris declivități între 2 și 12% și între 3 și 17%. Sabo și Porsinsky (2005) au descris valori de 8-16% și 32-34% pentru două situații operaționale din Croația. Restul tratamentelor analizate au fost utilizate pentru a calcula valori medii pentru această variabilă, medie ce a avut valoarea de circa 11%, variind între 2 și 21%. Pentru condițiile operaționale românești, datele extrase din studii au indicat o înclinare maximă a traseelor de tractor de circa 21%. Totuși, chiar dacă nu este documentat în acest studiu, există multe cazuri în care traseele de tractor au înclinări mai mari de 35%.

#### 5.1.3.5. Număr de observații

Multe dintre statisticile furnizate de studiile adresând performanța în operații forestiere se bazează pe un număr particular de observații, aspect care se referă la un număr de șiruri culese pentru variabile dependente (timp, consum de energie etc.) și pentru variabile independente (de proces) deoarece, într-un mod sau altul, cele două tipuri de variabile vor fi relaționate. Un număr de 39 de tratamente analizate au raportat numărul de observații care au stat la baza estimărilor ce s-au realizat pentru operațiile studiate. Numărul de observații luate în studiu pentru operația de adunat a variat între 34 și 284 (Borz *et al.* 2014e), cu o valoare medie de 138 pentru acele tratamente (6) în care acest tip de observații a putut fi identificat. Numărul de observații la operația de apropiat a variat între 34 până la peste 300 (Han and Renzie 2005). Pentru un număr de 15 tratamente care au studiat la nivel de ciclu de muncă operațiile de adunat și de apropiat, numărul de observații a variat între 41 și 150, cu o valoare medie de 57 de observații. Pentru acele tratamente în care s-au inclus și operațiile realizate în platformele primare, numărul de observații a variat între 28 și 143, cu o valoare medie de 59 de observații.

#### 5.1.3.6. Indicatori ai performanței: consumul de timp și productivitatea

În **Tabelul 19** se prezintă o imagine de ansamblu cu privire la consumul de timp și productivitatea muncii la operațiile de colectare a lemnului cu tractoare skidder și tractoare agricole adaptate pentru operații forestiere de colectare a lemnului, inclusiv valorile medii ale unor variabile de proces după cum acestea au fost identificate în unele dintre tratamentele luate în studiu. Unele dintre tratamente au fost excluse datorită faptului că nu au existat anumite date

necesare în realizarea comparațiilor. De asemenea, unele dintre tratamente care au avut descrise doar operații de adunat lateral au fost, de asemenea excluse, dat fiind faptul că nu furnizau informația necesară realizării de comparații.

Tabelul 19. Consumul de timp, productivitatea și variabile de proces pentru unele dintre tratamentele analizate

Sursa	O	D	DA (m)	NP	VS (m <sup>3</sup> )	DAP (m)	TT (h)	P m <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup>
<a href="#">Behjou et al. 2010</a>	AT+A+PP	-	9,73	1,53	2,71	288,90	0,16	22,93
<a href="#">Behjou et al. 2010</a>	AT+A+PP	-	17,18	1,29	2,58	51,80	0,13	19,29
<a href="#">Borz et al. 2013</a>	AT+A	Aval	19,90	5,10	6,52	980,32	0,80	7,70
<a href="#">Borz et al. 2013</a>	AT+A	Aval	22,86	6,17	5,38	871,00	0,93	5,61
<a href="#">Borz et al. 2014d</a>	AT+A	Aval	23,02	3,00	7,12	1037,32	0,56	12,65
<a href="#">Borz et al. 2015</a>	AT+A+PP	Aval	8,66	6,48	4,89	1706,31	1,11	4,41
<a href="#">Brock et al. 1986</a>	AT+A+PP	Aval	-	4,00	2,00	198,00	0,24	7,65
<a href="#">Brock et al. 1986</a>	AT+A+PP	Aval	-	4,00	2,30	198,00	0,24	8,50
<a href="#">Brock et al. 1986</a>	AT+A+PP	Aval	-	4,00	2,36	198,00	0,25	8,50
<a href="#">Ghaffariyan et al. 2013</a>	AT+A+PP	Amonte	22,89	-	-	211,56	0,23	18,15
<a href="#">Ozturk și Senturk 2010</a>	AT+A	Amonte	-	-	1,49	55,00	0,10	14,58
<a href="#">Ozturk și Senturk 2010</a>	AT+A	Amonte	-	-	2,13	105,00	0,24	8,85
<a href="#">Ozturk 2010a</a>	AT+A	Amonte	-	-	2,15	140,00	0,19	11,35
<a href="#">Ozturk 2010a</a>	AT+A	Amonte	-	-	1,62	320,00	0,21	7,70
<a href="#">Ozturk 2010b</a>	AT+A	Amonte	-	-	1,49	55,00	0,10	14,40
<a href="#">Ozturk 2010b</a>	AT+A	Amonte	-	-	2,13	105,00	0,24	8,70
<a href="#">Ozturk 2014</a>	AT+A	Aval	-	2,00	2,39	295,00	0,24	9,91
<a href="#">Sabo și Porsinsky 2005</a>	AT+A+PP	Aval	-	5,30	4,20	170,00	0,25	11,30
<a href="#">Sabo și Porsinsky 2005</a>	AT+A+PP	Aval	-	5,70	4,40	130,00	0,26	11,30
<a href="#">Gholami și Majnounian 2008</a>	AT+A+PP	Aval	-	-	2,68	184,60	0,27	8,88
<a href="#">Gilanipoor et al. 2012</a>	AT+A	Aval	-	1,17	1,51	665,00	0,58	2,60
<a href="#">Mousavi 2012</a>	AT+A+PP	-	-	-	2,77	380,00	0,26	10,87
<a href="#">Mousavi 2012</a>	AT+A+PP	-	-	-	3,03	497,00	0,28	11,11
<a href="#">Mousavi et al. 2012</a>	AT+A+PP	Palier	-	5,75	2,20	253,00	0,31	7,11
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	7,00	3,10	3,04	362,00	0,33	8,62
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	20,00	3,00	1,05	95,00	0,31	2,91
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	16,00	2,80	0,58	458,00	0,40	1,26
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	16,00	23,00	1,60	471,00	0,79	1,66
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	12,00	17,00	2,16	493,00	0,49	4,24
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	9,00	14,30	1,86	420,00	0,46	3,48
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	7,00	4,30	2,47	1119,00	0,45	5,24
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	10,00	3,50	1,20	221,00	0,24	4,01
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	14,00	3,40	1,29	136,00	0,22	4,51
<a href="#">Spinelli și Baldini 1992</a>	AT+A	-	12,00	2,80	1,34	73,00	0,18	5,08
<a href="#">Spinelli et al. 2012</a>	AT+A	Aval	10,90	4,20	0,93	120,30	0,27	3,60
<a href="#">Spinelli et al. 2012</a>	AT+A	Aval	16,00	5,60	1,24	138,40	0,27	4,70
<a href="#">Magagnotti și Spinelli 2011a</a>	A	Aval	-	8,50	1,30	445,00	0,29	5,31
<a href="#">Magagnotti și Spinelli 2011a</a>	AT+A	Aval	-	4,60	0,80	206,00	0,41	2,27
<a href="#">Magagnotti și Spinelli 2011b</a>	AT+A	Aval	15,00	3,48	1,18	218,00	0,30	4,00
<a href="#">Vusic et al. 2013</a>	AT+A+PP	Aval	-	3,40	1,04	210,00	0,32	3,20
<a href="#">Vusic et al. 2013</a>	AT+A+PP	Palier	-	1,40	1,19	260,00	0,24	4,95
<a href="#">Wang et al. 2004</a>	AT+A	-	-	4,50	2,95	817,00	0,36	8,18

Notă: *O* - operații studiate, *D* - direcția de apropiat raportat la declivitate, *DA* - distanța medie de adunat, *NP* - numărul mediu de piese pe cursă (dintr-o sarcină), *VS* - volumul mediu al sarcinii, *DAP* - distanța medie de apropiat, *TT* - timp total fără întârzieri la nivelul operațional analizat, *P* - productivitatea medie la nivelul analizat, *AT* - adunat cu trolu montat pe tractor, *A* - apropiat cu tractor, *PP* - operații în platforma primară.

Totuși, în condițiile adunatului cu trolu montat pe tractor, în care se operează cu piese de lemn de dimensiuni foarte mari, tractoarele agricole adaptate pentru operații forestiere pot să ajungă la performanțe productive de ordinul a  $92 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  (Bîrda 2013). După cum se prezintă în Tabelul 19, consumul de timp la operațiile de colectare este influențat de distanțele de extracție și de numărul de piese ce formează o sarcină, iar productivitatea ca măsură derivată, este afectată de

practicile utilizate cum ar fi mărimea sarcinii medii ce se deplasează în astfel de operații. De exemplu, o sarcină mărită poate conduce la creșterea productivității într-o măsură dată, chiar dacă distanțele de operare sunt mari ([Borz et al. 2013](#); [Borz et al. 2014d](#)) dar, în asemenea cazuri, practicile respective pot produce un impact mai mare asupra solurilor forestiere și a arborilor remanenți. Un număr de 42 dintre tratamentele luate în studiu au fost utilizate pentru a se calcula statistici cu privire la consumul de timp și productivitatea muncii. Pentru tratamentele analizate, distanțele de colectare medii au variat între 52 și circa 1706 metri. În aceste condiții, consumul de timp mediu fără întârzieri la operații de colectare a variat între 0,1 și 1,1 ore, iar productivitatea medie a variat între 1,26 și 22,93 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>, cu o valoare medie de 7,89 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>.

#### 5.1.4. Discuții și concluzii

Acest studiu a vizat evaluarea practicilor utilizate în operații de colectare a lemnului cu tractoare de tip skidder pe baza rezultatelor raportate de studii reprezentând stadiul actual al cunoștințelor în domeniu. În principal, s-a urmărit cartarea performanțelor în astfel de operații în relație directă cu diferite variabile de proces, dintre care, unele au reprezentat chiar practicile utilizate. Separarea efectului pe care o variabilă dată poate să îl aibă asupra performanțelor în operații de colectare cu tractoare de tip skidder este dificil de realizat, un aspect ce se aplică și statisticilor ce pot fi extrase din studiile existente. Totuși, practicile în astfel de operații au fost diferite între diferitele regiuni în care s-au condus astfel de studii, iar în condițiile mediilor operaționale românești, trendul general a fost acela de a se crește sarcinile medii deplasate în operații de colectare pentru a se compensa pierderile de productivitate datorate unor condiții operaționale mai dificile cum ar fi distanțele foarte lungi la apropiat. În condițiile românești, acest efect este suportat de către utilizarea metodei trunchiurilor și catargelor în zone montane și de deal, condiții în care sunt necesare frecvent drumuri de tractor săpate, ultimele fiind destul de costisitoare și putând, în același timp, să declanșeze fenomene erozionale.

Deși în momentul de față se poate doar specula pentru condițiile unor terenuri accidentate, se pare că, în vederea reducerii costurilor implicate de operațiile de extracție a lemnului, există o tendință în creșterea distanțelor pe care se realizează adunatul lateral. Pe de altă parte, atunci când condițiile de teren locale în operații de adunat sunt mai facile, distanțele de adunat lateral au fost reduse și în regiunile forestiere românești ([Borz et al. 2015](#)). De asemenea, în timp ce unele dintre studiile efectuate până în prezent au acoperit destul de just distanțe de extracție de până la 500 de metri, în unele zone forestiere, aplicabilitatea rezultatelor acestora este limitată deoarece modelele dezvoltate nu pot fi extinse în afara domeniului de valori din care provin ([Zar 1974](#)). Mai mult, rezultatele pot fi afectate de alți factori cum ar fi variația indusă de comportamentul operațional al diferitelor echipe de muncă, atât din punct de vedere al experienței în muncă cât și din punct de vedere al practicilor utilizate. După cum este sugerat de Hiesl și Benjamin ([2014](#)) ar trebui să fie colectate date la nivel populațional pentru a se putea produce rezultate de încredere, iar condițiile și practicile locale ar trebui să se ia în considerare.

Totuși, rezultatele acestui studiu oferă o imagine de ansamblu asupra practicilor utilizate și pot să ajute în efortul de a explica cum acestea afectează performanțele în operații forestiere de colectare a lemnului cu tractoare de tip skidder.



## 5.2. Evaluarea performanțelor la adunatul cu trolul montat pe tractor

### 5.2.1. Introducere

Tractoarele de tip skidder sunt frecvent utilizate în operații forestiere de colectare a lemnului datorită unor avantaje importante legate, în primul rând, de mobilitatea și productivitatea crescută (Oprea 2008), capabilități și performanțe care pot reprezenta și unele dintre motivele pentru care astfel de echipamente forestiere sunt larg utilizate în operații forestiere prin comparație cu alte mijloace mecanizate (Sbera 2007; Demir și Bilici 2010; Dinev și Trichkov 2010). În România zilelor noastre, tractoarele de tip skidder ca și tractoarele de alte tipuri reprezintă principalele echipamente forestiere utilizate la colectarea lemnului (Sbera 2007), cu o proporție de participare în astfel de operații mai mare de 95%, un fapt care este oarecum similar și în țări apropiate, din punct de vedere al localizării geografice, de România (Demir și Bilici 2010; Dinev și Trinchov 2010).

Utilizarea amplă a acestui tip de echipament forestier în operații forestiere de colectare a lemnului a condus la efectuarea multor studii care au ținut evaluarea performanțelor operaționale, o sinteză a acestor studii fiind inclusă în [subcapitolul 5.1](#). Unele dintre studiile efectuate până în prezent au vizat producerea de modele empirice necesare în estimări (Behjou 2010; Behjou *et al.* 2008; Ghaffariyan *et al.* 2013; Kluender *et al.* 1997; Kluender *et al.* 1998; Mousavi 2012; Naghdi și Mohammadi 2009; Öztürk 2010a; Öztürk 2010b; Sabo și Poršinsky 2005; Spinelli *et al.* 2012; Spinelli și Magagnotti 2012; Vusić *et al.* 2013; Zečić *et al.* 2005; Wang *et al.* 2004) în timp ce altele au produs estimări privind productivitatea muncii (Horvat *et al.* 2007). Astfel de echipamente pot opera, prin funcțiile tehnice pe care le posedă, în trei locuri de muncă: la locul de adunat sau de atașat al sarcinii, pe traseul sau drumul de colectare și în platformele primare, identificându-se în acest fel trei operații în care tractoarele de tip skidder dotate cu trolul pot să participe: adunat, apropiat și operații în platforma primară.

În operații de adunat, consumul de timp a fost subiectul exprimării în funcție de distanța de adunat și, uneori, în funcție de numărul de piese sau volumele sarcinilor tractate (Behjou *et al.* 2008; Mousavi 2012; Spinelli și Magagnotti 2012; Zečić *et al.* 2005), ultimele reflectând, în esență, numărul de cicluri de adunat.

Operația de adunat cu trolul montat pe tractor, este caracterizată de un nivel intermediar de mecanizare, iar, în cadrul unui ciclu de muncă dat, majoritatea elementelor de muncă sunt realizate de către muncitori, fără sprijinul funcțional al mașinii. Astfel de operații sunt conduse frecvent în terenuri accidentate, caz în care efectul performanței muncitorului în variația consumului de timp ar putea să capete o pondere mult mai însemnată. Prin urmare, utilizarea doar a distanței de adunat ca variabilă independentă în explicarea consumului de timp în astfel de operații poate să devină limitativă în contextul estimării unor modele de predicție. Efectul elementelor de muncă nemecanizate devine important în cazul terenurilor accidentate. Astfel, variația consumului de timp implicat de deplasarea muncitorului cu cablul de sarcină poate fi afectată, pe lângă variația generată de distanță, de alți factori, precum declivitatea și sensul de deplasare a muncitorului în relație cu declivitatea terenului (înspre amonte, înspre aval), și chiar de masa pe care acesta trebuie să o deplaseze, masă ce rezultă din cablul tractat, caz în care materialul din care acesta este confecționat poate să ușureze sau să crească dificultatea muncii (Magagnotti și Spinelli 2012).

Considerată ca element de muncă, operația de adunat cu trolul montat pe tractor poate necesita durate importante de timp din structura totală a timpului de colectare, depinzând în primul rând de distanțele medii pe care se realizează operația de adunat, respectiv operația de apropiat. În acest context, unele dintre studiile efectuate până în prezent au raportat consumuri de timp între 13 (Behjou 2010) și 43% (Horvat 2007) din timpul total consumat la colectarea lemnului, situații în care este destul de probabil ca proporții mai mici să se înregistreze în cazul

unor distanțe de adunat scurte și a unor distanțe de apropiat lungi. Multe dintre studiile conduse până în prezent au raportat proporții de participare a consumului de timp la adunat în consumul total de timp la colectarea cu tractoare de tip skidder mai mari de 25% ([Behjou 2010](#); [Behjou et al. 2008](#); [Ghaffariyan et al. 2013](#); [Mousavi 2012](#); [Özturk 2010a](#); [Özturk 2010b](#); [Sabo și Poršinsky 2005](#); [Spinelli și Magagnotti 2012](#)).

Studiul ce se prezintă în continuare a vizat testarea unor ipoteze legate de influența unor condiții operaționale asupra variației consumului de timp la operația de adunat cu troliul montat pe tractor, ca și la identificarea acelor variabile operaționale care devin semnificative în explicarea consumului de timp specific diferitelor elemente de muncă ce pot fi identificate într-un ciclu de muncă de adunat cu troliul montat pe tractor. Pentru atingerea scopului prezentului studiu, s-au selectat două tractoare skidder de producție românească ce au operat simultan în două tipuri de extracții, asupra cărora s-au condus studii extensive de timp, plecându-se de la următoarele presupuneri: (i) variația distanței de adunat lateral influențează variația consumului de timp specific unor elemente de muncă cum ar fi tractarea cablului de sarcină de către operator, trasul mecanic, ca și la nivel de ciclu de muncă; (ii) variația declivității terenului pe direcția de desfășurare a cablului de sarcină afectează variația consumului de timp la tractarea manuală a cablului de sarcină, ca și la nivelul unui ciclu de muncă; (iii) direcția de tractare a sarcinii la adunatul cu troliul montat pe tractor (înspre amonte, înspre aval) influențează variația consumului de timp la tractarea manuală a cablului de sarcină, ca și la nivelul unui ciclu de muncă, respectiv (iv) alte variabile considerate drept variabile independente ale mediului operațional, cum ar fi condițiile generale din cele două locuri de operare și comportamentul operațional al echipelor de muncă influențează variația consumului de timp specifică diferitelor elemente de muncă, și, considerate împreună, toate variabilele luate în studiu influențează variația consumului de timp la nivelul unui ciclu de muncă de adunat cu troliul montat pe tractor.

## 5.2.2. Materiale și metode

### 5.2.2.1. Localizarea studiului

Studii detaliate vizând colectarea datelor necesare din teren au fost implementate în primăvara anului 2012 în două parchete montane (**M1** și **M2**) localizate în două unități de producție diferite (UP I Barcani și UP I Țăranu) în vecinătatea localității Sita Buzăului, județul Covasna, România. Aceste parchete au fost localizate în Munții Siriu-Buzău, respectiv în Munții Podul Calului. Datele descriptive generale privind unitățile amenajistice în care s-au constituit parchetele în cauză sunt redate în [Tabelul 20](#).

Tabelul 20. Caracteristicile parchetelor luate în studiu

Specificații	Valori descriptive	
Nume	Bota - <b>M1</b>	Pârâul din Mijloc - <b>M2</b>
Locație	45° 37' 31" N - 26° 09' 48" E	45° 39' 46" N - 26° 10' 12" E
Tratament și tipul tăierii	Tăieri accidentale	Tăieri succesive
Suprafața (ha)	50,10	10,20
Declivitatea terenului (%)	47	58
Compoziția	75Brad-21Molid-4Fag	96Fag-3Molid-1Brad
Volum de extras (m <sup>3</sup> )	414	3020
Volumul arborelui mediu (m <sup>3</sup> ×fir <sup>-1</sup> )	1,4	4,6

Pe durata colectării datelor, s-au supus observațiilor două tractoare skidder dotate cu trolii pentru adunatul lemnului: TAF 690 OP (**S1**) și TAF 657 (**S2**). Pentru cele două tractoare observate s-au colectat un număr total de 569 de observații la nivel de element de muncă în cele două parchete după cum urmează: 208 observații pentru **S1** în **M1**, 284 observații pentru **S2** în

**M1**, 43 de observații pentru **S1** în **M2** și 34 de observații pentru **S2** în **M2**. Statisticile descriptive sumare privind mediile operaționale în care au operat cele două tractoare se prezintă în **Tabelul 21**, pe tratamente experimentale delimitate. Pentru caracterizarea tendinței centrale s-a utilizat mediana datorită faptului că datele experimentale nu au provenit din populații normal distribuite.

Tabelul 21. Statistici descriptive sumare privind mediile operaționale

Specificații	Tratament	Sume	Statistici descriptive			
			Mediana ± Ab.St.	Min	Max	Ampl.
Diametrul la capătul subțire, <b>DCS</b> (cm)	<b>M1</b> × <b>S1</b>	-	26,0±12,0	9	72	63
	<b>M1</b> × <b>S2</b>	-	19,0±12,0	5	60	55
	<b>M2</b> × <b>S1</b>	-	34,0±19,0	10	74	64
	<b>M2</b> × <b>S2</b>	-	21,5±17,0	9	64	55
Diametrul la capătul gros, <b>DCG</b> (cm)	<b>M1</b> × <b>S1</b>	-	42,0±14,0	13	91	78
	<b>M1</b> × <b>S2</b>	-	33,0±15,0	13	101	97
	<b>M2</b> × <b>S1</b>	-	54,0±17,0	28	103	75
	<b>M2</b> × <b>S2</b>	-	53,5±17,0	22	78	56
Lungimea piesei, <b>LP</b> (m)	<b>M1</b> × <b>S1</b>	-	12,00±3,81	5	22	17
	<b>M1</b> × <b>S2</b>	-	12,0±3,52	4	24	20
	<b>M2</b> × <b>S1</b>	-	11,0±3,79	5	19	14
	<b>M2</b> × <b>S2</b>	-	9,5±4,77	4	26	22
Volumul piesei, <b>VP</b> (m <sup>3</sup> )	<b>M1</b> × <b>S1</b>	-	1,023±0,983	0,153	6,534	6,381
	<b>M1</b> × <b>S2</b>	-	0,556±0,867	0,076	7,480	7,404
	<b>M2</b> × <b>S1</b>	-	1,602±1,697	0,291	6,886	6,595
	<b>M2</b> × <b>S2</b>	-	1,257±1,285	0,080	4,381	4,301
Declivitatea pe direcția de adunat, <b>DDA</b> (%)	<b>M1</b> × <b>S1</b>	-	20,0±12,8	3	63	60
	<b>M1</b> × <b>S2</b>	-	20,0±13,9	2	70	68
	<b>M2</b> × <b>S1</b>	-	35,0±16,1	5	61	56
	<b>M2</b> × <b>S2</b>	-	22,5±15,1	5	50	45
Distanța de adunat, <b>DA</b> (m)	<b>M1</b> × <b>S1</b>	-	18,0±12,9	1	52	52
	<b>M1</b> × <b>S2</b>	-	20,0±12,7	2	60	58
	<b>M2</b> × <b>S1</b>	-	23,0±24,4	2	85	83
	<b>M2</b> × <b>S2</b>	-	13,0±17,3	3	65	62
Număr de observații, <b>N</b>	<b>M1</b> × <b>S1</b>	208*	-	-	-	-
	<b>M1</b> × <b>S2</b>	284**	-	-	-	-
	<b>M2</b> × <b>S1</b>	43***	-	-	-	-
	<b>M2</b> × <b>S2</b>	34****	-	-	-	-

Notă:  
 \*152 piese de brad, 56 piese de fag, 105 observații înspre amonte, 103 observații înspre aval;  
 \*\*270 piese de brad, 7 piese de molid, 7 piese de fag, 81 de observații înspre amonte, 203 observații înspre aval;  
 \*\*\*1 piesă de brad, 42 piese de fag, 19 observații înspre amonte, 34 de observații înspre aval;  
 \*\*\*\*34 piese de fag, 17 observații înspre amonte, 17 observații înspre aval.

Din punct de vedere tehnic, între cele două tractoare luate în studiu nu au existat diferențe majore. Ambele au dispus de aceleași caracteristici și echipamente, cu excepția motorizării, care a fost mai performantă în cazul TAF 690 OP.

### 5.2.2.2. Proceduri de colectare a datelor de teren

Pe durata determinărilor de teren s-au luat în considerare două tipuri de date la colectare: factori de influență (variabile operaționale) și intrări sub formă de consum de timp. Pentru fiecare situație analizată, în vederea realizării unei sarcini de apropiat, au fost necesare mai multe repetiții de adunat. Fiecare repetiție de adunat a fost considerată drept observație statistică. Un ciclu de muncă la adunat s-a divizat în elementele de muncă descrise în [Relația 8](#).

$$CMATT = EM_{PT} + EM_{TMC} + EM_{LP} + EM_{TMS} + EM_{DP} \quad (8)$$

în care:

**CMATT** - ciclul de muncă la adunatul cu troliul montat pe tractor;

**EM<sub>PT</sub>** - element de muncă vizând manevrele tractorului de poziționare și asigurare a stabilității, element de muncă care a fost considerat ca fiind comun tuturor pieselor de lemn de adunat într-un ciclu de muncă, prin urmare uneia sau mai multor repetiții de adunat. Elementul de muncă a fost interpretat ca element ocazional și variabil pentru că nu a avut loc cu ocazia repetării fiecărui ciclu de colectare, și, atunci când a apărut, timpul consumat a depins de numărul de manevre ([Björheden și Thompson 2000](#));

**EM<sub>TMC</sub>** - element de muncă constând din eliberarea cablului de pe tamburii troliului, și tractarea manuală a acestuia până la piesa sau piesele de legat. Acest element de muncă a fost considerat ca fiind repetitiv și variabil;

**EM<sub>LP</sub>** - element de muncă constând din legarea piesei sau pieselor. Acest element de muncă a fost specific fiecărei piese sau grupe de piese, și a fost interpretat ca fiind un element repetitiv, variabil;

**EM<sub>TMS</sub>** - element de muncă constând din trasul mecanic al piesei (pieselor) legate, considerat ca fiind repetitiv și variabil;

**EM<sub>DP</sub>** - element de muncă constând din dezlegarea manuală a piesei (pieselor) tractate în partea din spate a tractorului. A fost considerat a fi un element de muncă repetitiv și variabil pentru că a apărut în majoritatea situațiilor. Totuși, în anumite situații specifice, cum ar fi apropiatul a doar două piese într-o sarcină sau lucrul cu un singur cablu datorită imobilizării primului cu o piesă care nu a mai fost dezlegată, acest element de muncă nu a mai fost necesar.

Valorile unor variabile dendrometrice cum ar fi diametrele la capetele groase și subțiri ale pieselor de lemn (**DCG, DCS**) ca și alte diametre intermediare necesare în cazul unor piese foarte lungi, lungimile pieselor (**LP**), ca și valorile unor variabile operaționale cum ar fi declivitatea terenului pe direcția de adunat (**DDA**) și distanța de adunat (**DA**), considerată a fi identică la tractarea manuală respectiv mecanică a cablului au fost colectate similar procedurilor incluse în [paragraful 4.2.](#), în timp ce direcția de adunat (înspre amonte, înspre aval), - **D**, respectiv specia (**S**) s-au evaluat vizual și s-au înscris codificat pe fișele de teren concepute în acest sens.

Consumul de timp, evaluat prin metoda cronometrării continue a fost colectat pentru fiecare element de muncă în parte, în conformitate cu descrierea din [Relația 9](#), urmând ca, după calcularea diferențelor necesare în faza de birou să se determine consumul efectiv de timp pe elemente de muncă. Acest lucru a presupus colectarea succesivă a consumurilor de timp pentru toate repetițiile dintr-un ciclu de muncă la elementele de muncă **EM<sub>TMC</sub>**, **EM<sub>LP</sub>**, **EM<sub>TMS</sub>** și **EM<sub>DP</sub>**, ca și colectarea comună a consumului de timp pentru elementul de muncă **EM<sub>PT</sub>**. Întârzierile au fost separate și excluse în faza de birou, prin urmare, în studiul de față s-au utilizat doar timpii efectivi de muncă.

$$TATT = T_{PT} + T_{TMC} + T_{LP} + T_{TMS} + T_{DP} \quad (9)$$

în care: elementele de timp au semnificațiile specifice elementelor de muncă corespondente prezentate în [Relația 8](#), iar  $T_{PT}$  a fost centralizat în baza de date la nivelul fiecărei piese adunate într-un ciclu de muncă de adunat, prin dividere la numărul de piese adunate succesiv în ciclul de muncă respectiv, iar  $T_{DP}$  a fost centralizat în baza de date doar în cazul pieselor de lemn la care a apărut.

### 5.2.2.3. Centralizarea datelor. Analiza, modelarea și compararea între tratamente

În faza de birou a studiului, toate datele colectate în fișele de teren, inclusiv, cele ce nu s-au utilizat în acest studiu, au fost transferate în foi de calcul întocmite în mod special în MS Excel. Datele măsurate sau deduse ulterior, pe scară nominală (parchetul, echipa de muncă, direcția de adunat) au fost codificate în foile de calcul prin utilizarea unor variabile calitative (*eng. dummy*), după procedurile generale descrise în diferite surse bibliografice ([Zar 1974](#); [Olsen et al. 1998](#)), iar datele măsurate pe scară continuă au fost transpuse în foile de calcul după cum acestea au fost colectate din teren. Volumele pe piese ( $VP$ ) au fost calculate în aceleași foi prin utilizarea variabilelor de natură dendrometrică colectate în teren.

Analiza datelor a constat din mai multe etape, și, a vizat, în primul rând, elaborarea unor modele empirice pentru estimarea consumului de timp pe elemente și ciclu de muncă la adunat. În acest sens s-au implementat procedurile regresiei retrograde pas cu pas, iar comparațiile între diferitele tratamente separate s-au realizat prin teste de semnificație statistică. În succesiunea logică a etapelor procedurale, s-a efectuat, mai întâi, un test de verificare a normalității datelor, atât în cazul variabilelor dependente cât și în cazul variabilelor independente, test ce a folosit mai departe la alegerea indicatorilor tendinței centrale cei mai adecvați ([Zar 1974](#); [Magagnotti și Spinelli 2012](#)). Ulterior s-a implementat o analiză a corelației (identificarea fenomenului de multicolinearitate) pentru a se identifica eventualele asocieri între perechi de variabile, inclusiv pentru a se elimina acele variabile care puteau genera redundanță prin creșterea artificială a coeficienților de determinație ai modelelor estimate. Acest test s-a aplicat variabilelor de natură dendrometrică în cazul cărora s-au suspectat astfel de asocieri. În scopul estimării modelelor, s-au întocmit șapte tratamente experimentale, grupate în trei blocuri experimentale, după cum urmează:  $MI \times SI$  (blocul 1),  $MI \times S2$  (blocul 1),  $M2 \times SI$  (blocul 1),  $M2 \times S2$  (blocul 1),  $MI \times SI \times S2$  (blocul 2),  $M2 \times SI \times S2$  (blocul 2),  $MI \times M2 \times SI \times S2$  (blocul 3). Caracteristicile esențiale ale blocurilor întocmite se vor prezenta pe parcursul studiului de față. Din moment ce fiecare tractor a fost deservit de o echipă de muncă, iar caracteristicile ambelor trolii au fost aceleași, diferențierile între cele două tractoare ( $SI$  and  $S2$ ) s-au referit, de fapt, la comportamentul operativ specific fiecărei echipe. Seturi de date mai mari, pot să scoată în evidență efectul unor variabile care, în caz contrar, pot apărea ca fiind nerelevante ([Zar 1974](#)). Următorul pas statistic a constat din analiza regresiei. În particular, pentru fiecare element de muncă s-a examinat consumul de timp care a fost estimat prin cel mai bun model rezultat din aplicarea procedurilor regresiei retrograde pas cu pas ([Zar 1974](#)), aspect ce a presupus, într-o primă etapă, includerea tuturor variabilelor posibile (logice) pentru un caz dat (modelul maximal), analiza semnificației pentru modelul global obținut ( $p < 0.001$ ) și analiza semnificației pentru fiecare variabilă independentă ( $p < 0.05$ ) la fiecare iterație, urmată de excluderea variabilelor care nu au prezentat relevanță la nivelul de încredere ales. De asemenea, variabilele pe scară nominală au fost incluse în modelul de regresie prin utilizarea unor variabile calitative ([Zar 1974](#); [Olsen et al. 1998](#); [Magagnotti și Spinelli 2012](#)), astfel de abordări fiind des întâlnite în studii ce adresează performanța echipamentelor forestiere, și care oferă capacități de comparare prin introducerea într-un model dat. După testarea normalităților datelor, comparațiile

Între tratamente s-au efectuat asupra consumurilor de timp, prin utilizarea unor proceduri adecvate cum ar fi testele neparametrice, din moment ce datele nu au trecut testul de verificare a normalității. Comparațiile între tratamente s-au efectuat prin luarea în considerare a altor patru blocuri experimentale, după cum acestea sunt prezentate în **Tabelul 27**. Primul dintre acestea a comparat consumurile de timp la adunat, indiferent de tipul tractorului utilizat, pentru a se diferenția între condițiile operaționale dintre cele două parchete ( $MI \times M2$ ), cel de-al doilea s-a utilizat pentru compararea între echipele de muncă indiferent de condițiile mediului operațional ( $SI \times S2$ ), în timp ce ultimele două au fost utilizate pentru a se compara între echipele de muncă operând în condiții oarecum similare ale mediului operațional ( $SI \times S2 \times M1$ ,  $SI \times S2 \times M2$ ). Majoritatea analizelor statistice specifice acestui studiu au fost realizate utilizând-se programul software STATISTICA 8.0.

### 5.2.3. Rezultate

#### 5.2.3.1. Testarea multicoliniarității

Includerea în modelele empirice a unor perechi de variabile în care variabilele se dovedesc a fi puternic corelate poate conduce la creșterea nejustificată a coeficienților de determinare ( $R^2$ ) în timp ce contribuțiile lor la semnificația modelului este slabă. Asocieri de intensitate mare au fost găsite între variabilele dendrometrice (excluzând lungimea pieselor de lemn), probabil datorate relațiilor deterministe a calcului volumului în funcție de diametru și lungime. Prin urmare, numai volumul piesei ( $VP$ ) și lungimea piesei ( $LP$ ) au fost păstrate pentru analize ulterioare (**Tabelul 22**).

Tabelul 22. Matricea corelației utilizată la analiza multicoliniarității pentru variabilele independente

	<i>DCS*</i>	<i>DCG*</i>	<i>LP</i>	<i>VP</i>
<i>DCS*</i>	1,000	-	-	-
<i>DCG*</i>	<b>0,854</b>	1,000	-	-
<i>LP</i>	-0,288	-0,022	1,000	-
<i>VP</i>	<b>0,804</b>	<b>0,913</b>	0,167	1,000

Notă: \*Variabile excluse

#### 5.2.3.2. Testarea normalității datelor

La testarea normalității datelor s-au luat în considerare toate variabilele independente rămase după analiza multicoliniarității. O atenție deosebită s-a acordat variabilelor *TATT*, *LP*, *VP* și *DA*, pentru care s-a aplicat testul Shapiro-Wilk. Ipoteza conform căreia variabilele în cauză provin din populații normal distribuite a fost exclusă pentru toate variabilele, datorită valorilor semnificative ale statisticii  $p$  (**Tabelul 23**).

