



Revistă tehnico-științifică editată de Societatea „Progresul Silvic”

COLEGIUL DE REDACȚIE

Redactor responsabil:

Prof. Dr. Ing. Stelian A. Borz

Membri:

Prof. Dr. Ing. Ioan V. Abrudan

Ing. Codruț Bîlea

Prof. Dr. Ing. Alexandru L. Curtu

Conf. Dr. Ing. Mihai Daia

Conf. Dr. Ing. Gabriel Duduman

Prof. Dr. Ing. Ion I. Florescu

Ing. Olga Georgescu

Acad. Prof. Dr. Ing. Victor Giurgiu

Conf. Dr. Ing. Sergiu Horodnic

Dr. Ing. Maftai Leșan

Dr. Ing. Romică Tomescu

ISSN: 1583-7890

ISSN (Varianta online): 2067-1962

Indexare în baze de date:

CABI

DOAJ

Google Academic

SCIPPO

CUPRINS

Danny Castillo Vizuet, Alex Gavilanes Montoya

Provocări cu care se confruntă pădurile și industria forestieră din Ecuador.....1

Stelian Alexandru Borz, Sarahi Nicole Castro Pérez

Efectul strategiei folosite la eșantionarea datelor asupra acurateții clasificării posturale: Un exemplu din operații de recoltare cu ferăstrăie mecanice.....19

Stelian Alexandru Borz

Erata la numărul 3 din 2020 al Revistei Pădurilor.....42

Alexandru Lucian Curtu, Stelian Alexandru Borz

Ediția a IX-a a simpozionului internațional Pădurea și dezvoltarea durabilă, 16 octombrie 2020, Brașov, România.....43

Marina Viorela Marcu

Integrarea studenților în activități de cercetare: un exemplu de la Facultatea de Silvicultură și exploatare forestiere din Brașov.....45

Ștefan Vlonga

Cât grăiește o fotografie?.....49

Iosif Vorovencii, Alexandru Lucian Curtu

Prof. Dr. Ing. Aurel Rusu (1917-2020) - Personalitate marcantă a silviculturii și geodeziei românești.....51

Reproducerea parțială sau totală a articolelor sau ilustrațiilor poate fi făcută cu acordul redacției revistei. Este obligatorie menționarea autorului și a sursei. Articolele publicate de Revista Pădurilor nu angajează decât responsabilitatea autorilor lor.



Journal edited by the "Progresul Silvic" Society

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief:

Prof. Dr. Stelian A. Borz

Editorial Members:

Prof. Dr. Ioan V. Abrudan

Eng. Codruț Bîlea

Prof. Dr. Alexandru L. Curtu

Assoc. Prof. Dr. Mihai Daia

Assoc. Prof. Dr. Gabriel Duduman

Prof. Dr. Ion I. Florescu

Eng. Olga Georgescu

Acad. Prof. Dr. Victor Giurgiu

Assoc. Prof. Dr. Sergiu Horodnic

Dr. Maftעי Leșan

Dr. Romică Tomescu

ISSN: 1583-7890

ISSN (ONLINE): 2067-1962

Indexed by:

CABI

DOAJ

Google Academic

SCIPPIO

CONTENTS

Danny Castillo Vizquete, Alex Gavilanes Montoya

Challenges faced by the Ecuadorian forests and forest industry.....1

Stelian Alexandru Borz, Sarahi Nicole Castro Pérez

*Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification:
An example from motor-manual tree felling and processing.....19*

Stelian Alexandru Borz

Erratum on issue 3/2020 of Revista Pădurilor.....42

Alexandru Lucian Curtu, Stelian Alexandru Borz

*9th Edition of the International Symposium Forest and Sustainable
Development, 16th of October 2020, Brasov, Romania.....43*

Marina Viorela Marcu

*Integrating students in the research activity: An example from the
Faculty of Silviculture and Forest Engineering of Brasov.....45*

Ștefan Vlonga

How much a picture tells?.....49

Iosif Vorovencii, Alexandru Lucian Curtu

*Professor Aurel Rusu (1917-2020) - A reputed personality of the
Romanian forestry and geomatics.....51*

Partial or full reproduction of articles and figures may be done pending the agreement of the journal. In case of partial or full reproduction, it is mandatory to mention the authors and the source article. Articles published by Revista Pădurilor hold solely the responsibility of their authors.



Challenges Faced by the Ecuadorian Forests and Forest Industry

Danny Castillo Vizuite^a, Alex Gavilanes Montoya^{b*}

^aFaculty of Natural Resources, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur km 1½, Riobamba, EC-060155, Ecuador, danny.castillo@esPOCH.edu.ec

^bSede Orrellana, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur km 1½, Riobamba, EC-060155, Ecuador, a_gavilanes@esPOCH.edu.ec

HIGHLIGHTS

- Knowledge of the uses of forest species is important to define practices of conservation and sustainable harvesting.
- A key aspect in the forestry industry is the supply of raw material because 75% comes mostly from native forests.
- It is important to move from a vision that prioritizes forest control to one that also encourages sustainable forest use practices.

ARTICLE INFO

Article history:

Manuscript received: 23 November 2020

Received in revised form: 30 November 2020

Accepted: 30 November 2020

Page count: 18 pages.

Article type:

Review, Invited paper

Editor: Stelian Alexandru Borz

Keywords:

Ecuador

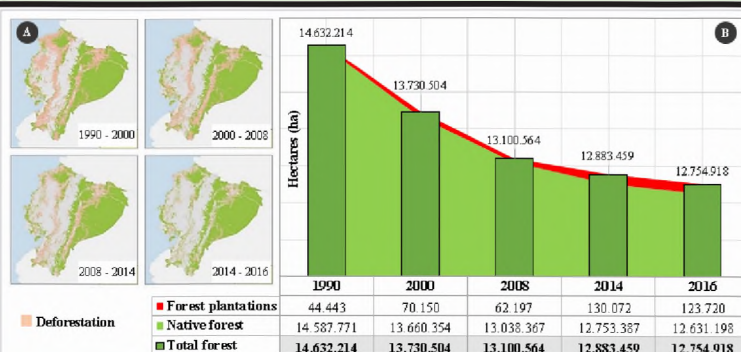
Forest challenges

Forestry mechanization

Forest management

Forest engineering

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

The forestry sector in Ecuador is shaped by its economic contribution in primary or secondary production of goods. Based on a bibliographic research, this work characterizes the forest resources of Ecuador and their contribution to the economy, describes the forest management and the use of forest resources, characterizes the mechanization level in operations and the network of forest roads; in addition, the paper presents the current challenges in forestry and forest engineering and analyses the research conducted and progress in addressing these challenges. The results of the research indicate the existence of major initiatives that are present both, in the rules of sustainable forest use in the country, as well as in the actions of the actors in the wood value chain. In addition, the importance of consolidating principles that promote greater sustainability in the country's forestry environment with a view to improving the production chain and its competition in the market is highlighted. In this context, the design of an adequate forestry policy is recommended, which should promote a balance between economic growth and the sustainability of natural resources that will allow the wood sector to develop and to improve the social, economic and environmental conditions of the country.

* Corresponding author. Tel.: +593 984761535.
E-mail address: a_gavilanes@esPOCH.edu.ec

1. INTRODUCTION

Natural capital is concentrated in natural forest areas [1]. Forest ecosystems were always seen by humans as an important source of provision of goods and services, that have facilitated human existence [2], that is, the forests are productive ecosystems in terms of goods and services provided [3] which may be wood, water, plant and animal food, seeds, charcoal, resins, fruits, shelter, medicines, plant material etc. [4]; among the important services they provide are soil protection against erosion, nutrient fixation and recycling, oxygen production, water capture and regulation, scenic beauty etc. [5]. In this context, in recent decades, forests have acquired a significant importance on a global scale due to their fundamental role in improving various processes in the environment [6].