Tabelul 23. Rezultatele testului Shapiro-Wilk pentru testarea normalității datelor

Variabila	Shapiro-Wilk <i>W</i>	Valoarea $p$	Interpretare
<i>LP</i>	0,969	< 0,0001	Nu se distribuie normal
<i>VP</i>	0,794	< 0,0001	Nu se distribuie normal
<i>DA</i>	0,917	< 0,0001	Nu se distribuie normal
<i>DDA</i>	0,933	< 0,0001	Nu se distribuie normal
<i>TATT</i>	0,786	< 0,0001	Nu se distribuie normal

### 5.2.3.3. Elaborarea modelelor empirice privind consumul de timp pe tratamente experimentale

Modelele empirice din blocul 1, corespunzând tractoarelor individuale operând în parchete diferite, au fost întocmite pentru trei categorii de timp: tractarea mecanică a cablului de sarcină ( $T_{TMC}$ ), tractarea mecanică a sarcinii ( $T_{TMS}$ ) ca și la nivel de ciclu de muncă la adunat ( $T_{ATT}$ ). S-a presupus că variația  $T_{TMC}$  depinde de variația comună a  $DA$ ,  $DDA$  și  $D$ , din moment ce în acest element de muncă nu au loc deplasări ale pieselor de adunat. În urma procedurilor statistice aplicate, s-a demonstrat faptul că variabilele care pot explica cel mai bine variația consumului de timp din această categorie au fost  $DA$ ,  $DDA$  și  $D$  în cazul  $MI$ , respectiv  $DA$  în cazul  $M2$  (Tabelul 24). De asemenea, cu o singură excepție ( $MI \times S2$ ), variația consumului aferent tractării mecanice a pieselor a fost afectată de  $DA$  (Tabelul 24), în timp ce variația timpului consumat într-un ciclu de muncă -  $T_{ATT}$  - a fost cel mai bine estimată de diferite combinații de variabile, după cum se prezintă în Tabelul 24. De exemplu, atunci când șirurile de date au conținut suficiente date ( $MI \times S1$ ,  $MI \times S2$ ),  $VP$ ,  $DA$ ,  $DDA$  și  $D$  au fost variabile care și-au manifestat semnificația la nivelul de încredere ales. Prin comparare, când șirurile de date au conținut mai puține date, doar  $VP$  și  $DA$  ( $M2 \times S1$ ) respectiv  $DA$  ( $M2 \times S2$ ) au devenit relevante (Tabelul 24). Semnificațiile și interpretările statisticilor pentru modelele dezvoltate sunt similare cu cele din textul prezentat în capitolele anterioare în secțiuni de analiză statistică și rezultate.

Tabelul 24. Modele empirice pentru blocul 1

Variabila explicată și cel mai bine estimat model (secunde)	$R^2$	$F$	Semn. $F$	Variabilă independentă	Valoarea $p$
<b><math>MI \times S1</math> (<math>N=208</math>)</b>					
$T_{TMC} = -3,69 + 1,89 \times DA + 0,67 \times DDA - 11,11 \times D$	0,57	91,09	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	< 0,000
				$D^*$	= 0,002
$T_{TMS} = 13,50 + 2,41 \times DA$	0,44	163,31	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
$T_{ATT} = 34,28 + 13,22 \times VP + 4,76 \times DA + 1,27 \times DDA - 27,05 \times D$	0,56	65,90	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	= 0,006
				$DA$ (m)	< 0,000
				$DDA$ (%)	= 0,003
				$D^*$	= 0,003
<b><math>MI \times S2</math> (<math>N=284</math>)</b>					
$T_{TMC} = 1,74 + 2,11 \times DA + 0,49 \times DDA - 23,44 \times D$	0,48	89,19	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	= 0,001
				$D^*$	< 0,001
$T_{TMS} = 1,47 + 2,84 \times DA + 0,31 \times DDA$	0,59	202,28	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	= 0,022
$T_{ATT} = 52,52 + 14,67 \times VP + 5,60 \times DA + 0,63 \times DDA - 35,17 \times D$	0,60	102,84	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	= 0,002
				$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	= 0,039
				$D^*$	< 0,001
<b><math>M2 \times S1</math> (<math>N=43</math>)</b>					
$T_{TMC} = -9,67 + 2,47 \times DA$	0,71	101,12	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
$T_{TMS} = 18,83 + 3,48 \times DA$	0,66	78,134	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
$T_{ATT} = 6,08 + 26,68 \times VP + 6,91 \times DA$	0,73	53,56	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	= 0,008
				$DA$ (m)	< 0,001
<b><math>M2 \times S2</math> (<math>N=34</math>)</b>					
$T_{TMC} = 3,32 + 2,48 \times DA$	0,76	103,72	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
$T_{TMS} = -26,12 + 8,46 \times DA$	0,46	27,56	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
$T_{ATT} = 48,32 + 12,85 \times DA$	0,64	52,29	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
Notă: *Direcția de tras s-a considerat a fi 1 pentru tras mecanic înspre aval și 0 pentru tras mecanic înspre amonte					

Modelele din blocul al doilea, au fost realizate prin luarea în considerare a includerii unei variabile pe scară nominală ( $S$ ), care se referă la performanțele globale ale echipelor de muncă în termeni de consum de timp. Consumul de timp implicat de tractarea manuală a cablului ( $T_{TMC}$ ), tractarea mecanică a pieselor ( $T_{TMS}$ ) ca și cel de la nivelul unui ciclu de muncă de adunat ( $T_{ATT}$ ) au fost analizate prin aplicarea aceluiași proceduri statistice ca și în cazul modelelor dezvoltate în blocul 1. Modelele rezultate ca și statisticile acestora sunt incluse în **Tabelul 25**. După cum se arată, în acest caz, variația  $T_{TMC}$  a fost afectată de variația comună a  $DA$ ,  $DDA$  și  $D$ , în condițiile unui set de date suficient de amplu ( $MI \times SI \times S2$ ,  $N=492$ ), în timp ce în cazul blocului  $M2 \times SI \times S2$  ( $N=77$ ), numai  $DA$  a devenit relevantă în explicarea lui  $T_{TMC}$ .  $DA$  a fost relevantă și în cazul  $T_{TMS}$  pentru blocul  $MI \times SI \times S2$  în timp ce  $VP$  și  $S$  au devenit relevante în cazul  $M2 \times SI \times S2$ . De asemenea, variația  $T_{ATT}$  a fost explicată de variația comună a unei asocieri dintre  $VP$ ,  $DA$ ,  $DDA$ ,  $D$  și  $S$  în cazul  $MI \times SI \times S2$ , respectiv de variația unei asocieri dintre  $VP$ ,  $DA$  și  $S$  în cazul  $M2 \times SI \times S2$ .

Tabelul 25. Modele empirice pentru blocurile 2 și 3

Variabila explicată și cel mai bine estimat model (secunde)	$R^2$	$F$	Semn. $F$	Variabilă independentă	Valoarea $p$
<b><math>MI \times SI \times S2</math> (<math>N=492</math>)</b>					
$T_{TMC} = -1,44 + 2,01 \times DA + 0,60 \times DDA - 17,68 \times D$	0,51	167,56	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	< 0,001
				$D^*$	< 0,001
$T_{TMS} = 9,54 + 2,72 \times DDA$	0,53	534,44	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
$T_{ATT} = 32,34 + 14,52 \times VP + 5,30 \times DA + 0,83 \times DDA - 30,60 \times D + 30,60 \times S$	0,59	138,41	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	< 0,001
				$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	= 0,001
				$D^*$	< 0,001
				$S^{**}$	= 0,001
<b><math>M2 \times SI \times S2</math> (<math>N=77</math>)</b>					
$T_{TMC} = -2,13 + 2,40 \times DA$	0,71	190,52	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
$T_{TMS} = -73,18 + 22,74 \times VP + 4,92 \times DA + 81,55 \times S$	0,47	21,38	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	= 0,015
				$DA$ (m)	< 0,001
				$S^*$	= 0,006
$T_{ATT} = -68,72 + 40,99 \times VP + 8,37 \times DA + 140,26 \times S$	0,66	47,27	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	< 0,001
				$DA$ (m)	< 0,001
				$S^{**}$	< 0,001
<b><math>MI \times FA2 \times SI \times S2</math> (<math>N=569</math>)</b>					
$T_{TMC} = -2,23 + 2,13 \times DA + 0,53 \times DDA - 17,52 \times D$	0,56	238,84	< 0,001	$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	< 0,001
				$D^*$	< 0,001
$T_{TMS} = -22,05 + 9,82 \times VP + 3,05 \times DA + 0,59 \times DDA + 11,51 \times S$	0,44	108,73	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	< 0,001
				$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	< 0,001
				$S^{**}$	< 0,001
$T_{ATT} = -5,21 + 25,80 \times VP + 5,82 \times DA + 1,29 \times DDA - 17,70 \times D + 30,27 \times S$	0,60	155,49	< 0,001	$VP$ (m <sup>3</sup> )	< 0,001
				$DA$ (m)	< 0,001
				$DDA$ (%)	= 0,017
				$D^*$	< 0,001
				$S^{**}$	< 0,001

Note: \* Direcția de tras s-a considerat a fi 1 pentru tras mecanic înspre aval și 0 pentru tras mecanic înspre amonte; \*\*Pentru tractor s-a folosit 0 pentru TAF 690 OP și TAF 657

Modelele din blocul 3 au fost realizate prin includerea tuturor datelor culese din cele două parchete, reprezentând astfel, o apropiere mai mare de populația specifică, deoarece au inclus toată variația ce poate fi generată de datele colectate (**Tabelul 25**). Similar modelelor din blocul 2,  $DA$ ,  $DDA$  și  $D$  au fost semnificative în exprimarea variației consumului de timp specifice  $T_{TMC}$ . Prin comparare cu modelele din blocul 2, variația  $T_{TMS}$  a fost explicată cel mai



bine de variația comună a unor variabile precum  $VP$ ,  $DA$ ,  $DDA$  și  $S$ . Similar modelelor din blocul 2, variația  $TATT$  a fost explicată de toate variabilele luate în considerare.

Probabil datorită unor seturi de date de o amplitudine mai mică, unele dintre ipotezele acestui studiu nu s-au dovedit a fi adevărate, dar acest aspect poate fi limitat de lungimea și variația șirurilor luate în considerare. De exemplu,  $DDA$  respectiv  $D$  nu au devenit relevante în explicarea variației consumului de timp  $T_{TMC}$  și  $TATT$  în  $M2 \times S1$ ,  $M2 \times S2$  respectiv în  $M2 \times S1 \times S2$ . Pe de altă parte comportamentul operațional al celor două echipe de muncă s-a dovedit a fi relevant în explicarea consumului de timp, verificându-se în acest sens ultima ipoteză a studiului, iar la nivel general, toate variabilele luate în considerare au fost semnificative în explicarea variației consumului de timp.

#### 5.2.3.4. Consumul de timp pe elemente de muncă

Diferite medii operaționale, reflectate în condițiile de muncă, pot conduce la generarea unor proporții specifice de participare a consumurilor de timp la nivel elemental în proporția totală a consumului de timp la nivel de ciclu de muncă de adunat cu troliul montat pe tractor. Pentru fiecare tractor ce a operat în anumite condiții de muncă, s-au calculat proporțiile de participare a acestor consumuri, iar rezultatele sunt incluse în **Tabelul 26**. Datele utilizate la calcularea procentelor prezentate s-au referit la sumele timpilor pe elemente de muncă, respectiv la suma timpilor pentru ciclurile de muncă de adunat. După cum se observă, de departe, elementul de muncă care a consumat cel mai mult timp a fost  $EM_{TMS}$  cu proporții de 39-47%, fiind urmat de elementul  $EM_{TMC}$  cu proporții de 18-27%,  $EM_{PT}$  cu proporții de 8-12%,  $EM_{DP}$  cu proporții de 5-12%, respectiv  $EM_{LP}$  cu proporții de 13-17%. Proporțiile de participare ale elementelor de muncă ce au vizat tractarea manuală, respectiv mecanică a cablului de sarcină, au fost relativ similare între blocurile de nivel 1 analizate, cu excepția  $M2 \times S1$  și  $M2 \times S2$ , unde au apărut diferențe semnificative.

Tabelul 26. Proporții de participare a consumului de timp la nivel elemental în totalul unui ciclu de muncă

Blocul	Proporția de participare a consumului de timp în ciclul de muncă de adunat (5%)					
	$T_{PT}$	$T_{TMC}$	$T_{LP}$	$T_{TMS}$	$T_{DP}$	$TATT$
$M1 \times S1$	10	27	17	39	7	100
$M1 \times S2$	11	25	13	39	12	100
$M2 \times S1$	8	24	17	46	5	100
$M2 \times S2$	12	18	14	47	9	100

#### 5.2.3.5. Comparații între tratamente

În limitele specifice unor teste neparametrice, comparațiile efectuate între tratamentele descrise anterior au evidențiat faptul că există diferențe semnificative de performanță (consum de timp), probabil legate atât de mediul operațional cât și de comportamentul operațional al echipelor studiate, aspect ce ar trebui să se ia în considerare, prin aplicarea de studii viitoare la un nivel mult mai amplu. Rezultatele testelor de comparație se redau în **Tabelul 27**.

Un prim test a fost implementat pentru a se evidenția eventualele diferențe între mediile operaționale, iar, în conformitate cu rezultatele testului s-au găsit diferențe semnificative, aspect care a fost, de asemenea, valabil în cazul în care s-au testat diferențele globale ca și cele dintre echipele de muncă în  $M1$ . Totuși în cazul tratamentului  $S1 \times S2 \times M2$ , în urma aplicării testului nu s-au găsit diferențe semnificative, dar se precizează faptul că, în cazul acestui tratament, numărul de observații a fost semnificativ mai mic.

Tabelul 27. Rezultatele testului Kruskal-Wallis privind compararea între tratamente

Variabila comparată = TATT	N	Suma ranguri	Test Kruskal-Wallis	Valoarea p
<i>MI×M2</i>				
<i>M1</i>	492	134907	15,687	0,0001
<i>M2</i>	77	27258		
<i>SI×S2</i>				
<i>S1</i>	351	65811	8,641	0,0033
<i>S2</i>	218	96354		
<i>SI×S2×MI</i>				
<i>S1</i>	208	45384	14,285	0,0002
<i>S2</i>	284	75894		
<i>SI×S2×M2</i>				
<i>S1</i>	43	1679	< 0,000	0,9836
<i>S2</i>	34	1324		

#### 5.2.4. Discuții și concluzii

În conformitate cu ipotezele formulate pentru acest studiu, diferitele variabile independente ce s-au analizat, au prezentat diferite niveluri de semnificație în modelele estimate la nivel elemental și de ciclu de muncă de adunat cu troliul montat pe tractor. În urma testării multicoliniarității s-au exclus diametrele măsurate la capetele pieselor, care, în anumite modele estimate, nu și-ar fi putut găsi aplicabilitate din motive logice, bazate pe aspecte legate de mecanica procesului și de organizarea operațională. Totuși, diametrele pieselor au potențialul de a influența variația consumului de timp în unele elemente de muncă, cum ar fi legarea pieselor, efect ce poate fi generat de variația lor, ca și de procedurile utilizate la legare. Dintre variabilele dendrometrice s-au păstrat doar *VP* și *LP*, dar numai *VP* a devenit semnificativă în unele dintre modelele estimate. Performanțele operaționale ale echipelor de muncă, introduse ca variabile calitative, au devenit relevante numai în modelele din blocurile 2 și 3, la explicarea variației *TATT* respectiv  $T_{TMS}$  în cazul *M2*. Unele dintre modelele estimate au capabilități comparative, în sensul că, variabilele calitative au fost utilizate drept *comutatori* între anumite condiții. După cum și alte studii au dovedit acest lucru, distanța de adunat reprezintă, poate, cel mai important factor la explicarea variației consumului de timp în operații de adunat, iar, în cazul de față, a reprezentat o variabilă importantă care a fost semnificativă în cazul tuturor modelelor estimate. Pe de altă parte *DDA* a afectat variația consumului de timp mai ales în cazul acelor elemente de muncă care au implicat munca manuală desfășurată prin deplasarea operatorilor (*EMTMC-T<sub>TMC</sub>*, *CMATT-TATT*), fiind relevantă în majoritatea modelelor estimate, dar nu a fost relevantă atunci când setul de date a fost mai limitat sub raportul numărului de observații și a variației din șirurile respective ( $M2 \times SI \times S2$  unde  $p=0.062$ ). Chiar de la începutul acestui studiu s-a presupus faptul că direcția de adunat (înspre amonte, înspre aval), poate să afecteze variația consumului de timp în cazul *EM<sub>TMC</sub>* și *CMATT*, un efect care s-a dovedit a fi adevărat în majoritatea cazurilor, exceptând, și aici, cazul în care șirurile de date au fost mai mici ( $M2 \times SI$ ,  $M2 \times S2$  și  $M2 \times SI \times S2$ ).

Elementul de muncă ce a presupus tractarea mecanică a pieselor a consumat cel mai mult timp în structura unui ciclu de muncă de adunat, tinzând să fie relativ egal ca proporție în cazul celor două tractoare studiate în medii operaționale similare. Poziționarea și asigurarea stabilității tractorului ca pondere în consumul total de timp este contextuală, din moment ce în condiții mai facile de teren (declivități reduse) astfel de elemente nu devin neapărat necesare.

Performanța la operațiile de adunat cu troliul montat pe tractor diferă în raport cu caracteristicile mediului operațional și cu comportamentul operațional al echipelor de muncă, în

limitele testelor neparametrice aplicate, aspecte ce ar trebui luate în considerare atunci când se dezvoltă modele empirice pentru estimarea consumului de timp. Aceste aspecte, dovedite în prezentul studiu, sunt congruente cu cele precizate de Hiesl și Benjamin (2014), indicând faptul că, modele de încredere pot fi obținute prin luarea în considerare a unor seturi de date mari (Zar 1974), colectate al nivel populațional (Hiesl și Benjamin 2014).

Sub raport concluziv, trebuie precizat faptul că aspectele tratate în prezentul studiu ar trebui extinse prin cercetări viitoare, din mai multe puncte de vedere. În primul rând, în studiul de față piselele legate și tractate au avut dimensiuni relativ mari, iar, în cazul unor piese de dimensiuni mai mici, este probabil ca timpul necesar pentru legare să fie mai mic, iar numărul de repetiții de adunat într-un ciclu de muncă să fie mult mai mare decât în studiul de față. În acest fel, testele ar trebui să fie extinse la un număr acoperitor de echipe de muncă și condiții operaționale, iar dacă este posibil, pentru colectarea datelor ar fi recomandate proceduri care să automatizeze într-o măsură cât mai mare aceste aspecte, dat fiind faptul că faza de teren ce presupune colectarea datelor este mare consumatoare de resurse. Este probabil ca, în viitor, tehnologii de genul celor G.P.S. - G.I.S. să poată rezolva astfel de probleme, aspect ce ar trebui să fie studiat și în cazul unor operații cu nivel intermediar de mecanizare. Apare, de asemenea, ca fiind necesară, colectarea de date pe termen lung, care are două avantaje în producerea de modele empirice cu nivel de precizie ridicat: surprinde progresul tehnologic ce se integrează în echipamentele forestiere, respectiv surprinde alte condiții potențiale ale mediului operațional: operații desfășurate în condiții de zăpadă etc. De asemenea, dat fiind faptul că, la desfășurarea cablurilor de sarcină operatorii sunt puși în situația deplasării unor mase importante, un alt aspect ce ar trebui studiat este cel legat de efectul variabilelor mediului fizic și operațional asupra consumului de energie, sub raport fiziologic, prin implementarea unor metode directe sau indirecte de măsurare a variației efortului fizic raportat la variația anumitor parametri ai mediului operațional. În acest fel ar putea fi determinate distanțele maxime acceptate de manevrare manuală a cablurilor de sarcină din punct de vedere ergonomic, care, în momentul de față sunt considerate a fi sub 50 de metri (Oprea 2008).

### **5.3.Evaluarea performanțelor în operații de colectare a lemnului cu tractoare skidder pe baza unor date colectate la nivel populațional**

#### **5.3.1.Introducere**

Indiferent de funcțiile pe care le îndeplinesc pădurile, gestionarea adecvată a acestora este strâns legată de existența unei rețele de transport dezvoltată la parametri optimi, deoarece drumurile furnizează acces atât pentru operații de extracție a lemnului cât și pentru operații de împădurire, combatere a dăunătorilor, calamităților și incendiilor, inclusiv pentru alte domenii economice cum ar fi turismul (Jourgholami et al. 2013b). În aceste condiții, *soluția zero*, conform căreia nu se construiesc drumuri pentru gestionarea resurselor forestiere, nu este posibilă. Cu numai circa 6,1 m de drum forestier la hectar, fondul forestier românesc este încă considerat ca fiind deficitar din acest punct de vedere, din moment ce desfășurarea adecvată a activităților forestiere, inclusiv a celor ce urmăresc aducerea lemnului în circuitul economic este afectată de anumiți parametri ai rețelei de transport (Oprea 2008). În termeni de extracție a lemnului, acest lucru a condus la concentrarea recoltelor în zone accesibile și la sub-exploatarea masivelor superioare, inclusiv la imposibilitatea conducerii lucrărilor de îngrijire (Oprea și Sbera 2004). Acest lucru se datorează faptului că drumurile forestiere românești sunt localizate majoritar pe văi principale și mai puțin pe cele secundare sau pe versanți. Datorită faptului că dezvoltarea rurală este prioritară pentru România, iar din moment ce contribuția sectorului forestier în sensul acestei dezvoltări este extrem de importantă prin furnizarea de locuri de muncă, noua strategie forestieră românească prevede o dezvoltare competitivă adecvată, ceea ce implică, printre altele, plantarea a 10,000-20,000 de hectare anual și dezvoltarea rețelei de

transport prin construirea a încă 6,500 km de drum forestier, probabil în condiții de versant ([Crăciunescu 2014](#)).

În contextul economiei românești investițiile în noi drumuri forestiere sunt destul de ridicate, probabil datorită condițiilor locale mai particulare, dar și structurilor rutiere ce se utilizează mai frecvent. Prin urmare, o amplasare judicioasă a noilor drumuri, ar trebui să armonizeze mai multe interese, inclusiv minimizarea costurilor, care, în preocupările privind dezvoltarea judicioasă a rețelei de transport includ și costurile ocazionate de extracția lemnului cu diferite tipuri de echipamente forestiere, acestea depinzând de performanța echipamentului sau sistemului tehnic utilizat majoritar ([Ghaffariyan et al. 2010](#); [Heinimann 1998](#), [Jourgholami et al. 2013b](#)). Pe de altă parte, performanța sistemului tehnic utilizat în extracția lemnului se evaluează cel mai frecvent în termeni de consum de timp și măsuri derivate cum ar fi productivitatea, prin organizarea și conducerea unor studii de timp, ce conduc frecvent la obținerea unor modele empirice care sunt utile mai multor scopuri ([Visser și Spinelli 2012](#)), inclusiv în planificarea adecvată a rețelei de drumuri auto forestiere. Datorită condițiilor în care se realizează operațiile de extracție a lemnului, marea majoritate a studiilor de timp sunt, în esență, observaționale, prin urmare sunt caracterizate de un design mai slab, care nu poate controla efectul anumitor factori, iar rezultatele obținute sunt mai degrabă indicative decât concludive ([Maganotti și Spinelli 2012](#)). Caracterizate de consumuri destul de mari de resurse, astfel de studii sunt frecvent conduse în condiții destul de particularizate, prin urmare, rezultatele lor pot fi extinse doar la acele condiții sau condiții similare din care ele provin. În timp ce utilizarea în condiții concrete a unor rezultate obținute în arii geografice forestiere diferite decât cea care se ia în studiu este discutabilă ([Hiesl și Benjamin 2014](#)), extinderea rezultatelor unui studiu pentru condiții similare celor în care a fost realizat poate fi afectată de alți factori cum ar fi experiența în muncă a operatorilor ([Maganotti și Spinelli 2012](#)). Dacă în primul caz măsurile de contracarare a efectelor sunt limitate, în cel de-al doilea caz se poate recurge la includerea variabilității generate de experiența operatorilor prin efectuarea de studii asupra mai multor echipamente și operatori ([Hiesl și Benjamin 2014](#)).

Sistemele tehnice actuale ce se utilizează în extracția lemnului din România presupun utilizarea la scară largă a ferăstraielor mecanice pentru doborârea, curățirea de crăci și secționarea lemnului, respectiv tracțiunea animală (rărituri) și tractoarele skidder (rărituri și tăieri principale) pentru colectarea lemnului ([Sbera 2007](#)). Deși există circa 150 de funiculare, proporția de utilizare a acestora în operații de colectare este foarte scăzută ([Sbera 2012](#)), tractoarele forestiere de producție românească și externă fiind utilizate pentru extragerea a peste 95% din volumul exploatat ([Sbera 2007](#)), poate și datorită unei asimilări mai ușoare a tehnicii operaționale de către muncitorii forestieri. În condițiile infrastructurii forestiere de transport descrise anterior, există frecvent situații în care operațiile de extracție a lemnului se desfășoară pe distanțe ce depășesc 2 km, evident, cu efecte negative asupra performanței sistemului de extracție ca și asupra sistemelor vecine. Deși se întreprind, studiile de timp vizând echipamentele forestiere utilizate în România sunt încă puține ([Borz și Popa 2014](#)) iar, pe lângă faptul că diferă esențial în filosofie, normele românești existente pentru calcularea timpului necesar și producției posibile la echipamente de tipul skidderelor au fost conduse atât prin considerarea unor echipamente vechi care nu mai sunt utilizate, cât și a unor metode de extracție care nu mai sunt de actualitate în România ([Ministerul Industrializării Lemnului și Materialelor de Construcții 1989](#)). Mai mult, acestea prevăd și limite tehnice în termeni de distanță care este normată până la maximum 2 km, ori se cunoaște faptul că extinderea unui model în afara limitelor între care au fost culese și analizate datele poate să conducă la erori ([Zar 1974](#)). Prin urmare, este evident faptul că, în aceste condiții, în România nu este posibilă o planificare adecvată a rețelei de transport ce se prevede a fi construită pe termen mediu și, mai mult, planificarea și organizarea producției nu poate fi realizată decât prin abordări empirice. De asemenea, este destul de puțin probabilă realizarea unei tranziții pe termen scurt la utilizarea pe scară largă a funicularelor, deoarece acest lucru ar însemna înlocuirea aproape în întregime a sistemului de mașini de colectare a lemnului ce există în momentul de față în România.

Scopul studiului de față acela de a construi modele empirice privind performanța tractoarelor skidder de producție românească în operații de colectare pentru condițiile de accesibilitate redusă, având drept obiectiv principal dezvoltarea unui model empiric pentru estimarea consumului de timp în condiții de accesibilitate redusă prin integrarea unei plaje largi de variație a condițiilor mediului operațional și experienței în muncă a operatorilor, pe baza unor studii efectuate în mai multe zone forestiere românești. Prezentul studiu raportează date care nu au mai fost publicate și se bazează pe datele culese cu ocazia unor studii de timp conduse în alte scopuri decât cel prezentat, date ce au fost reperlucrate pentru a se obține șirurile statistice necesare.

### 5.3.2. Materiale și metode

#### 5.3.2.1. Sursele datelor utilizate, echipamente studiate și organizarea muncii

Datele utilizate în acest studiu au fost preluate cu ocazia conducerii unui număr de șase studii de timp (*ST1-ST6*) detaliate la nivel de elemente de muncă în patru parchete dintre care trei au fost localizate în zonele forestiere montane (*M1*, *M2*, *M3*) și unul în zona forestieră de deal (*D*), cu ocazia efectuării unor operații forestiere pe parcursul anilor 2013 și 2014. Cinci dintre studiile de timp au fost conduse în condiții montante iar ultimul a fost condus în condiții de deal, situație care reconstituie destul de acoperitor condițiile forestiere românești. O descriere sumară a mediilor operaționale din parchetele luate în studiu se prezintă în **Tabelul 28**.

Tabelul 28. Descrierea parchetelor luate în studiu

Abrevierea parchetului	Localizarea parchetului	Felul tăierii	Compoziția arboretului	Suprafața parchetului (ha)	Volumul arborelui mediu ( $m^3 \times fir^{-1}$ )	Declivitatea medie a terenului (%)
<i>M1</i>	45° 37' 44" N 26° 09' 50" E	Accidentală	75 Brad 21 Molid 4 Fag	50,10	1,40	47
<i>M2</i>	45° 39' 46" N 26° 10' 12" E	Succesivă	96 Fag 3 Molid 1 Brad	10,20	4,60	58
<i>M3</i>	45° 48' 32" N 26° 39' 12" E	Progresivă	60 Brad 40 Fag	25,50	2,50	30
<i>D</i>	46° 10' 50" N 24° 40' 54" E	Progresivă	41 Carpen 39 Gorun 20 Fag	7,30	1,10	5

În toate parchetele luate în studiu s-au folosit tractoare de tip skidder de construcție românească, care au fost operate de câte o formație de muncă compusă din câte doi muncitori, dintre care un tractorist și un legător, având experiențe în muncă diferite. Înainte de a se recurge la colectarea datelor, fiecărei echipe i s-a comunicat scopul studiului iar muncitorii au fost rugați să lucreze după cum lucrează ei în mod obișnuit. Distribuția sarcinilor de muncă între cei doi muncitori aparținând fiecărei formații de muncă a fost similară în cazul fiecărui tractor ce a operat și a fost luat în studiu ( $N=6$ ), în sensul că, elemente de muncă cum ar fi tractarea manuală a cablului, legarea și dezlegarea pieselor tractate în cadrul operației de adunat, au fost executate de către legător, iar restul sarcinilor au fost executate de către tractorist. În cazul fiecărei formații de muncă, organizarea muncii a fost aceeași și a constat din operația de adunat, operația de apropiat și operațiile executate în platforma primară. Totuși, în ipotezele studiului de față, s-au luat în considerare doar operațiile efective de colectare, adică adunat cu troliul montat pe tractor și apropiat, incluzând dezlegarea sarcinilor în platformele primare. Două tipuri constructive de tractor au fost luate în studiu: TAF 690 OP - *S1* (4 studii) respectiv TAF 657 - *S2* (2 studii)

reprezentând, de asemenea, o reconstituire justă a sistemii de mașini utilizate în prezent în operații de colectare a lemnului. Aceste tractoare sunt relativ similare, singura diferență constând din motorizare, care, în cazul TAF 690 OP este mai performantă.

### 5.3.2.3. Colectarea datelor de teren

La momentul colectării datelor de teren, s-au implementat studii de timp detaliate la nivel de element de muncă, în urma cărora, prin aplicarea metodelor de cronometrare cu preluarea datelor pe fișe concepute pentru acest scop s-au studiat elementele de muncă și de timp ce se prezintă în [Relațiile 10](#) și [11](#).

$$CMCT = EM_{CG} + EM_{PT} + EM_{TMC} + EM_{LP} + EM_{TMS} + EM_{DP} + EM_{AS} + EM_{CP} + EM_{DS} + EM_{PP} \quad (10)$$

$$TCT = T_{CG} + T_{PT} + T_{TMC} + T_{LP} + T_{TMS} + T_{DP} + T_{AS} + T_{CP} + T_{DS} + T_{PP} \quad (11)$$

în care:

$CMCT$  - reprezintă un ciclu de muncă de colectare cu tractorul, iar  $TCT$  reprezintă consumul de timp aferent unui ciclu de muncă de colectare cu tractorul;

$EM_{CG}, T_{CG}$  - element de muncă (timp) presupunând efectuarea cursei în gol pe traseul sau drumul de tractor;

$EM_{TMC}, T_{TMC}$  - element de muncă (timp) presupunând tractarea manuală a cablului de sarcină până la piesa (piesele) de legat;

$EM_{LP}, T_{LP}$  - element de muncă (timp) presupunând legarea piesei (pieselor) de adunat;

$EM_{TMS}, T_{TMS}$  - element de muncă (timp) presupunând tractarea mecanică a piesei (pieselor) legate;

$EM_{DP}, T_{DP}$  - element de muncă (timp) presupunând dezlegarea piesei (pieselor) tractate în operația de adunat;

$EM_{AS}, T_{AS}$  - element de muncă (timp) presupunând atașarea și ridicarea sarcinii în spatele tractorului;

$EM_{CP}, T_{CP}$  - element de muncă (timp) presupunând efectuarea cursei în plin (în sarcină) de la locul de atașare a sarcinii până la platforma primară;

$EM_{DS}, T_{DS}$  - element de muncă (timp) presupunând dezlegarea (detașarea) sarcinii în platforma primară;

$EM_{PP}, T_{PP}$  - elemente de muncă (timp) presupunând efectuarea de operații de manipulare-stivuire cu tractorul în platformele primare.

Din moment ce sarcinile formate prin adunat au conținut, în majoritatea cazurilor, mai mult de o piesă de lemn, timpul consumat pentru elementele  $EM_{TMC}$ ,  $EM_{LP}$ ,  $EM_{TMS}$  și  $EM_{DP}$ , au fost studiate la nivelul fiecărei piese tractate. Operațiile desfășurate cu tractorul în platformele primare, exceptând elementul de muncă ce a presupus dezlegarea sarcinii, nu au avut loc pe bază ciclică.

Cu ocazia lucrărilor de teren s-au colectat în toate situațiile variabile de proces prin utilizarea unor proceduri de măsurare specifice. Variabilele de natură dendrometrică  $DCG$ ,  $DGS$ ,  $LP$  și  $S$ , având aceleași semnificații ca și în [paragraful 5.2.2.2](#), au fost colectate prin aplicarea procedurilor expuse în același paragraf. În aceeași manieră s-au colectat variabilele  $DA$ ,  $DDA$  și  $D$ . Variabilele  $VP$  și  $VS$  s-au calculat utilizându-se foile întocmite în MS Excel, prin aplicarea procedurilor descrise anterior, pe baza variabilelor de natură dendrometrică. Variabilele operaționale specifice, mai degrabă, operației de apropiat au constat din: numărul de piese dintr-o sarcină deplasată  $NP$ , care s-a determinat pentru fiecare cursă pe baza datelor anterioare care s-au prelucrat în MS Excel, distanța de apropiat ( $DAP$ ), care s-a măsurat în teren cu ocazia

colectării datelor după procedurile expuse în Borz (2014b), și declivitatea traseelor de apropiat cu tractorul (*DTA*), colectată prin aceleași proceduri. Întârzierile de diferite naturi (*TI*) au fost colectate în fiecare dintre studiile efectuate, într-un mod separat.

#### 5.3.2.4.Prelucrarea datelor

Toate datele privind variabilele analizate au fost centralizate în foi întocmite special în MS Excel. Consumurile elementale de timp, provenite din analiza datelor la nivel elemental au fost însumate, într-o primă etapă, pe categorii de elemente de muncă, rezultând consumuri totale pe elemente la nivelul fiecărei sarcini deplasate în operația de apropiat. Apoi, consumurile totale pe elemente de muncă s-au însumat pentru a se determina consumul total de timp pe operația de adunat, variabilă care a fost păstrată în vederea efectuării analizelor ulterioare. Distanțele de adunat și declivitățile pe traseele de adunat s-au prelucrat simiar, cu excepția că, în cazul lor, s-au utilizat medii în loc de sume. Direcția de deplasare a pieselor tractate raportat la declivitatea terenului pe traseele de adunat (înspre amonte, înspre aval) a variat chiar și în cadrul aceluiași ciclu de adunat. Prin urmare, pentru acest parametru nu s-a putut determina o valoare medie, dat fiind faptul că reprezenta o variabilă calitativă, iar modul de tratare a acestei variabile a constat din eliminarea sa din baza de date pe baza considerentului că, oricum variația consumului de timp cauzată de variația acestei variabile va fi inclusă în consumul de timp la adunat. În cazul celorlalte elemente de muncă ce s-au desfășurat la operația de apropiat, datele au fost prelucrate după cum acestea au fost preluate din teren, cu mențiunea că, în cazul consumurilor de timp pe elemente de muncă la operația de apropiat s-au efectuat sume pentru a se calcula consumul la nivel de operație. Prin urmare, consumul de timp la operațiile de colectare studiate s-a sintetizat în baza de date sub forma prezentată în **Relația 12**:

$$TCT = TATT + TAP \quad (12)$$

în care *TATT* are semnificația prezentată anterior (timp consumat fără întârzieri la operația de adunat), iar *TAP* are semnificația consumului de timp la apropiat, inclusiv dezlegarea sarcinii în platforma primară, calculat ca sumă a consumurilor de timp pe elemente de muncă la apropiat după cum acestea au fost prezentate în **Relația 10**. Separat s-au calculat și sumele timpilor consumați cu întârzieri care au fost utilizate în calcularea productivității brute în studiul de față. Indiferent de categorie, consumul de timp a fost transformat în ore. Această transformare a fost necesară pentru a se putea reprezenta la un nivel lizibil anumite date sub formă grafică și numerică, dat fiind faptul că valorile respective au variat în limite largi.

#### 5.3.2.5.Designul statistic și analiza datelor

În vederea efectuării de analize statistice, s-au luat în considerare toate studiile efectuate care s-au grupat în două categorii de tratamente experimentale: tratamentele individuale (*MI-M5, D*) respectiv tratamentul global (*G*). Designul statistic pentru tratamentele luate în studiu s-a conturat în jurul unor studii observaționale tipice de modelare, care au vizat obținerea unui model global de consum de timp, respectiv de productivitate, acest fapt presupunând utilizarea analizei regresiei liniare multiple prin diferite proceduri care să conducă la un model semnificativ la nivel global și la nivel de predictorii incluși, cu un grad de validitate cât mai ridicat. Prin urmare, a fost necesară parcurgerea unor etape specifice de analiză statistică, etape ce au fost adaptate la conceptele descrise în (Magagnotti și Spinelli 2012) și care s-au completat cu proceduri statistice generale, după cum sunt cele descrise în Zar (1974), și cele specifice evaluării performanței sistemelor tehnice forestiere descrise în Olsen *et al.* (1998). S-au parcurs succesiv: testarea normalității datelor (testul Shapiro-Wilk,  $\alpha=0,01$ ,  $p>0,01$ ), elaborarea

statisticilor descriptive, testarea multicolarității pentru variabilele utilizate la estimarea modelului global (prag  $R=0,5$ ), estimarea modelului global (prin selectarea unor variabile independente utile pentru practică,  $\alpha=0,05$ ,  $p<0,05$  pentru modelul global al regresiei respectiv  $\alpha=0,05$ ,  $p<0,05$  pentru fiecare variabilă independentă), calcularea proporțiilor consumului de timp pe operații din timpul total la colectarea lemnului fără întârzieri (la nivelul fiecărui tratament), calcularea proporțiilor întârzierilor în timpul total consumat la locurile de muncă (la nivelul fiecărui tratament), reprezentarea relației de variație a productivității în funcție de distanța de apropiat la nivelul tratamentului global, respectiv estimarea productivităților nete și brute ca și a eficienței la nivelul fiecărui tratament.

### 5.3.3. Rezultate și discuții

#### 5.3.3.1. Rezultate privind testarea normalității datelor

Rezultatele testării normalității datelor pentru variabilele specifice tratamentelor individuale ca și pentru tratamentul global sunt prezentate în **Tabelul 29**. După cum se observă, dacă la nivelul fiecărui tratament individual rezultatele testelor au indicat faptul că majoritatea variabilelor s-au distribuit normal, la nivelul global, care a înglobat toate datele colectate prin gruparea lor în aceleași șiruri, nicio variabilă nu s-a mai distribuit normal.

Tabelul 29. Testarea normalității datelor pentru variabilele luate în studiu, la nivel de tratament experimental

Tratament	Statisticile testului și interpretare	Variabile supuse testului						
		DA (m)	NP	VS (m <sup>3</sup> )	TATT (h)	DAP (m)	TAP (h)	TCT (h)
M1×S1	W	= 0,895	= 0,896	= 0,978	= 0,940	= 0,775	= 0,870	= 0,936
	p	= 0,753	= 0,001	= 0,614	= 0,032	< 0,001	< 0,001	= 0,022
	Interpretare	*	-	*	*	-	-	*
M1×S2	W	= 0,908	= 0,955	= 0,991	= 0,871	= 0,938	= 0,985	= 0,990
	p	= 0,001	= 0,075	= 0,981	< 0,001	= 0,019	= 0,820	= 0,946
	Interpretare	-	*	*	-	*	*	*
M2×S1	W	= 0,877	= 0,876	= 0,924	= 0,966	= 0,925	= 0,965	= 0,880
	p	= 0,035	= 0,034	= 0,196	= 0,768	= 0,203	= 0,761	= 0,039
	Interpretare	*	*	*	*	*	*	*
M2×S2	W	= 0,822	= 0,725	= 0,970	= 0,935	= 0,877	= 0,842	= 0,029
	p	= 0,017	= 0,002	= 0,913	= 0,432	= 0,075	= 0,029	= 0,026
	Interpretare	*	-	*	*	*	*	*
M3×S1	W	= 0,976	= 0,874	= 0,942	= 0,978	= 0,954	= 0,956	= 0,983
	p	= 0,688	= 0,002	= 0,092	= 0,760	= 0,197	= 0,229	= 0,897
	Interpretare	*	-	*	*	*	*	*
M4×S1	W	= 0,963	= 0,912	= 0,967	= 0,945	= 0,932	= 0,939	= 0,944
	p	= 0,167	= 0,003	= 0,237	= 0,037	= 0,012	= 0,021	= 0,032
	Interpretare	*	-	*	*	*	*	*
G	W	= 0,907	= 0,906	= 0,958	= 0,946	= 0,948	= 0,951	= 0,975
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	= 0,002
	Interpretare	-	-	-	-	-	-	-

Notă: \*Date provenite din populații distribuite normal; - Date provenite din populații care nu sunt distribuite normal

Acest fapt a avut implicații asupra alegerii statisticilor descriptive legate de indicatorii tendinței centrale, unde mediana poate să ofere informații mai precise cu legătură la modul de distribuire a datelor.



### 5.3.3.2. Statistici descriptive

Statisticile descriptive calculate pentru fiecare tratament individual, ca și pentru modelul global se prezintă în **Tabelul 30**.

Tabelul 30. Statistici descriptive ale variabilelor luate în studiu, la nivel de tratament experimental

Tratament	Variabila, unitatea de măsură	N	Statistica descriptivă						
			Valoarea minimă	Valoarea maximă	Ampl. de variație	Media	Mediana	Abaterea standard	Sume
<b>M1×S1</b>	<b>DA</b> (m)	41	3,09	44,40	41,31	19,90	20,00	± 8,80	-
	<b>NP</b>	41	2,00	11,00	9,00	5,10	5,10	± 1,77	209
	<b>VS</b> (m <sup>3</sup> )	41	4,17	10,03	5,86	6,52	6,36	± 1,26	267,28
	<b>DAP</b> (m)	41	128,00	1338,00	1210,00	980,32	1080,00	± 351,90	-
	<b>TATT</b> (ore)	41	0,08	0,49	0,41	0,22	0,20	± 0,10	8,972
	<b>TAP</b> (ore)	41	0,22	0,78	0,55	0,58	0,60	± 0,15	23,686
	<b>TCT</b> (ore)	41	0,43	1,08	0,65	0,80	0,79	± 0,17	32,658
<b>M1×S2</b>	<b>DA</b> (m)	46	9,83	56,50	46,67	22,86	20,31	± 9,95	-
	<b>NP</b>	46	2,00	12,00	10,00	6,17	6,00	± 2,41	284
	<b>VS</b> (m <sup>3</sup> )	46	1,96	8,33	6,36	5,38	5,30	± 1,33	247,57
	<b>DAP</b> (m)	46	107,00	1526,00	1419,00	871,00	886,00	± 400,66	-
	<b>TATT</b> (ore)	46	0,12	0,76	0,63	0,29	0,30	± 0,11	13,138
	<b>TAP</b> (ore)	46	0,16	1,16	1,00	0,64	0,65	± 0,23	29,501
	<b>TCT</b> (ore)	46	0,28	1,46	1,18	0,93	0,94	± 0,27	42,639
<b>M2×S1</b>	<b>DA</b> (m)	16	4,00	79,33	75,33	25,99	19,00	± 21,24	-
	<b>NP</b>	16	1,00	5,00	4,00	2,69	3,00	± 0,95	43
	<b>VS</b> (m <sup>3</sup> )	16	3,07	8,37	5,30	5,87	6,05	± 1,72	93,98
	<b>DAP</b> (m)	16	2233,00	2590,00	357,00	2461,00	2469,00	± 101,17	-
	<b>TATT</b> (ore)	16	0,03	0,20	0,17	0,10	0,10	± 0,05	1,649
	<b>TAP</b> (ore)	16	1,09	1,55	0,46	1,29	1,27	± 0,14	20,633
	<b>TCT</b> (ore)	16	1,23	1,69	0,46	1,39	1,34	± 0,16	22,282
<b>M2×S2</b>	<b>DA</b> (m)	12	3,50	62,50	59,00	23,29	13,17	± 19,51	-
	<b>NP</b>	12	2,00	6,00	4,00	2,83	2,50	± 1,19	34
	<b>VS</b> (m <sup>3</sup> )	12	2,33	7,97	5,63	5,37	5,48	± 1,60	64,50
	<b>DAP</b> (m)	12	2458,00	2657,00	199,00	2576,00	2585,00	± 69,47	-
	<b>TATT</b> (ore)	12	0,07	0,49	0,42	0,24	0,20	± 0,13	2,921
	<b>TAP</b> (ore)	12	0,91	1,57	0,66	1,36	1,43	± 0,18	12,264
	<b>TCT</b> (ore)	12	0,98	1,94	0,96	1,60	1,59	± 0,24	19,186
<b>M3×S1</b>	<b>DA</b> (m)	31	3,67	39,67	36,00	23,26	23,25	± 8,39	-
	<b>NP</b>	31	2,00	5,00	3,00	3,23	3,00	± 0,96	100
	<b>VS</b> (m <sup>3</sup> )	31	1,50	12,43	10,93	7,12	6,79	± 2,46	220,75
	<b>DAP</b> (m)	31	696,00	1250,00	554,00	1037,00	1040,00	± 148,77	-
	<b>TATT</b> (ore)	31	0,03	0,30	0,27	0,17	0,18	± 0,07	5,256
	<b>TAP</b> (ore)	31	0,29	0,52	0,22	0,39	0,39	± 0,07	12,217
	<b>TCT</b> (ore)	31	0,36	0,77	0,41	0,56	0,56	± 0,10	17,473
<b>M4×S1</b>	<b>DA</b> (m)	44	2,63	16,50	13,87	8,66	7,89	± 3,94	-
	<b>NP</b>	44	2,00	13,00	11,00	6,48	5,00	± 2,95	285
	<b>VS</b> (m <sup>3</sup> )	44	3,04	6,63	3,59	4,89	5,04	± 0,71	214,97
	<b>DAP</b> (m)	44	1597,00	1897,00	300,00	1706,31	1695,75	± 71,65	-
	<b>TATT</b> (ore)	44	0,06	0,42	0,37	0,19	0,16	± 0,09	8,494
	<b>TAP</b> (ore)	44	0,67	0,99	0,32	0,83	0,81	± 0,09	36,513
	<b>TCT</b> (ore)	44	0,78	1,37	0,59	1,02	1,02	± 0,17	45,007
<b>G</b>	<b>DA</b> (m)	<b>190</b>	<b>2,63</b>	<b>79,33</b>	<b>76,60</b>	<b>19,29</b>	<b>16,55</b>	<b>± 12,23</b>	<b>-</b>
	<b>NP</b>	<b>190</b>	<b>1,00</b>	<b>13,00</b>	<b>12,00</b>	<b>5,03</b>	<b>5,00</b>	<b>± 2,54</b>	<b>955</b>
	<b>VS</b> (m <sup>3</sup> )	<b>190</b>	<b>1,50</b>	<b>12,43</b>	<b>10,93</b>	<b>5,84</b>	<b>5,66</b>	<b>± 1,69</b>	<b>1109,04</b>
	<b>DAP</b> (m)	<b>190</b>	<b>107,00</b>	<b>2657,00</b>	<b>2550,00</b>	<b>1356,76</b>	<b>1199,00</b>	<b>± 633,40</b>	<b>-</b>
	<b>TATT</b> (ore)	<b>190</b>	<b>0,03</b>	<b>0,76</b>	<b>0,76</b>	<b>0,21</b>	<b>0,20</b>	<b>± 0,11</b>	<b>40,431</b>
	<b>TAP</b> (ore)	<b>190</b>	<b>0,16</b>	<b>1,57</b>	<b>1,41</b>	<b>0,73</b>	<b>0,70</b>	<b>± 0,32</b>	<b>138,813</b>
	<b>TCT</b> (ore)	<b>190</b>	<b>0,28</b>	<b>1,94</b>	<b>1,66</b>	<b>0,94</b>	<b>0,90</b>	<b>± 0,33</b>	<b>179,245</b>

Numărul de observații specifice fiecărui tratament individual a variat, destul de larg, între 12 și 46 iar, la nivelul tratamentului global s-a luat în considerare un număr de 190 de observații statistice. Numărul mai mic de observații a fost cel specific unor distanțe de colectare extraordinare, unde consumul de timp necesar pentru colectarea datelor a fost foarte mare.

Prin gruparea datelor în șirurile specifice la nivelul modelului global, s-a constatat faptul că distanțele medii de adunat au variat între circa 3 și circa 79 m, ultimul caz fiind specific unui parchet în care cablul utilizat la adunat a fost prelungit, înregistrându-se circa 3 situații în care distanța maximă de adunat a fost de peste 75 m. Distanța medie de adunat, calculată pe baza tuturor datelor incluse a fost de circa 19 m (mediانا = 17 m). Numărul de piese adunate într-un ciclu de adunat, constituind și numărul de piese dintr-o sarcină de apropiat a variat larg, între 1 și 13, cu o medie de circa 5, condiții în care volumul unei sarcini deplasate în cadrul operației de apropiat a variat, de asemenea, între 1,5 și 12,4 m<sup>3</sup>, cu o medie de 5,84 m<sup>3</sup>. Specific celor 190 de curse studiate pentru colectarea lemnului a fost faptul că s-a deplasat un volum total estimat la circa 1109 m<sup>3</sup>.

Distanța de apropiat a variat între 107 și 2657 m, cu o valoare medie de circa 1357 m. În condițiile descrise privind distanța de adunat și numărul de piese adunate, la nivel global, consumul de timp la adunat a variat între 0,03 și 0,76 ore, cu o medie de 0,21 ore. De asemenea, în condițiile descrise privind distanța de apropiat, consumul de timp la această operație a variat între 0,16 și 1,41 ore, cu o medie de 0,73 ore.

Prin urmare, la operațiile de colectare, incluzând aici adunatul și apropiatul, consumul de timp a variat între 0,28 și 1,94 ore, cu o medie de 0,94 ore. Durata totală a timpului productiv consumat în aceste operații a fost de circa 179 ore, dintre care circa 40 au fost consumate în operații de adunat și circa 139 au fost consumate în operații de apropiat.

### 5.3.3.3. Analiza multicolarității

Analiza multicolarității (**Tabelul 31**) s-a efectuat după procedeele expuse anterior și s-a constatat faptul că nu au existat asocieri puternice între variabilele independente luate în studiu, cu excepția perechii *DDA - DA*. Totuși, variabila *DDA* nu a mai fost selectată pentru realizarea modelului global.

Tabelul 31. Analiza corelației pentru variabilele independente luate în studiu

	<i>VS</i> (m <sup>3</sup> )	<i>DA</i> (m)	<i>DDA</i> (%)	<i>NP</i>	<i>DAP</i> (m)	<i>DTA</i> (%)
<i>VS</i> (m <sup>3</sup> )	1	-	-	-	-	-
<i>DA</i> (m)	0,15	1	-	-	-	-
<i>DDA</i> (%)	0,08	0,59	1	-	-	-
<i>NP</i>	-0,22	-0,28	-0,28	1	-	-
<i>DAP</i> (m)	-0,09	-0,10	0,09	-0,16	1	-
<i>DTA</i> (%)	0,07	0,15	0,39	0,10	-0,03	1

Cu excepția perechii de variabile *DDA-DA*, legăturile dintre celelalte perechi au fost foarte slabe, conducând la ideea că se pot utiliza variabilele *DA*, *NP* și *DAP* în elaborarea modelelor de regresie.

### 5.3.3.4. Estimarea modelului global de consum de timp

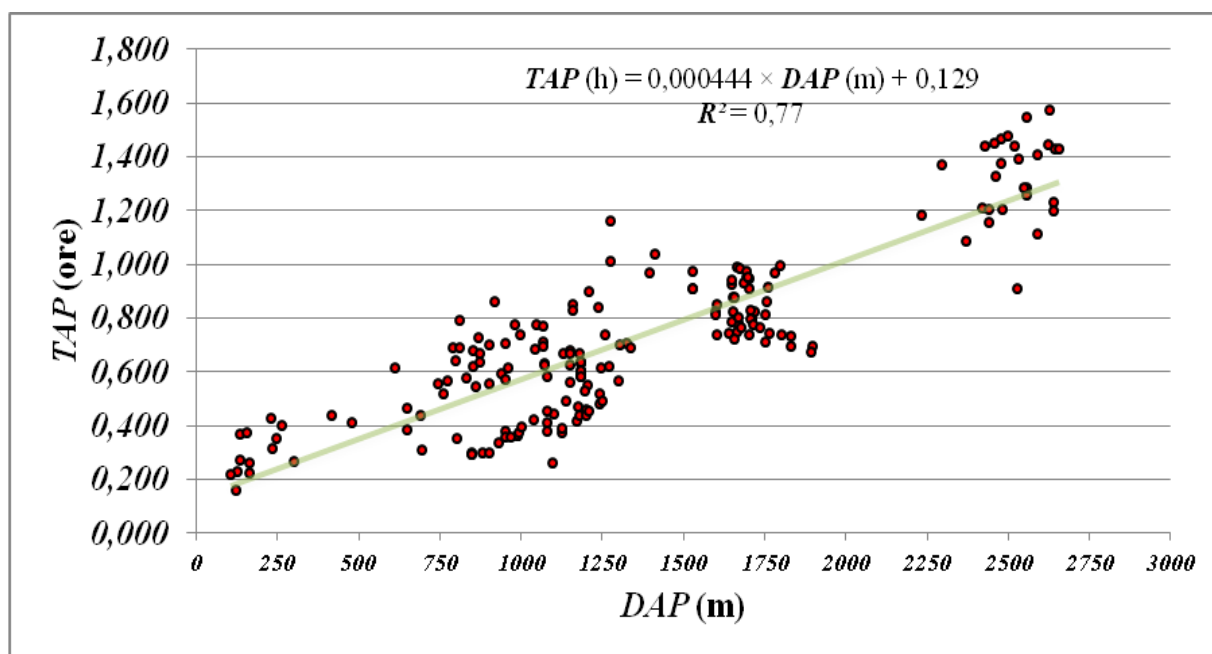
Pentru datele luate în considerare s-au estimat trei modele, dintre care, modelele ce explică variația consumului de timp la colectarea lemnului respectiv la operația de adunat sunt

incluse în **Tabelul 32**, iar cel care exprimă variația consumului de timp la operația de apropiat în funcție de distanța de apropiat se prezintă în **Figura 13**.

*Tabelul 32. Modele empirice globale pentru estimarea consumului de timp la colectarea lemnului cu tractoare skidder: pentru adunat și apropiat, respectiv pentru adunat*

Model empiric	N	Statisticile modelului			
		Sig. F	R <sup>2</sup>	Var. indep.	Val. p
$TCT (h) = 0,0115 + 0,0056 \times DA (m) + 0,0446 \times NP + 0,0004 \times DAP (m)$	190	<0,05	0,70	DA (m) NP DAP (m)	< 0,05 < 0,05 < 0,05
$TATT (s) = 0,0044 \times DA (m) + 0,0279 \times NP - 0,0115$	190	<0,05	0,51	DA (m) NP	< 0,05 < 0,05

Toate modelele estimate au fost semnificative la nivel global, iar variabilele selectate au fost, de asemenea, semnificative la nivelul de încredere ales. La nivelul unui ciclu de muncă de colectare cu tractorul de tip skidder, în condiții constante de distanță de adunat și apropiat, numărul de piese ce se adună are un impact mare asupra consumului de timp. Variabilitatea mai mare a condițiilor operaționale specifice operației de adunat a condus la o capacitate de explicare a variației consumului de timp de către variabilele selectate în proporție de 51%, dar aceasta s-a îmbunătățit în cazul operațiilor de colectare, unde *DA*, *NP* și *DAP* au explicat variația *TCT* în proporție de 70%. În acest ultim caz, aplicabilitatea practică a modelului este evidentă. Astfel, părțile interesate, pot să estimeze consumul de timp prin cunoașterea unor parametri cum ar fi distanțele dintre drumurile de tractor, distanța de apropiat și tipul tăierii aplicate care, prin gruparea arborilor de extras indică și numărul pieselor ce pot fi adunate într-un ciclu mediu. Mai mult, modelul prezentat se poate utiliza în sisteme situate în aval. Astfel, pe baza ecuației prezentate se pot determina costurile implicate de colectarea lemnului cu aplicabilitate în strategia de dezvoltare a rețelei de transport auto forestier.



*Figura 13. Dependența funcțională dintre variația consumului de timp la operația de apropiat cu tractoare skidder și variația distanței de apropiat.*

În ceea ce privește variația consumului de timp la operația de apropiat, aceasta a fost estimată în funcție de distanța de apropiat. Modelul rezultat indică faptul că variația consumului de timp la apropiat poate fi explicată de variația distanței de apropiat în proporție chiar mai mare (77%). Acest lucru se poate datora unor condiții mult mai facile (uniforme) în desfășurarea

acestei operații. Probabil că, dacă nu s-ar fi inclus în model timpii de legare-semisuspendare a sarcinii, respectiv timpii de dezlegare a sarcinii, păstrându-se aici doar timpii de deplasare, variația consumului de timp în funcție de distanță ar fi fost explicată într-o proporție și mai mare. Totuși, cel puțin din motive de aplicabilitate a modelului în practică, o astfel de abordare nu ar fi avut sens. Prin urmare, porția fixă (termenul liber) cumulând circa 0,13 ore, poate fi asociată, în acest caz, cu elementele de muncă de legare și dezlegare a sarcinii (Olsen *et al.* 1998).

### 5.3.3.5. Structura consumului de timp la operații de colectare cu tractoare skidder

Cunoașterea proporției de participare în consumul total de timp pentru diferite medii operaționale și operații este importantă în formarea unei imagini de ansamblu cu privire la performanțele echipamentelor ce se studiază. În **Tabelul 33** se prezintă detaliat consumurile de timp pe operații și la nivel total, ca și consumurile de timp ce au fost colectate sub formă de întârzieri pentru fiecare tratament individual iar, în final se include o sinteză la nivelul global analizat. Se precizează aici faptul că, în condițiile prezentate, consumul de timp cauzat de execuția tehnică a diferitelor operații din platformele primare a fost exclus din analiză. După cum se poate observa, consumul de timp în operații de adunat, a fost cuprins între 7,22 și 30,81% din consumul de timp fără întârzieri la operații de colectare, cu o valoare medie la nivel global de circa 23%. Distanțele mari de colectare luate în studiu au condus la proporții de 69,12-92,78% ale consumului de timp la operația de apropiat, raportat, de asemenea la consumul total fără întârzieri la colectare, cu o medie globală de circa 77%.

Tabelul 33. Proporția de participare a consumului de timp la operațiile de adunat și apropiat în structura totală a timpului productiv și proporția de participare a timpului productiv în structura timpului total consumat la locul de muncă

Tratament	Variabila, unitatea de măsură	Statistica descriptivă					
		TATT	TAP	TCT	TP*	TI	TTLM**
M1×S1	Consum timp (ore)	8,972	23,686	32,658	32,658	33,391	66,049
	Proporția din TCT (%)	24,47	72,53	100,00	-	-	-
	Proporția din TTLM (%)	-	-	-	49,45	50,55	100,00
M1×S2	Consum timp (ore)	13,138	29,501	42,639	42,639	32,166	74,805
	Proporția din TCT (%)	30,81	69,19	100,00	-	-	-
	Proporția din TTLM (%)	-	-	-	57,00	43,00	100,00
M2×S1	Consum timp (ore)	1,649	20,633	22,282	22,282	26,730	49,012
	Proporția din TCT (%)	7,22	92,78	100,00	-	-	-
	Proporția din TTLM (%)	-	-	-	45,46	54,54	100,00
M2×S2	Consum timp (ore)	2,921	12,264	19,186	19,186	44,419	63,605
	Proporția din TCT (%)	15,22	84,78	100,00	-	-	-
	Proporția din TTLM (%)	-	-	-	30,16	69,84	100,00
M3×S1	Consum timp (ore)	5,256	12,217	17,473	17,473	6,795	24,268
	Proporția din TCT (%)	30,08	69,92	100,00	-	-	-
	Proporția din TTLM (%)	-	-	-	72,00	28,00	-
M4×S1	Consum timp (ore)	8,494	36,513	45,007	45,007	18,652	63,659
	Proporția din TCT (%)	19,66	80,34	100,00	-	-	-
	Proporția din TTLM (%)	-	-	-	23,57	76,43	100,00
G	Consum timp (ore)	40,431	138,813	179,245	179,245	162,153	341,398
	Proporția din TCT (%)	22,56	77,44	100,00	-	-	-
	Proporția din TTLM (%)	-	-	-	52,50	47,50	100,00

Notă: TP\* - timp productiv, nu include consumul de timp la operații în platformele primare, TP=TCT; TTLM\*\* - timp total la locul de muncă, nu include operațiile din platformele primare

În ceea ce privește întârzierile de diferite naturi, care oricum se modelează separat, acestea au prezentat proporții variabile începând cu 28 și terminând cu circa 76% din timpul total consumat la locurile de muncă, excluzând aici, de asemenea, timpul consumat cu operațiile din

platformele primare. În medie, timpul consumat în operații de colectare fără întârzieri a reprezentat o proporție de circa 53%, restul de circa 47% fiind concretizat în diferite întârzieri: tehnice, organizatorice, personale etc. Proporția cea mai mică a întârzierilor, specifică tratamentului  $M3 \times SI$ , se datorează unor condiții mai facile de desfășurare a operațiilor de extracție, în timp ce proporția de 76%, înregistrată pentru tratamentul  $M4 \times SI$ , s-a datorat unor condiții mai grele, inclusiv în termeni de distanță de colectare. În acest tratament, solul, de tip argilos, a fost înmuiat, aspect care a cauzat întârzieri operaționale și în cazul operației de apropiat la deplasarea tractorului la cursele în plin și în gol.

### 5.3.3.6. Indicatori ai performanței

Evaluarea performanței operațiilor de colectare a lemnului cu tractoare de tip skidder, mai ales în condițiile unei utilizări majoritare a acestui tip de echipament forestier în operații de extracție a lemnului, este deosebit de important deoarece oferă indicii cu privire la modul în care acestea sunt realizate, respectiv predicții cu privire la rata în care se poate livra lemnul la căile de transport cu caracter permanent. Pe baza acestor estimări se pot face predicții privind costurile unitare de șantier, ca și cu privire la rentabilitatea lucrărilor.

În **Tabelul 34** se prezintă estimări privind productivitatea și eficiența muncii în diferite supoziții. Productivitatea și eficiența netă indică condiții ideale, mai puțin probabil de a fi atinse în condiții operaționale concrete, dar acești indicatori se iau în considerare, de exemplu, la dimensionarea unor sisteme din aval (cum ar fi rețeaua de transport forestier). Pe de altă parte, productivitatea și eficiența brută, ca măsuri ale performanței echipamentelor ce se studiază, reflectă strict condițiile operaționale date și, probabil, în alte condiții vor căpăta alte valori. Totuși, ultimii indicatori prezentați, dacă sunt colectați la nivelul unui eșantion mare de date după cum este cel prezentat în studiul de față, pot să ofere o imagine de ansamblu a specificului în care astfel de operații sunt conduse.

Tabelul 34. Estimări cu privire la unii indicatori ai performanței colectării lemnului cu tractoare skidder: productivitatea și eficiența

Tratamentul	TP* (h)	TTLM** (h)	Producție realizată (m <sup>3</sup> )	Pnet (m <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup> )	Enet (h×m <sup>-3</sup> )	Pbrut (m <sup>3</sup> ×h <sup>-1</sup> )	Ebrut (h×m <sup>-3</sup> )
$M1 \times SI$	32,658	66,049	267,28	8,184	0,122	4,047	0,247
$M1 \times S2$	42,639	74,805	247,57	5,806	0,172	3,310	0,302
$M2 \times SI$	22,282	49,012	93,98	4,218	0,237	1,917	0,522
$M2 \times S2$	18,186	63,605	64,50	3,547	0,282	1,014	0,986
$M3 \times SI$	17,473	24,268	220,75	12,634	0,079	9,096	0,110
$M4 \times SI$	45,007	63,652	214,97	4,776	0,209	3,377	0,296
<b>G</b>	<b>179,245</b>	<b>341,398</b>	<b>1109,04</b>	<b>6,187</b>	<b>0,162</b>	<b>3,249</b>	<b>0,308</b>

Notă: TP\* - timp productiv, nu include consumul de timp la operații în platformele primare, TP=TCT;  
TTLM\*\* - timp total la locul de muncă, nu include operațiile din platformele primare

După cum se prezintă în **Tabelul 34**, productivitatea netă la nivelul fiecărui tratament individual a variat foarte larg, între circa 3,55 și 12,63 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>, cu o medie globală de circa 6,2 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>. În aceste condiții, eficiența netă exprimată sub forma consumului de timp pentru realizarea unei unități de produs a variat între 0,079 și 0,282, cu o medie globală de circa 0,16 h×m<sup>-3</sup>. Similar celor prezentate la structura consumului de timp, acești indicatori au fost relaționați direct cu condițiile specifice ale mediului operațional. În ceea ce privește productivitatea și eficiența brută, acestea au fost semnificativ afectate de întârzierile de diferite naturi. Prima, a variat între circa 1,01 și 9,10 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>, ultima valoare fiind specifică tratamentului în care condițiile mediului operațional au fost cele mai facile unde și întârzierile de diferite naturi

au fost cele mai mici; eficiența brută a variat între 0,11 și 0,99  $\text{h} \times \text{m}^{-3}$ , în condițiile aceluiași precizări.

În **Figura 14** se prezintă dependența dintre productivitatea netă și distanța de apropiat, în ipoteza în care consumul de timp la adunat s-a păstrat ca porție fixă în calculele ce s-au efectuat. Figura indică dependența în trei ipoteze: sarcina minimă, sarcina medie și sarcina maximă deplasată la o cursă.

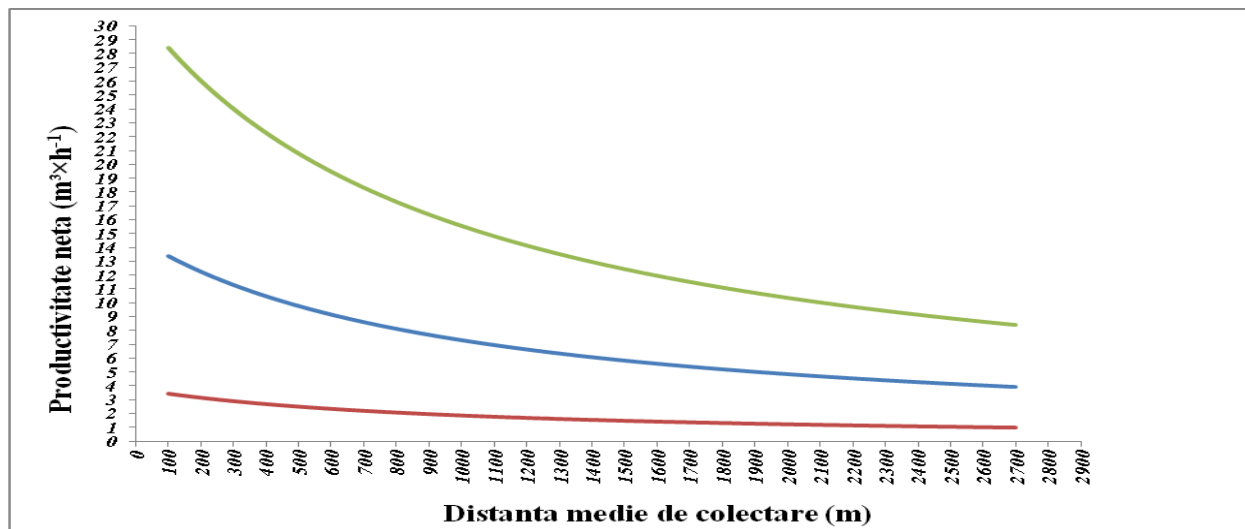


Figura 14. Dependența dintre productivitatea netă și distanța de apropiat în operații de colectare a lemnului cu tractoarele skidder studiate

Legendă: verde - ipoteza deplasării sarcinii maxime, albastru - ipoteza deplasării sarcinii medii, roșu, ipoteza deplasării sarcinii minime

Relația de dependență prezentată pentru sarcina medie deplasată reprezintă situația cea mai apropiată de realitățile operaționale, deoarece este puțin probabil că sarcini de ordinul a 1,5 respectiv 12,4  $\text{m}^3$  vor fi deplasate în mod frecvent. De asemenea, consumul de timp implicat de operația de adunat la sarcini mai mici va fi, în esență, mult mai mic, iar cel implicat de sarcini mai mari va fi, de asemenea, mult mai mare. După cum se observă, dacă la distanțe de colectare foarte mari, de ordinul a 2,5 - 2,7 km se pot obține productivități orare care echivalează mai mult sau mai puțin, mărimea unei sarcini deplasate, la distanțe de colectare de ordinul a 200-300 de metri, productivitatea orară practic se dublează. Datele prezentate în **Figura 14** nu trebuie interpretate în sensul că, de exemplu, în condiții operaționale date, la o distanță de colectare de 2700 de metri se poate obține o productivitate orară de circa 6  $\text{m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , deoarece aceasta este afectată de întâzieri, în realitate rezultând, mai degrabă, o productivitate înjumătățită. Totuși, în calculele care se fac, de exemplu la dimensionarea rețelei de transport, contează ce performanțe pot fi obținute în condiții date ale mediului operațional, o abordare ce elimină întâzierile de diferite naturi.