The Republic of Ecuador is extended on an area of 256,370 km² [7] and it holds four clearly differentiated geographic regions: Costa, Sierra, Oriente and the Insular region of the Galapagos Islands [8]. Ecuador is one of the 17 mega diverse countries in the world, it has a forest cover accounting for more than half of its territory, with large areas suitable for forest use [9], most of which are in the lands of communities, ancestral people and in protected areas; these areas are under a great pressure coming from different fronts, which often translates into illegal logging, even in protected areas [1]. Currently, the country holds 9.7 million hectares of forests; approximately 3 million are native forests suitable for use, of which around 600 thousand hectares are used [10]. The forest control system that currently exists in Ecuador has the main objective to conserve and sustainably manage native forests [11]. Ecuador's timber production is at least 70 years old [12], and there is a lot of potential for renewable natural resources in the country, mainly due to numerous wood species found in native and exotic forest crops [13]. The wood production areas and the forest species that are most commercialized in the country are: eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) and pine (*Pinus radiata*), in the Sierra region; chanul (*Humiriastrum procerum*) in the Costa region and the seikeo or chuncho (*Cedrelinga cateinifera*), copal (*Dacryodes peruviana*) and laurel (*Cordia alliodora*) in the Amazon region [14]. A planned forestry suggests that urgent changes are needed in the country's silvicultural reality to meet local wood needs and to satisfy the current demand [15]. The forestry sector in the country is mainly oriented towards the internal market, although the briquette and plywood industry are currently supplying external markets [16]. This sector has been commonly seen to bring a direct added value to industries within the Gross Domestic Product (GDP), that is, tangible forest resources are considered as suppliers of wood for the strengthening of different transformation industries [17]. However, its contribution is much broader due to the multiple environmental services and other climatic benefits that it offers to other sectors such as tourism, hydroelectricity generation, agriculture, scientific research, all of which have an important contribution to the society [18]. Likewise, the national forestry sector has received important economic incentives to stimulate the development of its industry, generate jobs, produce raw materials and substitute imports [19]. In Ecuador, the national timber market is quite vigorous, with multiple commercial flows of timber between production and consumption areas, as it has been described by the Ecuadorian Ministry of the Environment [20]. It should be noted that most of the logging authorizations have been granted to forest plantations, followed by those issued for native forests, farms in agroforestry systems and pioneer formations [7]. Forest use

Castillo Vizuete & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

is authorized by the Ministry of the Environment through the National Forest Directorate (DNF), in charge of regulating the management and use of natural forests and forest plantations in the country; the latter encompasses 24 Provincial Directorates that, in turn, hold one or more technical offices for forest management [21]. Thus, joint efforts are required from all the actors of the forestry activity in Ecuador to guarantee an adequately use the forest resources throughout their value chain.

Given the importance of forests in the present context of Ecuador, this paper aimed to perform a review on forest resources and their contribution to the economy, and to describe the forest management and the use of forest resources in Ecuador. It also attempted to characterize the mechanization level in operations, forest opening-up, and the current challenges which Ecuadorian forestry and forest engineering are facing, as well as to summarize the state of art in relation to research done and developments to tackle such challenges.

2. MATERIALS AND METHODS

The information concerning the challenges in forestry and forest engineering in Ecuador was that resulting from the literature, including published scientific articles, forest management plans and textbooks. Key words such as “forest management”, “forest resources”, “forest engineering”, “forest mechanization” and “forest road network” were used to find relevant and actual information about the Ecuadorian forestry. The identified publications were further selected based on authors’ knowledge and experience. This review included six main topics which were the following: i) characterization of forest resources and their contribution to the economy, ii) description of forest management and of the use of forest resources, iii) characterization of mechanization in operations, iv) characterization of forest road network; v) current/critical challenges in forestry and forest engineering and vi) state of the art in relation to research done and developments to tackle such challenges. In Ecuador, there are differences between the activities related to the management and use of forest resources. In addition, there could be presented different information for each climatic region of the country, depending on the importance of the existing forests. Finally, the challenges were defined according to the current circumstances of the Ecuadorian forestry sector as well as to those related to forest engineering.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Characterization of Forest Resources and their Contribution to the Economy

Currently, the total forest area of Ecuador is 12,497,830 ha [22], being distributed according to the country’s geographical regions [23], and occupying almost half of the national territory. Forests have become the main terrestrial ecosystem of Ecuador [24] and one of the most important [25] due to their ability to provide a wide range of products and services [26] such as wood, medicinal or ornamental plants, food, environmental regulation, among others [27], and for their support to sectors such as tourism, agriculture and scientific research [18]. However, several forested areas have been lost in the country in the recent years [28]. For instance, from 1990 to the

Castillo Vizuete & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

present day, the forests have been reduced by 14.6% [22]. This decrease can be attributed to forest fires [29] or anthropic activities such as deforestation [30], which was triggered by the demand for wood for commercial purposes, the need for areas destined to agriculture and livestock [9], oil exploitation [7], illegal logging [31] or infrastructure construction. In recent decades, deforestation has decreased [9]. Thus, in the period from 1990 to 2000, an area of 92,742 ha / year were cut, which decreased to 77,748 ha / year in the period of 2000 to 2008 and to 47,497 ha / year in the period of 2008 to 2014. However, in the period of 2014 to 2016 there was an increase up to 61,112 ha / year (Figure 1A) [32], being one of the important problems that threatened the conservation of Ecuador's natural heritage [33] and accelerating the decline of native forests. This is important if one takes into account that, in 2016, Ecuador had 12,631,198 ha of native forest, compared to 14,587,771 ha it had in 1990 [22]. The main factors that probably explain the aforementioned statistics are the expansion of the agricultural frontier [34] and replacement of native forests by plantations for the specific production of certain tree species: African palm (*Elaeis guineensis*), teak (*Tectona grandis*) and melina (*Gmelina arborea*) [31]. As such, in the last three decades, the area of forest plantations would have been tripled, reaching 123,720 ha in 2016, compared to 1990, when it accounted for 44,443 ha (Figure 1B) [35].

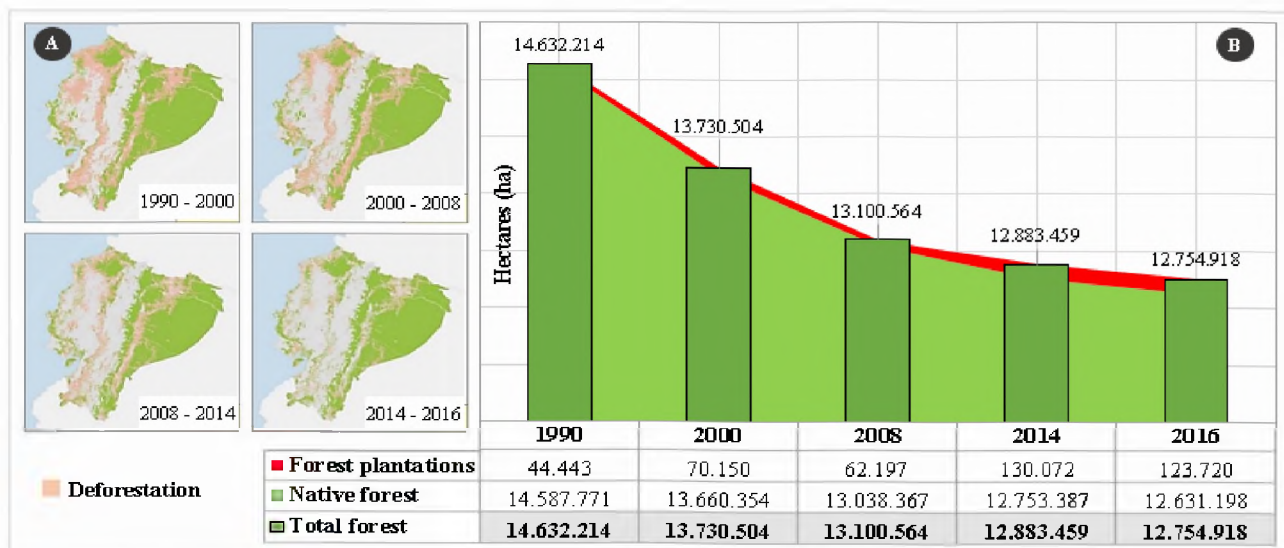


Figure 1. Map of Ecuadorian forests from 1990 to 2016 (A), Forest cover of Ecuador from 1990 to 2016 (B). Adapted from [22] and [35].

The services provided by forest ecosystems are of high economic and social importance [7], their contribution to the national economy being significant. Thus, the forest sector is considered to directly add value to the industries contributing to the Gross Domestic Product (GDP) [17] and it is one of the sectors of the Ecuadorian economy prioritized by the government to promote economic development [36]. Accordingly, it had a contribution of \$ 1,364.5 million in 2018, that is, 1.3% of the GDP [37]. In addition, the national wood market of Ecuador has multiple trade flows between the areas of production and consumption [38]. In 2016, for instance, forestry, timber extraction and the related activities accounted for a total amount of \$ 917 million, production of wood and its derivatives for \$ 1,206 million, and the manufacture of paper and its derivatives for \$ 1,054 million [36]. In this context, in 2017, the used forest area in the country was of 53,042.14 ha, and the volume of wood authorized for harvesting was 1,016,697.63 m³ (Figure 2) [29].