### 5.3.4. Concluzii și direcții noi de abordat

Indiferent de funcțiile pe care le îndeplinesc pădurile, gestionarea adecvată a acestora este strâns legată de existența unei rețele de transport forestier adecvat dimensionată, iar cunoașterea performanțelor proceselor din amonte este importantă în dimensionarea adecvată a celor din aval, inclusiv a rețelei de transport forestier.

Prezentul studiu a folosit date nepublicate explicit în articole științifice dar se bazează pe datele culese cu ocazia conducerii studiilor privind performanțele tractoarelor skidder în operații forestiere conduse în diferite medii operaționale specifice României, în efortul de a genera

modele pentru estimarea consumului de timp și a productivității muncii în operații de colectare cu tractorul acoperitoare pentru sectorul românesc de profil, în contextul necesității abordării problemei la nivel populațional ([Hiesl și Benjamin 2014](#)).

Modelele dezvoltate în acest studiu au o importanță majoră datorită faptului că nu există estimări care să ia în considerare distanțe de colectare foarte lungi, nici la nivel internațional și nici la nivel național. Prin urmare, modelele estimate pot fi utilizate pentru diferite aspecte precum calculele și modelarea rețelei de transport auto forestier, analiză energetică respectiv studii de tip *LCA* (*Life Cycle Assessment*). Mai mult, tipuri constructive de tractor precum cele luate în studiu au fost exportate în trecut în mai multe țări precum Iranul, Bulgaria etc., iar, actualmente producătorul exportă o importantă parte din producție, inclusiv în țările europene.

Este posibil ca, printr-un management operațional superior, chiar și în condițiile studiate, productivitatea muncii să fie îmbunătățită printr-o gestionare mai bună a timpului în operații forestiere de acest gen. Comparativ cu aspectele prezentate în [paragraful 5.1.3](#) se observă faptul că, în condițiile românești există tendința creșterii sarcinilor deplasate la nivelul fiecărei curse de apropiat pentru a compensa efectele unor distanțe de extracție mari.

Progresul tehnologic, maifestat prin integrarea avansului tehnologic în echipamentele forestiere s-a manifestat în permanență și se va manifesta și în viitor. Cel puțin din acest punct de vedere, conducerea studiilor vizând evaluarea performanțelor echipamentelor forestiere își vor găsi aplicabilitatea și în viitor. Acest lucru este cu atât mai important cu cât obținerea de informații acoperitoare este necesară pentru gestionarea producției. Extinderea capabilităților de estimare a modelelor incluse poate fi realizată inclusiv prin includerea rezultatelor unor noi studii de acest tip, realizate în alte condiții ale mediilor operaționale, ce pot fi integrate în setul de date care s-a utilizat în acest studiu. În acest fel, funcțiile de consum de timp și de productivitate pot fi echilibrate permanent prin adăugarea de noi date sau, se poate recurge la testarea validității modelelor incluse prin culegerea altor seturi de date care să stea la baza comparațiilor.

## 6. Evaluarea performanțelor echipamentelor de procesare atașate unor instalații cu pilon

### 6.1. Introducere

Instalațiile cu cablu, cunoscute în terminologia românească și sub denumirea generică de funiculare, sunt echipamente forestiere ce se încadrează în categoria celor ce nu folosesc solul drept suport pentru transmiterea directă a unor încărcări provenite din deplasarea lemnului deși, în situații concrete, acestea pot deplasa sarcini prin târâre sau semisuspendare. Depinzând de tipul constructiv, dar și de nivelul de integrare tehnologică a unor echipamente și dispozitive suplimentare, instalațiile cu cablu pot să prezinte capabilități și funcționalități ce variază destul de larg. Principala funcție tehnică pe care acestea trebuie să o îndeplinească este cea legată de deplasarea lemnului de la locul în care acesta se atașază la dispozitivele de legare până la o cale de transport cu caracter permanent sau până la un alt mijloc de colectare ce preia sarcinile.

Astfel de echipamente forestiere sunt caracterizate de o lungă tradiție în uz, în mod special în țările central europene unde ele au și fost dezvoltate în premieră ([Heinimann et al. 2001](#)) și unde au trecut prin mai multe îmbunătățiri prin integrarea succesivă a unor tehnologii moderne în conceptul clasic de la care au pornit. Funicularele clasice sau convenționale ([Oprea 2008](#)), au reprezentat echipamente forestiere bine cunoscute în operații de colectare a lemnului încă din anii 1960, iar, începând cu anii 1970 s-au dezvoltat, respectiv utilizat primele instalații mobile ([Heinimann et al. 2001](#)), cunoscute în terminologia internațională drept tower yarders (*TY*), iar în terminologia românească drept instalații cu pilon ([Oprea 2008](#)). Treptat, aceste echipamente forestiere s-au perfecționat progresiv, prin integrarea unor dispozitive ce le-au dezvoltat și capabilități de a executa anumite operații în platformele primare iar, ulterior, li s-au adăugat alte dispozitive de tipul celor de procesare (fasonare) a lemnului, întreg ansamblul fiind cunoscut drept Processor Tower Yarder (*PTY*) care, începând cu anii 1990 reprezintă stadiul actual tehnologic în cazul funicularilor ([Heinimann et al. 2001](#)). Dacă în alte țări, în care infrastructura de transport forestier este suficient dezvoltată, astfel de echipamente pot fi utilizate pe scară largă în colectarea lemnului, în România, acestea pot să fie limitate din punct de vedere tehnic chiar de gradul de dezvoltare a rețelei de transport auto, cunoscut fiind faptul că ele sunt concepute pentru a fi utilizate pe distanțe scurte, cel mult medii ([Oprea 2008](#)). De asemenea, în condițiile economice românești, dar mai ales acelor legate de companiile care operează în exploatarea lemnului, în mare majoritate mici și mijlocii ([Sbera 2007](#)), procurarea unor astfel de echipamente poate fi prohibitivă datorită costurilor foarte mari de achiziție, prin urmare și a celor de întreținere și funcționare ([Ghaffariyan et al. 2010](#)), motiv pentru care transferul tehnologic a fost mai lent, chiar și către țări mult mai dezvoltate ([Matsuno și Koike 2012](#)). Deși sectorul operațiilor forestiere românești a înregistrat în ultimul timp un recul în ceea ce privește existența și utilizarea funicularilor ([Oprea 2008](#)), actualmente existând circa 150 de astfel de echipamente forestiere la nivel național ([Sbera 2012](#)), echipamente moderne precum cele de tip *PTY* au fost introduse și în România ([Borz et al. 2011](#)). Echipamentele forestiere de tipul funicularilor au reprezentat un interes continuu în studiile științifice ([Cavalli 2012](#)), dar încă rămân o serie de aspecte ce necesită o atenție sporită, cum ar fi cel legat de optimizarea consumurilor de energie derivată din combustibili fosili ([Cavalli 2012](#)). Este cunoscut faptul că, intrările directe de energie, privite din prisma consumurilor de carburanți și lubrifianți, depind într-o mare măsură de nivelul specific de mecanizare al unor mijloace ce se utilizează în operații, nivelul de performanță al motoarelor cu combustie internă cu care acestea sunt echipate, dar și de modul în care este organizată munca, aspect ce poate fi privit din punctul de vedere al succesiunii unor elemente de muncă necesitând cantități diferite de energie într-o operație sau sistem tehnic dat. Datorită capabilităților pe care le posedă, funicularele de tip *PTY* se pliază foarte bine unor extracții constând din lemn de rașionase, prin aplicarea metodei arborilor, caz în care se transferă



operații mari consumatoare de timp, manoperă și energie în platforma primară unde, arborii cu coroană sunt preluați și procesați, urmând ca sortimentele rezultate să fie sortate și stivuite ([Borz et al. 2011](#), [Ghaffariyan et al. 2009](#)). În general, operațiile ce se desfășoară în platforma primară de către echipamentul de procesare, pot să aibă loc concomitent cu operațiile de colectare ce se desfășoară în arboret, iar procesarea lemnului în platforma primară nu afectează productivitatea instalației în ansamblu ([Ghaffariyan et al. 2010](#)). Totuși, în consumul de energie final, operațiile ce au loc în platforma primară pot să aibă un efect semnificativ, din moment ce cvasimajoritatea elementelor de muncă ce se desfășoară aici sunt mecanizate iar, ca o regulă mai generală, consumul de energie este relaționat direct cu durata de funcționare a unui echipament forestier ([Oprea și Borz 2007](#)).

Sub rezerva celor precizate de Hiesl și Benjamin ([2014](#)), performanțele funicularilor de tip *PTY* în colectarea lemnului sunt destul de bine înțelese, deoarece acestea au constituit scopul unor studii de amploare destul de mare, după cum se precizează în [Ghaffariyan et al. \(2010\)](#). Totuși, informațiile privind performanțele acestor echipamente în operații desfășurate în platformele primare sunt mai puțin înțelese, iar astfel de operații pot să consume chiar până la 35-45% din timpul specific operațiilor pe care le desfășoară ([Messingerová et al. 2009](#)). De asemenea, devine tentantă ideea comparării performanțelor acestor operații cu cele ale unor procesoare independente, sau ale unor mașini multifuncționale de recoltare, ca și cu performanțele echipamentelor tradiționale caracterizate de un nivel de mecanizare redus, care se utilizează în platformele primare, din moment ce, în condițiile unor arbori de dimensiuni reduse, în România se utilizează ferăstraie mecanice pentru fasonare, ca și alte mijloace nemecanizate pentru stivuirea lemnului, ambele fiind mari consumatoare de energie, fie fiziologică fie mecanică ([Oprea 2008](#); [Ministerul Industrailizării Lemnului și Materialelor de Construcții 1989](#)). Din acest punct de vedere, utilizarea unui singur echipament forestier capabil să execute operațiile amintite, poate reprezenta o opțiune tehnică importantă sub raportul economisirii de timp, energie și capital financiar.

În studiile ce se întreprind pentru evaluarea performanțelor unor echipamente capabile să execute anumite operații cu o viteză foarte mare, abordările tradiționale utilizate în cronometrare pot să nu mai reprezinte o opțiune tehnică viabilă de colectare a datelor ([Borz 2014b](#)). De asemenea, în multe dintre cazuri, elementele de muncă ce se doresc a fi separate și evaluate prin astfel de studii pot să se suprapună în proporții destul de mari, cazuri în care se recomandă definirea unui element de muncă de rang superior, care să conțină elementele de muncă ce se suprapun în ordinea firească de execuție tehnică a operațiilor ([Magagnotti și Spinelli 2012](#)), procedură ce presupune stabilirea și implementarea unor reguli de alocare. De asemenea, în cazul unor elemente de muncă care se desfășoară la viteze foarte mari, făcând uneori imposibilă colectarea de date, pot să apară erori induse chiar de către cercetătorul ce conduce studiul, cazuri în care se recomandă împărțirea operației sau a procesului ce se studiază în atâtea elemente cât sunt strict necesare pentru scopul în care se conduce studiul ([Spinelli et al. 2013](#)), un aspect care poate să limiteze punerea în evidență a unor efecte care ulterior pot să devină importante, în special în cazurile în care se dorește o cartare exactă a structurii unui proces în vederea excluderii sau regândirii unor elemente de muncă ([Björheden et al. 1995](#)).

Dacă din rezultatele prezentate în [paragraful 3.2.3](#) ca și cele prezentate în [paragraful 4.3](#) se pot obține unele concluzii cu privire la performanțele unor echipamente alternative în rărituri aplicate în arborete de foioase, este de precizat faptul că, în condițiile forestiere specifice României, majoritatea pădurilor sunt localizate în regiuni montane, unde molidul (*Picea abies* Lam.) acoperă circa 1,43 milioane de hectare, reprezentând circa 22% din suprafața acoperită de păduri în România ([Șofletea și Curtu 2008](#)) iar, într-un ciclu de producție, în asemenea păduri sunt de așteptat mai multe intervenții de tipul răriturilor ([Nicolescu 2014](#)) în care, după cum s-a arătat, se utilizează frecvent sisteme tehnice caracterizate de un nivel de mecanizare, prin urmare de performanță, mai scăzut ([Borz și Ciobanu 2013](#); [Oprea 2008](#); [Sbera 2007](#)). Nu trebuie uitat faptul că, în condițiile montane, arboretele sunt localizate preponderent pe terenuri cu declivitate ridicată, care pot să limiteze din punct de vedere tehnic utilizarea atelajelor.

În contextul descris anterior, scopul studiului de față a fost acela de a identifica factorii care afectează performanțele unui procesor Woody 60 montat pe o instalație cu cablu Mouny 4100, în operațiile executate de către primul în platforma primară, specifice unei rărituri aplicate în arborete de molid. Mai mult, prin studiul de față s-a vizat și efectuarea unei comparații cu un sistem tehnic alternativ (tradițional) ce ar putea fi utilizat în astfel de operații. Rezultatele studiului sunt utile în înțelegerea dinamicii și performanței procesului, ca și în estimarea unor indicatori specifici cum ar fi consumul de timp și productivitatea muncii.

## 6.2. Materiale și metode

### 6.2.1. Locația studiului, organizarea muncii și descrierea echipamentului studiat

Datele necesare acestui studiu au fost colectate în luna August 2011 în două arborete de molid parcurs cu rărituri (**R1** și **R2**), localizate în Masivul Leaota, la limita județelor Argeș și Dâmbovița. Sistemul tehnic utilizat în extracția lemnului a constat din utilizarea ferăstrielor mecanice la operații de recoltate (doborât), respectiv a instalației Mouny 4100 la operații de colectare și procesare în platforma primară (**Figura 15**). Datele privind studiul implementat s-au colectat pentru un număr de 7 zile, ocazie cu care s-a extras un volum de circa 37 m<sup>3</sup>, dintre care circa 70% a fost procesat în cazul **R1**. O descriere sumară a condițiilor mediului operațional este redată în **Tabelul 35**. Similar unor studii ce au vizat evaluarea performanțelor unor echipamente similare ([Ghaffariyan et al. 2009](#)), în cazul studiat, s-a utilizat metoda arborilor, urmând ca în platforma primară aceștia să fie curățiți de crăci, secționati și stivuiți prin utilizarea unui echipament Woody 60 (**Figura 16**). Datele de bază reprezentând descrierea tehnică a echipamentului luat în studiu se prezintă în

**Tabelul 36.**



**Figura 15.** Sistemul tehnic luat în studiu. Sursa: adaptare după [www.forestenergy.org](http://www.forestenergy.org)

**Tabelul 35.** Descrierea sumară a condițiilor mediului operațional

Parchet	Suprafață (ha)	Compoziția arboretului	Vârsta (ani)	Diametrul mediu (cm)	Înălțimea medie (m)	Volumul arborelui mediu (m <sup>3</sup> )
<b>R1</b>	15,4	Molid	50	21	20	0,224
<b>R2</b>	13,5	Molid	50	15	17	0,128

Formația de muncă care a realizat operațiile a constat dintr-un mecanic ferăstrău, un legător și un operator al instalației cu cablu. Primul a avut sarcini în doborârea arborilor, cel de-

al doilea a avut sarcini în adunatul lateral și în realizarea sarcinilor pentru apropiat, iar cel de-al treilea a avut sarcini în operațiile desfășurate în platforma primară, inclusiv în manevrarea instalației la operația de apropiat. Specific adunatului lateral a fost faptul că s-a utilizat un cărucior auto-propulsat tip Liftliner, echipat cu un motor Iveco. La data efectuării studiului în teren, operatorul procesorului a avut o experiență în muncă de un an. Pe parcursul efectuării operațiilor, lemnul a fost colectat înspre amonte, iar, după curățirea de crăci, lemnul a fost secționat în platforma primară la lungimi de 1,5 respectiv 2, 3 și 4 metri.



Figura 16. Procesorul Woody 60

Tabelul 36. Scurtă descriere tehnică a instalației Mouny 4100

Caracteristica	Specificații
<b>Mașina de bază</b>	MAN TGA 33430
<b>Pilon</b>	13,1 m, swinging tower
<b>Cărucior</b>	Liftliner 4000
<b>Procesor</b>	Woody 60
Diametrul maxim la tăiere (cm)	60 (75)
Diametrul maxim la curățire de crăci (cm)	8-60
Deschiderea maximă a grafierului (cm)	125
Puterea la avans (kN)	36-45
Viteza de avans ( $m \times s^{-1}$ )	0-5
Viteza lanțului tăietor ( $m \times s^{-1}$ )	40
Sistemul de control	Konrad MCS 3.0

### 6.2.2. Proceduri de colectare a datelor

Pentru colectarea datelor de teren s-a adaptat un studiu la conceptele generale forestiere descrise în Björheden *et al.* (1995) respectiv Magagnotti și Spinelli (2012). Pentru eliminarea inconvenientelor prezentate în [paragraful 6.1.](#) legate de viteza de desfășurare și suprapunerea unor elemente de muncă, pentru colectarea datelor la nivel de ciclu de muncă s-a utilizat o cameră video cu ajutorul căreia s-a preluat câte un fișier ce s-a salvat în cazul fiecărei sarcini dezlegate în platforma primară. Prin urmare, elementele de muncă și timp prezentate în [Tabelul 37](#) au fost delimitate în faza de birou, iar duratele acestora s-au determinat prin procedurile

specifice procedeele de cronometrare continuă (Borz 2014b). Fișierele colectate au fost analizate prin vizionare în etapa de birou a studiului, prin utilizarea funcționalităților unui program software de vizionare a fișierelor media.

Suplimentar, s-au mai colectat din teren date cu privire la anumite variabile operaționale, motiv pentru care s-au întocmit fișe de colectare a datelor ce au cuprins câmpuri dezvoltate în acest sens, prin luarea în considerare și a unor proceduri de corelare a fișierelor video cu datele ce s-au cules la nivel de arbore.

Tabelul 37. Descrierea elementelor de muncă (timp) specifice operațiilor executate în platforma primară

Numele și descrierea elementelor de muncă (timp)	Abrevieri		Observații specifice studiului
	Element de muncă	Element de timp	
Mișcarea brațului de la locul de repaus la primul arbore de procesat și înapoi la locul de repaus, după terminarea sarcinilor	$EM_{MB}$	$T_{MB}$	-
Curățirea locului de muncă de crăci	$EM_{CLM}$	$T_{CLM}$	Realizat înainte sau în timpul unui ciclu de muncă de procesare
Apucarea arborelui	$EM_{AA}$	$T_{AA}$	Realizat cu ocazia fiecărui arbore procesat
Curățirea de crăci	$EM_{CC}$	$T_{CC}$	Realizată în toate cazurile în care arborii au prezentat crăci, și a necesitat mai multe mișcări ale arborelui prin cuțite
Secționarea arborelui	$EM_{SA}$	$T_{SA}$	Secționarea efectivă incluzând îndepărtarea vârfului și luarea deciziei de secționare, realizată fie deasupra unei stive de lemn, fie deasupra grămezii de crăci
Mișcarea brațului între stivele de lemn și/sau grămada de crăci	$EM_{MBSG}$	$T_{MBSG}$	-
Întârzieri de natură personală	-	$TIP$	
Întârzieri de natură operațională	-	$TIO$	Rezolvarea unor probleme cum ar fi: relocarea capului de procesare pe arbore pentru a se evita crăci foarte mari, utilizarea ferăstrăului mecanic pentru îndepărtarea crăcilor mari, curburilor sau înfurcilor
Ciclu de muncă la procesare	$CM_{PA}$	$TPA$	Suma elementelor de muncă și timp necesare pentru procesarea unui arbore, fără întârzieri

Pentru fiecare arbore supus operațiilor de procesare s-au măsurat în teren variabile precum diametrul la înălțimea pieptului (*DP*) și înălțimea (*HA*). În cazul unor arbori ruși sau a unor piese deja fasonate în parchet, care au fost preluate sub această formă în operațiile din platforma primară, s-au măsurat diametrele la capătul gros și subțire (*DCG*, *DCS*) ca și lungimea (*LP*). Procedurile de colectare a datelor de teren s-au aplicat pentru un număr de 135 de arbori supuși operațiilor de procesare, incluzând aici și câteva cazuri în care operațiile s-au desfășurat asupra unor rupturi sau piese secționare. Alte variabile operaționale au fost fie calculate pe baza datelor culese din teren (volumul arborelui - *VA*), fie determinate pe baza vizionării fișierelor media (numărul de secționări pe arbore - *NS*). Volumul arborelui s-a determinat pe baza procedurilor descrise de Giurgiu *et al.* (2004).

Toate datele, colectate prin diferite proceduri, au fost înscrise în foi de calcul întocmite în MS Excel, care au și constituit baza de date primară ce s-a utilizat la determinarea valorilor altor variabile.

Înainte de colectarea datelor, muncitorul ce a operat echipamentul de procesare a fost informat cu privire la scopul în care se colectează datele și au fost rugat să lucreze după cum lucrează în mod obișnuit. Oricum, pentru eliminarea efectului indus de observații, acestea s-au preluat pe o perioadă de timp considerabilă.

### 6.2.3. Analiza datelor

În elaborarea designului experimental s-a pornit de la premisa posibilității de implementare a unui studiu observațional de modelare, în ipoteza că un ciclu de procesare conturat în jurul unui arbore procesat reprezintă suma tuturor elementelor de muncă, iar sub raportul duratei, reprezintă suma tuturor duratelor fără întârzieri, caz în care variația sa specifică poate să fie explicată de variația sigulară sau comună a uneia sau mai multor dintre variabilele măsurate sau calculate: *NS*, *HA*, *DP* respectiv *VA*. Prin urmare, pașii generali de urmat au fost cei specifici unui astfel de design experimental, și s-au desfășurat în succesiunea descrisă, de exemplu în [paragraful 5.3.2.5](#). Pragul utilizat în la excluderea unei variabile date dintr-o anumită pereche în urma analizei corelației a fost stabilit la  $R=0,6$ , caz în care s-au exclus, de asemenea și pe baze deterministice, variabilele *DP* și *HA*. Analiza regresiei a vizat obținerea unor modele empirice care să explice variația consumului de timp la nivelul unui ciclu de muncă după cum acesta a fost descris anterior ( $\alpha=0,01$ ,  $p<0,01$ ), în funcție de variabilele rămase în analiză (*NC* și *V*), prin asumarea unui risc de până la 1% ca o variabilă să nu fie semnificativă pentru modelul dezvoltat, risc acceptat și pentru semnificația globală a modelului. Proporția de participare a fiecărui element de muncă în consumul de timp total fără întârzieri de diferite naturi a fost calculată pe baza sumelor consumurilor de timp pe elemente, ce s-au raportat la suma consumului total de timp. Productivitatea netă și brută (*Pnet*, *Pbrut*), au fost estimate în maniera deja descrisă în capitolele anterioare. Comparațiile între performanțele echipamentului studiat și performanțele unor echipamente tradiționale alternative au fost realizate pe baza rezultatelor obținute în acest studiu, respectiv datele incluse în standardele naționale ([Ministerul Industrializării Lemnului și Materialelor de Construcții 1989](#)), pentru a se pune în evidență eventualele diferențe de performanță.

## 6.3. Rezultate

### 6.3.1. Rezultate privind testarea normalității. Statistici descriptive privind consumul de timp și variabilele mediului operațional

După testarea normalității, care s-a efectuat asupra tuturor variabilelor luate în studiu prin utilizarea aceluiași proceduri ca și în capitolele anterioare, s-a constatat faptul că niciuna dintre

ele nu a provenit din distribuții normale, motiv pentru care, la prezentarea statisticilor descriptive s-a utilizat mediana ca indicator al tendinței centrale. Pentru procesarea completă a unui număr de 135 de arbori, au fost necesare exact 500 de secționări (**Tabelul 38**), incluzând aici și tăieturile executate pentru corectarea secțiunii la baza arborilor (corectarea tăieturilor generate de execuția tapei în parchet).

Într-un ciclu de muncă, consumul de timp cu proporția cea mai mare a fost cel legat de mișcarea brațului între stivele de sortimente, inclusiv la grămada de crăci, element de muncă ce a fost responsabil pentru circa 31% din consumul total de timp fără întârzieri (**Figura 17**), indicând faptul că operațiile de sortare la utilizarea unui astfel de echipament sunt mari consumatoare de timp, prin urmare, probabil și de energie. În timp ce apucarea arborilor de procesat a consumat cel mai puțin timp, reprezentând circa 3%, alte elemente de muncă cum ar fi curățirea locului de muncă, curățirea de crăci și secționarea au necesitat cantități importante de timp. De exemplu, în condițiile date, în care durmul forestier era destul de îngust, a fost necesară de multe ori îndepărtarea crăcilor rezultate de pe acesta pentru a se crea condițiile necesare traficului pe lângă mașina de bază. Acest element de muncă a consumat circa 27% din timpul de muncă. Curățirea de crăci a consumat mai puțin timp decât secționarea (11% față de 24%), un aspect ce poate fi corelat cu numărul mare de sortimente obținute ca și cu includerea timpului consumat cu luarea deciziilor la secționare (**Figura 17, Tabelul 38**).

Tabelul 38. Statistici descriptive privind consumul de timp și variabilele mediului operațional

(Denumirea) Abrevierea variabilei și unitate de măsură	N, Sume	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Mediana	Abaterea standard
Număr de arbori procesați - <i>NA</i>	135	-	-	-	-
Diametrul la înălțimea pieptului - <i>DP</i> (cm)	-	10,0	42,0	20,00	±6,87
Înălțimea arborelui - <i>HA</i> (m)	-	4,0	25,0	14,00	±4,75
Volumul arborelui - <i>VA</i> (m <sup>3</sup> )	36,92	0,020	1,206	0,208	±0,224
Număr de secționări - <i>NS</i>	500	1	9	4	±1,49
<i>T<sub>MB</sub></i> (s)	453,1	0,81	15,00	3,00	±2,36
<i>T<sub>CLM</sub></i> (s)	2867,9	0,00	135,25	15,17	±22,86
<i>T<sub>AA</sub></i> (s)	350,6	1,00	15,67	2,00	±1,84
<i>T<sub>CC</sub></i> (s)	1111,1	0,00	52,37	6,00	±8,27
<i>T<sub>SA</sub></i> (s)	2470,6	4,00	50,00	17,00	±8,24
<i>T<sub>MBSG</sub></i> (s)	3198,7	6,50	96,00	21,00	±13,18
<i>T<sub>PA</sub></i> (s)	10452,0	26,00	288,50	70,38	±38,16
<i>T<sub>IP</sub></i> (s)	343,3	-	-	-	-
<i>T<sub>IO</sub></i> (s)	387,4	-	-	-	-

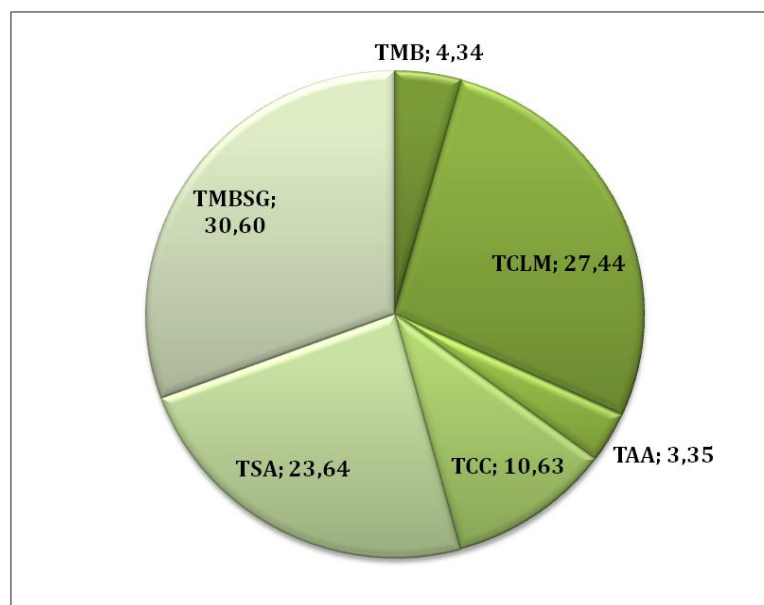


Figura 17. Proportia de participare a diferitelor elemente de muncă în structura consumului total de timp

### 6.3.2. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp la procesarea lemnului

Modelele liniare dezvoltate pentru estimarea consumului de timp la nivelul unui ciclu de muncă (

**Tabelul 39**) au inclus ca variabile independente volumul arborelui (**VA**) și numărul de secționări aplicate la nivel de arbore (**NS**). Modelele în cauză au fost dezvoltate prin luarea în considerare a două alternative, dintre care, în prima s-a inclus tot consumul de timp la nivel de ciclu de muncă (**TPA**), iar, în a doua, s-a inclus tot consumul de timp la nivel ce ciclu de muncă, exclusiv timpul consumat pentru curățirea locului de muncă (**TPA\***), pe baza considerentului că, în anumite situații de organizare a locului de muncă, crăcile rezultate ar fi putut fi depozitate pe taluzul drumului aflat în rambleu și nu pe drum. Prin urmare, a fost realizată o grupare pe variante de modele, dintre care, în prima variantă, consumul de timp a fost estimat prin luarea în considerare a variabilelor **VA** și **NS** concomitent, respectiv separat, iar, în cea de a doua variantă s-a utilizat aceeași organizare a variabilelor în model. Se poate constata faptul că cel de-al doilea grup de variante a reușit să îmbunătățească coeficienții de determinare ai modelului prin creșteri sub raport procentual de ordinul a 16-25%. Totuși, se pare că, luat aparte, volumul arborelui ca variabilă independentă a putut să explice într-o proporție mai redusă consumul de timp (

**Tabelul 39**), dar, indiferent de modelul dezvoltat, variabilele independente utilizate au fost semnificative la nivelul de încredere ales ( $\alpha=0,01$ ,  $p<0,01$ ) un fapt ce a fost adevărat și în cazul semnificației globale a modelelor dezvoltate ( $p<0,0001$ ).

Tabelul 39. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp la operații de procesare a lemnului

Categorია de consum de timp luată în considerare	$R^2$	$N$	Termen liber	Coeficienții variabilelor independente (valori $p$ )	
				$VA$ ( $m^3$ )	$NS$
Consum de timp la procesare, fără întârzieri - <b>TPA</b> (secunde)	0,39	135	25,59	46,62 ( $p=0,003$ )	10,48 ( $p<0,001$ )
Consum de timp la procesare, fără întârzieri - <b>TPA</b> (secunde)	0,35	135	20,97	-	15,17 ( $p<0,001$ )
Consum de timp la procesare, fără întârzieri - <b>TPA</b> (secunde)	0,30	135	51,75	92,84 ( $p<0,001$ )	-
Consum de timp la procesare fără întârzieri, exclusiv curățirea locului de muncă - <b>TPA*</b> (secunde)	0,48	135	21,95	26,42 ( $p=0,002$ )	7,29 ( $p<0,001$ )
Consum de timp la procesare fără întârzieri, exclusiv curățirea locului de muncă - <b>TPA*</b> (secunde)	0,44	135	19,33	-	9,95 ( $p<0,001$ )
Consum de timp la procesare fără întârzieri, exclusiv curățirea locului de muncă - <b>TPA*</b> (secunde)	0,35	135	40,16	58,59 ( $p<0,001$ )	-

În timp ce numărul de secționări poate explica variația consumului de timp la secționare în proporție de circa 67% (**Figura 18**) încercarea de a exprima consumul de timp pentru curățirea de crăci în funcție de înălțimea arborelui (**HA**), nu a condus la obținerea unor rezultate

satisfăcătoare, rezultând un coeficient de determinație ce a indicat o proporție a variației consumului de timp explicate de către înălțimea arborelui de numai 9% (**Figura 19**).

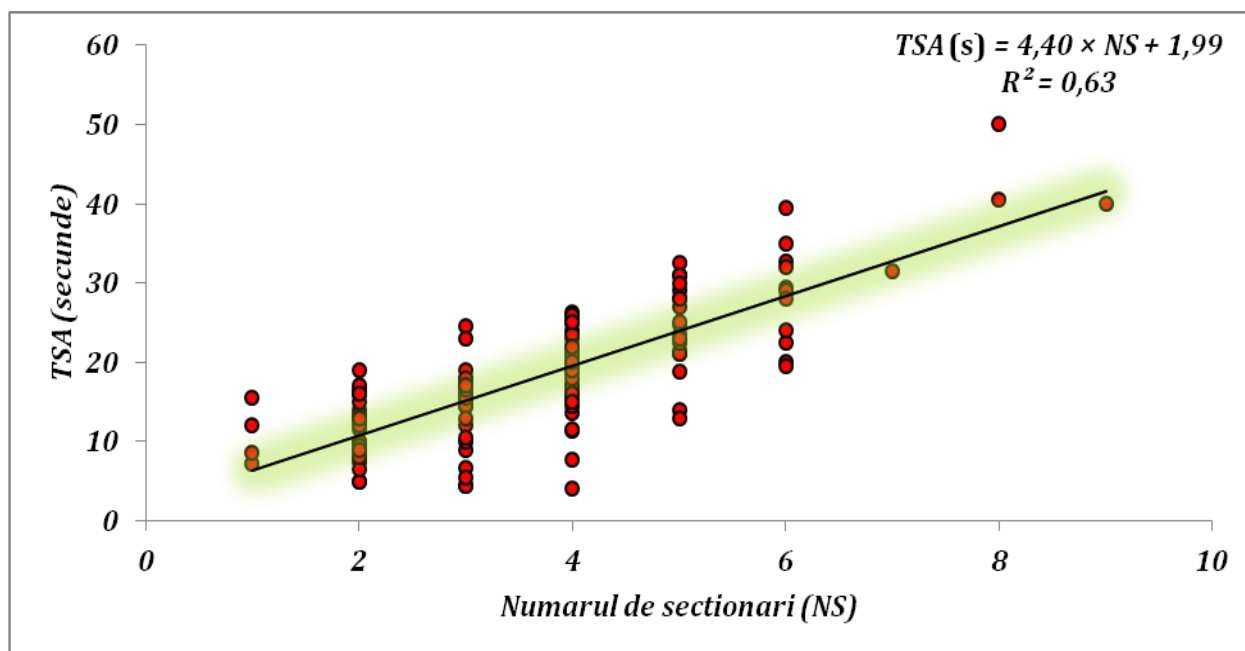


Figura 18. Relația dintre consumul de timp la execuția tăieturilor de secționare și numărul de secționări aplicate la nivelul unui arbore

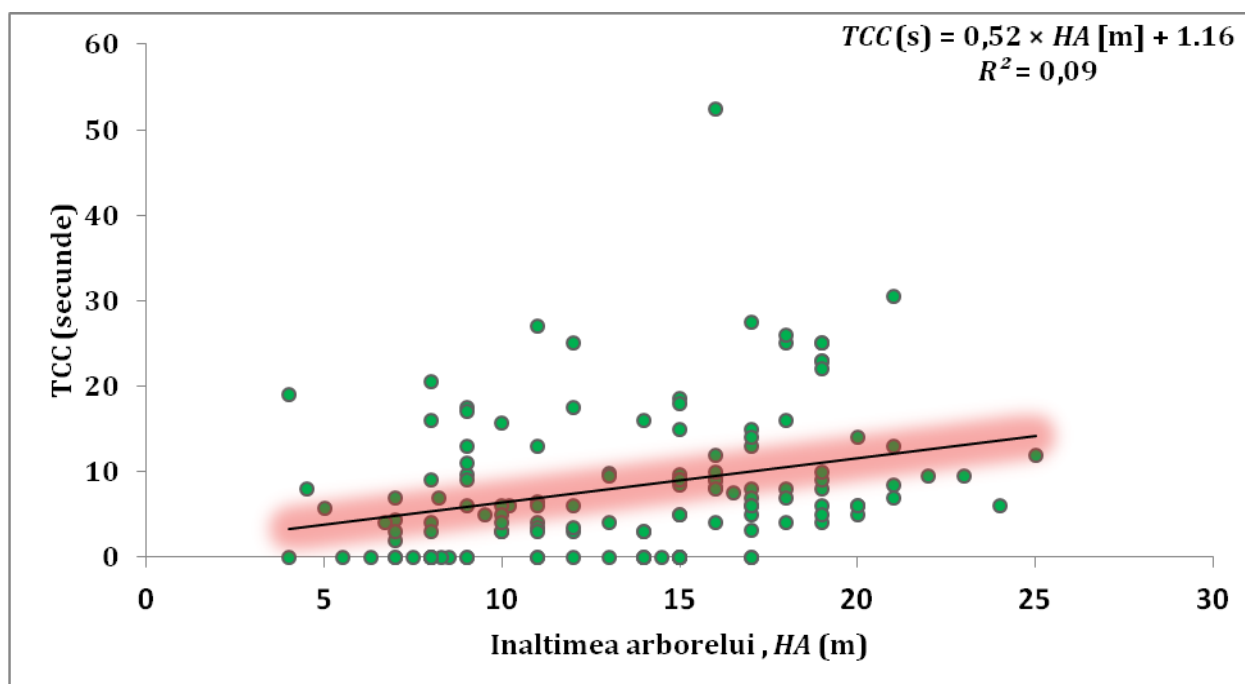


Figura 19. Relația dintre consumul de timp la curățirea de crăci a arborelui și înălțimea arborelui

### 6.3.3. Analiza performanței echipamentului studiat - productivitatea muncii

Analiza detaliată a consumului de timp a condus la concluzia că operațiile de procesare desfășurate în platforma primară la utilizarea echipamentului studiat au totalizat un număr de 2,903 ore efective de muncă respectiv un număr de 3,106 ore la locul de muncă, incluzând aici și întârzierile de diferite naturi (**Tabelul 40**), iar, în condițiile în care volumul total procesat reprezentând producția realizată a fost de 36,92 m<sup>3</sup>, productivitatea netă (**Pnet**) respectiv



productivitatea brută (*Pbrut*) au fost estimate la  $12,72 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  respectiv  $11,89 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  (**Tabelul 40**).