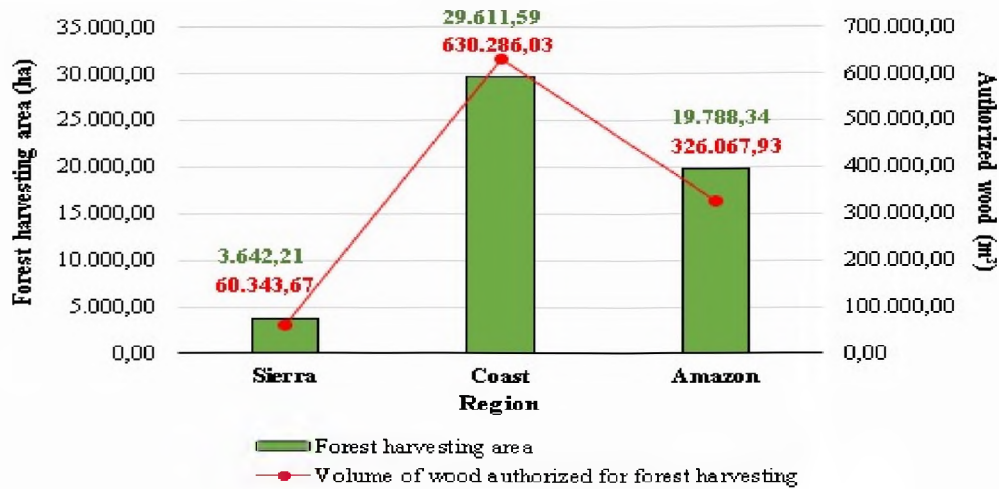


Figure 2. Area of forest use and the volume of wood authorized for harvesting in the regions of continental Ecuador. Adapted from [29].

An attempt has been made to coordinate the activities of the forestry sector [7], through the Ministry of the Environment as the institution in charge of regulating the management and use of natural forests and forest plantations in the country [20]. As a result, a number of 2,413 forest management programs were approved in 2017 [29]. At the present, the forestry sector of Ecuador requires great efforts to be taken by all the actors involved in the value chain so that this activity will be implemented in a sustainable way.

3.2. Forest Management and the Use of Forest Resources

3.2.1. Context

Food and Agriculture Organization defines a “forest” as an ecological system that spans more than 0.5 hectares, populated with trees taller than 5 meters and a canopy cover greater than 10 percent, not including, as such, the land subject of predominantly agricultural or urban use [39]. In this sense, knowledge on the uses of forest plant species is important for the conservation and sustainable practices related to the provisioning services of forest ecosystems [27]. Forests support biodiversity, release oxygen, prevent erosion and regulate water. In addition, according to Holland [40], at the level of human populations, they provide food, medicinal and industrial resources. For instance, the native rainforest is of great importance and provides ecosystem services that are used by the locals and it covers the main categories of tangible services as described by the literature: provisioning, regulating, and cultural [25]. On the other hand, the importance of forests, especially high mountain forests located in the foothills of the Andean mountain range, are crucial for the regulation of the water cycle [17]. The Ministry of the Environment, through the National Forest Directorate, is the institution in charge of providing the guidelines for the application of the law and regulations for sustainable forest management and the use of timber (TFP) and non-timber forest products (NTFP) [21]. In 1982, Ecuador enacted the Forestry and Conservation of Natural Areas and Wildlife Law, which determined the general guidelines of forest policy, which would guide sector management until the end of the 1920s. The objective of the Law established at that

time - still in force today - was to grant full control to the Government over the regulation, tenure and use of forest resources [34]. Forest plantations are destined directly to the forest industry and economy, and they provide primary products such as roundwood for the production of logs, props and wood pulp, semi-finished products such as boards, chipboards, plywood, Medium Density Fiberboard (MDF) and eucalyptus chips used in pulping, and higher value-added products such as furniture, decorative trim, doors, frames, windows, floors and toothpicks [9]. For the management of forest and the use of forest products, the Ecuadorian Forest Regime has elaborated the forestry standards in which the technical and administrative aspects are regulated to take advantage of the TFP and NTFP of the different forest formations, seeking to ensure the permanence of forests and to guarantee sustainability [21].

3.2.2. Legal Framework for Forest Management

Ecuadorian legislation establishes, at an operational level, the criteria that must be considered for a rational use of forests and states the legal requirements for the preparation of management plans and harvesting programs [41]. The national environmental authority grants the forest use license, which is based on the instruments for the use of native forests and for harvesting cultivated forests [42]. The procedure for native forests establishes 3 mechanisms: a) Comprehensive management plan and sustainable forest use program which applies for any size of area; b) Simplified Forest Harvesting Program with the following possibilities: i) the area of native forest in the entire property is less than 40 hectares, ii) when it is a single property, and iii) non-mechanized forest harvesting is in question and c) Comprehensive Management Plan and harvesting program for the legal conversion zone, when, for a single time for the same area, an authorization is requested, for subsistence purposes, to change the forest use of areas with native forest, to other uses. In the permanent protection zone, native forests cannot be subject to sustainable forest management for timber harvesting and cannot be converted to other uses. They can be managed for the use of forest products other than wood or, in the case of severely intervened native forests, they can be used for their rehabilitation with native species exclusively [41]. In this case, the regulations in force are given in Table 1.

Table 1. Criteria and impacts of using pioneer formations, relict trees, regeneration trees in crops, planted trees and forest plantations. Adapted from [42].

Harvesting program	Criteria	Impact
Forest harvesting program	<ul style="list-style-type: none"> • Can use less than 30% of the forest; • A reserve will be left for low-abundant trees (<0,3 trees/ha or <=1 tree/ha.) 	<p>Less than 30% of the effective area under management, distributed as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20% for the use of TFP and NTFP; • 3% for roads destined for truck traffic and <20% slope; • 2% for storage yards; • 5% for secondary roads, skid trails; • The minimum logging cycle for mechanized harvesting will be 15 years.

Castillo Vizuite & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

In the forest sector, an efficient wood harvesting activity aims to fully recover wood as a measure to increase the profit, but safety prescriptions should be obeyed each time when harvesting operations are performed [43]. At the same time, achieving high productivities in wood extraction operations represents a key factor in a sustainable wood supply [44].

3.2.3. Use of the Forest Resources

The National Forest Directorate [45] has identified 362 species, 91 of which are commercial, 77 potentially commercial and 194 of unknown use. According to Wunder [46], several studies estimate an Ecuadorian forest cover ranging from 11.14 to 15.6 million ha of forest. These estimates suggest that the country maintains approximately 45% of its surface under forest use. According to the potential land use, the area suitable for forests in Ecuador is 13.98 million ha, which is equivalent to 56.70% of the total area of the country [47]. A key aspect to analyze in the forest industry is the supply of the raw material that comes mostly from the native forest (approximately 75%) and, to a lesser degree, but gaining more importance, from forest plantations [48]. The forest cover in the different management categories defined by the environmental authority [49] are shown in Table 2.

Table 2. Forest management and use (Dirección Forestal Nacional, 2003). Adapted from [17].

Management type or category	Coverage area (ha)	Share in the total coverage (%)	Share in the country's area
National system of protected areas	3,297,000	37.27	12.85
Protective forest	2,390,000	27.01	9.32
Forest with productive potential	3,000,000	33.91	11.70
Forest plantations	160,000	1.81	0.62
Total	8,847,000	100	34.51
Lands with potential for reforestation	2,030,000	22.00	7.92

The information given suggests, mainly, a management for conservation [47], and secondly a broad productive potential for which a special attention should be given to the economic development in the area by implementing measures tailored to native forest protection and to the social condition of the inhabitants [25]. It is then evident that the forest, in addition to providing raw materials, constitutes a source of well-being and security for the population [47]. This is the case of the development of cultural activities such as tourism [47], and categories such as beekeeping, environmental uses, food, food additives, fuel, medicinal, social, and materials for buildings, bridges, crafts, tools and weapons. In addition, forest species are used to produce (extract) fibers, reeds, waxes, gums, resins, oils, chemicals and their by-products [9, 27].

3.3. Mechanization of Operations

Forest technology is significantly progressing, especially that related to tree harvesting, processing and transportation [50]. Thus, forest mechanization is presented as a tool to carry out

highly productive and safe jobs [51] that reduce effort [52] and generate logs by a series of transformation and transport operations [53]. An efficient wood harvesting activity aims to fully recover wood as a measure to increase the profit, but safety prescriptions should be obeyed each time when harvesting operations are performed [43].

In Ecuador, legal timber extraction is mostly performed through integrated programs for sustainable management which mainly involve mechanical extraction [54]. There are generally accepted classifications, depending on the way in which the wood is extracted (as complete trees, whole stems or short wood) [55] and which, depending on the soil condition and operation, define the mechanization type to apply [52]. For instance, the presence of difficult terrain or with steep slopes in the country, imply the use of a series of machines for the extraction and processing of wood [56] such as chainsaws for felling, crane cables for removal of trees and transport, tow tractors and combines for tree delimiting, cutting and debarking [57]. As such, forest mechanization in Ecuador presents great challenges due to its typical particularities in all its areas. Costs should be taken into account according to the area of forest use [15], which is influenced by factors such as the degree of mechanization, tree diameter, terrain conditions and measures for planification and organization [58]. In relation to that, it is important to be able to identify the appropriate machines for operations, as well as to account for the preparation of infrastructure, the formation of workers, supervisors and managers [52]. In addition, it is important to understand that a greater degree of mechanization, usually comes with increasingly specialized machines, requires a high initial investment that is often inaccessible for small-scale operators [59]. Finally, a large part of the development of forest mechanization in Ecuador depends on the impulse given to it by all its actors, in addition to understanding that the management of mechanization must address the challenges faced by the future demand.

3.4. Forest Road Network

Planning forest accessibility is a process in which a large number of variables must be considered, and it is related to the extraction methods to be used, topographic, technical and environmental restrictions [60]. Road construction is an expensive and high-impact activity due to the need to remove vegetation and soil; therefore, a good planning is crucial to reduce costs and environmental impacts during harvesting [61]. At the state level, forest roads are undoubtedly the most problematic aspect of logging operations. These are complicated engineering structures, on which transport efficiency depends and which are essential for safe access to the forest for management and surveillance purposes [62]. Planning the road network depends on the timber extraction system. In relatively large areas, where mechanized harvesting is applied, it is justified to plan the construction of access roads, main and secondary, in addition to skid roads [61]. The standards for sustainable forest management for timber harvesting establish the criteria shown in Table 3 for the construction of roads, tracks, storage yards and loading areas [63]. Furthermore, the legal framework is stating that: i) water channels cannot be obstructed, ii) soil removal should be reduced to the minimum possible, mainly in the opening of the drag tracks, iii) the drag tracks that are built for future forest use should preferably be traced over the areas of the previous drag tracks, iv) the main access road must have conservation works necessary to minimize erosion and

Castillo Vizuite & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

damage to soil and water, in accordance with the technical standards applied by the Ministry of Public Works of Ecuador for road construction [41].

Table 3. Types of infrastructure for forest use. Source [63].

Type	Maximum width of rolling area (m)	Maximum opening (m)	Maximum percentage of program area *	Maximum longitudinal gradient
Main access road	8	18	4 %	12 %
Drag road	8	8	8 %	20 %
Drag track	6	6	7 %	20 %
Storage yards and loading areas	-	-	1 %	-

Notes: * Existing and projected infrastructure

During extraction and transport operations, to reduce the impact to the soil and water streams, trucks cannot leave the rolling area (right-of-way) of the main access road and drag roads. Also, trucks are not allowed to circulate on skid trails. In case of high soil moisture, trucks are not allowed to circulate on drag tracks. The maximum slope of the main road may not exceed 12%, and that of the roads and drag tracks may not exceed 20% [41]. For the design of main and secondary roads and sleeves or transfer routes, these must have reduced slopes to reduce erosion by runoff, as well as they need the construction of bridges to avoid the stagnation of the water [64].

3.5. Current/Critical Challenges in Forestry and Forest Engineering

Forestry deals with the process of harvesting and selling wood to those in charge of the primary transformation [65], therefore, forest management requires knowledge on the dynamics and structure of the forest, as well as on the quality of the site and the application of silvicultural treatments, in order to guarantee forest regeneration and a sustainable production [66]. A real fact, according to Cornelius and Ugarte [65] is that forestry helps to improve the productive capacity of forests. Also, Sabogal [67] points out that forestry contributes to forest conservation and promotes sustainable forest use practices. In economic terms, a productive forestry is viewed in terms of higher yields [17]; nevertheless, forest operations should be conducted within the limits depicted by a sustainable forestry, which reinforces the crucial role of forest engineering as a main source of cost-effective environmentally-sound solutions [68]. The current trend of introducing a forest management that respects the various functions of the forest has created new challenges. Ecuadorian forests are used with great socioeconomic and biophysical relevance due to the diversification of products and services they provide [69], and Ecuador is a country with a significant timber tradition, thanks in part to the enormous amount of natural resources that it holds [70]. However, the country has a deficit in the area of timber harvesting mechanization and in many cases, companies lack the basic machines or instruments in a proper state [71]. In this context, the development of forest harvesting technology is advancing rapidly with the aim of increasing productivity to meet the currently increasing demand for wood. In Ecuador, the application of modern technologies is gradually being considered, since there are few logging companies that can access them, both due to their level of production and to the investments required [69]. In order to guarantee the continuity of silvicultural activities, the state usually sets

Castillo Vizuite & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

guidelines in this regard; this incentive work is carried out partly through general economic measures and, especially, by the forest policy itself [72]. According to the Ecuadorian Association of Wood Industry, 2% of Ecuadorian timber companies are large, while the rest (98%) are traditional, micro, small and medium-sized companies, with an annual turnover of less than \$ 300,000 and a limited number of employees. Most of these companies do not have advanced machinery and are forced to entrust their work to large companies holding a high level of automation; this is due to the fact that the smaller the size of the company and its financial capacity, the greater the technological gap will be [15]. The use of machines to process the wood in the country is very low due to the high cost of production; most of the machinery in the sector is imported from other manufacturing countries. As such, the current challenges of forestry in Ecuador include a good and focused political governance, capable of formulating and implementing policies and laws that can accelerate the process of growth and economic development of this sector. One of the major interests of the industry is to optimize the applications and recovery of forest products while obtaining, at the same time, better quality products, improving harvest productivity, profits, product quality, safety at work and minimizing the impact on the environment. It is important to move from a vision that prioritizes forest control to one that also encourages sustainable forest use practices.

3.6. State-of-Art in Relation to Research Done and Developments to Tackle the Current Challenges

Forestry activities aim to control the establishment, composition, structure, growth and function of trees in the managed forests [73]. That is why the current constitution of the Republic of Ecuador marks a significant milestone for sustainable development in the country.

Table 4. References used to document the challenges of forest engineering in Ecuador.

N°	Title	Reference
1	Legal-methodological foundations for a system of payments for ecosystem services in forests of Ecuador	34
2	Notes on the rights of nature in the Constitution of the Republic of Ecuador of 2008	76
3	National forest assessment of Ecuador, a process under construction towards the monitoring of forests and biodiversity	75
4	Evaluation of the forest management policy in Ecuador: proposal of economic incentives	77
5	Influence of UNEP in the redefinition of public forestry policies in Ecuador, 2008-2014	78
6	Ecuador: Review of the main characteristics of the forest resource and deforestation	9
7	Forest exploitation and wood markets in the Ecuadorian Amazon	7
8	Analysis document of the forest sector in the context of adaptation and mitigation to climate change of the land use, soil change, and silviculture (forestry) sector in Ecuador	17
9	Use of forest plantations in Imbabura, Ecuador	79
10	Ecuadorian outsourced forest control system	11
11	Improvement of the propagation of native forest species of the montane forest in the South of Ecuador	80
12	Silviculture as a critical element for the sustainability and management of the forest	73
13	Forestry: green economy opportunities and challenges.	81
14	The sectorial challenges towards the 21st century	82

Castillo Vizuite & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

Based on it, policies and programs were established to improve the control and sustainable management of its forests, with landscape approaches and with actions to mitigate the climate change caused by forestry and land use sectors [74, 75]. By reviewing the literature related to the current challenges of forest engineering in Ecuador, there were found some studies which are summarized in **Table 4**. The main challenges presented in **Table 4** can be given in 5 main lines of action: i) consolidation of a forestry and rural development policy, ii) increase of production, iii) expansion and consolidation of markets, iv) sustainability of forestry activity and v) modernization of rural life through the implementation of technology. Additionally, specific challenges are suggested for achieving forest production agreements between the government and forest owners. Such challenges could be, for instance, the reduction of high entry costs, difficulties in access to financing, low access to technology, improvement of local governance, strengthening of sectorial institutions, increased association and development of managerial skills in producers [83]. The potential to address these challenges will depend on a better control and application of national legislation, control of the rate of deforestation and illegal logging, strengthening of markets for commercialization, technical and technological improvement in forestry activities, as well as on the consolidation of forest industry throughout the production chain [82].

4. CONCLUSIONS

There is no doubt that knowledge related to the wood production chain, as well as to the flow of goods and services is still insufficient. Therefore, it is necessary to make public and private information transparent for the development of a proposal to enhance the Ecuadorian laws on wood marketing in the country and to develop the research in all stages of forest use, since most of the activities are carried out through techniques, empirical knowledge and illegal extractions that hinder the management of forest resources, making this an unsustainable activity for the country. Forests are in synergy with biodiversity and are one of the most important natural resources that Ecuador has for its development; therefore, they should not be valued only in monetary terms for the wood they offer.

SUPPLEMENTARY MATERIALS

Not the case.

FUNDING

This work did not receive external funding.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the support of Escuela Superior Politécnica de Chimborazo through his rector Byron Vaca Barahona and the help of the RETOUR Research Project Team (IDI - ESPOCH), specially to Gabriela Román and Maribel Parra. The authors would like to thank the anonymous reviewers for their valuable comments and suggestions that helped in improving this paper.