Tabelul 40. Estimații privind productivitatea muncii în diferite scenarii operaționale

Categoria de consum de timp (ore)	Producție realizată ( $\text{m}^3$ )	<i>Pnet</i> ( $\text{m}^3 \times \text{h}^{-1}$ )	<i>Pbrut</i> ( $\text{m}^3 \times \text{h}^{-1}$ )
<i>TPA</i> = 2,90	36,92	12,72	-
<i>TPA*</i> = 2,11	36,92	17,52*	-
Timp total la locul de muncă, inclusiv întârzieri <i>TT</i> = 3,11	36,92	-	11,89

Un aspect destul de important în obținerea unor performanțe ridicate ale acestui echipament este legat de modul în care este amplasat echipamentul în cauză în platforma primară, mai ales în condițiile unor drumuri de versant, ce traversează declivități accentuate, din moment ce o amplasare spre taluzul de debleu poate să conducă la un consum suplimentar de timp cauzat de curățirea drumului de crăci. Prin urmare, dacă se recurge la amplasarea mașinii de bază spre taluzul de debleu, se pot obține creșteri de productivitate de până la 38%. Mai mult, dat fiind faptul că elementul de muncă constând din curățirea drumului de crăci este executat, în linii mari, în același regim de funcționare a mașinii care este specific altor deplasări și manipulări executate de braț, se poate concluziona că și consumul de energie va fi redus cu aproximativ aceeași proporție. Productivitatea muncii, fie ea brută sau netă, a fost foarte ridicată, fiind specifică unor astfel de mașini. Totuși, în ansamblu, productivitatea sistemului este mult mai mică, aceasta fiind influențată de capabilitățile de colectare și condițiile mediului operațional la colectarea lemnului.

#### 6.3.4. Compararea performanțelor echipamentului studiat cu performanțele unor echipamente tradiționale utilizate în medii operaționale similare

Compararea eficienței între echipamentul luat în studiu și o asocieră de echipamente tradiționale ce pot fi utilizate în operații de tipul celor descrise în acest studiu este prezentată în **Tabelul 41**. Compararea în cauză s-a realizat prin prisma rezultatelor operațiilor și anume, obținerea de sortimente de lemn deramificat și stivuit.

Tabelul 41. Compararea performanțelor echipamentului studiat cu performanțele echipamentelor tradiționale utilizate în operații executate în platformele primare în cazul unor medii operaționale similare

Descrierea echipamentului și procesului/operațiilor	Eficiență ( $\text{h} \times \text{m}^{-3}$ )
Acest studiu: curățire de crăci, secționare, sortare, manipulare și stivuire cu același echipament (excluzând curățirea locului de muncă)	0,06
Acest studiu: curățire de crăci, secționare, sortare, manipulare și stivuire cu același echipament (incluzând curățirea locului de muncă)	0,08
Echipamente tradiționale: curățire de crăci și secționare cu ferăstrău mecanic, manipulare cu tractor și stivuire manuală	1,01

După cum se observă, pentru a se obține un metru cub de lemn deramificat, sortat și stivuit, în cazul echipamentului studiat au fost necesare circa 0,08 ore, rezultând de aici faptul că echipamente forestiere precum cel studiat pot fi de circa 13 ori mai productive decât anumite asocieri dintre echipamente tradiționale. Datele utilizate în tabelul anterior pentru echipamentele forestiere tradiționale sunt cele extrase din normativele românești ([Ministerul Industrializării Lemnului și Materialelor de Construcții 1989](#)).

#### 6.4. Discuții și concluzii

Din studiul de față se pot desprinde mai multe aspecte. În primul rând, unul dintre avantajele majore ale echipamentelor de tipul celui studiat se referă la faptul că pot livra crăci în locuri accesibile pentru utilizarea în diferite scopuri cum ar fi cel energetic, avantaj semnificativ dacă se are în vedere importanța pe care tocătura energetică a căpătat-o în ultima perioadă. Totuși, în condițiile unor drumuri de versant, unde se urmărește și valorificarea tocăturii pentru energie, sunt necesare amplasări adecvate ale mașinii de bază în condițiile unui spațiu existent destul de limitat, ceea ce va implica, printre altele și un consum mai mare sau mai mic de timp și energie implicat de necesitatea degajărilor necesare. Atunci când nu se are în vedere utilizarea crăcilor pentru diferite scopuri, este mult mai avantajoasă amplasarea mașinii de bază chiar lângă taluzul de rambleu, facilitându-se în acest fel detașarea crăcilor pe acesta, aspect care, la distanțe mai mici de colectare, deci și la volume mai mici ce pot să provină dintr-un montaj, poate să excludă într-o proporție foarte mare, sau chiar complet timpul și energia necesară pentru degajarea locului de muncă.

Elagajul natural al arborilor, ca și alți factori cum ar fi curbările și înfurcirile devin deosebiți de importanți în cazul utilizării acestui tip de echipament și pot să afecteze chiar și operaționalitatea sistemului atunci când distanțele de extracție sunt foarte scurte și/sau se extrage masă lemnoasă din vecinătatea mașinii de bază, pentru că, în aceste condiții, echipamentul de procesare nu poate să țină pasul cu cel de colectare. De asemenea, atunci când grămezile de crăci sunt localizate parțial pe drumul forestier, acestea implică probleme suplimentare care sunt generate de dimensiunile lor, un fapt ce implică un consum de timp adițional legat de tasarea sau mutarea lor. Procesarea lemnului provenind din arbori foarte svelți și subțiri poate să pună, de asemenea, anumite probleme operaționale care sunt legate de posibilitatea ruperii în timpul procesării, aspect care necesită un consum de timp suplimentar. Din acest punct de vedere, se poate recurge la o procesare atentă, cum a fost cea din studiul de față, unde operatorul echipamentului a recurs la curățirea de crăci parțială urmată de secționări pe măsura avansului pe arbore. Datorită faptului că, după procesarea parțială pentru obținerea fiecărui buștean, au fost necesare mișcări între și dinspre grămezile de crăci, a fost necesar un consum de timp suplimentar, a cărui durată a variat și în raport cu numărul și tipul de sortimente produse din fiecare arbore.

Prin comparație cu rezultatele raportate de alte studii cum ar fi cel realizat de Messingerová *et al.* (2009) se pot face mai multe precizări. În primul rând, la analiza consumului de timp fără întârzieri implicat de operațiile realizate de echipamentul studiat, studiul de față sugerează că pentru procesarea completă a unui arbore au fost necesare circa 70 de secunde (1,17 minute), în condițiile unui mediu operațional similar celui descris, iar, depinzând de numărul de arbori detașați într-o sacină ce s-a dezlegat, se poate considera că rezultatele studiului de față sunt similare cu cele raportate de Messingerová *et al.* (2009). Totuși, în studiul de față, operația de curățire de crăci a fost responsabilă pentru o proporție mai mică în structura timpului aferent unui ciclu de muncă de procesare, poate datorită unei condiții mai bune a arborilor în termeni de elagaj. De exemplu, prin compararea rezultatelor privind consumul de timp la operații de curățire de crăci cu cele raportate de studiul menționat anterior, se constată că în studiul de față aceasta a fost responsabilă pentru o proporție de circa 11%, prin urmare consumul de timp pentru această operație a fost mult mai mic. Secționarea arborilor a reprezentat circa 24% din consumul total de timp fără întârzieri, și a inclus și timpul consumat pentru luarea deciziilor la secționare, timpul consumat pentru execuția unor secționări la baza arborelui, ca și timpul consumat cu secționări ce s-au realizat pentru îndepărtarea unor porțiuni putregăioase sau îndepărtarea vârfului. Pe de altă parte, timpul total de procesare după cum acesta este specific operațiilor executate cu mașini multifuncționale, și după cum este definit de Dvořák (2010) poate să varieze, depinzând de anumite condiții operaționale, între 17-93% din timpul total. În studiul de față, prin însumarea categoriilor conform definițiilor anterioare s-a obținut o proporție de participare de 68%. Deși nu

este documentat explicit în acest studiu, utilizarea ferăstrăului mic al procesorului a condus la un consum mai mare de timp la secționare, un aspect de altfel așteptat datorită faptului că acest ferăstrău, spre deosebire de ferăstrăul principal, a fost gândit pentru îndepărtarea vârfului. Îmbunătățiri substanțiale pot fi obținute în termeni de performanță productivă dacă se ia în considerare o amplasare adecvată a mașinii de bază sau dacă se limitează numărul de sortimente ce se procesează.

Modelele empirice au fost semnificative la nivelul de încredere ales, și au fost capabile să explice variația consumului de timp pe elemente de muncă sau la nivelul unui ciclu de muncă în proporții de 30-63%, cu excepția celui realizat pentru estimarea consumului elemental de timp la curățirea de crăci în funcție de înălțimea arborelui. Poate că variabilitatea neexplicată a fost indusă de alți factori nemăsurați sau care nu au putut fi măsurați în condițiile operaționale descrise. Totuși, ceea ce este general valabil în studiile observaționale de modelare a performanțelor unor echipamente de recoltare sau procesare a arborilor, este faptul că variația consumului de timp este afectată de dimensiunile arborilor, iar capacitatea de a explica variația a unor variabile precum volumul sau diametrul arborelui este mai mică în cazul unor astfel de echipamente ([Stampfer și Steinmüller 2001](#); [Nurminen et al. 2006](#); [Danilović et al. 2011](#)). Productivitățile foarte mari în operații efectuate în platformele primare cu astfel de echipamente, de ordinul a  $12,72 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , care sunt semnificativ superioare celor ce pot fi obținute prin utilizarea unor echipamente tradiționale, ca și faptul că astfel de echipamente pot rezolva o suită de operații care, în condiții normale, implică utilizarea a două-trei echipamente sau unelte, ar trebui să reprezinte motive suficiente pentru luarea în considerare a unor studii de viitor, dar și implementarea unor astfel de echipamente la o scară mai largă în operațiile forestiere românești în mediile operaționale alinate cu capabilitățile lor, mai ales în cazul unor arborete de molid de parcurs cu rărituri localizate în condiții de teren accidentat, unde opțiunile tehnice de colectare a lemnului sunt, oricum, limitate. Nu trebuie uitat faptul că, deși în zilele noastre, utilizarea funicularilor a resimțit un recul ([Oprea 2008](#)), în condițiile montane ce se caracterizează prin declivități accentuate, funicularile reprezintă o opțiune tehnică mult mai adecvată, acestea fiind caracterizate de o prestație superioară din punct de vedere ecologic ([Oprea 2008](#)).

Concluziile generale ce se pot extrage din acest studiu se referă la mai multe aspecte. În primul rând, se pot obține performanțe superioare în operațiile efectuate în platformele primare prin utilizarea procesoarelor de tipul celui studiat în această lucrare, dar, pentru deplasarea unor astfel de echipamente în scopul utilizării, este necesară dezvoltarea adecvată a rețelei de transport forestier. Mai mult, unele aspecte legislative, care la momentul efectuării studiului erau în vigoare, ar trebui revizuite, în sensul discernerii aplicării metodei arborilor pe baza unor considerente științifice. Pe de altă parte, ca în orice proces de producție, se pot sugera îmbunătățiri legate de o organizare mai bună a locului de muncă sau de organizarea muncii în sine. Chiar dacă sortimentele de lemn în termeni de număr și dimensiuni sunt, în esență, impuse de piață, prin limitarea numărului acestora se pot obține economii substanțiale de timp și energie. În cazul crăcilor rezultate, dacă nu se pune problema valorificării lor, este mult mai avantajoasă poziționarea mașinii de bază astfel încât să se elimine consumul de timp și energie implicat de curățirea de crăci. Pe bazele rezultatelor prezentate în acest studiu, se concluzionează faptul că utilizarea acestui tip de echipament forestier în operațiile forestiere românești poate să prezinte mai multe avantaje decât dezavantaje, în special în zonele montane, în arborete de rășinoase parcurse cu rărituri, unde opțiunile tehnice de folosit sunt limitate.

## 7. Evaluarea performanțelor unor echipamentelor forestiere utilizate în facilități de stocare a masei lemnoase

### 7.1. Introducere

Drumurile reprezintă, poate, cele mai extinse construcții pe care a reușit să le construiască omul, servind unor scopuri cum ar fi cel de transport, dar și interconectării diferitelor locații. În același timp, drumurile reprezintă unele dintre cele mai utilizate căi de comunicații ce se utilizează în deplasarea oamenilor și bunurilor materiale între diferite locații, iar distribuirea bunurilor între diferite locuri reprezintă un aspect cheie al sistemelor economice actuale ([Bjerkan et al. 2014](#)). Dezvoltarea activității de transport într-o manieră sustenabilă implică, printre altele, implementarea măsurilor de atenuare a schimbărilor climatice ([Santos et al. 2010](#)) din moment ce numărul vehiculelor ce utilizează drumuri a crescut dramatic în ultima perioadă ([Sperling și Gordon 2008](#)). O modalitate de a reduce impactul asupra mediului și de a îmbunătăți din punct de vedere economic activitățile de transport rezidă în creșterea sarcinilor ce se încarcă pe vehicule, din moment ce această abordare a permis companiilor consolidarea sarcinilor de transportat ([McKinnon 2005](#)) respectiv reducerea numărului necesar de deplasări ale vehiculelor pentru a livra o anumită cantitate de bunuri.

Pentru aducerea lemnului în circuitul economic, sunt necesare mai multe procese ce au loc între lemnul pe picior și poarta unei facilități industriale date, care, din punct de vedere operațional presupun transformări de formă și deplasări ([Oprea 2008](#)). De asemenea, din punct de vedere operațional, extracția lemnului vizează livrarea ultimului lângă o cale de transport cu caracter permanent, de unde se pot aplica diferite modalități de transport pentru livrarea spre beneficiarii industriali. În procesele de transport al lemnului, este destul de comună utilizarea drumurilor sau căilor ferate ([Oprea 2008](#); [Ljungberg 2013](#); [Roni et al. 2013](#); [Gonzales et al. 2014](#); [Wolfsmayr și Rauch 2014](#)) chiar dacă alte modalități precum transportul naval nu sunt excluse. Transportul masei lemnoase cu mijloace auto este o modalitate ce se aplică, în general, în cazul unor distanțe scurte ([Hamelinck et al. 2005](#)) și, în multe dintre cazuri, aceasta reprezintă singura posibilitate de livrare a lemnului. Transportul lemnului pe drumurile forestiere reprezintă doar o porțiune din traseul pe care lemnul îl parcurge între pădure și beneficiari. În zilele noastre, atât infrastructura de transport forestier ([Iordache et al. 2012](#)) cât și cea publică, sunt subiectul unor considerente legate de impactul asupra mediului din moment ce acestea sunt utilizate și pentru alte scopuri ([Potočnik 2006](#)). În același timp, mecanismele potențiale de cooperare între antreprenorii din transporturi și clienți joacă roluri cheie în întărirea și creșterea eficienței în acest sector de activitate ([Palander et al. 2012](#)). În unele cazuri, este necesară concentrarea lemnului în facilități locale de stocare înainte de livrarea acesteia către procesatorii industriali ([Oprea 2008](#)). Transportul pe calea ferată poate să conducă la o eficiență economică crescută prin comparație cu transportul auto ([Gonzales et al. 2013](#); [Roni et al. 2014](#)), dar costurile implicate de activitățile de transport sunt generate de mai mulți factori incluzând și nelimitându-se la politicile guvernamentale ([Gonzales et al. 2013](#); [Ljungberg 2013](#)). Este cunoscut faptul că procesele de transport implică mai multe categorii de cheltuieli, cum ar fi costurile variabile ce depind de distanța de transport ([Oprea și Borz 2007](#); [Wolfsmayr și Rauch 2014](#)) și costuri fixe după cum acestea se descriu în [Oprea și Borz \(2007\)](#) și care includ costurile independente de distanță cum ar fi cele ocazionate de încărcare și descărcare ([Wolfsmayr și Rauch 2014](#)). Mai mult, în operațiile forestiere, incluzând aici transportul după cum este definit de [Oprea și Sbera \(2004\)](#) respectiv [Oprea \(2008\)](#), costurile operaționale depind de mai mulți factori, cum ar fi performanțele echipamentelor utilizate, experiența operatorilor și condițiile mediului operațional ([Oprea și Borz 2007](#)), aspecte general aplicabile și în cazul operațiilor de încărcare și descărcare din cadrul proceselor de transport al lemnului, din moment ce astfel de operații sunt mari consumatoare de timp și energie, condiții în care, o organizare operațională adecvată poate

conducă la economii substanțiale din acest punct de vedere. Totuși, știința și practica au demonstrat faptul că există mai multe modalități de organizare a muncii ca și diferite echipamente utilizate în astfel de operații (Oprea 2008), condiții în care este destul de dificilă delimitarea a ce și cum ar trebui să fie îmbunătățit în astfel de operații pentru a se crește eficiența lor de ansamblu. De aceea, în astfel de situații se aplică tehnicile specifice măsurării muncii din moment ce acestea furnizează uneltele și procedurile de care oamenii de știință au nevoie în evaluarea performanțelor unui sistem, echipament sau operații date. Este destul de comun ca în astfel de situații să se utilizeze studii de timp din care să rezulte modele empirice de estimare a relațiilor dintre intrări, variabile de proces și ieșiri (Magagnotti și Spinelli 2012), după cum astfel de studii pot fi utilizate și pentru compararea între alternative tehnologice. Prin natura lor, ultimele pot să fie pur observaționale, caz în care anumiți factori nu pot fi controlați, sau experimentale, atunci când se recurge la controlul efectiv al anumitor factori relevanți pentru a se delimita efectul unei variabile studiate. Mai mult, rezultatele ce derivă din astfel de studii sunt foarte utile în transferul de cunoștințe în inovare industrială (Brown *et al.* 2011), deoarece prin modul de raportare a rezultatelor se găsesc nișe noi de perfecționat.

În procesele de transport al lemnului se pot identifica mai multe grupe de operații, presupunând că nu se execută transbordări (Oprea și Sbera 2004; Oprea 2008): cursa în gol, încărcarea, cursa în plin și descărcarea. Laitila și Väättäinainen (2012) au realizat un studiu ce s-a extins asupra unui întreg lanț de aprovizionare cu lemn pentru producția de energie, conturat în jurul a două modalități de transport al lemnului relaționate cu starea de transformare a acestuia: arbori cu coroană respectiv sarcini de trunchiuri și catarge (dimensiuni mici specifice lemnului cu utilizare energetică), iar în studiul lor s-a utilizat un echipament compus dintr-un camion Volvo FH 460 echipat cu o macara hidraulică Kesla 2011ZT. În urma studiului, aceștia au concluzionat că la încărcarea arborilor cu coroană, productivitatea a fost de  $1 \text{ m}^3 \times \text{minut}^{-1}$ , fiind mult mai mică decât cea de la descărcare ( $2,58 \text{ m}^3 \times \text{minut}^{-1}$ ). De asemenea, ei au concluzionat faptul că în cazul încărcării-descărcării unor trunchiuri și catarge în sarcini, productivitatea operațiilor s-a îmbunătățit substanțial ( $2,53 \text{ m}^3 \times \text{minut}^{-1}$  respectiv  $3,39 \text{ m}^3 \times \text{minut}^{-1}$  la încărcarea-descărcarea unor sortimente cu lungimea de 5 metri și  $1,70 \text{ m}^3 \times \text{minut}^{-1}$  respectiv  $2,56 \text{ m}^3 \times \text{minut}^{-1}$  la încărcarea unor sarcini cu compuse din piese cu lungimea de 3 metri). Eficiența activităților de transport poate fi îmbunătățită substanțial prin găsirea și alocarea rutelor de transport celor mai bune, sarcină ce poate fi realizată prin utilizarea unor programe software special concepute, a căror utilizare poate conduce la creșteri de eficiență în transport cu până la 40% (Gerasimov *et al.* 2008). De asemenea, există o sinergie între distanța de transport și masele ce se transportă, după cum s-a demonstrat de Klvač *et al.* (2013) care au evaluat consumul de combustibili fosili implicat de transportul lemnului în Cehia. În asemenea cazuri, consumul de carburant datorat încărcării și descărcării devine mult mai vizibil în cazul unor distanțe de transport reduse, iar, consumul de timp necesar pentru încărcarea unui camion poate să varieze, în funcție de timpul de sortimente încărcate, între 35 la încărcarea de trunchiuri și catarge sau a unor bușteni mai lungi, până la maximum 50 de minute la încărcarea unor bușteni cu lungimea de 8 m. În contextul descris anterior, legat de importanța transportului forestier, scopul studiului de față a fost acela de a evalua performanțele unui echipament de încărcare de construcție FUCHS 714 MU, la încărcarea sortimentelor de lemn în vagoane de cale ferată și camioane, iar obiectivele studiului au fost de a: (i) analiza consumul de timp la operații de încărcare prin divizarea unui ciclu de încărcare în elemente de muncă (timp) secvențiale, (ii) evalua performanțele productive la astfel de operații și (iii) realiza comparații între alternativele studiate în vederea punerii în evidență a unor eventuale diferențe.

## 7.2. Materiale și metode

### 7.2.1. Locația studiului, descrierea sumară a echipamentului și organizarea muncii

Datele necesare studiului de față au fost procurate dintr-o facilitate de stocare intermediară a lemnului localizată în Nehoiu, județul Buzău, lângă drumul național nr. 10. În locația menționată macaraua FUCHS 714 MU este utilizată în mod curent pentru încărcarea sortimentelor de lemn în vagoane de cale ferată și în camioane; acest tip de echipament este o mașină autopropulsată, cu tracțiune pe ambele punți, cu sistem de rulare pe pneuri (8 roți) propulsată de un motor diesel de 78 kW. Rotirea în plan orizontal este asigurată de un motor hidraulic iar echipamentul activ este compus din două părți principale: brațul principal și cel de încărcare ale macaralei, ultimul fiind echipat cu un graifer. Din punct de vedere operațional, echipamentul studiat a realizat operații de încărcare și aranjare a lemnului în vagoane și camioane, și a fost operat, la data colectării datelor de către un muncitor experimentat. Operațiile de încărcare au fost studiate în condițiile unei temperaturi scăzute a aerului.

### 7.2.2. Procurarea datelor

Pentru culegerea datelor necesare în studiul de față s-a implementat o procedură de colectare un pic diferită față de cea utilizată frecvent la studiile menționate anterior. Astfel, datele privind consumul de timp au fost colectate prin descărcarea unor fișiere video din sistemul de supraveghere al incintei depozitului, care este echipat cu camere de luat vederi conectate la un calculator care stochează informația colectată pe durata a 15 zile consecutive, după această dată recurgând la suprascriseri de informație.

Avantajul colectării de date în acest mod constă din faptul că se poate obține o perspectivă de ansamblu asupra întregii facilități, iar operatorii care lucrează cu diferite echipamente nu își modifică comportamentul datorită faptului că sunt studiați. Amplasarea camerei de luat vederi a permis identificarea, la o acuratețe ridicată, a tuturor operațiilor studiate.

Totuși, în absența unor programe software specializate pentru studii de timp, capabile să separe automat duratele pe elemente de muncă, principalul impediment în analiza unor seturi foarte mari de date, culese pe zile întregi de operare, constă din necesitatea unor resurse importante de timp ce trebuie alocate la vizionarea fișierelor media, respectiv calcularea duratelor pe elemente de muncă prin diferență, pe baza unor date ce se înscriu în fișe speciale odată cu vizionarea operațiilor. Totuși, în context mai general, o astfel de abordare generează mai multe beneficii decât inconveniente, deoarece surprinde exact modul de desfășurare al operațiilor și este mult mai precisă.

Fișiere video conținând datele înregistrate la încărcarea de sortimente de lemn în 4 vagoane (*V1-V4*) și 2 mijloace auto (*A1-A2*), au fost descărcate din sistemul de supraveghere al facilității; trei dintre vagoane au fost încărcate cu sortimente de lemn de 3 metri în lungime (*V1×3m*, *V2×3m*, *V3×3m*), un vagon a fost încărcat cu sortimente de lemn cu o lungime de 4 metri (*V4×3m*), iar mijloacele auto au fost încărcate cu sortimente de lemn cu lungimea de 4 metri (*A1×4m*, *A2×4m*), rezultând în acest fel un studiu ce s-a desfășurat asupra unui număr de 263 cicluri de încărcare dintre care 87 în mijloace auto și 176 în vagoane. Elementele de muncă (timp) identificate pentru echipamentul ce a făcut scopul studiului sunt redate, descriptiv, în **Tabelul 42**.

Tabelul 42. Descrierea elementelor de muncă și timp identificate în operații de încărcare

Denumire	Abreviere	Unitate de măsură	Descriere
Ciclu de muncă la încărcare	<i>CMI</i>	-	Suma elementelor de muncă descrise mai jos
Ajustarea echipamentului	<i>EM<sub>AE</sub></i>	-	Ajustări realizate pentru reglarea înălțimii de operare a echipamentului
Mișcarea în gol a brațului macaralei	<i>EM<sub>MBG</sub></i>	-	Mișcarea brațului de la mijlocul de transport la stiva de lemn după eliberarea sau aranjarea lemnului în mijlocul de transport
Apucarea lemnului cu graiferul	<i>EM<sub>APL</sub></i>	-	Prinderea uneia sau mai multor piese de lemn în graifer
Aranjarea lemnului în graifâr	<i>EM<sub>ALG</sub></i>	-	Rotirea graiferului și ajustarea unui capăt al sarcinii în același plan pentru facilitarea aranjării pieselor de lemn în mijlocul de transport
Mișcarea în sarcină a brațului macaralei	<i>EM<sub>MBS</sub></i>	-	Mișcarea brațului de la locul de prindere și aranjare a pieselor în graifer până la mijlocul de transport
Eliberarea lemnului în mijlocul de transport	<i>EM<sub>EL</sub></i>	-	-
Aranjarea lemnului în mijlocul de transport	<i>EM<sub>AL</sub></i>	-	Aranjarea pieselor cu graiferul constând din relocare sau împingerea unor capete accesibile
Consumul de timp fără întârzieri pe ciclu de muncă de încărcare	<i>TIM</i>	Secunde	Consum de timp total, fără întârzieri, reprezentând suma consumurilor de timp descrise mai jos la fiecare repetiție de încărcat
Consumul de timp implicat de ajustarea echipamentului	<i>T<sub>EA</sub></i>	Secunde	-
Consumul de timp implicat de mișcarea brațului macaralei în gol	<i>T<sub>MBG</sub></i>	Secunde	-
Consumul de timp implicat de apucarea lemnului cu graiferul	<i>T<sub>APL</sub></i>	Secunde	-
Consumul de timp implicat de aranjarea lemnului în graifer	<i>T<sub>ALG</sub></i>	Secunde	-
Consumul de timp implicat de mișcarea brațului macaralei în plin	<i>T<sub>MBS</sub></i>	Secunde	-
Consumul de timp implicat de eliberarea lemnului în mijlocul de transport	<i>T<sub>EL</sub></i>	Secunde	-
Consumul de timp implicat de aranjarea lemnului în mijlocul de transport	<i>T<sub>AL</sub></i>	Secunde	-

### 7.2.3. Prelucrarea datelor. Designul experimental și analiza datelor

Analiza consumului de timp s-a realizat prin vizionarea fișierelor media descărcate, în etapa de birou a studiului, prin utilizarea programului software Video Player.ink care a fost dezvoltat pentru sistemul de supraveghere în cauză și care a facilitat prin funcționalitățile specifice colectarea de date de pe fișierele video, colectare care s-a realizat în mod indirect. Înainte de vizionarea efectivă a fișierelor pentru extragerea datelor necesare, a fost necesară

întocmirea unor baze de date în care să se colecteze informația. Pentru structurarea adecvată a bazelor de date în cauză s-au vizionat câteva eșantioane pentru a se determina modul specific de organizare a muncii. În acest mod s-au identificat elementele de muncă (timp) descrise în **Tabelul 42**. Pe baza acestora, s-au realizat baze de date separate pentru fiecare vagon și mijloc auto analizat. Date adiționale privind numărul de piese încărcate în fiecare mijloc de transport, ca și volumul total încărcat în fiecare vagon sau mijloc auto au fost culese de la facilitatea de industrializare a lemnului care a recepționat masa lemnoasă în cauză, pe baza documentației de recepție. Aceste date au facilitat calcularea statisticilor necesare în prezentul studiu.

Analiza statistică a fost desfășurată prin implementarea etapelor necesare în studii comparative descrise în Magagnotti și Spinelli (2012). În particular, s-a aplicat un test de verificare a normalității datelor asupra șirurilor (variabilelor) reprezentând consumurile de timp pentru fiecare element de muncă în parte, ca și la nivel de ciclu de muncă, pentru a se stabili cea mai bună abordare de utilizat la dezvoltarea unor indicatori statistici ai tendinței centrale. Utilizându-se programul software Statistica 8.0, s-a condus un test Shapiro-Wilk ( $\alpha=0,05$ ,  $p<0,05$ ) care reprezintă o modalitate frecvent utilizată în astfel de situații (Zar 1974). Apoi, s-a recurs la calcularea statisticilor descriptive pentru fiecare unitate de transport (vagon, mijloc auto) încărcată, ca și pentru fiecare tratament în parte.

Pe baza rezultatelor testului de verificare a normalității datelor, s-a recurs la utilizarea unui test neparametric pentru șiruri neegale (Kruskal-Wallis) aplicat asupra variabilelor reprezentând consumul de timp la nivel de ciclu de muncă, ultimul fiind specific dieritelor alternative testate. O atenție suplimentară a fost acordată comparării între șirurile specifice încărcării aceluiași tip de sortiment într-un mijloc dat de transport (e.g. încărcarea lemnului de 3 metri în vagoane), ca și comparării între toate alternativele posibile.

Productivitatea, ca măsură a performanței, a fost calculată pentru fiecare unitate încărcată, ca raport între volumul de lemn încărcat și timpul total la încărcare fără întârzieri. Aceeași abordare a fost utilizată pentru estimarea productivității la încărcarea unui mijloc dat de transport (e.g. încărcarea lemnului în camioane).

### 7.3.Rezultate

#### 7.3.1.Rezultate privind testarea normalității datelor. Statistici descriptive privind mediul operațional și consumul de timp

Rezultatele testului Shapiro-Wilk au indicat faptul că, dintre toate variabilele testate, doar consumul de timp pe ciclu de muncă la încărcarea lemnului de 4 metri în vagoane a urmat o distribuție normală.

În tabelul **Tabelul 43** se redau statisticile descriptive privind consumul de timp pe elemente de muncă la încărcarea pieselor de 3 și 4 metri în vagoane, respectiv mijloace auto. De departe, în medie, aranjarea pieselor în mijloacele de transport, indiferent de lungimea pieselor și de mijlocul de transport, a consumat cel mai mult timp, fiind urmată de manevrele de apucare a lemnului din stive, cu excepția cazurilor în care s-au încărcat mijloace auto cu piese de 4 metri, unde manevrele de așezare a pieselor de lemn în graifer au consumat mai mult timp decât cele de apucare. În cazul încărcării vagoanelor, un ciclu de muncă de încărcare a durat, în medie, 44-46 secunde, iar în cazul încărcării mijloacelor auto, acesta a durat, în medie circa un minut.

În **Figura 20** se prezintă proporțiile de participare a consumurilor elementale de timp în structura timpului total consumat la încărcare, prin excluderea consumului de timp ocazionat de efectuarea ajustărilor echipamentului studiat.

La încărcarea pieselor de lemn de 3 metri în vagoane ( $V \times 3m$ ), mișcarea brațului în gol și în plin au consumat aproximativ aceeași cantitate de timp, un aspect care nu s-a mai păstrat și în cazul încărcării vagoanelor cu piese de 4 metri, sau a autocamioanelor cu piese având aceeași



lungime, cazuri în care mișcarea brațului în plin a consumat mai mult cu circa 1-3%, probabil datorită dimensiunilor mai mari ale pieselor încărcate.