CONFLICT OF INTEREST

The authors do not declare any conflict of interest.

APPENDIX

Not the case.

EXTENDED ABSTRACT – REZUMAT EXTINS

Titlu în Română: Provoacări cu care se confruntă pădurile și industria forestieră din Ecuador

Introducere: Ecuador este una dintre cele 17 țări considerate a fi mega diverse din punct de vedere al biodiversității. Pădurile ocupă mai mult de jumătate din suprafața Ecuadorului care deține suprafețe însemnate ce pot fi utilizate ca teritorii forestiere, multe dintre acestea fiind situate în terenurile administrate de comunități, populațiile indigene și în ariile protejate; aceste suprafețe sunt supuse diferitelor amenințări cum ar fi, de exemplu, exploatarea ilegală. În prezent, Ecuador deține o suprafață împădurită de 9,7 milioane de hectare dintre care aproximativ 3 milioane de hectare sunt ocupate de păduri naturale care pot fi utilizate și dintre care circa 600 mii hectare sunt utilizate. Sistemul forestier actual al Ecuadorului are ca obiectiv principal conservarea și managementul sustenabil al pădurilor naturale. De asemenea, în contextul silviculturii planificate, s-a constatat necesitatea unor schimbări urgente pentru a se întruni necesitățile locale și pentru a satisface cererea curentă de lemn. Dată fiind importanța pădurilor în Ecuador, lucrarea de față a vizat caracterizarea resurselor forestiere și a contribuției lor în economie, descrierea tipului de management și utilizare a resurselor forestiere, caracterizarea gradului de mecanizare în operațiile forestiere și a accesibilității pădurilor, identificarea provocărilor actuale relaționate cu sectorul forestier din Ecuador și a cercetărilor realizate pentru a se răspunde unor astfel de provocări.

Materiale și metode: Informațiile cu privire la sectorul forestier din Ecuador au fost cele care s-au identificat în literatură, incluzând aici articole publicate pe subiect, planuri de management și cărți de profil. Publicațiile menționate au fost selectate pe baza cunoștințelor și experienței autorilor. Lucrarea de față a fost concepută astfel încât să adreseze șase arii tematice: i) caracterizarea resurselor forestiere și a contribuției acestora în economie, ii) descrierea managementului forestier și a modului de utilizare a resurselor forestiere, iii) caracterizarea gradului de mecanizare în operații forestiere, iv) caracterizarea accesibilității pădurilor, v) identificarea provocărilor actuale cu care se confruntă sectorul forestier și vi) stadiul actual al cercetărilor realizate în răspuns la provocările curente ale sectorului forestier. În Ecuador există diferențe între conceptele de management și utilizare a resurselor forestiere. Ca atare, provocările actuale au fost definite în acord cu circumstanțele în care se află sectorul forestier ecuadorian.

Rezultate și discuții: Sectorul forestier din Ecuador este caracterizat prin contribuția sa economică sub formă de materii prime sau prelucrate. Această abordare a determinat apariția unor inițiative majore sub forma unor reguli de utilizare sustenabilă a resurselor forestiere, precum și sub forma unor acțiuni realizate de actorii din lanțul de custodii de profil. Sectorul forestier este considerat a aduce valoare adăugată directă industriilor ce contribuie la produsul intern brut și este unul dintre sectoarele economice ale Ecuadorului care a fost prioritizat de guvern pentru promovarea dezvoltării economice. Ca atare, sectorul forestier din Ecuador a avut o contribuție de 1.364,5 milioane \$ în 2018, reprezentând 1,3% din produsul intern brut al Ecuadorului. O mare parte a dezvoltării mecanizării forestiere în Ecuador depinde de susținerea acordată de toți actorii implicați în sectorul forestier. În prezent, țara prezintă un deficit al mecanizării operațiilor de exploatare a lemnului și în multe cazuri companiile nu dețin mașini sau echipament de bază necesar în operații. Sunt necesare eforturi importante ale părților implicate pentru desfășurarea activității într-un mod sustenabil și este recomandată dezvoltarea unor politici forestiere adecvate, care să promoveze un echilibru între creșterea economică și sustenabilitatea resurselor naturale, aspect care i-ar permite sectorului forestier să se dezvolte și să îmbunătățească condițiile sociale, economice și de mediu ale țării.

Concluzii: Fără dubiu, informațiile actuale cu privire la sectorul forestier și la fluxul de bunuri și servicii pe care acesta îl generează, sunt insuficiente. De aceea, este necesară creșterea gradului de transparență cu privire la informațiile publice și private care caracterizează sectorul pentru a susține dezvoltarea legilor ecuadoriene cu privire la comercializarea internă a lemnului, precum și pentru a se dezvolta cercetările referitoare la toate stadiile specifice

Castillo Vizuete & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

utilizării pădurilor din moment ce, în prezent, majoritatea acestor activități sunt realizate prin tehnici bazate pe cunoștințe aproximative care afectează managementul resurselor forestiere, ceea ce conduce la activități în domeniu care nu sunt sustenabile. Pădurile se află în sinergie cu biodiversitatea și reprezintă una dintre resursele naturale cele mai importante pe care Ecuadorul le poate utiliza pentru dezvoltarea proprie.

Cuvinte cheie: Ecuador, păduri, provocări, mecanizare, management, inginerie.

REFERENCES

1. MAE, 2013: Sistema Nacional de Control Forestal. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. Available at: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/CONTROL-FORESTAL.pdf>.
2. Portela L., Rivero A., Portela L., 2019: Valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos en montañas de Guamuhaya, Cienfuegos, Cuba. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(3), 47-55. ISSN: 2218-3620.
3. Gavilanes A., 2020: Capacity of the Ecuadorian Amazonian Rainforest to Provide Ecosystem Services: An Evaluation of Plant Uses, Capacity to Provide Products and Services and Perception on the Landscape Management Systems in the View of Local Stakeholders. PhD thesis, Transilvania University of Brasov. Available at: https://www.unitbv.ro/documente/cercetare/doctorat-postdoctorat/sustinere-teza/2020/gavilanes-montoya/Gavilanes-Montoya_2020_RezumateEN.pdf.
4. Azorín M., Huerta R., 2006: Semilla, frutas, leña, madera: el consumo de plantas entre las sociedades cazadoras-recolectoras. *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*. 8, 35-51.
5. Nasi R., Wunder S., Campos J., 2002: Servicios de los Ecosistemas Forestales. Podrían ellos pagar para detener la deforestación. México. D.F: CATIE.
6. Blaser J., Gregersen H., 2013: Forests in the next 300 years, *Unasylva*. 64(1), 240.
7. Mejía E., Pacheco P., 2013: Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana. Center for International Forestry Research (CIFOR): Bogor, Indonesia, 97.
8. Zambrano C., León L., 2016: Una mirada. Republica de Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 2(3), 55-66. ISSN: 2477-8818.
9. Sanchez M., Reyes C., 2015: Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 41-54. DOI: <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i1.70>.
10. SECAP, 2014: Conversatorio: "Prospectivas del Sector Forestal para la Formación Ocupacional del Servicio Público 2014", 29.
11. Navarro G., Del Gatto F., Schroeder M., 2009: Sistema ecuatoriano tercerizado de control forestal. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
12. Peñaherrera D., 2003. Proyecto de producción, comercialización y exportación de madera teca al mercado español. Bachelor's thesis, Universidad Tecnológica Equinoccial. Available at: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6838/1/20009_1.pdf.
13. Burgos B., Delgado D., 2018: Estudio económico del comportamiento de la madera en el Ecuador en los últimos años. 2009-2017. Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social. (25).