Tabelul 43. Statistici descriptive privind consumul de timp pe elemente de muncă

Tratamentul	Statistica descriptivă	$T_{MBG}$ (s)	$T_{APL}$ (s)	$T_{ALG}$ (s)	$T_{MBP}$ (s)	$T_{EL}$ (s)	$T_{AL}$ (s)	$TIM^*$ (s)
<b>V×3m</b>	<b>Valoarea minimă</b>	2,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,00	20,02
	<b>Valoarea maximă</b>	40,00	53,00	42,00	19,00	53,00	54,00	105,82
	<b>Amplitudinea de variație</b>	38,00	51,00	42,00	17,00	51,00	54,00	85,80
	<b>Media</b>	5,55	8,06	6,59	5,39	5,95	11,12	44,45
	<b>Mediana</b>	4,00	6,00	5,00	5,00	5,00	7,00	40,66
	<b>Abaterea standard</b>	±4,69	±6,57	±7,14	±2,24	±5,49	±11,37	±15,85
	<b>Sume</b>	854,00	1242,00	1015,00	830,00	917,00	1713,00	6845,98
	Notă: distanța medie de deplasare a brațului - 5m; numărul de piese încărcate: 715; *Include ajustările echipamentului							
<b>V×4m</b>	<b>Valoarea minimă</b>	2,00	2,00	0,00	2,00	2,00	0,00	28,76
	<b>Valoarea maximă</b>	7,00	21,00	24,00	14,00	20,00	25,00	71,76
	<b>Amplitudinea de variație</b>	5,00	19,00	24,00	12,00	18,00	25,00	43,00
	<b>Media</b>	4,63	7,93	6,32	5,73	5,93	7,12	46,41
	<b>Mediana</b>	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00	4,00	44,76
	<b>Abaterea standard</b>	±1,09	±4,68	±5,35	±1,82	±3,06	±7,89	±10,68
	<b>Sume</b>	190,00	325,00	259,00	235,00	243,00	292,00	1903,00
	Notă: distanța medie de deplasare a brațului - 7m; numărul de piese încărcate: 201; *Include ajustările echipamentului							
<b>A×4m</b>	<b>Valoarea minimă</b>	2,00	2,00	0,00	3,00	2,00	0,00	18,79
	<b>Valoarea maximă</b>	40,00	53,00	47,00	13,00	53,00	58,00	160,79
	<b>Amplitudinea de variație</b>	38,00	51,00	47,00	10,00	51,00	58,00	142,00
	<b>Media</b>	5,14	9,26	10,79	6,07	6,93	17,10	59,75
	<b>Mediana</b>	5,00	8,00	8,00	6,00	6,00	11,00	54,79
	<b>Abaterea standard</b>	±3,92	±7,26	±10,60	±1,88	±6,00	±15,85	±24,56
	<b>Sume</b>	447,00	806,00	939,00	528,00	603,00	1488,00	5197,99

Consumul total de timp la încărcarea unui vagon de cale ferată cu piese de lemn de 4 metri a fost de circa 30 de minute, în timp ce la încărcarea vagoanelor de cale ferată cu piese de lemn de 3 metri, în medie, consumul de timp a fost cu circa 8 minute mai mare, aspect ce poate fi relaționat cu necesitatea executării mai multor cicluri de încărcare pentru a se ocupa un același volum disponibil. De asemenea, la încărcarea mijloacelor auto cu piese de lemn având lungimi de 4 metri, consumul de timp a fost, în medie de circa 43 de minute. În toate cazurile analizate, consumurile de timp menționate au inclus și timpul necesar pentru ajustarea înălțimii de lucru a echipamentului folosit la încărcare.

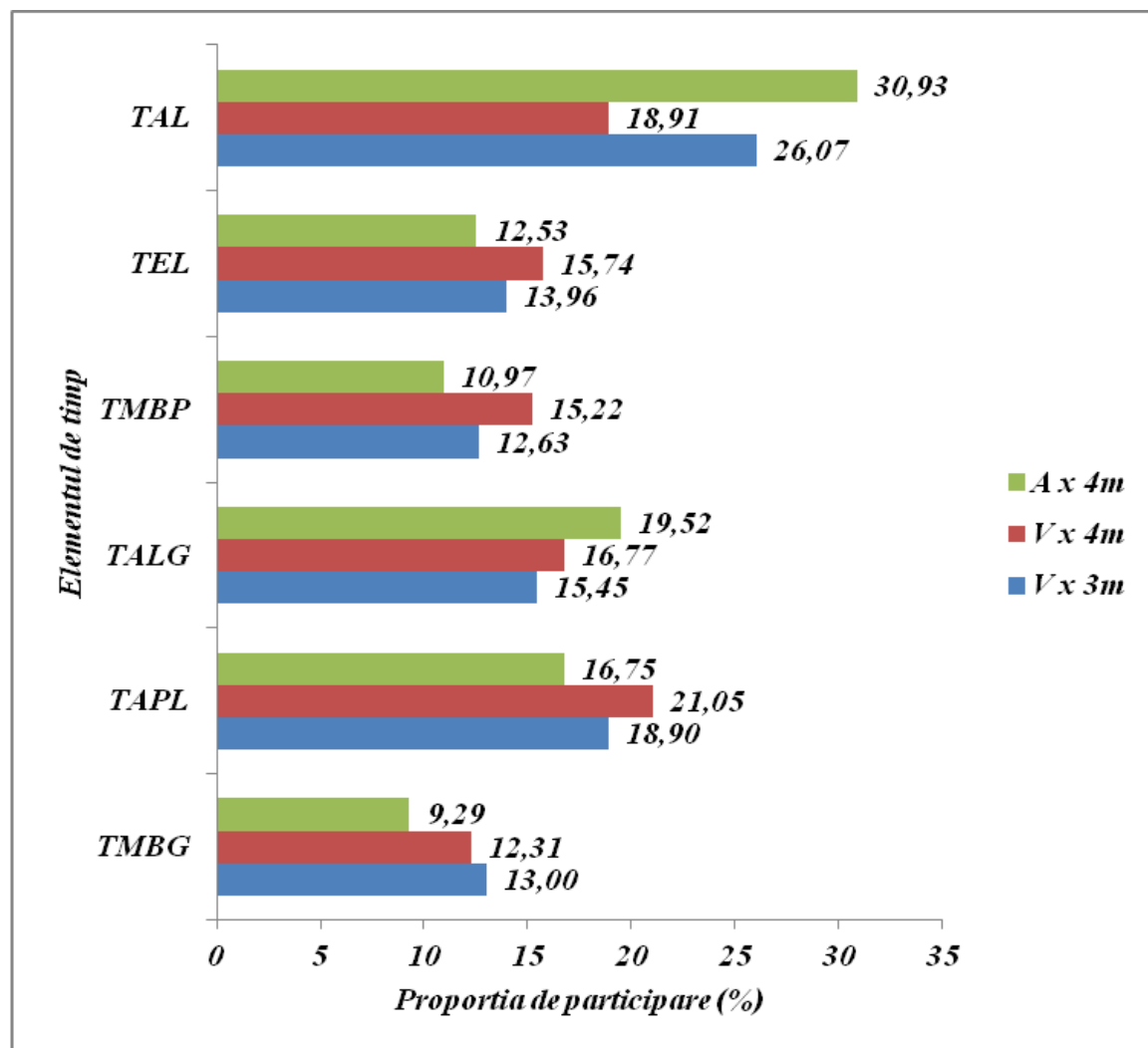


Figura 20. Proporția de participare a consumului de timp pe elemente de muncă în consumul total la nivelul unui ciclu de muncă, excluzând consumul de timp implicat de ajustarea echipamentului

### 7.3.2.Comparații între tratamente. Indicatori ai performanței

În limitele cunoscute ale capabilităților pe care le pot asigura testele neparametrice, rezultatele testelor implementate pentru efectuarea de comparații între tratamentele analizate, au indicat faptul că între acestea există diferențe semnificative în ceea ce privește consumul de timp (**Tabelul 44**). Acest lucru ar trebui să conducă, în mod natural, la conducerea unor cercetări de amploare mai mare, pentru a se surprinde mai bine fenomenul, posibil în anumite condiții controlate (experimentale), dat fiind faptul că este greu de identificat șiruri pereche pentru variabilele luate în studiu la încărcarea unui același mijloc de transport.

Din moment ce, prin compararea alternativelor studiate s-au găsit diferențe semnificative, estimarea productivității la operații de încărcare s-a realizat pentru fiecare alternativă în parte, urmând ca, la final, aceasta să se analizeze și prin gruparea unora dintre alternative pe baza unor caracteristici comune. În **Tabelul 45** se prezintă rezultatele estimărilor realizate.

După cum se observă, încărcarea vagoanelor de cale ferată cu sortimente de lemn având lungimea de 3 metri a generat o productivitate de circa  $65 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$  pentru echipamentul utilizat la încărcare. La încărcarea vagoanelor cu sortimente de lemn cu lungimea de 4 metri, productivitatea orară a fost cu circa  $10 \text{ m}^3$  mai mare, iar la încărcarea mijloacelor de transport auto, aceasta a înregistrat cea mai mică valoare ( $59 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ ).

Tabelul 44. Rezultatul testului Kruskal-Wallis la compararea între alternativele analizate

Alternative testate	H Corectat	Grade de libertate	Valoarea p	Diagnoză
<i>Există diferențe privind consumul de timp la nivel de ciclu de muncă între vagoanele încărcate cu sortimente de lemn cu lungimea de 3 m?</i>	11,91	2	< 0,01	*
<i>Există diferențe privind consumul de timp la nivel de ciclu de muncă între camioanele încărcate cu sortimente de lemn cu lungimea de 4 m?</i>	17,44	1	< 0,01	*
<i>Există diferențe privind consumul de timp la încărcare indiferent de mijlocul încărcat?</i>	29,83	2	< 0,01	*
Notă: *diferențe semnificative				

Tabelul 45. Indicatori ai performanței. Productivitatea la încărcare în cazul alternativelor analizate

Tratamentul analizat	Productivitatea la încărcare	
	m <sup>3</sup> × h <sup>-1</sup>	bușteni × h <sup>-1</sup>
V1×3m	62,91	266,94
V2×3m	54,84	352,29
V3×3m	64,63	375,99
V4×3m	74,23	380,24
V×3m	64,63	375,99
V×4m	74,23	380,24
A1×4m	90,85	335,82
A2×4m	44,71	164,46
A×4m	58,99	217,47

#### 7.4. Discuții și concluzii

Din analiza rezultatelor prezentate se pot extrage mai multe concluzii. În primul rând, este destul de clar faptul că lungimea pieselor de lemn afectează productivitatea muncii la încărcare, cel puțin cazul vagoanelor de cale ferată, iar productivitatea la încărcarea lemnului cu echipamentul studiat este mai mică în cazul încărcării mijloacelor de transport auto. De departe, elementul de muncă care consumă cel mai mult timp este cel legat de aranjarea pieselor în mijloacele utilizate la transport. De asemenea, comparațiile între alternativele studiate indică faptul că există diferențe semnificative în ceea ce privește consumul de timp la nivelul unui ciclu de muncă. Această situație, de altfel frecventă în astfel de studii, conduce la necesitatea efectuării unor studii având o amploare mai mare, de preferat experimentale care să permită controlul unor anumiți factori. Totuși, rezultatele prezentate în acest studiu pot fi folositoare pentru estimarea productivității muncii și consumului de timp, iar pe baza acestora și a unor reguli de alocare, al consumului de energie implicat de astfel de operații. De exemplu, pe baza rezultatelor și pe baza consumului orar de carburant se pot extrage indicatorii necesari în evaluarea anumitor lanțuri de aprovizionare cu lemn.

Pe de altă parte, comparațiile efectuate în cadrul acestui studiu au utilizat testul neparametric Kruskal-Wallis cunoscut pentru capacitatea sa de a identifica diferențe între două sau mai multe alternative atunci când în designul experimental se utilizează șiruri de date neîmperecheate. Un astfel de test este utilizat la analiza varianței pe baza unor ranguri, pentru a se observa dacă două eșantioane au provenit din aceeași distribuție, prin urmare nu poate indica locația sau magnitudinea diferențelor. După cum au sugerat și Klvač *et al.* (2013) macaralele atașate la mijloace de transport auto sunt caracterizate de performanțe diferite la încărcarea unor sortimente de lemn de lungimi diferite. În studiul condus de ei, au indicat faptul că un mijloc auto este încărcat în circa 35 de minute în cazul unor piese de lemn de dimensiuni mari, respectiv

în circa 50 de minute în cazul unor piese cu lungimi mai mici de 8 metri. În acest studiu, încărcarea a două mijloace auto cu piese de patru metri a consumat circa 5198 secunde, sugerând, prin transformare și împărțirea de rigoare, faptul că, în medie, încărcarea cu sortimente de 4 metri a durat, 43 de minute, aspect care indică faptul că echipamentele construite (cu capabilități) în mod special pentru această operație sunt mult mai productive, probabil datorită posibilității de a acumula și mișca mai multe piese la un ciclu de încărcare. Comparativ cu studiul condus de Laitila și Väätäanainen (2012) care au raportat productivități de ordinul a 1,70-2,53 m<sup>3</sup>×minut<sup>-1</sup> pentru piese de lemn cu lungimi de 3-5 metri grupate în sarcini, care prin transformare înseamnă circa 102-152 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>, studiul de față indică productivități orare mult mai mici, probabil ca rezultat al unor piese negrupate în sarcini.

În final, scopul studiului de față a fost acela de a oferi niște date privind consumul de timp și productivitatea muncii pentru echipamentul studiat în diferite situații operaționale, iar, după cum s-a precizat, sunt necesare mai multe cercetări pentru a se putea separa anumite efecte.

## 8. Evaluarea performanțelor operaționale ale echipamentelor de debitare a buștenilor

### 8.1. Introducere

Valorificarea lemnului din cuprinsul fondului forestier sub formă de sortimente de lemn brut, ca și procesarea industrială a acestuia sunt activități economice care contribuie la produsul intern brut (PIB) al României. Aceste industrii, ca și alte procese economice situate în amonte sau în aval, oferă locuri de muncă pentru mulți oameni, în special în zonele rurale ale României. Rolul activității de extracție a lemnului este acela de a furniza materia primă pentru industrii din aval. La nivelul anului 2007, în industria lemnului din România, industriile relaționate cu extracția și procesarea primară a acestuia aveau o proporție de participare de aproape 32% ([Sbera 2007](#)), iar facilitățile de prelucrare primară a lemnului, în număr de circa 7000, cu capacități de procesare de 8-10 m<sup>3</sup> pe zi au manufacturat circa 4,470 milioane m<sup>3</sup> de cherestea.

Ferăstraiele panglică sunt cunoscute drept alternative tehnice în producția de cherestea, iar utilizarea acestora în transformarea integrală a buștenilor în cherestea presupune mai multe faze de manipulare și tăiere ([De Lasaux et al. 2009](#)). În aplicațiile de debitare la scară mică, astfel de echipamente oferă o rată de recuperare a lemnului îmbunătățită prin comparație cu utilizarea unor ferăstraie ([Cedamon et al. 2013](#)), în timp ce, în aplicațiile de scară mai mult sau mai puțin industrială, performanțele acestor echipamente sunt afectate în mod majoritar de volumul buștenilor ce se procesează ([Ištvanic et al. 2009](#)). Pe de altă parte, rata de recuperare a cherestelei din bușteni ca și viteza cu care acești bușteni pot fi convertiți în cherestea au un impact major asupra costurilor de operare a unor astfel de facilități ([Venn et al. 2004](#)).

Pentru un echipament de debitare dat, rata de recuperare a lemnului este frecvent evaluată pe baza cantității totale de lemn ce intră în procesul de debitare și cantitatea rezultată de cherestea. În același timp, performanțele unor astfel de echipamente, în termeni de consum de timp și productivitate, sunt frecvent evaluate prin studii care, în esență, au caracterul unor studii de timp ([De Lasaux et al. 2009](#), [Ištvanic et al. 2009](#)). Studiile realizate până în prezent au adresat echipamente de debitare a lemnului evoluând în condiții operaționale date, incluzând aici și modul de organizare a muncii. Thulasidas și Bhat ([2008](#)) au condus un studiu privind debitarea lemnului de tec recoltat din diferite locații și au constatat că rata de recuperare la debitare poate fi de ordinul a 66,8 – 78,8%. Ištvanic et al. ([2009](#)) a condus un studiu asupra unui ferăstrău panglică de 75 kW constantând că volumul buștenilor debitați afectează capacitatea echipamentului în cauză și, în urma aplicării unui studiu de timp detaliat, autorii au stabilit relațiile de dependență dintre viteza de tăiere respectiv capacitatea echipamentului și diametrul la mijlocul bușteanului, lungimea și volumul bușteanului de debitat. Aceeași autori au constatat faptul că timpul efectiv de tăiere poate să reprezinte circa jumătate din timpul total consumat (46%) cu activități productive. Cam în același timp, De Lasaux et al. ([2009](#)) au studiat un echipament mobil pentru debitarea buștenilor de dimensiuni reduse - Economizer - constatând că productivitatea la debitare a acestuia poate să fie de ordinul a 0,3 - 2,8 m<sup>3</sup>×h<sup>-1</sup>, în timp ce rata de recuperare poate fi de ordinul a 50 - 67%, iar timpul de tăiere a fost afectat de volumul și lungimea bușteanului, variația primului fiind exprimată în funcție de variația unor variabile cum ar fi tipul produsului procesat, lungimea bușteanului, grosimea cherestelei etc. Mai recent, Cedamon et al. ([2013](#)) a condus un studiu comparativ asupra proceselor de debitare, constatând că pot să apară diferențe semnificative legate de rata de recuperare în condițiile utilizării diferitelor echipamente de debitare, și au dezvoltat modele empirice pentru estimarea acesteia în funcție de diametrul buștenilor debitați. Din cele prezentate se poate constata faptul că factorii ce afectează performanțele echipamentelor utilizate la debitarea lemnului sunt într-un număr foarte mare, iar, studiile existente adresând relația dintre aceștia și performanțele echipamentelor de debitare a lemnului sunt puține. Unul dintre factorii care afectează performanța debitării ca

proces este chiar tipul de echipament ce se utilizează, iar pe piața de profil există foarte multe echipamente ce se utilizează în aplicații de scară mică.

Prezentul studiu a urmărit să evalueze performanțele unui echipament de tipul unui ferăstrău panglică - FBO-02 CUT - la debitarea cherestelei din buștenii proveniți din cinci specii de interes forestier. Obiectivele studiului au fost de a: (i) identifica factorii care afectează consumul de timp la debitare, (ii) estima rata de recuperare inclusiv de a dezvolta modele predictive pentru acest scop și (iii) de a identifica dacă există diferențe semnificative între timpul consumat cu tăierea și viteza de avans ca urmare a caracteristicilor lemnului debitat, după cum acestea sunt specifice diferitelor specii.

## 8.2. Materiale și metode

### 8.2.1. Descrierea echipamentului și a schemei de debitare

Echipamentul de debitare a lemnului FBO-02 CUT (**Figura 21**) este un ferăstrău panglică de producție românească care poate fi utilizat pentru debitarea cherestelei din diferite specii forestiere, în condițiile unor bușteni ai căror diametru nu depășește 95 cm.



Figura 21. Ferăstrăul panglică FBO-02 CUT

Alimentarea pânzei tăietoare cu bușteni se realizează prin utilizarea unui cărucior special care servește și la menținerea buștenilor în timpul tăierii. Descrierea tehnică de bază a echipamentului studiat se prezintă în **Tabelul 46**. La debitarea cherestelei, operațiile constau din mai multe elemente de muncă care au loc pe bază ciclică cum ar fi: poziționarea buștenilor pe cărucior, alegerea direcției pentru prima tăiere respectiv efectuarea primei curse active care este urmată de retur. După înlăturarea a două lăturoaie situate diametral opus, tăierea se realizează la reperele dorite. Un astfel de echipament este operat în mod obișnuit de doi muncitori.

În studiul de față s-a observat un număr de 293 de repetiții de tăiere, care au fost efectuate asupra unui număr de 30 de bușteni selectați din specii de interes forestier reprezentative pentru condițiile românești (**Sofletea și Curtu 2008**): stejar (*Quercus robur* L.), fag (*Fagus sylvatica* L.), anin (*Alnus glutinosa* L.), molid (*Picea abies* Lam. (Link.)) și brad (*Abies alba* Mill.). Buștenii au fost debitați în cherestea având, în mod majoritar, o grosime cuprinsă între 25 și 50 mm, din moment ce numai nouă piese de cherestea au avut o grosime de 30 mm (**Tabelul 47**).

Tabelul 46. Descrierea tehnică sumară a echipamentului studiat

Caracteristica	Unitatea de măsură	Valoarea
<b>Motorul căruciorului</b>		
Putere nominală la 2940 rotații pe minut	kW	7,5
<b>Dimensiuni</b>		
<b>Lungime</b>		
Platformă	mm	3 x 3000
Cărucior	mm	1500
<b>Lățime</b>		
Platformă	mm	1250
Cărucior	mm	2250
<b>Înălțime</b>		
Platformă	mm	100
Cărucior	mm	1650
<b>Masă</b>		
Platformă	kg	145
Cărucior	kg	235
<b>Pânza de tăiere</b>		
Grosime	mm	0,9
Lățime	mm	40
Lungime	mm	4650
Pas	mm	22

Tabelul 47. Numărul de bușteni debitați și grosimea cherestelei rezultate

Specia (esența)	Numărul de bușteni debitați	Numărul de piese de cherestea debitate și grosimea acestora		
		0,025 m	0,030 m	0,050 m
Stejar	6	5	0	34
Fag	6	0	5	34
Anin	6	51	0	11
Molid	6	75	0	6
Brad	6	52	4	13
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>193</b>	<b>9</b>	<b>98</b>

### 8.2.2. Colectarea datelor

În timpul operațiilor de debitare s-au colectat date cu privire la intrări, variabile de proces și ieșiri. Intrările sub formă de consum de timp au fost măsurate utilizându-se metoda de cronometrare cu revenire la zero, în secunde, prin utilizarea unui cronometru profesional, pentru fiecare repetiție de debitare (*TD*), în care *TD* a fost obținut prin însumarea tuturor categoriilor de timp înregistrate pentru fiecare repetiție de tăiat. Pentru fiecare buștean debitat, s-a evaluat vizual specia (*S*), și s-a măsurat diametrul la mijlocul bușteanului (*DB*), respectiv lungimea bușteanului (*LB*) prin utilizarea unei clupe forestiere respectiv a unei rulete. Fiecare piesă de cherestea rezultată în urma debitării s-a măsurat în vederea determinării lățimii (*LC*) și grosimii (*GC*), în timp ce lungimea sa a fost considerată a fi echivalentă cu lungimea bușteanului din care a fost debitată.

Umiditatea fiecărui buștean a fost măsurată cu un umidometru electronic de construcție *Moistec* în trei locații independente alese pe fiecare buștean, iar conținutul final în umiditate a fost calculat ca produsul dintre media celor trei citiri și un factor de scalare de 0,95 după cum această procedură a fost indicată în ghidul de utilizare a instrumentului. Numărul de tăieturi executate asupra fiecărui buștean (*NT*) alături de celelalte date urmărite au fost înscrise în fișe de colectare a datelor special concepute.

### 8.2.3. Prelucrarea și analiza datelor

În vederea analizării datelor colectate, s-au formatat foi de calcul în MS Excel pentru a răspunde tipurilor de date colectate din teren, în care, unele dintre datele colectate au fost transferate direct, iar altele cum ar fi volumul fiecărui buștean (**VB**), timpul consumat pentru debitarea fiecărui buștean (**TDB**), volumul cherestei rezultate și rata de recuperare (**RR**) s-au calculat pe baza datelor introduse inițial. Pe baza datelor rezultate, ca și pe baza celor conținute inițial în baza de date s-au dezvoltat modele de estimare a consumului de timp, vitezei de avans și a ratei de recuperare, prin aplicarea unor tehnici similare celor descrise în capitolele anterioare. În modelele ce s-au dezvoltat, efectul speciei în variația consumului total de timp a fost introdus sub forma unei variabile calitative. Pentru dezvoltarea modelului privind estimarea ratei de recuperare, aceasta s-a calculat pentru fiecare buștean în parte, după procedurile descrise în [paragraful 8.1](#), iar modelul estimat pentru viteza de avans (**VA**) s-a realizat pe baza unor rezultate derivate din lungimea buștenilor și consumul de timp, fără întârzieri, la debitare.

### 8.3. Rezultate

Pentru condițiile medii studiate (schemă de debitare, caracteristici dimensionale), în studiul de față s-a estimat o rată de recuperare medie de ordinul a 66%, cu valoarea cea mai mică în cazul buștenilor de molid (60,15%) și valoarea cea mai mare în cazul buștenilor de stejar (72,46%). Timpul consumat cu debitarea, excluzând aici întârzierile, la nivel de buștean debitat a fost, în medie, de circa 468 de secunde, cu o valoare maximă de circa 676 de secunde în cazul buștenilor de brad, și cu o valoare minimă de circa 304 secunde în cazul unor bușteni de fag. Statisticile descriptive detaliate la nivel de specie și la nivel global sunt redată în [Tabelul 48](#).

În general, variația conținutului în umiditate și specia au reprezentat variabile ne semnificative în explicarea variației ratei de recuperare în studiul de față, dar volumul la nivelul fiecărui buștean (**VB**) a devenit o variabilă semnificativă în acest sens ( $\alpha = 0,01$ ,  $p < 0,01$ ). Relația de dependență între rata de recuperare (**RR**) și volumul bușteanului (**VB**) se redă în [Relația 13](#).

$$RR (\%) = 16,369 \times VB (m^3) + 58,039, N = 30, R^2 = 0,30 \quad (13)$$

Pe de altă parte, rezultatele studiului de față indică faptul că grosimea cherestei (**GC**), lățimea cherestei (**LC**) și conținutul în umiditate (**CU**) au fost variabile semnificative în explicarea variației vitezei de avans (**VA**). Relația empirică dintre variabilele independente menționate și viteza de avans se prezintă în [Relația 14](#). Totuși, trebuie să se menționeze aici faptul că viteza de avans a fost controlată și de operator, prin urmare este de așteptat ca viteza de avans să fie relaționată și cu comportamentul operațional al operatorului. În medie, viteza de avans a fost de ordinul a  $0,07 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . În cazul aninului și molidului, vitezele de avans au fost de ordinul a  $0,08$  respectiv  $0,09 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ , iar în cazul bradului aceasta a fost de ordinul a  $0,08 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . Specia nu a reprezentat o variabilă independentă semnificativă în explicarea vitezei de avans, deși testul *t* individual aplicat pentru testarea semnificației acesteia a indicat faptul că semnificația acesteia a fost aproape de pragul de încredere stabilit ( $p < 0,01$ ,  $p = 0,09$ ).

$$VA (\text{m} \times \text{s}^{-1}) = 0,1115 - 0,0002 \times CU (\%) - 0,228 \times GC (\text{m}) - 0,078 \times LC (\text{m}) \quad (14)$$

În [Tabelul 49](#) se prezintă modelele empirice estimate pentru exprimarea variației consumului de timp la nivel de buștean (**TBD**) și piesă de cherestea debitată (**TD**), în funcție de variația comună a unor variabile independente care s-au dovedit a fi semnificative la nivelul de încredere care s-a luat în considerare.



Tabelul 48. Statistici descriptive privind consumul de timp și variabilele mediului operațional

Caracteristici observate	Statistici descriptive			Media ± Abaterea standard
	Valoarea minimă	Valoarea maximă	Amplitudinea de variație	
<b>Stejar (<i>Q. robur</i>)</b>				
Diametrul la mijlocul bușteanului (cm)	28,00	57,00	29,00	43,83±12,54
Număr de tăieturi pe buștean	4	9	5	6,50±2,07
Lungimea bușteanului (m)	2,5	3,5	1,0	3,00±0,45
Volumul bușteanului (m <sup>3</sup> )	0,154	0,862	0,708	0,509±0,308
Reziduuri (m <sup>3</sup> )	0,043	0,247	0,204	0,145±0,095
Rata de recuperare (%)	67,71	78,61	10,29	72,46±25,51
Umiditate (%)	21,21	31,50	10,29	25,51±3,51
Consum de timp la debitare pe buștean(s)	122,00	563,00	441,00	314,50±168,51
<b>Fag (<i>F. sylvatica</i>)</b>				
Diametrul la mijlocul bușteanului (cm)	27,00	62,00	35,00	44,33±12,93
Număr de tăieturi pe buștean	4	9	5	6,50±2,17
Lungimea bușteanului (m)	3,0	3,00	0,00	3,00±0,00
Volumul bușteanului (m <sup>3</sup> )	0,212	0,833	0,621	0,453±0,256
Reziduuri (m <sup>3</sup> )	0,080	0,216	0,136	0,139±0,052
Rata de recuperare (%)	62,26	74,07	11,81	66,81±5,56
Umiditate (%)	58,71	65,89	7,18	62,35±2,78
Consum de timp la debitare pe buștean(s)	178,00	486,00	308,00	304,17±128,77
<b>Anin (<i>A. glutinosa</i>)</b>				
Diametrul la mijlocul bușteanului (cm)	30,00	42,00	12,00	36,50±4,89
Număr de tăieturi pe buștean	7	13	6	10,50±2,74
Lungimea bușteanului (m)	2,00	4,00	2,00	2,83±0,75
Volumul bușteanului (m <sup>3</sup> )	0,118	0,385	0,267	0,257±0,108
Reziduuri (m <sup>3</sup> )	0,054	0,144	0,090	0,100±0,037
Rata de recuperare (%)	54,24	63,24	9,00	60,16±3,22
Umiditate (%)	33,30	51,00	17,70	42,10±7,45
Consum de timp la debitare pe buștean(s)	190,00	520,00	330,00	378,67±151,09
<b>Molid (<i>P. abies</i>)</b>				
Diametrul la mijlocul bușteanului (cm)	35,00	46,00	11,00	41,00±4,10
Număr de tăieturi pe buștean	11	16	5	13,83±1,83
Lungimea bușteanului (m)	4,00	5,00	1,00	4,17±0,41
Volumul bușteanului (m <sup>3</sup> )	0,301	0,542	0,241	0,446±0,095
Reziduuri (m <sup>3</sup> )	0,129	0,216	0,087	0,177±0,035
Rata de recuperare (%)	57,14	64,68	7,54	60,15±3,25
Umiditate (%)	40,70	56,52	15,82	47,47±5,80
Consum de timp la debitare pe buștean(s)	439,00	880,00	441,00	668,00±163,64
<b>Brad (<i>A. alba</i>)</b>				
Diametrul la mijlocul bușteanului (cm)	38,00	55,00	17,00	44,50±7,18
Număr de tăieturi pe buștean	8	14,00	6	11,50±2,43
Lungimea bușteanului (m)	4,00	6	2,00	4,50±0,84
Volumul bușteanului (m <sup>3</sup> )	0,418	0,865	0,447	0,614±0,198
Reziduuri (m <sup>3</sup> )	0,157	0,224	0,067	0,185±0,029
Rata de recuperare (%)	59,33	79,15	19,82	67,92±8,19
Umiditate (%)	34,20	57,50	23,30	42,60±9,05
Consum de timp la debitare pe buștean(s)	528,00	836,00	308,00	676,17±123,33
<b>GLOBAL</b>				
Diametrul la mijlocul bușteanului (cm)	27,00	62,00	35,00	42,03±9,02
Număr de tăieturi pe buștean	4	16	12	9,77±3,61
Lungimea bușteanului (m)	2,00	6,00	4,00	3,50±0,88
Volumul bușteanului (m <sup>3</sup> )	0,118	0,865	0,747	0,456±0,228
Reziduuri (m <sup>3</sup> )	0,043	0,247	0,204	0,149±0,060
Rata de recuperare (%)	54,24	79,15	24,92	65,50±6,80
Umiditate (%)	21,21	65,89	44,68	44,01±13,30
Consum de timp la debitare pe buștean(s)	122,00	880,00	758,00	468,30±219,66

Variația comună a numărului de tăieturi (*NT*), lungimii bușteanului (*LB*) și volumului bușteanului (*VB*) au explicat variația consumului de timp fără întârzieri la debitarea unui buștean

(*TDB*) în proporție de 95%, iar variația comună a speciei (*S*), lungimii bușteanului (*LB*) și lățimii cherestelei rezultate (*LC*) au explicat variația consumului de timp la debitarea fiecărei piese de cherestea în proporție de 71%, cu precizarea că, atât modelele estimate cât și toate variabilele independente luate în considerare au fost semnificative la nivelul de încredere ales.

Tabelul 49. Modele empirice pentru estimarea consumului de timp la nivel de tăiere individual și la nivel de buștean

Model empiric	R <sup>2</sup>	N	Statisticile modelului		
			Semn. F	Variabilă independentă	Statistica p
<i>TDB</i> (s) = 36,091 × <i>NT</i> + 93,528 × <i>LB</i> (m) + 217,550 × <i>VB</i> (m <sup>3</sup> ) - 310,70	0,95	30	< 0,01	<i>NT</i> <i>LB</i> <i>VB</i>	< 0,01 < 0,01 < 0,01
<i>TD</i> [s] = 2,689 × <i>S</i> * + 8,992 × <i>LB</i> (m) + 79,173 × <i>LC</i> (m) - 9,97	0,71	293	< 0,01	<i>S</i> <i>LB</i> <i>LC</i>	< 0,01 < 0,01 < 0,01
* Specia: <i>S</i> =0 pentru stejar, <i>S</i> =1 pentru fag, <i>S</i> =2 pentru anin, <i>S</i> =3 pentru molid, <i>S</i> =4 pentru brad					

#### 8.4. Discuții și concluzii

O rată de recuperare ridicată în operații de debitare a lemnului reprezintă un aspect cheie în utilizarea eficientă a lemnului, ultimul constituind o resursă limitată, deși este regenerabilă. Unele dintre studiile conduse până în prezent au indicat faptul că rata de recuperare poate fi exprimată în funcție de diametrul la mijlocul bușteanului ([Cedamon et al. 2013](#)) sau de alți factori cum ar fi lungimea și conicitatea buștenilor, inclusiv combinații între aceștia ([De Lasaux et al. 2009](#)). În timp ce există mulți factori potențiali ce pot afecta rata de recuperare a lemnului la debitare, utilizându-se procedurile de testare a multicolarității, în studiul de față s-au exclus unele variabile cum ar fi diametrul la mijlocul bușteanului și lungimea acestuia, datorită potențialului pe care acestea l-ar fi avut, alături de volumul bușteanului, variabilă care, de altfel, s-a utilizat, în creșterea artificială a coeficientului de determinare pe considerentele descrise în Zar ([1974](#)). Și pe criterii logice fenomenul s-ar fi manifestat, datorită faptului că, în cazul de față, volumul fiecărui buștean a fost estimat pe baza diametrului la mijloc și a lungimii, prin aplicarea unor relații de calcul deterministe, ce se utilizează la calcularea volumului unor cilindri echivalenți. Păstrarea volumului ca variabilă independentă are și avantajul că, în calculele ce se fac, rata de recuperare se exprimă în funcție de volumul buștenilor intrați în operații de debitare. Relevanța redusă a speciei în explicarea ratei de recuperare a lemnului poate fi datorată lungimilor reduse ale buștenilor, ca și a inexistenței unor conicități accentuate ale acestora. Comparativ cu ratele de recuperare raportate în alte studii cum ar fi cel realizat de De Lasaux et al. ([2009](#)) care au constatat valori de circa 67%, studiul de față raportează valori similare, care, sunt comparabile și cu cele raportate de Thulasidas și Bhat ([2009](#)). Totuși, trebuie menționat faptul că, în studiul de față care indică o rată de recuperare de circa 66%, s-a inclus în calcul volumul buștenilor inclusiv coaja ca valoare de referință.