Castillo Vizuete & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

14. Merchán W., León F., 2017: Análisis de las oportunidades de exportación de balsa y de los pequeños productos mediante los beneficios de las Economía Popular y Solidaria. Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Available at: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24654>.
15. López N., Muñoz J., 2017: La producción forestal una actividad con alto potencial en el Ecuador requiere un cambio de visión. *Bosques Latitud Cero*, 7(1), 69-76.
16. Sierra R., 2003: The role of domestic timber markets in tropical deforestation and forest degradation in Ecuador: Implications for conservation planning and policy. *Ecological Economics*, 36(2), 327-340.
17. Viteri A., Cordero E., 2010: Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso de suelo, cambio de suelo, y silvicultura (forestal) en el Ecuador. Ministerio del Ambiente, República de Ecuador, 6, 5-7.
18. Añazco M., Morales M., Palacios W., Vega E., Cuesta A., 2010: Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible. ISBN: 9789942996633.
19. Cueva A., Rodríguez G., 2011: Descripción de los incentivos de orden tributario en el sector de la inversión y su importancia como gasto fiscal en la economía del Ecuador. Bachelor's thesis, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Available at: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6186>.
20. Romero M., Velasteguí D., Robles M., 2011: Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador. Quito, Ecuador.
21. Arias E., Robles M., Romero M., Villegas T., Tene W., Galindo G., 2010: Aprovechamiento de los recursos forestales en Ecuador. Ecuador. Available at: http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/Aprov_RFE_0709.pdf
22. FAO, 2010: Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
23. Aguilar C., 2014: Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y Aster para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador. Master's Thesis, Universidad Nacional de la Plata. Available at: <https://doi.org/10.35537/10915/34487>.
24. Jadán O., Torres B., Selesi D., Peña D., Rosales C., Günter S., 2016: Diversidad florística y estructura en cacaotales tradicionales y bosque natural (Sumaco, Ecuador), 19(2), 5-18. ISSN: 0120-0739.
25. Gavilanes A., Castillo D., Toaza J., Marcu M., Borz S., 2019: Importance and use of ecosystem services provided by the amazonian landscapes in Ecuador-evaluation and spatial scaling of a representative area. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering Series II*, 12(2), 1-26.
26. Gray C., Bozigar M., Bilsborrow R., 2015: Declining use of wild resources by indigenous peoples of the Ecuadorian Amazon. *Biological conservation*, 182, 270-277.
27. Gavilanes A., Castillo D., Ricaurte C., Marcu M., 2019: Known and newly documented uses of rainforest plant species in the Pastaza region, Ecuador. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering Series II*. 12(1), 35-42.

Castillo Vizuite & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

28. Manchego C., Hildebrandt P., Cueva J., Espinosa C., Stimm B., Günter S., 2017: Climate change versus deforestation: Implications for tree species distribution in the dry forests of southern Ecuador, 12(12), e0190092.
29. MAE, 2018: Estadística del Patrimonio Natural del Ecuador Continental. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. Available at: https://proamazonia.org/wp-content/uploads/2019/10/ECUADOR_Folleto_Patrimonio_Natural_compressed.pdf.
30. Holland M., Jones K., Naughton L., Freire J., Morales M., Suárez L., 2017: Titling land to conserve forests: The case of Cuyabeno Reserve in Ecuador. *Global Environmental Change*, 44, 27-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.02.004>.
31. Valdez M., Cisneros P., 2020: Gobernanza ambiental, Buen Vivir y la evolución de la deforestación en Ecuador en las provincias de Tungurahua y Pastaza. *Foro, Revista de Derecho*, (34), 146-167. Available at: <http://167.172.193.213/index.php/foro/article/view/1467>.
32. MAE, 2017: Deforestación del Ecuador continental periodo 2014-2016. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. Available at: <http://reddecuador.ambiente.gob.ec/redd/wp-content/uploads/2019/12/Anexo-5.-Informe-de-Deforestaci%C3%B3n-Ecuador-Continental-periodo-2014-2016.pdf>.
33. MAE, 2014: Plan Nacional de Restauración Forestal 2014-2017. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. Available at: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155383anx.pdf>.
34. Peña M., Junco D., Rosa R., 2017: Fundamentos jurídico-metodológicos para un sistema de pagos por servicios ecosistémicos en bosques del Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 109-17.
35. MAE, 2018: Programa Nacional de Reforestación con fines de conservación ambiental, protección de cuencas hidrográficas y beneficios alternos. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. Available at: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/REFORESTACION.pdf>.
36. PRO ECUADOR, 2020: Negocios sin fronteras: Forestal y Derivados. Available at: <https://www.proecuador.gob.ec/forestal-y-derivados/>.
37. BCE, 2018: Información Estadística Mensual 2018. Quito, Ecuador: Banco Central del Ecuador. Available at: <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>.
38. MAE, 2011: Aprovechamiento de recursos forestales en el Ecuador y procesos de infracciones y decomisos. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. Available at: http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/PD%20406_06_%20Forest%20Harvesting%20in%20Ecuador%202010%20offenses%20and%20forfeiture.pdf.
39. FAO, 2003: Los bosques y el sector forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Available at: <http://www.fao.org/forestry/country/57478/es/ecu/>.
40. Bifani P., 1999: Medio ambiente y desarrollo sostenible. IEPALA Editorial, pp. 606-607.
41. Meza J., 2001: Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América latina.
42. Acuerdo Ministerial No. 131. Artículo 3, 2010: Normas para el Manejo Forestal Sustentable para el Aprovechamiento de Madera. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.

Castillo Vizuite & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

43. Borz S., Ignea G., Vasilescu 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), 6938-49.
44. Borz S., 2015: A review of the Romanian and international practices in skidding operations. In XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa, pp. 7-11.
45. Galloway G., 1987: Criterios y estrategias para el manejo de plantaciones forestales en la sierra ecuatoriana.
46. Wunder S., 2001: Deforestation and economics in Ecuador: A síntesis. Forestry Discusión Paper 35, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. ISSN: 1397-9523.
47. Barrantes G., Chaves H., Vinueza M., 2001: El Bosque en el Ecuador Una visión transformada para el desarrollo y la conservación. COMAFORS. Ecuador. Available at: <http://www.comafors.org/biblioteca/publicaciones/el-bosque-en-el-ecuador-402.html>.
48. FAO-INEFAN, 1995: Estrategia del PAFE para el desarrollo sustentable de la industria forestal. Diagnóstico del sector forestal del Ecuador. Documento trabajo. Quito, Ecuador.
49. MAE, 2003: Proyecto emergente de control forestal. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
50. Birundu A., Suzuki Y., Gotou J., Nagai H., Hayata Y., Yamasaki S., 2016: Assessing the possibility of incorporating Japanese small-scale logging systems into forest operations in Kenya. From Theory to Practice: Challenges for Forest Engineering, 99.
51. Yoshida M., Sakai H., 2019: Short history of forest mechanization and its perspectives in Japan. In Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and sustainable development", Braşov, Romania, 25-27 October 2018, pp. 65-72.
52. Palacios D., Andrade D., 2019: Agricultural mechanization in the cultivation of palm oil bottle (*Elaeis guineensis Jacq.*) in Ecuador. *IAETSD Journal for Advanced Research in Applied Sciences*. ISSN: 2394-8442
53. Álvarez D., Betancourt Y., Rodríguez J., Pastor J., Vallalba M., Alaejos J., 2010: Aprovechamiento forestal. University of Pinar del Rio, Cuba, 148.
54. Ojeda T., Zhunusova E., Günter S., Dieter M., 2020: Measuring forest and agricultural income in the Ecuadorian lowland rainforest frontiers: Do deforestation and conservation strategies matter?. *Forest Policy and Economics*, 111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.102034>.
55. Aguirre L., 2009: Efecto del tratamiento sivicultural de corta de lianas en el crecimiento de los árboles en el Bosque Residual de la UNAS. Bachelor's thesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Available at: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/693>.
56. Bruijnzeel L., 2004: Los bosques tropicales y los servicios ambientales. Acaso los árboles impiden ver el terreno?. Available at: https://www.portalces.org/sites/default/files/referencias/053_Bruijnzeel%202004%20Bosques-Servicios%20ambientales.pdf.
57. Erazo G., Izurieta J., Cronkleton P., Larson A., Putzel L., 2014: El uso de pigüe (*Piptocoma discolor*) por los pequeños productores de Napo, Ecuador: Manejo sostenible de una especie pionera de madera para los medios de vida locales. *CIFOR*, 26.