Studii anterioare au indicat faptul că timpul consumat la debitare este afectat de volumul și lungimea buștenilor ([De Lasaux et al. 2009](#)) iar, în unele cazuri, s-a luat în considerare și diametrul bușteanului ca variabilă independentă ([Ištvanic et al. 2009](#)). În studiul de față, s-a constatat faptul că timpul consumat la debitare depinde într-o măsură mare de numărul de tăieturi executate, lungimea și volumul bușteanului, după cum această combinație de variabile independente (foarte semnificativă la nivelul de încredere ales), a explicat consumul de timp la debitare în proporție de 95% ( $R^2 = 0,95$ ). În studiul de față, la nivel de buștean, efectul unor variabile precum specia și conținutul de umiditate nu s-a resimțit, poate datorită efectelor generate de variabilele utilizate care, probabil, au mascat efectul primelor, sau a unor factori care nu s-au luat în studiu. În studiile realizate anterior, s-a indicat faptul că timpul consumat efectiv pentru tăiere a ocupat o proporție de circa 46% din timpul operațional ([Ištvanic et al. 2009](#)) ca și

faptul că este necesară dezvoltarea de modele estimative de precizie care să fie utilizate în activități practice. Prin urmare, în studiul de față, separat de modelul realizat pentru estimarea consumului de timp la nivel de buștean, s-a realizat un model pentru estimarea consumului de timp la nivel de tăietură, caz în care, modelul maximal a inclus variabile precum conținutul în umiditate, specia și dimensiunile cherestelei rezultate, dar, după analiza multicolinearității, s-au exclus variabile precum volumul cherestelei și grosimea acesteia, presupunându-se că timpul consumat la debitare va fi influențat mult mai mult de lățimea cherestelei rezultate, dimensiune pe care, de altfel, se aplică tăietura de debitare.

Ištvanic *et al.* (2009) au pus în evidență dependența dintre viteza de avans și diametrul la mijlocul buștenilor ce sunt supuși debitării. Ei au aflat faptul că aceasta scade pe măsură ce diametrul crește și au raportat o viteză medie de ordinul a  $15,40 \text{ m} \times \text{minut}^{-1}$ , care a fost afectată de comportamentul operațional al operatorului. Comparativ, în studiul de față s-a arătat faptul că la nivel de tăietură executată, consumul de timp este afectat de conținutul în umiditate al lemnului (cu o magnitudine foarte mică), lungimea bușteanului (egală cu lungimea cherestelei) și lățimea cherestelei rezultate. Totuși, se acceptă faptul că operatorul, prin comportamentul său operațional ar fi putut să influențeze viteza de avans în mai multe moduri.

După cum s-a precizat în [paragraful 8.1](#), în România există foarte multe facilități de de debitare a lemnului, posibil caracterizate de capacități diferite. Din moment ce rezultatele disponibile sunt reduse, chiar și pe plan internațional (ca dovadă a referințelor bibliografice puține în acest sens), ca și datorită faptului că pentru echipamentul studiat nu există date privind performanțele operaționale, rezultatele studiului de față pot fi utile în înțelegerea dinamicii procesului, dar și pentru a discerne între performanțele pe care echipamentul studiat le are comparativ cu cele care există în România sau la nivel internațional.

Trebuie menționat aici faptul că, în viitor, ar trebui evaluate performanțele unei game mai largi de echipamente ce se utilizează în operații de debitare, dat fiind faptul că se cunosc foarte puține aspecte în acest sens (capacitate de producție și volumul producției, fără a se cunoaște exact dinamica proceselor și performanțele în termeni de consum de energie sau în termeni similari celor prezentați anterior).

## 9. Concluzii privind cercetările realizate și originalitatea acestora

Cercetările realizate și prezentate succint în prezenta teză de abilitare, s-au desfășurat, în mod majoritar, în scopul evaluării performanțelor unor echipamente și sisteme tehnice forestiere și de prelucrare primară a lemnului, amplasate în ordinea logică, firească, în succesiunea proceselor ce au loc pe traseul aducerii lemnului în circuitul economic. Sub raport conceptual, abordările pe baza cărora s-au obținut rezultatele din această teză au necesitat implementarea unor cunoștințe, tehnici, tehnologii și metode de cercetare specifice unor domenii precum exploatarea lemnului, economia forestieră, modelarea matematică, știința muncii și ergonomie, statistică, transporturi și logistică forestieră, mecanizare și sistema de mașini în operații forestiere, securitatea muncii etc. În mod majoritar, teza este structurată pe conceptele, metodele, regulile, procedeele, tehnicile etc. specifice măsurării muncii și statisticii aplicate în acest domeniu particular al științei.

Prin cercetările realizate, s-au evaluat performanțele unor echipamente utilizate în operații forestiere de extracție a lemnului ca și în operații de debitare a lemnului pentru obținerea de cherestea, concentrate asupra unor probleme neabordate sau abordate insuficient, după cum urmează:

► Realizarea unei sinteze privind stadiul de implementare a unor studii de evaluare a performanțelor echipamentelor forestiere în România, cu trasarea problemelor rămase neabordate sau a celor abordate într-o măsură mai mică, ca etapă premergătoare conducerii unor studii de evaluare a stadiului actual al cunoștințelor legate de unele echipamente de uz general în condițiile forestiere românești. Prin acest studiu s-a pus în evidență faptul că studiile efectuate în România încă sunt puține, condiții în care sunt necesare eforturi suplimentare pentru a se cunoaște performanțele echipamentelor forestiere, inclusiv a unora de concept nou, nefolosite, sau folosite la o scară mai mică în România;

► Realizarea unei sinteze privind performanțele operaționale ale echipamentelor forestiere de tipul ferăstriilor mecanice pe baza studiilor existente până în prezent, cu descrierea și sublinierea problemelor rămase neacoperite, inclusiv pe baza includerii unor date descriptive privind elementele cheie în studii ce vizează evaluarea performanțelor, structurate în jurul intrărilor, variabilelor de proces și a ieșirilor, ca și a procedurilor utilizate în analiza statistică și generarea de rezultate, cu indicarea problemelor ce ar trebui abordate în viitor, respectiv abordarea în studii ulterioare a acestora;

► Evaluarea performanțelor ferăstriilor mecanice în operații de doborâre prin implementarea unor proceduri de execuție tehnică a tăieturilor de doborâre constând dintr-o singură tăietură aplicată în plan paralel cu nivelul solului, în contextul în care cel mai răspândit procedeu este cel ce presupune execuția unor tăieturi de doborâre constând din realizarea unei tape și a unei tăieturi din partea opusă tapei, studiu în care s-a evaluat și efectul indus de aninarea arborilor datorată desimii mari a unor arborete de tipul celor de foioase parcurse cu primele rărituri; în cadrul studiului s-au elaborat modele empirice pentru estimarea consumului de timp la nivel elemental și la nivelul unui ciclu de muncă de doborâre, s-a pus în evidență efectul aninării arborilor asupra consumului de timp, s-a studiat și consumul de timp implicat de activitățile suportive și s-a evaluat și productivitatea muncii, concluzionându-se că, în viitor ar trebui găsite soluții alternative de execuție a operațiilor de recoltare în astfel de condiții ale mediului operațional, ca și faptul că este necesară găsirea unor soluții privind managementul aplicat. După cunoștințele proprii, studiul realizat este primul care acoperă condițiile descrise;

► Evaluarea modului de respectare a procedurilor tehnice aplicate în operații de doborâre a arborilor cu ferăstraie mecanice prin implementarea unor studii de caz în zone forestiere reprezentative pentru condițiile operaționale românești, în contextul în care sectorul de profil este situat pe locul doi în clasamentul accidentelor profesionale din România, după cel al construcțiilor. Studiul a relevat faptul că, la operația de doborâre a arborilor cu ferăstraie mecanice, reprezentând una dintre operațiile cele mai periculoase, procedeele de execuție tehnică

nu sunt respectate, chiar dacă operatorii au avut experiență în muncă și posibile cunoștințe privind modul de implementare tehnică a operației. S-au pus în evidență o seamă de aspecte pe baza unei abordări originale de evaluare a elementelor necesare ca și a relațiilor dintre acestea, dintre care se menționează faptul că muncitorii își asumă riscuri nejustificate, prin conducerea incorectă a tăieturilor de doborâre, probabil din dorința de a recupera cât mai mult lemn, dat fiind faptul că în zona în care se execută tăieturile se află, în mod obișnuit, lemnul cel mai valoros, probabil fără a conștientiza faptul că, lucrând în acest mod, se pot obține câștiguri nesemnificative sub raport economic. Studiul concluzionează, printre altele, faptul că ar trebui implementate, într-o primă etapă, studii de evaluare mai amplă a modului de execuție tehnică a operațiilor, după care ar trebui luate măsuri vizând conștientizarea și evaluarea periodică a modului de respectare a prescripțiilor tehnice, ca prime măsuri necesare în reducerea ratei de apariție a accidentelor profesionale în acest domeniu de activitate;

► Evaluarea performanțelor productive la utilizarea tracțiunii animale (hipo) în condițiile unor distanțe de deplasare a lemnului relativ mari, cu punerea în evidență a faptului că productivitatea este foarte scăzută ca și cu recomandarea găsirii unor soluții de limitare a utilizării acestui mijloc de colectare la distanțe scurte, eventual utilizarea lui în tandem cu echipamente forestiere caracterizate de capabilități mai largi. În studiul respectiv, pe lângă punerea în evidență a faptului că productivitatea este foarte mică, de ordinul a  $1,4 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$ , s-au dezvoltat modele empirice pentru estimarea consumului de timp și a productivității muncii în funcție de distanța de colectare, acestea putând fi utile în organizarea producției, inclusiv în calcule privind modalitatea de alocare a echipamentelor forestiere în cazul potențial în care atelajele s-ar utiliza în tandem cu tractoare sau echipamente similare. Studiul respectiv, ca și rezultatele acestuia au fost publicate pe fondul existenței unui număr mic de studii abordând problema, deci a unor cunoștințe limitate legate de performanțele utilizării acestor echipamente în extracția lemnului în condițiile studiate;

► Elaborarea unui studiu de sinteză privind practicile utilizate la colectarea lemnului cu tractoare de tip skidder în temeiul celor constatate cu privire la stadiul în care se află implementarea unor studii de evaluare a performanțelor acestui tip de echipamente în context românesc, dar și în temeiul utilizării cvasimajoritare a acestui tip de echipamente în operațiile forestiere de extracție a lemnului din România. Studiul realizat a tratat toți descriptorii posibili ce s-au luat în considerare în studiile efectuate în România și la nivel internațional, cu sinteza clară a rezultatelor, compararea performanțelor ce pot fi obținute în diferite medii operaționale și punerea în evidență a diferențelor ce sunt, mai degrabă, specifice operațiilor forestiere din România. Rezultatele acestui studiu au oferit o imagine de ansamblu asupra practicilor utilizate la nivel național și internațional, subliniind aspectele care încă mai necesită atenție, în special cele legate de unele condiții de desfășurare a operațiilor mai grele, după cum acestea sunt specifice colectării lemnului în zone cu accesibilitate redusă, ultimele fiind des întâlnite în România. Similar studiului de sinteză privind performanțele în utilizarea ferăstraielor mecanice, originalitatea studiului de față a constat din faptul că a fost primul studiu ce a abordat problema specifică tractoarelor de tip skidder din punct de vedere al performanțelor operaționale, punând în evidență atât condițiile în care acestea sunt utilizate cât și factorii ce le pot afecta performanțele;

► Evaluarea performanțelor în operații de adunat cu trolul montat pe tractor, ca și compararea între diferite tratamente experimentale, după cum acestea au fost separate la nivel de echipe de muncă și medii operaționale pentru tractoare de tip skidder de construcție românească, cu punerea în evidență a majorității factorilor relevanți care explică variația consumului de timp în astfel de operații, pe baza unor eșantioane mari, ale căror date componente au fost în măsură să scoată în evidență efectul unor variabile operaționale neluate în considerare în alte studii de acest tip. În esență, studiile care abordau performanțele operaționale la operarea trolurilor montate pe tractor erau aproape inexistente la datele publicării rezultatelor, iar plaja largă de factori care au fost cuantificați și utilizați în explicarea consumului de timp, ca și modalitatea de concepere a designului experimental au reprezentat aspecte proprii de originalitate. Pe lângă aspectele puse în evidență, studiul concluzionează că ar mai trebui efectuate cercetări pe problema abordată, fie

pentru a se pune în evidență efectul altor factori, fie pentru testarea unor metode și tehnologii caracterizate de un grad ridicat de automatizare în colectarea datelor, dat fiind faptul că astfel de studii necesită foarte multe resurse la colectarea și prelucrarea datelor. O altă direcție de abordat în viitor ar fi cea legată de punerea în evidență a efectului pe care manevrarea cablurilor de sarcină poate să îl prezinte asupra consumului de energie sub raport fiziologic pentru a se constata între ce limite de distanță și declivitate ar trebui să se opereze manual astfel de cabluri;

► Evaluarea performanțelor în operații de colectare a lemnului cu tractoare de tip skidder pentru dezvoltarea unor modele de estimare a consumului de timp și productivității muncii prin luarea în considerare a unui ecart variațional mare al unor variabile ale mediului operațional cum ar fi distanțele de adunat și apropiat, numărul de piese deplasate într-o sarcină etc., pe baza unui număr mare de studii conduse pe echipamente forestiere utilizate în zilele noastre în astfel de operații, evoluând în diferite medii operaționale și incluzând diferite experiențe ale operatorilor pentru a se putea surprinde, în acest fel, variabilitatea operațională specifică condițiilor forestiere românești. Cercetările realizate raportează rezultate nepublicate, care au fost colectate cu ocazia unor studii conduse în diferite zone forestiere românești, la nivel elemental, și ale căror rezultate au fost publicate separat, pe măsura dezvoltării, în jurnale forestiere de prestigiu. Rezultatele scot în evidență performanțele în astfel de operații raportat la variația mediilor operaționale, constituind, după părerea proprie și pe baza datelor analizate în studiul de sinteză realizat pentru tractoare de acest tip, prima abordare la nivel populațional a problemei. Modelele rezultate sunt deosebit de utile în varii domenii și oferă o imagine de ansamblu asupra problemei putând ajuta și la luarea deciziilor în sisteme de activitate ce se desfășoară în aval. Sub raport concluziv, studiul mai evidențiază faptul că este posibilă extinderea capabilităților modelelor realizate prin adăugarea de noi date, pe măsura culegerii și prelucrării acestora, abordare ce poate fi utilizată la echilibrarea continuă a capacității de predicție pe măsură ce se introduc date, sau, se poate recurge la testarea validității modelelor incluse prin culegerea altor seturi de date care să stea la baza comparațiilor;

► Evaluarea performanțelor în operațiile forestiere de procesare-manipulare și stivuire a lemnului în platformele primare prin utilizarea unor echipamente forestiere reprezentând stadiul actual tehnologic în domeniul instalațiilor cu cablu, inclusiv compararea și scoaterea în evidență a capabilităților și performanțelor net superioare ale acestora comparativ cu cele ale unor alternative tehnologice tradiționale. Originalitatea acestor cercetări constă în elaborarea în premieră a unor modele de predicție a consumului de timp la procesarea lemnului de rășinoase provenit din rărituri cu ajutorul unui procesor modern, inclusiv estimarea productivității acestuia în diferite alternative operaționale ce pot să includă sau să excludă utilizarea crăcilor rezultate în alte scopuri. Studiul pune în evidență, sub raport critic, consumurile de timp la nivel de elemente de muncă și evidențiază măsurile ce pot fi luate pentru a se crește eficiența productivă și a se reduce consumul de timp și de energie în astfel de operații, concluzionând că, deși în condițiile montane există multe situații caracterizate de posibilități tehnice limitate la colectarea lemnului, respectiv echipamentul studiat este caracterizat de un nivel de performanță ridicat, posibilitățile de utilizare ale acestuia, dependente, în primul rând, de gradul de dezvoltare al infrastructurii de transport forestier, sunt încă destul de limitate, aspect care ar trebui adresat în viitor pentru a se crea condiții ale mediului operațional la care astfel de echipamente să își poată alinia capabilitățile;

► Evaluarea performanțelor în operațiile de încărcare a sortimentelor de lemn în mijloace de transport de tipul vagoanelor de cale ferată ca și a mijloacelor auto, într-o facilitate de stocare a lemnului cu ajutorul unei macarale având capabilitatea de a încărca sarcini mari. Studiul realizat la nivel comparativ a pus în evidență faptul că există diferențe între încărcarea unor sortimente având lungimi diferite, ca și faptul că mijlocul în care se încarcă lemnul poate să afecteze performanța productivă în operații de încărcare. Pe lângă faptul că studiul oferă date privind productivitatea și eficiența la operații de încărcare, ca și faptul că folosește o abordare modernă de colectare a datelor care a avut potențialul de a nu deforma modul specific

operațional, acesta prezintă performanțele unui echipament nestudiat operând în condiții ale mediului operațional, de asemenea nestudiate, într-o facilitate de stocare de scară industrială;

► Evaluarea performanțelor în operațiile de debitare a lemnului în cherestea pentru mai multe specii de interes forestier din România cu punerea în evidență a factorilor ce influențează viteza de tăiere, rata de recuperare a lemnului și consumul de timp implicat de tăierea efectivă, prin luarea în considerare a unui număr mare de factori de influență ce s-au introdus în analiză ca variabile independente la explicarea performanțelor specifice unui echipament de debitare de tipul unui ferăstrău panglică de producție românească - FBO02-CUT. Pe lângă modelele empirice dezvoltate pentru estimarea indicatorilor performanței amintiți, se prezintă statistici cu privire la acești indicatori, putându-se evalua atât performanțele medii cât și domeniul de variație al acestora. Studiul concluzionează faptul că, deși există foarte multe facilități ce operează în activități de debitare a lemnului, dintre care unele au fost probabil re-tehnologizate, prea puține aspecte sunt cunoscute legat de performanțele acestora (doar capacitatea de producție și volumul producției, fără a se cunoaște exact dinamica proceselor și performanțele în termeni de consum de energie sau în termeni similari celor prezentați anterior), și că, în viitor, ar trebui evaluate performanțele unei game mai largi de echipamente ce se utilizează în operații de debitare.

## **(B-ii) Planul de evoluție și dezvoltare a carierei**

### **1.Evoluția profesională**

#### **1.1.Studii absolvite**

În ordine cronologică inversă, studiile absolvite se prezintă în cele ce urmează:

**2005-2009:** *Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, doctorat în domeniul Silvicultură, sub conducerea prof.univ.dr.ing. Ilie Oprea (diplomă de doctor);*

**2004-2005:** *Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, studii aprofundate (diplomă de studii aprofundate);*

**2001-2004:** *Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, studii de licență (diplomă de inginer);*

**1998-2001:** *Colegiul Universitar Forestier Economic și de Informatică, Universitatea Transilvania din Brașov, studii de licență (diplomă de inginer colegiu).*

#### **1.2.Activitatea profesională**

După susținerea tezei de doctorat în anul 2009, am fost angajat la Catedra de Exploatare Forestiere din cadrul Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, unde până în prezent am parcurs aproape toate treptele învățământului universitar, după cum urmează:

**2009-2012:** asistent universitar;

**2012-2014:** șef de lucrări universitar;

**2014-prezent:** conferențiar universitar, la Departamentul de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov.

Activitatea didactică pe care o desfășor este încadrată în domeniul fundamental *Științe Inginerești*, subdomeniul *Silvicultură*, unde coordonez și predau cursurile de *Tehnologia Exploatare Lemnului*, *Funiculare Forestiere I* și *Optimizarea Consumurilor de Energie în Exploatare Forestiere*, inclusiv lucrările practice și activitățile de proiect aferente disciplinelor menționate, ca și activitatea practică relaționată cu acestea.

În cadrul Universității Transilvania din Brașov, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, am deținut sau dețin următoarele funcții:

- **2012-prezent:** membru în Consiliul și Biroul Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere;
- **2012-prezent:** prodecan cu activitatea didactică și asigurarea calității învățământului la Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere;
- **2012-2015:** președintele Comisiei de Admitere la nivel de Facultate;
- **2015-2016:** vicepreședintele Comisiei de Admitere la nivel de Facultate;
- **2014-prezent:** directorul Centrului de Cercetare de profil în cadrul ICDT al Universității Transilvania din Brașov;
- Membru în comisia de licență a programelor de studii Silvicultură, Exploatare Forestiere și Cinegetică IF în anul 2010;



- Secretar al comisiei de masterat pentru programul de studii Management și Sisteme Tehnice în Exploatarea Forestiere în anul 2011;
- Președintele comisiei de masterat pentru programul de studii Management și Sisteme Tehnice în Exploatarea Forestiere în anul 2015;

În perioada desfășurată în învățământul universitar am coordonat proiecte de diplomă și lucrări de disertație pentru studenți încadrați în actualele programe de studii Exploatarea Forestiere și Management și Sisteme Tehnice în Exploatarea Forestiere după cum urmează:

- **46** de proiecte de diplomă;
- **29** lucrări de disertație.

De asemenea, am îndrumat studenți din programele de studii menționate pentru prezentarea rezultatelor cercetărilor proprii la sesiunile științifice studentești și conferința anuală Absolvenți în fața companiilor (AFCO), după cum urmează:

- Sesiunile științifice studentești: **25** de lucrări înscrise, dintre care **2** au fost recompensate cu locul I, **1** a fost recompensată cu locul II și **1** a fost recompensată cu locul III;
- AFCO: **4** lucrări înscrise și reprezentate.

La evaluările realizate de către studenți mi s-au acordat calificative foarte bune. Odată cu preluarea disciplinelor pe care le predau, s-a trecut la prezentarea tuturor cursurilor prin metode moderne cu utilizarea proiecteurului, respectiv includerea unor componente media sugestive (grafică și animație) și la utilizarea calculatoarelor la elaborarea lucrărilor de proiect și de laborator. Cu această ocazie au fost actualizate și/sau concepute toate cursurile predate, iar, pentru unele dintre acestea am publicat cărți care pot fi utilizate drept suport de curs. Proiectele de diplomă și lucrările de disertație s-au orientat, prin temele abordate și predate studenților, către extinderea cunoașterii prin cercetare aplicativă, ieșind din tiparul proiectelor clasice.

Pe durata activității didactice am fost (sunt) responsabil cu organizarea a trei școli de vară la care au participat studenți din întreaga lume pe baza unor schimburi între Facultatea de Silvicultură și Exploatarea Forestiere și universități/facultăți partenere. De asemenea, am participat anual la organizarea și desfășurarea tuturor concursurilor pentru acordarea de burse susținute de mediul socio-economic în cadrul facultății (**7** concursuri).

Începând cu anul 2003 desfășor și activități inginerești în cadrul unor firme de proiectare în domeniul Silviculturii. Aceste activități sunt legate de elaborarea amenajamentelor silvice, măsurători terestre și cartografie, elaborarea unor proiecte GIS și dezvoltare de aplicații software.

### 1.3. Activitatea științifică

O bună parte dintre cercetările științifice proprii au fost sintetizate și publicate în cărți și articole științifice. Prin cărțile cu caracter didactic pe care le-am publicat, am încercat să sintetizez stadiul actual al preocupărilor ca și progresul tehnic și tehnologic în disciplinele pe care le predau, iar, în cărțile cu caracter științific publicate s-au sintetizat cercetările realizate ca și unele aspecte legate de dezvoltarea unor aplicații software cu aplicabilitate în domeniul științific care m-a preocupat. Pe parcursul carierei didactice și științifice am elaborat și publicat, cu excepția tezei de doctorat, următoarele lucrări:

- **6** cărți, din care, **1** carte ca unic autor, **1** carte ca prim autor, și **4** cărți la care am fost coautor. Acestea au fost publicate în edituri recunoscute CNCS;
- **9** articole în jurnale cotate ISI Thompson Reuters, toate cu factor de impact, și 8 cu scor relativ de influență. Dintre acestea, **5** au fost publicate în calitate de prim autor, **1** în calitate de autor principal, și **2** în calitate de coautor. Factorul de influență cumulat pentru aceste articole este de **4,939**, scorul relativ de influență cumulat pentru aceste articole este de **3,810**, două dintre articole în calitate de prim autor au fost publicate în jurnale cu scor relativ de influență mai mare de **1**, și un articol în calitate de prim autor a fost publicat într-un jurnal din zona roșie a clasamentului realizat după scorul relativ de influență;

- 5 articole în volume indexate ISI, dintre care **unul** în calitate de prim autor, **unul** în calitate de autor principal și 3 în calitate de coautor;
- Peste 40 de articole publicate în reviste și volume ale diferitelor manifestări științifice indexate în baze de date internaționale;

**Două** articole, dintre care **unul** în calitate de autor principal și **unul** în calitate de coautor sunt acceptate pentru publicare în jurnale cu factor de impact cumulat de 2,234 și scor relativ de influență cumulat de 0,222.

Pe parcursul carierei științifice am participat/particip activ în diverse proiecte didactice și de cercetare (14), după cum urmează:

- 14 proiecte de cercetare, dintre care 1 internațional în calitate de **director/responsabil**, 13 naționale, din care 6 în calitate de **director/responsabil**;
- 1 proiect didactic internațional în calitate de **director/responsabil**, 4 proiecte naționale în calitate de membru în echipă/expert pe termen scurt;

Recunoașterea academică și științifică poate fi dovedită prin următoarele:

- Indicii Hirsch: Google Scholar ( $h=4$ ,  $i_{10}=1$ ), Scopus (2); ISI Web of Science (1);
  - Membru în colectivul de redacție al unor jurnale forestiere ISI: *Annals of Forest Research*;
  - Membru în colectivul de redacție al unor jurnale forestiere BDI: *Synergic Forestry*, *Bucovina Forestieră*, *Buletinul Universității Transilvania din Brașov*;
  - Redactor responsabil al jurnalului *Revista Pădurilor (BDI)*;
  - Recenzor al unor jurnale de prestigiu, indexate ISI Thompson Reuters: *Bioresources*, *Annals of Forest Research*;
  - Recenzor al unor jurnale indexate BDI: *Buletinul Universității Transilvania din Brașov*, *African Journal of Agricultural Research*, *Studia Universitatis Universitatea Vasile Goldiș din Arad*;
  - Membru în comitetul științific al *Simpozionului Internațional Forest and Sustainable Development (BDI)*;
  - Recenzor al *Simpozionului Internațional Forest and Sustainable Development (BDI)*;
  - Membru în Comitetul de Management al două acțiuni COST.
- Am fost referent științific în cadrul departamentului EFAPMT la o teză de doctorat.

## 2. Planul de dezvoltare a carierei

### 2.1. Planul de dezvoltare a activității didactice

Activitatea didactică va reprezenta o componentă principală pe care o voi dezvolta pe termen scurt și mediu, dezvoltare care se va axa pe mai multe direcții de acțiune după cum urmează:

- Elaborarea de suport de curs, proiect și laborator moderne, pentru disciplinele pe care le predau la programele de studii *Exploatarea Forestiere și Management și Sisteme Tehnice în Exploatarea Forestiere*, prin integrarea ultimelor cunoștințe și rezultate din știință specifice disciplinelor respective;
- Dezvoltarea laturii de formare a competențelor și abilităților practice și aplicative, inclusiv a celor transversale, prin conținutul și modul de predare al cursurilor și activităților de laborator/proiect;
- Creșterea calității în activitatea de predare, prin utilizarea unor metode și mijloace moderne care să crească atractivitatea activităților de curs, respectiv să pună accentul pe cooperarea și munca în echipă la activitățile practice;

- Dezvoltarea în continuare a unor teme pentru proiectele de diplomă și lucrările de disertație care să conducă la extinderea cunoașterii, și ale căror rezultate să fie utile pentru practică;
- Dezvoltarea abilităților și competențelor studenților de a-și prezenta cercetările prin încurajarea acestora în vederea participării la manifestările științifice studențești;
- Adaptarea conținuturilor disciplinelor predate la realitățile și necesitățile pieții muncii ca și la cele mai noi standarde științifice specifice acestor discipline, prin alinierea acestora inclusiv la exigențele și standardele europene și internaționale;
- Stabilirea de parteneriate cu societățile comerciale și alte entități din țară și de peste hotare, pentru plasarea studenților în activități practice și în activități vizând schimbul de experiență;
- Susținerea unor prezentări invitate ale unor specialiști în disciplinele predate ce activează în țară sau în străinătate, în activitatea de producție sau în activitatea științifică. Susținerea unor prezentări invitate ale unor reprezentanți ai instituțiilor și organizațiilor profesionale de profil;
- Implicarea în activitățile de natură administrativă legate de partea didactică și continuarea eforturilor legate de organizarea și/sau participarea în organizarea concursurilor pentru acordare de burse de către partenerii din mediul socio-economic;
- Participarea în schimburi de experiență pe latura didactică și în stagii de documentare în universități din străinătate în vederea dezvoltării experienței proprii și stabilirii sau îmbunătățirii relațiilor cu colegi de profesie din exterior;
- Implicarea în dezvoltarea curriculei și în dezvoltarea unor tematici de curs noi pentru programele de studii în care îmi desfășor activitățile de predare coroborat cu standardele în vigoare;
- Implicarea, participarea și organizarea și în continuare a unor școli de vară specifice schimbului de studenți;
- În eventualitatea obținerii calității de conducător de doctorat, mă voi implica în îndrumarea studenților-doctoranzi pentru elaborarea unor teze de doctorat pe tematicile prioritare conținute în strategia națională în domeniul cercetării, dezvoltării tehnologice și inovării ca și pe direcțiile și tematicile prioritare europene și internaționale.

## **2.2. Planul de dezvoltare a activității de cercetare științifică**

### **2.2.1. Planul strategic și operațional de dezvoltare a activității de cercetare științifică**

Planul de dezvoltare a activității de cercetare științifică va continua efortul depus până în prezent, asumat și îndeplinit față de ultimul plan de dezvoltare întocmit cu ocazia ultimei promovări. Creșterea vizibilității în cercetarea științifică este una dintre premisele excelenței în acest domeniu de preocupare, în timp ce cercetarea științifică trebuie să rezolve problemele actuale ale societății, fapt ce este subliniat și de misiunea asumată a universității respectiv a facultății în care activez. Drept urmare, strategia operațională proprie în ceea ce privește dezvoltarea carierei științifice va fi canalizată în vederea atingerii obiectivelor strategice ale facultății și ale universității. În acest sens îmi propun dezvoltarea carierei proprii în cercetare în jurul atragerii surselor de finanțare necesare pentru susținerea cercetărilor proprii, inclusiv a studenților și doctoranzilor pe care îi voi coordona în viitor. Rezultatele obținute vor fi valorificate astfel încât să asigure o eficiență maximă în ceea ce privește vizibilitatea științifică a facultății, în mod special prin publicarea lor în jurnale prestigioase din domeniul forestier și din domeniile conexe. Ca plan de viitor, integrarea studenților, masteranzilor și doctoranzilor în activitatea de cercetare va reprezenta o prioritate în preocupările proprii de coordonare a cercetării științifice. De asemenea, îmi propun o colaborare strânsă cu colegii din departament,

facultate și universitate în atingerea scopurilor științifice pe care mi le propun. Prin urmare, în domeniul de preocupări propriu, legat de extracția și valorificarea lemnului, îmi propun următoarele:

- Publicarea într-un mod constant, la o rată și un nivel mai ridicate decât până în prezent, a unor articole în jurnale indexate ISI Thompson Reuters, preponderent în cele cu factor și scor relativ de influență, specifice domeniului forestier sau domeniilor conexe, în domeniul disciplinelor pe care le predau;
- Participarea la conferințele naționale și internaționale de prestigiu arondate domeniului în care îmi desfășor activitatea de cercetare științifică;
- Publicarea unor cărți de cercetare în edituri naționale recunoscute CNCS ca și a unor cărți în edituri internaționale de prestigiu;
- Menținerea și dezvoltarea relațiilor cu colegii români, europeni și internaționali care își desfășoară activitățile științifice în același domeniu, ca și participarea într-o proporție mai mare decât până acum în proiecte comune cu aceștia;
- Dezvoltarea unor idei de proiecte și aplicarea în calitate de coordonator/director/responsabil în competițiile naționale și internaționale pentru obținerea de finanțare în ariile tematice specifice domeniului în care îmi desfășor cercetările, în acord cu prioritățile tematice naționale, europene și internaționale.
- Continuarea atragerii de fonduri prin proiecte de cercetare, dezvoltare tehnologică și/sau consultanță cu companii, instituții sau alte entități din România sau internaționale ce își au profilul de activitate suprapus pe direcțiile științifice care mă preocupă;
- Implicarea și de acum înainte în acțiunile COST care se conturează sau care deja s-au conturat, și sunt relaționate cu domeniul în care îmi desfășor cercetările;
- Extinderea direcțiilor de cercetare pe care le-am abordat până acum prin luarea în considerare a unor direcții noi sau a unor direcții hibride, inclusiv extinderea abordărilor interdisciplinare și transdisciplinare ale propriilor cercetări;
- Formarea unei echipe de cercetare capabilă să abordeze și să gestioneze din punct de vedere științific domeniile de interes în cercetările pe care mi le propun să le desfășor;
- Implicarea în:
  - o Dezvoltarea laboratorului de cercetare afiliat ICDT al Universității Transilvania din Brașov;
  - o Eforturile facultății de a organiza evenimentele științifice tradiționale și consacrate ca și a unor noi evenimente, în mod special ale unora direct legate de direcțiile pe care le abordez în cercetare;
  - o Eforturile de organizare a unor evenimente științifice internaționale organizate de partenerii cu care colaborez;
  - o Eforturile de organizare a unor schimburi în cercetare și/sau a conducerii unor teze de doctorat în co-tutoriat cu oameni de știință cu reputație internațională;
  - o Eforturile de schimb de cunoștințe și logistică pentru conducerea unor cercetări ale căror rezultate să aibă un impact crescut.

### **2.2.2. Direcții și tematici de abordat**

Direcțiile și tematicile de cercetare pe care le voi aborda în viitor vor avea la bază experiența și rezultatele direcțiilor și tematicilor pe care le-am abordat până în prezent. Acestea sunt legate de cadrul mai general al ingineriei și managementului operațiilor forestiere de extracție a lemnului, respectiv de cadrul prelucrării primare și a utilizării lemnului în diferite scopuri, cu toate implicațiile și direcțiile pe care cele două le presupun, date fiind relațiile de interdependență dintre cele două ca și relațiile pe care le au cu discipline vecine. Cercetările de

viitor vor fi îndreptate pe direcții particulare ale ingineriei și managementului în operații forestiere de extracție a lemnului, în mod particular înspre:

- Ingineria operațiilor vizând extracția și transportul lemnului, care, în esență, constă din analiza, designul și îmbunătățirea continuă a facilităților, proceselor și rețelelor ce se utilizează în extracția și transportul lemnului;
- Managementul operațiilor vizând extracția și transportul lemnului, care, în esență, constă din analiza, designul și îmbunătățirea continuă a proceselor de afaceri ce se întreprind în astfel de operații;
- Ergonomia și securitatea muncii în operații de extracție a lemnului, care, în esență, se ocupă cu limitele și capacitățile performanței umane în relația directă cu designul echipamentelor forestiere, munca și modificările mediului operațional;
- Ecologia operațiilor de extracție și transport al lemnului, vizând dezvoltarea unor tehnologii de utilizat prietenoase cu mediul, care să utilizeze resursele eficient, să minimizeze producția de reziduuri și emisii și să minimizeze impactul asupra structurii și funcțiilor sferelor din care este compus mediul.