Castillo Vizuite & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

58. Proto A., Macrì G., Visser R., Russo D., Zimbalatti G., 2018: Comparison of Timber Extraction Productivity between Winch and Grapple Skidding: A Case Study in Southern Italian Forests. *Forests*, 9(2), 61.
59. Talagai N., Marcu M., Zimbalatti G., Proto A., Borz S., 2020: Productivity in partly mechanized planting operations of willow short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*, 138, 105609.
60. Ramírez M., Jiménez M., Martínez A., 2005: Estructura y densidad de la red de caminos en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Investigaciones geográficas*, (57), 68-80.
61. Orozco L., Brumér C., Quirós D., 2006: Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. Turrialba, CATIE.
62. Dykstra D., Heinrich R., 1996: Sustaining tropical forests through environmentally sound harvesting practices. *Unasylva*, 169(43), 9-15. Available at: Disponible en: <http://www.fao.org/3/u6010e/u6010e04.htm>
63. Kometter R., 2016: Condiciones habilitantes de la opción de mitigación del sector forestal: Manejo Forestal Sostenible en Concesiones Forestales Maderables. Proyecto Plan CC.
64. Durini F., 2005: Plan de manejo forestal integral unidad de manejo forestal hoja blanca del sur. Quito, Ecuador. Available at: [https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2000/Technical/PLAN%20DE%20MANEJO%20HOJA%20BLANCA%20Actualizado%20\(al%2002-03-06\).pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2000/Technical/PLAN%20DE%20MANEJO%20HOJA%20BLANCA%20Actualizado%20(al%2002-03-06).pdf).
65. Cornelius J., Ugarte L., 2010: Introducción a la Genética y domesticación forestal para la Agroforestería y Silvicultura. Notas de clase. Lima, Perú. Centro Mundial para la Agroforestería (ICRAF), pp. 124-125.
66. Manzanero M., Pinelo G., 2004: Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. Fondo Mundial para la Naturaleza & PROARCA. San Francisco de Dos Ríos. Available at: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/wwfca_plansivi.pdf.
67. Sabogal C., Pokorny W., Louman B., 2008: Manejo forestal comunitario en América Latina: experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro. CIFOR-CATIE, Belem, Brazil.
68. Borz S., Acuna M., Heinemann H., Palander T., Spinelli R., 2017: Innovating the competitive edge: from research to impact in the forest value chain: half-century of FORMEC. *Annals of Forest Research*, 60(2), 199-201.
69. Jiménez E., Fonseca W., Pazmiño L., Jiménez E., Fonseca W., Pazmiño L., 2019: Sistemas silvopastoriles y cambio climático: estimación y predicción de biomasa arbórea. *la granja Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1), 45-55.
70. Añazco M., Lojan L., Yaguache R., 2004: Productos forestales no madereros en el Ecuador (PFNM) una aproximación a su diversidad y usos. DFC/FAO/Ministerio de Ambiente/Gobierno de los Países Bajos. Available at: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016072858>.
71. Vásquez E., 2004: La industria forestal del Ecuador. COMAFORS, Quito, Ecuador.
72. Grijalva J., Checa X., Ramos R., Barrera P., Vera R., Sigcha F., 2016: Estado de los recursos genéticos forestales en Ecuador. Programa Nacional de Forestería del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIAP, Quito, Ecuador, pp. 100-101.

Castillo Vizquete & Gavilanes Montoya: Challenges Faced by the Ecuadorian Forests...

73. Pulido C., 2014: La silvicultura como elemento crítico para la sostenibilidad y el manejo del bosque. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 147-153. ISSN 2145-6097.
74. Asamblea Constituyente, 2008: Constitución de la República del Ecuador. Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador. Registro oficial Nro, 449, pp. 79.
75. Segura D., Jiménez D., Chinchero M., Iglesias J., Sola A., 2015: Evaluación nacional forestal del Ecuador, un proceso en construcción hacia el monitoreo de los bosques y la biodiversidad. In XIV congreso forestal mundial.
76. Espinoza M., Chavarría J., Granda M., 2019: Apuntes sobre los derechos de la naturaleza en la Constitución de la República del Ecuador del 2008. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 157-166.
77. Falconí F., Burneo D., 2005: Evaluación de la política de manejo forestal en el Ecuador: propuesta de incentivos económicos. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Quito, Ecuador.
78. Colmenares A., 2017: Influencia del PNUMA en la redefinición de las políticas públicas forestales del Ecuador, 2008-2014. *Estado & comunes, revista de políticas y problemas públicos*, 2(5). ISSN electrónico: 2477-9245.
79. Armas M., Paredes L., 2019: Aprovechamiento de plantaciones forestales en Imbabura, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 8(2), 98-106.
80. Aguirre N., Günter S., Stimm B., 2008: Mejoramiento de la propagación de especies forestales nativas del bosque montano en el Sur del Ecuador. *Revista Científica Universitaria*, 8(1), 57-66.
81. Valverde S., 2012: Silvicultura brasileira: oportunidades e desafios da economia verde. Rio de Janeiro: FBDS, pp. 40-41. Available at: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14985/1/Silvicultura%20brasileira_P.pdf.
82. Loewe V., Ravanal C., 1999: Sector forestal: oportunidades y desafios para el siglo XXI. Santiago. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Veronica_Loewe_M/publication/263102700_Agricultura_familiar_campesina_y_desarrollo_forestal/links/5d8a62ae458515202b658350/Agricultura-familiar-campesina-y-desarrollo-forestal.pdf.
83. Chaebo G., Neto N., Campeão P., Noriller R., Lucena R., 2011: Silvicultura em mato grosso do sul: desafios e perspectivas a formação de um arranjo produtivo local. *Revista de Administração da Universidade Estadual de Goiás*, 2(2), 23-39. ISSN: 2236-1197.



EFFECTS OF SAMPLING STRATEGY ON THE ACCURACY OF POSTURAL CLASSIFICATION: AN EXAMPLE FROM MOTOR-MANUAL TREE FELLING AND PROCESSING

Stelian Alexandru Borz ^{a,*}, Sarahi Nicole Castro Pérez ^a

^aDepartment of Forest Engineering, Forest Management Planning and Terrestrial Measurements, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Transilvania University of Brasov, Șirul Beethoven 1, Brasov 500123, Romania, stelian.borz@unitbv.ro. (S.A.B.), sarahi.castro@student.unitbv.ro (S.N.C.P.)

HIGHLIGHTS

- A population of 6608 observations was used for random and systematic sampling.
- Sample sizes of 5 to 10% seem to preserve a good accuracy.

ARTICLE INFO

Article history:
Manuscript received: 09 December 2020
Received in revised form: 10 December 2020
Accepted: 10 December 2020
Page count: 23 pages.

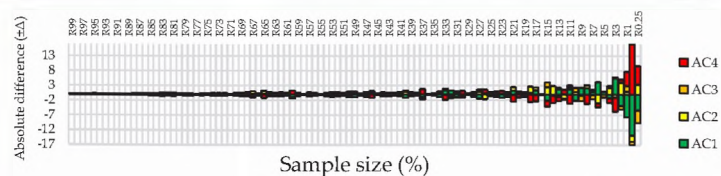
Article type:
Research Article

Editor: Stelian Alexandru Borz

Keywords:

Accuracy
Sampling
Random
Systematic
OWAS

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

The OWAS method has gained a lot of interest in forestry. While it relies on data processed as shares, its use can be resource-challenging and the trade-off between accuracy, sample size and sampling strategy is important. A dataset of 6608 observations was used as population (U) for random (R) and systematic sampling (S). R was done at 0.25, 0.5 and from 1 to 99% (step of 1%) of the U. S was adapted to get the finest rates up to an interval of 150Hz, followed by an incremental dilution up to 1500Hz. For each sample, shares on action categories and tasks were extracted and compared against the population, then the margin of errors and absolute differences were computed. For a targeted margin of error of $\pm 5\%$, a sample size of ca. 5% seemed to be sufficient to get accurate results irrespective of the sampling approach since the absolute experimental differences were of up to ± 2.1 for the shares on action categories and tasks, respectively. For higher sample sizes the differences were lower and more consistent for systematic sampling while the results of comparison tests revealed significant differences only for very low sample sizes (very high absolute differences). Therefore, a sufficient sample could be of 5 to 10% of the population size and the systematic sampling should be used whenever possible. Nonparametric comparison of sampled against the population data should be used with caution.

* Corresponding author. Tel.: +40-742-042-455.
E-mail address: stelian.borz@unitbv.ro

1. INTRODUCTION

Methods and techniques of ergonomics have been often used to design and improve labor conditions as well as to evaluate and validate the sustainability of human labor in many industrial sectors. Forestry makes no exception to that given the high risks which characterize many of its specific operations [1]. Among the approaches of ergonomics, a particular attention was given to the assessment of working postures with the aim to find ways to improve them and to reduce the risks to which the workers may be exposed [2]. Several methods for postural assessment have been developed, tested and used in time [3], out of which the observational ones are typically used as a low-cost ergonomic assessment alternative.

The Ovako Working Posture System Analysis (OWAS) is one of the commonly used observational methods for postural analysis and ergonomic improvement [2]. It was developed and tested in Finland [4, 5] to characterize the body posture during work by codes attributed to three body segments - back, arms and legs - to which an additional code is given to characterize the exertion of force. Since the method is based on work sampling which may be done at variable or constant intervals, providing the frequency of each posture [4], additional coding procedures may be used to document the work task in which a given body posture was observed [2]. Typically, evaluations done by the OWAS method output a set of four-digit codes, each of them characterizing an observed instance by the posture of the back, arms, legs and force exertion which are evaluated from sets of 4, 3, 7 and 3 possible postures, respectively; these are naturally leading to a maximum number of 252 possible postural combinations [e.g. 6, 7] which are then included in four action categories that indicate the urgency of improvement measures to be taken [e.g. 8]. Based on the observed frequencies, one may calculate a postural risk index which accounts for variability in the data and which may be used to generally characterize a job [9].

Following its development, the method has been moved on computers [10-12] and it was widely used in many industrial sectors to evaluate the body postures during work [13], becoming one of the traditional approaches to working postures evaluation [14]. Accordingly, it entered in forestry where it has been used to evaluate the working conditions related to the body posture in several types of operations [e.g. 7-9, 15-20].