Direcțiile și tematicile de abordat prin cercetare s-au identificat pe baza cercetărilor realizate până în prezent, dar și pe limitările constatate cu ocazia cercetărilor întreprinse, generate de multi-dimensionalitatea problemelor legate de operațiile de extracție, transport și prelucrare a lemnului. Unele dintre probleme au fost cercetate, după cum s-a prezentat în secțiunea anterioară a prezentei teze, iar altele încă necesită răspunsuri. Majoritatea problemelor pe care le-am avut în vedere prin cercetările pe care le-am realizat până în prezent pot fi grupate în prima și a treia direcție tematică dintre cele enumerate mai sus. Unele dintre cercetări, ce pot fi relaționate cu cea de a patra direcție tematică, sunt în curs de publicare. Prin cercetări de viitor îmi propun dezvoltarea unor idei de urmat specifice și celorlalte direcții tematice după cum urmează:

- Continuarea evaluărilor privind performanțele echipamentelor și sistemelor tehnice forestiere, ca și a celor utilizate în aval;
- Studiul interacțiunilor om-mașină și om-mediul operațional din punct de vedere ergonomic și al securității muncii în operații forestiere de extracție a lemnului;
- Evaluarea performanțelor de mediu a echipamentelor, sistemelor tehnice și lanțurilor de aprovizionare cu biomasă;
- Designul, analiza și modelarea sistemelor tehnice și a proceselor de afaceri specifice lanțurilor de aprovizionare cu biomasă;
- Aplicații ale ecologiei industriale și biotehnologiei în lanțurile de aprovizionare cu biomasă;
- Studiul și elaborarea de protocoale în vederea standardizării în evaluarea impactului asupra mediului în interacțiunea om-sistem tehnic-ecosistem forestier.

În mod concret, direcțiile tematice enumerate mai sus se vor concretiza în:

- Conducerea de studii asupra echipamentelor forestiere ce se utilizează la scară mică și mijlocie în operațiile forestiere, inclusiv găsirea unor modalități de evaluare a performanțelor acestora cu grad de automatizare ridicat în colectarea, procesarea și analiza datelor;
- Extinderea studiilor asupra echipamentelor și sistemelor tehnice deja studiate în condiții forestiere românești pentru producerea de modele matematice de precizie;
- Testarea unor alternative tehnice în vederea introducerii unor echipamente și sisteme tehnice forestiere mai performante în operațiile românești;

- Găsirea unor modalități de monitorizare a interacțiunilor om-mașină și om-mediul operațional, inclusiv a consumului de energie fiziologică în astfel de operații;
- Implementarea unor proceduri cunoscute și/sau a unor proceduri dezvoltate pentru evaluarea și monitorizarea performanțelor de mediu în interacțiunea om-sistem tehnic-ecosistem forestier;
- Evaluarea structurii proceselor și îmbunătățirea acestora în lanțurile de aprovizionare cu biomasă;
- Găsirea unor modalități de tranziție a structurii proceselor din lanțurile de aprovizionare cu biomasă înspre o structură ecologică.

### **2.3.Cadrul de dezvoltare al carierei**

Cadrul prin care îmi propun dezvoltarea carierei didactice și științifice se bazează pe un set de valori: profesionalism, excelență, perseverență, consecvență, feedback, transparență, deschidere la nou, comunicare și lucru în echipă, valori ce sunt susținute și promovate atât de Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere cât și de Departamentul de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, în care îmi desfășor activitatea.

Planul de dezvoltare al carierei didactice și științifice, prin direcțiile enumerate mai sus, este corelat cu misiunea asumată a Universității Transilvania din Brașov și misiunea asumată a Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere și este în acord deplin cu planul strategic și operațional al ultimei.

Mă bazez, în acest sens, pe sprijinul și colaborarea colegilor români, europeni și internaționali, alături de care am realizat și voi mai realiza cercetări. De asemenea, mă bazez pe sprijinul logistic furnizat de departament, facultate și universitate, după cum acesta mi-a fost continuu asigurat și până în prezent, în vederea atingerii scopurilor și obiectivelor pe care mi le propun.

**(B-iii) Bibliografie**

1. Crăciunescu A. (2014): *Regia Națională a Pădurilor: Plan de management iulie 2014 - iulie 2017*, Revista Pădurilor, 3-4: 4-13.
2. Alexandru V. (1997): *Ergonomie. Vol I: Elemente generale*, Editura Lux Libris, Brașov.
3. Balimunsi H., Grigolato S., Picchio R., Nyombi K., Cavalli R. (2012): *Productivity and energy balance of forest plantation harvesting in Uganda*, Forestry Studies in China 14(4): 276-282.
4. Behjou F.K., Majnounian B., Dvorak J., Namiranian M., Saeed A., Fegghi J. (2009): *Productivity and cost of manual felling with a chainsaw in Caspian forests*, Journal of Forest Science, 55(2): 96-100.
5. Behjou F.K. (2010): *A techno-economic evaluation of skidding operation by Timber jack 450C and Clark Ranger 666BDS in Caspian forests*, Journal of Food, Agriculture and Environment, 8(3&4): 1020-1023.
6. Behjou F.K., Majnounian B., Namiranian M., Dvořák J. (2008): *Time study and skidding capacity of wheeled skidder Timberjack 450C in Caspian forests*, Journal of Forest Science, 54 (4): 183-188.
7. Bîrda M. (2013): *Evaluation of winch performance in roundwood harvesting*, Bulletin of the Transilvania University of Brașov, 6(55): 1-8.
8. Björheden R., Thompson M.A. (2000): *An international nomenclature for forest work study*, În: Field DB, editors. În: Proceedings of IUFRO 1995 S3.04 Subject area: 20<sup>th</sup> World Congress; Tampere, Finland: University of Maine: 190-215. Orono, Maine.
9. Björheden R. (1998): *Differentiated processing in motor manual and mechanized logging*, International Journal of Forest Engineering, 9(2): 49-59.
10. Björheden R., Apel K., Shiba M., Thompson M.A. (1995): *IUFRO Forest work study nomenclature*. Swedish University of Agricultural Science, Dept. Of Operational Efficiency, Garpenberg, 16 p.
11. **Borz S.A.** (2015): *A review of the Romanian and international practices used in skidding operations*, Lucrare acceptată la *WFC 2015: XIV World Forestry Congress, Forests and People: Investing in a Sustainable Future*.
12. **Borz S.A.**, Ignea G., Popa B., Spârchez G., Iordache E. (2015): *Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system - a case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions*, Croatian Journal of Forest Engineering, 36(1): 137-146.
13. **Borz S.A.** (2014a): *Eficiența în utilizare a ferăstraielor mecanice în operații de recoltare a lemnului - o sinteză a preocupărilor științifice naționale și internaționale*, Revista Pădurilor, 3-4:80-98.
14. **Borz S.A.** (2014b): *Evaluarea eficienței echipamentelor și sistemelor tehnice în operații forestiere*, Editura Lux Libris, Brașov.
15. **Borz S.A.**, Ignea G., Vasilescu M.M. (2014c): *Small gains in wood recovery rate when disobeying the recommended motor-manual tree felling procedures: another reason to use the proper technical prescriptions*, Bioresources, 9(4): 6938-6949.
16. **Borz S.A.**, Ignea G., Popa B. (2014d): *Assessing timber skidding efficiency in a group shelterwood system applied to a fir-beech stand*, African Journal of Agricultural Research, 9(1): 160-167.
17. **Borz S.A.**, Ignea G., Popa B. (2014e): *Modelling and comparing timber winching performance in windthrow and uniform selective cuttings for two Romanian skidders*, Journal of Forest Research, 19: 473-482.
18. **Borz S.A.**, Bîrda M., Ignea G., Popa B., Câmpu V.R., Iordache E., Derczeni R.A. (2014f): *Efficiency of a Woody 60 processor attached to a Moutny 4100 tower yarder when processing coniferous timber from thinning operations*, Annals of Forest Research, 57(2): 333-345.
19. **Borz S.A.**, Popa B. (2014): *The use of time studies in Romanian forestry: importance, achievements and future*, Buletinul Universității Transilvania din Brașov, 7(56): 1-6.
20. **Borz S.A.**, Ciobanu V.D. (2013): *Efficiency of motor-manual felling and horse logging in small-scale firewood production*, African Journal of Agricultural Research 8(24): 3126-3135.
21. **Borz S.A.**, Dinulică F., Bîrda M., Ignea G., Ciobanu V.D., Popa B. (2013). *Time consumption and productivity of skidding Silver fir (Abies alba Mill.) round wood in reduced accessibility conditions: a case study in windthrow salvage logging from Romanian Carpathians*, Annals of Forest Research, 56(2): 363-375.
22. **Borz S.A.**, Bîrda M., Ignea G., Oprea I. (2011): *Technological aspects regarding timber exploitation using Moutny 4100 cable yarder*, Bulletin of Transilvania University of Brașov, 4(53): 1-6.
23. Bjerkan K.Y., Sund A.B., Nordtømme M. (2014): *Stakeholder response to measures green and efficient urban freight*, Research in Transportation Business & Management, 11: 32-42.
24. Brachetti Montorselli N., Lombardini C., Magagnotti N., Marchi E., Neri F., Picchi G., Spinelli R. (2010): *Relating safety, productivity and company type for motor-manual logging operations in the Italian Alps*, Accident Analysis and Prevention, 42: 2013-2017.

25. Brock S.M., Jones K.D., Miller G. (1986): *Felling and skidding costs associated with thinning a commercial appalachian hardwood stand in Northern West Virginia*, N.J.A.F., 3: 159-163.
26. Brown M., Strandgard M., Acuna M., Walsh D., Mitchell R. (2011): *Improving forest operations management through applied research*, Croatian Journal of Forest Engineering, 32(2): 471-480.
27. Calvo A., Manzone M., Spinelli R. (2013): *Long term repair and maintenance cost of some professional chainsaws*, Croatian Journal of Forest Engineering, 34(2): 265-272.
28. Cavalli R. (2012). *Prospects of research on cable logging in forest engineering community*, Croatian Journal of Forest Engineering, 33(2): 339-356.
29. Cedamon, E.D., Harrison, S., Herbohn, J. (2013): *Comparative analysis of on-site free-hand chainsaw milling and fixed site mini-bandsaw milling of smallholder timber*, Small Scale Forestry, 12: 389-401.
30. Ciubotaru A., Maria G.D. (2012a): *Research regarding structure of working time in spruce felling with mechanical chainsaw Husqvarna 365*, Bullentin of the Transilvania University of Braşov, 5(1): 43-48.
31. Ciubotaru A., Maria G.D. (2012b): *Characteristics of the cross-cutting operation on landing area*, Bullentin of the Transilvania University of Braşov, 5(2): 15-20.
32. Conway S. (1976): *Logging Practices: Principles of Timber Harvesting*, Miller Freeman Publications, San Francisco.
33. Costa C., Menesatti P., Spinelli R. (2012): *Performance modelling in forest operations through partial least square regression*, Silva Fennica, 46(2): 241-252.
34. Danilović M., Tomašević I., Gačić D. (2011): *Efficiency of a John Deere 1470D ECOIII harvester in poplar plantations*, Croatian Journal of Forest Engineering, 32(2): 533-548.
35. Demir M., Bilici E. (2010): *Assessment of timber harvesting mechanization level in Turkey*, În: Proceedings of FORMEC 2010 Conference: Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment July 11 - 14, Padova - Italy.
36. De Lasaux M.J., Spinelli R., Hartsough B.R., Magagnotti N. (2009): *Using a small-log mobile sawmill system to contain fuel reduction treatment cost on small parcels*, Small Scale Forestry, 8: 367-379.
37. Dinev D., Trichkov L. (2010): *Logging and realization of wood harvested in plantations of introduced forest tree species in Eastern Bulgaria*, În: Proceedings of FORMEC 2010 Conference: Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment July 11 - 14, Padova - Italy.
38. Duţă I.C., Borz S.A. (2013): *Estimating the consumed time in timber winching using TAF657 winch skidder endowed with TA-2AM winch*, În: Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Transilvania University Press, 207-212.
39. Dvořák J. (2010): *Operation time consumption of high-powered harvester in salvage felling*, E.J.P.A.U., 13(4): #12.
40. Eker M., Coban H.O., Acar H.H. (2011): *Time study and productivity analysis of chaisaw mounted log debarker in southern pine forests of Turkey*, African Journal of Agricultural Research, 6(10): 2146-2156.
41. Ezzati S., Najafi A., Durston T. (2011): *Impact of animal logging on soil physical properties in mule trail in Hyrcanian forests*, Transportation Research Part D, 16: 316-320.
42. Gallis C., Spyroglou G. (2012): *Productivity linear regression models of tree-length harvesting system in natural coastal Aleppo pine (Pinus halepensis L.) forests in the Chalkidiki area of Greece*, Croatian Journal of Forest Engineering, 33(1): 115-123.
43. Gilanipoor N., Najafi A., Heshmat Alvaezin S.M. (2012): *Productivity and cost of farm tractor skidding*. Journal of Forest Science, 58(1): 21-26.
44. Giurgiu V., Decei I., Drăghiciu D. (2004): *Metode și tabele dendromerice*, Ediutra Ceres, Bucureşti.
45. Gerasiomv Y., Seliverstov A. (2010): *Industrial round-wood losses associated with wood harvesting systems in Russia*, Croatian Journal of Forest Engineering, 31(2):111-126.
46. Gerasimov Y., Sokolov A., Karjalainen T. (2008): *GIS-based decision-support program for planning and analyzing short-wood transport in Russia*, Coratian Journal of Forest Engineering, 29(2): 163-175.
47. Ghaffariyan M.R., Naghdi R., Ghajar I., Nikooy M. (2013): *Time prediction models and cost evaluation of cut-to-length (CTL) harvesting method in a mountainous forest*, Small Scale Forestry, 12: 181-192.
48. Ghaffariyan M.R., Stampfer K., Sessions J. (2010): *Optimal road spacing of cable yarding using a tower yarder in Southern Austria*, European Journal of Forest Research, 129: 409-416.
49. Ghaffariyan M.R., Stampfer K., Sessions J. (2009): *Production equations for tower yarders in Austria*, International Journal of Forest Engineering, 20(1): 17-21.
50. Ghaffarian M.R., Shobani H. (2007): *Cost production study of motor-manually felling and processing of logs*, Forest Science, 3: 69-76.
51. Gholami M.J., Majnounian B. (2008): *Productivity and cost of wheeled skidder in Hyracanian forest*, International Journal of Natural and Engineering Sciences, 2(3): 99-103.
52. Gonzales D., Searcy E.M., Ekşioğlu S.D. (2013): *Cost analysis for high-volume and long-haul transportation of densified biomass feedstock*, Transportation Research Part A, 49: 48-61.
53. Hamelinck C.N., Suurs R.A.A., Faaij A.P.C. (2005): *International bioenergy transport costs and energy balance*, Biomass and Bioenergy, 29: 114-134.



54. Han H.S., Renzie C. (2005): *Productivity and cost of partial harvesting method to control mountain pine beetle infestations in British Columbia*, WJAF, 20(2): 128-133.
55. Hartsough B.R., Zhang X., Fight R. (2001): *Harvesting cost model for small trees in natural stands in the interior northwest*, Forest Products Journal, 51(4): 54-61.
56. Hidoş C., Isac P. (1971): *Studiul muncii. Vol. I. Probleme generale*, Editura Tehnică, Bucureşti.
57. Hiesl P., Benjamin J.G. (2013): *Applicability of international harvesting equipment productivity studies in Maine, USA: a literature review*, Forests, 4: 898-921.
58. Heinimann R.H. (2012): *Life cycle assessment in forestry - state and perspectives*, Croatian Journal of Forest Engineering, 33(2): 357-372.
59. Heinimann R.H. (2007): *Forest operations engineering and management-the ways behind and ahead of a scientific discipline*, Croatian Journal of Forest Engineering, 28(1): 107-121.
60. Heinimann H.R., Stampfer K., Loschek J., Caminada L. (2001): *Perspectives on Central European Cable Yarding Systems*. International Mountain Logging and 11<sup>th</sup> Pacific Northwest Skyline Symposium, Dec 10-12, 2001, Seattle, Washington, USA.
61. Heinimann H.R. (1998). *A computer model to differentiate skidder and cable-yarder based road network concepts on steep slopes*, Journal of Forest Research, 3 (1): 1-9.
62. Horvat D., Zecic Z., Susnjar M. (2007): *Morphological characteristics and productivity of skidder ECOTRAC 120V*, Croatian Journal of Forest Engineering, 28(1): 11-25.
63. Iordache E., Niţă M.D., Clinciu I. (2012): *Planning forest accessibility with a low ecological impact*, Croatian Journal of Forest Engineering 33(1): 143-148.
64. Ištvančić J., Lučić R.B., Jug M., Karan R. (2009): *Analysis of factors affecting log band saw capacity*, Croatian Journal of Forest Engineering, 30(1): 27-35.
65. Jourgholami M., Majnounian B., Zargham N. (2013a): *Performance, capability and costs of motor-manual tree felling in Hyrcanian hardwood forest*, Croatian Journal of Forest Engineering, 34(2): 283-293.
66. Jourgholami M., Eshan A., Chung W. (2013b): *Decision making in forest road planning considering both skidding and road costs: a case study in the Hyrcanian Forest in Iran*, iForest 6: 59-64.
67. Jourgholami M. (2012): *Small-Scale Timber Harvesting: Mule Logging in Hyrcanian Forest*, Small Scale Forestry, 11: 255-252.
68. Jourgholami M., Majnounian B., Feghhi J., Visser R.J.M. (2010): *Timber extraction with mules: a case study in the Hyrcanian Forest*, African Journal of Agricultural Research, 5 (22): 3108-3115.
69. Kaljun J., Dolšak B. (2012): *Ergonomic design recommendations based on actual chainsaw design*, South African Journal of Industrial Engineering, 23(2): 215-229.
70. Kluender R., Lortz D., McCoy W., Stokes B., Klepac J. (1998): *Removal intensity and tree size effects on harvesting cost and profitability*, Forest Products Journal, 48 (1): 54-59.
71. Kluender R., Lortz D., McCoy W., Stokes B., Klepac K. (1997): *Productivity of rubber-tired skidders in southern pine forests*, Forest Products Journal, 47(11/12): 53-58.
72. Kluender R.A., Stokes B.J. (1996): *Felling and skidding productivity and harvesting cost in Souttiet pine forests*, În: CWF/IUFRO Conference, WSI 3423.
73. Klvač R., Kolařík J., Volná M., Drápela K. (2013): *Fuel consumption in timber haulage*, Croatian Journal of Forest Engineering, 34(2): 229-240.
74. Koger J.L. (1983): *Observed methods for felling hardwood trees with chain saws*, USDA, Forest Service, Research Note No. 297, 7 p.
75. Laitila J., Vaatanainen K. (2012): *Truck transportation and chipping productivity of whole trees and delimited energy wood in Finland*, Coratian Journal of Forest Engineering, 33(2): 199-210.
76. Leszczynski K. (2010): *Different evaluations of motor-manual wood harvesting processes on the basis of conjoint analysis*, Croatian Journal of Forest Engineering, 31(2): 165-172.
77. Lindroos O., Burström L. (2010): *Accident rates and types among self-employed private forest owners*, Accident Analysis and Prevention, 42: 1729-1735.
78. Lindroos O., Nordfjell T. (2005): *Swedish non-industrial private forest owners: a survey of self-employment and equipment investments*, Small Scale Forest Economics, Management and Policy, 4(4): 409-426.
79. Ligné D., Eliasson L., Nordfjell T. (2005): *Time consumption and damage to the remaining stock in mechanised and motor manual pre-commercial thinning*, Silva Fennica, 39(3): 455-464.
80. Ljungberg A. (2013): *Impacts of increased rail infrastructure charges in Sweden*, Research in Transportation Economics, 39: 90-103.
81. Lortz D., Kluender L., McKoy W., Stokes B., Klepac J. (1997): *Manual felling time and productivity in southern pine forests*, Forest Products Journal, 47(10): 59-63.
82. Maesano M., Picchio R., Lo Monaco A., Neri F., Lasserre B., Marchetti M. (2013): *Productivity and energy consumption in logging operation in a Cameroonian tropical forest*, Ecological engineering, 57: 149-153.
83. Matsuno A., Koike K. (2012): *Tower yarders, not suitable in Japan? Technology transfer is still going on*. În: Pentek T., Poršinsky T., Špročić M. (eds.), Proceedings of the 45<sup>th</sup> International Symposium on Forestry

- Mechanization “Forest Engineering: Concern, Knowledge and Accountability in Today’s Environment”, October 8-12, Dubrovnik (Cavtat), Croatia. Forestry Faculty of Zagreb University, pp. 1-9 (disponibil pe suport CD).
84. Magagnotti N., Spinelli R. (2012): *Replacing steel cable with synthetic rope to reduce operator workload during log winching operations*, Small Scale Forestry, 11: 223-236.
  85. Magagnotti N., Spinelli, R. (Eds.) (2012): *COST Action FP0902 - Good Practice Guideline for Biomass Production Studies*. CNR IVALSA, Florence, Italy, ISBN978-88-901660-4-4, 41 p., disponibil la: [www.forestenergy.org](http://www.forestenergy.org).
  86. Magagnotti N., Nati C., Picchi J., Spinelli R. (2011): *Mechanized thinning of walnut plantations established on ex-arable land*, Agroforest Syst, 82: 77-86.
  87. Magagnotti N, Spinelli R. (2011a). *Integrating animal and mechanical operations in protected areas*, Croatian Journal of Forest Engineering, 32(2): 489-499.
  88. Magagnotti N, Spinelli R. (2011b). *Financial and energy cost of low impact wood extraction in environmentally sensitive areas*, Ecological Engineering, 37: 601-606.
  89. Messingerová V., Stanovský M., Ferenčík M., Kováčik P. (2009): *Technological Planning in Cableway Terrains in Slovakia*. În: Proceedings of 42<sup>nd</sup> International Symposium on Forestry Mechanization - FORMEC 2009, 21-24 June 2009, Prague, Czech Republic, CULS, Prague, pp. 307-315.
  90. McKinnon A.C. (2005): *The economic and environmental benefits of increasing maximum truck weight: the British experience*, Transportation Research Part D, 10: 77-95.
  91. McMahon S. (1995): *Accuracy of two ground survey methods for assessing site disturbance*, International Journal of Forest Engineering: 27-33.
  92. McNamara D. (1983): *Horse logging at Latour*, California Forestry Note 88: 1-10.
  93. McNamara D., Kaufman A. (1985): *Can horses compete with tractors?*, California Forestry Note 95: 1-7.
  94. McNeel J.F., Dodd K.K. (1997): *Improving cable thinning system productivity by modifying felling phase operations*, International Journal of Forest Engineering, 8(2): 47-56.
  95. Ministerul Muncii, Familiei și Protecției Sociale (2014): *Sesiuni de informare și conștientizare - acțiunea sectorială în silvicultură și exploatare forestiere. Verificarea respectării modului de utilizare a echipamentelor de muncă și a tehnologiilor de exploatare în parchete forestiere, inclusiv la transportul tehnologic al masei lemnoase pe drumurile forestiere*, Disponibil la: <http://www.itmprahova.ro/sesiuni%20de%20informare%2019032014.pdf>. Accesat în: 15.09.2014.
  96. Ministerul Industrializării Lemnului și a Materialelor de Construcții (1989): *Norme și normative de muncă unificate în exploatarea forestiere*, București, 493 p.
  97. Mousavi R. (2012): *Effect of log length on productivity and cost of Timberjack 450C skidder in the Hyrcanian forest of Iran*, Journal of Forest Science, 58(11): 473-482.
  98. Mousavi R., Nikooy M., Nezhad A.E., Ershadfar M. (2012): *Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran*, Journal of Forest Science, 58(2): 79-87.
  99. Mousavi R., Nikooy M., Uusitalo J. (2011): *Time consumption, productivity and cost analysis of the motor manual tree felling and processing in the Hycarnian Forest of Iran*, Journal of Forestry Research, 22 (4): 665-669.
  100. Naghdi R., Limaiei M. (2009): *Optimal forest road density based on skidding and road construction costs in Iranian Caspian forests*, Caspian Journal of Environmental Sciences, 7 (2): 79-86.
  101. Nicolescu V.N. (2014): *Silvicultură. Volumul II: Silvotehnică*, Editura Aldus, Brașov.
  102. Nikooy M., Naghdi R., Ershadifar M. (2013a): *Survey of directional felling and analysis of effective factors on felling error (Case study; Iranian Caspian forests)*, *Caspian J. Env. Sci.*, 11(2): 177-184.
  103. Nikooy M., Esmailnezhad A., Naghdi R. (2013b): *Productivity and cost analysis of skidding with Timberjack 450C in forest plantations in Shafaroud watershed, Iran*, Journal of Forest Science, 59(7):261-266.
  104. Nurminen T., Korpunene H., Uusitalo J. (2006): *Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system*, Silva Fennica, 40(2): 335-363.
  105. Nuutinen Y., Väättäin K., Asikainen A., Prinz R., Heinonen J. (2010): *Operational efficiency and damage to sawlogs by feed rollers of the harvester head*, Silva Fennica, 44(1): 121-139.
  106. Olsen E.D., Hossain M.M., Miller M.E. (1998): *Statistical comparison of methods used in harvesting work studies*, Forestry Publications Office, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331-7401, Research contribution No. 23, 45 p.
  107. Oprea I. (2008): *Tehnologia exploatării lemnului*, Editura Universității Transilvania din Brașov, Brașov.
  108. Oprea I., **Borz S.A.** (2007): *Organizarea șantierului de exploatare a lemnului*, Editura Universității Transilvania din Brașov, Brașov.
  109. Oprea I., Sbera I. (2004): *Tehnologia exploatării lemnului*, Editura Tridona, Oltenița.
  110. Öztürk T. (2014): *Productivity and cost of rubber-wheel-tired tractor in a northern pine plantation forest of Turkey*, Baltic Forestry, 20(2): 272-276.
  111. Öztürk T. (2010a): *Productivity of MB Trac 900 tractor at beech stands on mountainous areas in Blacksea region*, African Journal of Agricultural Research, 5(1): 28-33.

112. Özturk T. (2010b): *Productivity of New Holland farm tractor at beech stands on mountainous areas in Black Sea region*, Forestry Ideas, 16(39): 52-57.
113. Özturk T., Senturk N. (2010): *Productivity and time studies of MB Trac 900 tractor at beech stands on mountainous areas in Turkey*, Baltic Forestry, 16(1): 132-137.
114. Page-Dumroese D.S., Abbott A.M., Rice T.M. (2009a): *Forest soil disturbance monitoring protocol. Vol I: Rapid assessment*, USDA, Forest Service, Gen. Tech. Report WO-82a, 31 p.
115. Page-Dumroese D.S., Abbott A.M., Rice T.M. (2009b). *Forest soil disturbance monitoring protocol. Vol II: Supplementary methods, statistics and data collection*. USDA, Forest Service, Gen. Tech. Report WO-82b, 64 p.
116. Palander T., Vainikka M., Yletyinen A. (2012): *Potential mechanisms of co-operation between transportation entrepreneurs and customers: a case study of regional entrepreneurship in Finland*, Croatian Journal of Forest Engineering, 33(1): 89-103.
117. Picchio R., Spina R., Maesano M., Carbone F., Lo Monaco A., Marchi E. (2011): *Stumpage value in the short wood system for the conversion into high forest of a oak coppice*, For. Stud. China, 13(4): 252-262.
118. Picchio R., Maesano M., Savelli S., Marchi E. (2009): *Productivity and energy balance in conversion of a Quercus cerris L. coppice stand into high forest in Central Italy*, Croatian Journal of Forest Engineering, 30 (1): 15-26.
119. Popovici R. (2013): *Estimating chainsaw operating costs based on fuels, lubricants and spare parts*, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, 6(55): 63-68.
120. Potočnik I. (2006): *Road traffic in protected forest areas - case study in Triglav National Park, Slovenia*, Croatian Journal of Forest Engineering, 27(2): 115-121.
121. Rouă C., Ştefănescu E., Mihăilă I., Pafonte M., Petrican M. (1976): *Ergonomie forestieră*, Editura Ceres, Bucureşti.
122. Rodriguez E.O., Fellow A.M. (1986): *Wood extraction with oxen and agricultural tractors*, FAO Forestry Paper No. 49.
123. Roni M.S., Ekşioğlu S.D., Searcy E.M., Jacobson J.J. (2014): *Estimating the variable cost for high-volume and long-haul transportation of densified biomass and biofuel*, Transportation Research Part D, 29: 40-55.
124. Rydberg T., Jansén J. (2002): *Comparison of horse and tractor traction using energy analysis*, Ecological Engineering, 19: 13-28.
125. Sabo A., Porsinsky T. (2005): *Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Groski Kotar*, Croatian Journal of Forest Engineering, 26(1): 13-27.
126. Santos G., Behrendt H., Teytelboym A. (2010): *Part II: Policy instruments for sustainable road transport*, Research in Transportation Economics, 28: 46-91.
127. Sbera I. (2012): *Adoptarea de strategii ecologice în exploatarea lemnului*, Revista pădurilor, 127 (4): 24-26.
128. Sbera I. (2007): *Resursele de lemn și potențialul pieței din România*, Meridiane Forestiere, 2: 3-7.
129. Skoupy A., Klvac R., Hosseini S. (2010): *Changes in the external speed characteristics of chainsaw engines with the use of mineral and vegetable oils*, Croatian Journal of Forest Engineering, 31(2): 149-155.
130. Sperling D., Gordon D. (2008): *Two billion cars: transforming a culture*, Transportation Research News, 259: 3-9.
131. Spinelli R., Laina-Relaño R., Magagnotti N., Tolosana E. (2013): *Determining observer and method effects on the accuracy of elemental time studies in forest operations*, Baltic Forestry, 19(2): 301-306.
132. Spinelli R., Magagnotti N. (2012): *Wood extraction with farm tractor and sulky. Estimating productivity, cost and energy consumption*, Small Scale Forestry, 11: 73-85.
133. Spinelli R., Magagnotti N., Relano R.A. (2012): *An alternative skidding technology to the current use of crawler tractors in Alpine logging operations*, Journal of Cleaner Production, 31: 73-79.
134. Spinelli R., Magagnotti N., Sperandio G., Stefano C.P., Zanuttini R. (2011): *Cost and productivity of harvesting high value hybrid poplar plantations in Italy*, Forest Products Journal, 61(1): 64-70.
135. Spinelli R., Magagnotti N. (2011): *The effects of introducing modern technology on the financial, labour and energy performance of forest operations in the Italian Alps*, Forest Policy and Economics, 13: 520-524.
136. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C. (2009): *Options for the mechanized processing of hardwood trees in Mediterranean forests*, International Journal of Forest Engineering, 20(1): 39-44.
137. Spinelli R., Nati C., Magagnotti N. (2006): *Biomass harvesting from buffer strips in Italy: three options compared*, Agroforest. Syst., 68: 113-121.
138. Spinelli R., Baldini S. (1992): *Productivity and cost analysis of logging arch used with farm tractor in Mediterranean forest skidding operations*, Invest. Agrar., Sist. Recur. For., 1(2): 211-221.
139. Stampfer K., Steinmüller T. (2001): *A new approach to derive a productivity model for the harvester Valmet 911 Snake*. În Schiess P. and Krogstadt F. (eds.), International Mountain Logging and 11<sup>th</sup> Pacific Northwest Skyline Symposium, December 10-12 2001, Seattle, WA, USA. College of Forest Resources, University of Washington and International Union of Forestry Research Organizations, pp. 254-262.

140. Stanovský M., Schürger J., Jankovský M., Messingerová V., Hnilica R., Kučera M. (2013): *The effect of lubricating oil on temperature of chainsaw cutting system*, Croatian Journal of Forest Engineering, 34(1): 83-90.
141. Șofletea N., Curtu L. (2008): Dendrologie. Editura "Pentru Viața", Brașov.
142. Thulasidas P.K., Bhat K.M. (2009): *Log characteristics and sawn timber recovery of home-garden teak from wet and dry localities of Kerala, India*, Small Scale Forestry, 8: 15-24.
143. Toms C.W., Dubois M.R., Bliss J.C., Wilhoit J.H., Rummer R.B. (2001): *A Survey of animal-powered logging in Alabama*, South. J. Appl. For., 25(1):17-24.
144. Tunay M., Melemez K. (2008): *Noise induced hearing loss of forest workers in Turkey*, Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(17): 2144-2148.
145. Unver S., Acar H.H. (2009): *A damage prediction model for quantity loss of skidded spruce logs during ground base skidding in North Eastern Turkey*, Croatian Journal of Forest Engineering, 30(1): 59-65.
146. Venn T.J., McGavin R.L., Leggate W.W. (2004): *Costs of portable sawmilling timbers from the acacia woodlands of Western Queensland, Australia*, Small-Scale Forest Economics, Management and Policy 3(2): 161-175.
147. Visser R., Spinelli R. (2012): *Determining the shape of the productivity function for mechanized felling and felling-processing*. Journal of Forest Research, 17: 397-402.
148. Vusić D., Susjnar M., Marchi E., Spina R., Zecic Z, Picchio R. (2013): *Skidding operations in thinning and shelterwood cut of mixed stands - Work productivity, energy inputs and emissions*, Ecological Engineering, 61: 216-223.
149. Wang J., Long C., McNeel J., Baumgras J. (2004): *Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachian hardwood forests*, Forest Products Journal, 54(12): 45-51.
150. Wang L. (1997): *Assessment of animal skidding and ground machine skidding under mountain condition*, J. For. Eng., 8(2): 57-64.
151. Wasson C.S. (2006): *System analysis, design and development. Concepts, principles and practices*, Wiley Interscience, John Wiley & Sons.
152. Wojtkowiak R., Kromulski J., Dubowski A. (2007): *Measurements on noise resulting from cutting chain movements on a chainsaw bar, lubricated with different oils*, Acta Sci. Pol., 6(1): 85-93.
153. Wolfsmayr U., Rauch P. (2014): *The primary forest fuel supply chain: A literature review*, Biomass and Bioenergy, 60: 203-221.
154. Yongang W., Baojun J. (1998): *Effects of low temperature on operation efficiency of tree-felling by chainsaws in north China*, Journal of Forestry Research, 9(1): 57-58.
155. Zar J.H. (1974): *Biostatistical analysis*. Englewood Cliffs, USA: Prentice Hall Inc.
156. Zinkevicius R., Steponavicius D., Vitunskas D., Cinga G. (2012): *Comparison of harvester and motor-manual logging in intermediate cuttings of deciduous stands*, Turk. J. Agric. For., 36: 591-600.
157. Zečić Z., Krpan A.P.B., Vukušić S. (2005): *Productivity of C Holder 870 F tractor with double drum winch Inglad 4002 in thinning beech stands*, Croatian Journal of Forest Engineering, 26 (2): 49-57.