The OWAS method uses data that is typically collected by sampling to compute the relative frequencies on action categories. For doing so, two main sampling strategies were most commonly used: random and systematic sampling, respectively. For instance, random sampling has been used in recent work [e.g. 8, 15, 18, 19] to collect the input data needed to establish the relative frequencies on action categories and to estimate the postural risk index. The approach used to establish the sample size was either by a fixed number of observations or that to cover a given share of the data sampled in the field. The systematic sampling approach was also implemented by recent studies [e.g. 16, 17, 21], typically by using a one-second sampling interval to extract still images from media files. Recent findings [21] indicate an excellent reliability of this sampling approach for sampling intervals less than 10 seconds, which was still acceptable for sampling intervals of up to 60 seconds. However, large datasets may hinder the extent of given studies due to a limited availability of research resources. Considering this, one could opt for a random

sampling approach which could limit the effort needed. Still, a comparison between the results that these approaches may output is missing while the sampling effort may be affected substantially depending on the required precision. Since the relative frequencies on action categories are typically used to make decisions for improvement, then one needs also to know what tasks could require actions for improvement. Assuming that for a given relative frequency of data on action categories the results of the two sampling strategies will be similar, then there is the question if the relative frequency on tasks would be also similar to that of the population.

This study aimed to compare two sampling strategies which are commonly used in postural assessment, based on a dataset coming from motor-manual tree felling and processing operations. The objectives of this study were the following: i) to check the intra-reliability of the two sampling strategies based on the amount of data and sampling intervals used, ii) to estimate the margin of error based on the above and iii) to evaluate the inter-reliability of the two sampling strategies by a comparison approach.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Description of the Dataset

A dataset containing 6608 observations (still images) extracted systematically at a rate of 1Hz from continuously collected video files was assumed to be the population (U , $i = 1$ to 6608) of this study. Video files were collected to evaluate the performance of motor-manual tree felling and processing operations in poplar clearcuts and the procedures used to collect the data, as well as data processing and analytical steps taken to document the data are given in full detail in [17]. The extracted images were used for coding procedures according to the Ovako Working posture Analysis System (OWAS) which were complemented by a description of the work task to which they belonged, by a manual approach. Worth mentioning here the fact that the postural analysis was done by an experienced researcher who had previously worked on similar analytical tasks. The main difference in the dataset compared to the study of [17] was that some datapoints which were considered to be irrelevant for this study were removed, as well as the fact that categorization of work tasks was simplified by merging the data from some categories of work tasks which were designed in the previous study. Accordingly, seven types of events (work tasks), as being the most relevant for the observed operations, were taken into consideration in this study, as described in **Figure 1** and **Table 1**.

Procedurally, a matrix was developed using the Microsoft Excel ® software to contain numerical and categorical attributes of the dataset (U) according to the requirements of the OWAS postural assessment system [2, 6]. For each observation (i) contained in P , codes were given to describe the posture of the back (b , $b = 1$ to 4), arms (a , $a = 1$ to 3) and legs (l , $l = 1$ to 7) while the force exertion (f) was assumed to be always 1 ($f = 1$), an approach that resulted in a four-digit code for each i . Based on the information contained in the video files, each observation was additionally documented by a string to describe the work task to which it belonged (t , $t =$ Pause, Prepare, Move, Notch, Fell, Delimb, Buck, Technical) while the four digit code was used to classify the body posture in a given action category (AC , $AC = 1$ to 4). Classification on action categories was based on the matrix given in papers addressing the methodological features of using the OWAS method

[e.g. 6, 7] and it was done automatically by implementing a code written in Visual Basic for Applications ®. The final database, which was used to apply the sampling strategies and to evaluate their outcomes, contained an identification number, a string to describe the task and a string to describe the action category. In addition, this database was used to extract the data needed to estimate the main descriptive statistics of the dataset and to check the normality of data. For this reason, the individual observation data was merged on events, in the real sequence of work to compute their individual time consumptions assuming an accuracy of one second. Then, the data was summarized and the normality check and the development of descriptive statistics as box plots was done using the Real Statistics ® tool pack which was installed under Microsoft Excel ®.

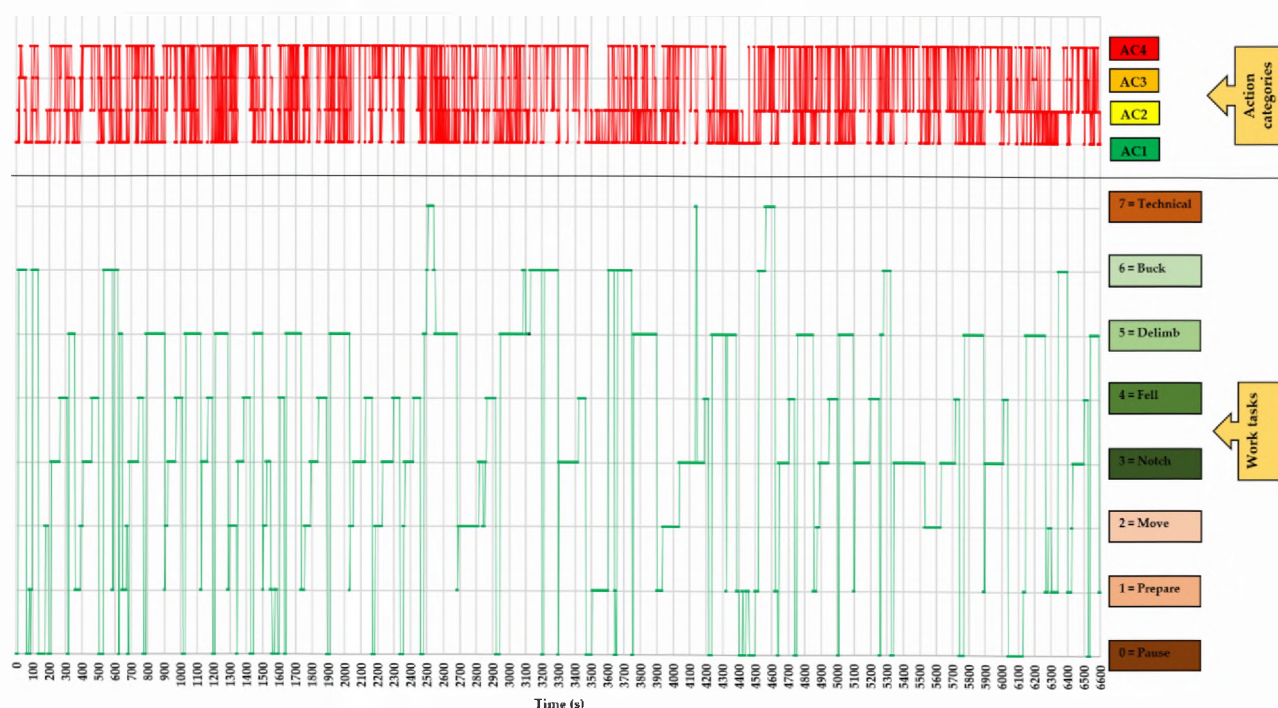


Figure 1. Description in the time domain of the dataset used as a population (U) in the study. Legend: in red - distribution of the population data (U) on action categories (AC1 to AC4 - action categories 1 to 4 according to the OWAS system); in green - distribution of the population data (U) on work tasks.

Figure 1 is showing the dataset used in this study from two perspectives: the distribution of observations on action categories plotted in the time domain (red) and the distribution of observations on the identified work tasks in the time domain (green). It also gives an overview on the typical durations of different work tasks as well as on their variability in terms of time consumption. The dataset used was characterized by a dominance of observations classified in the action category 4 and a small prevalence of those classified in the action category 3 (**Table 1**). Distribution of observations on tasks was similar, in the sense that two of them dominated in the sample size, two accounted for small shares, while the rest accounted for rather even shares. Similar to the study of [17] the initial data indicates the need for actions to correct the working postures. In what regards the work tasks, some data succeeded to show something emulating the typical work cycles (*i.e.* data points from ca. 200 to ca. 2000 seconds, excluding bucking), while the rest of the data has failed to do so, mainly due to the intercalation of other tasks in the time sequence.

Table 1. Description and main statistics on action categories and tasks characterizing the population taken into study

Action category (AC) or Task (T)	Number of observations	Share in the population (%)	Description and comments
AC1	1908	28.87	Action category 1: normal (neutral) posture, no intervention required.
AC2	1338	20.25	Action category 2: intervention required for correction in the near future.
AC3	277	4.19	Action category 3: intervention required for correction as soon as possible.
AC4	3085	46.69	Action category 4: intervention required for correction immediately.
Pause	717	10.85	Rest pauses and delays: events including rest pauses and other delays excepting those caused by technical reasons.
Prepare	611	9.25	Preparation of workplace: events consisting of removal of brush vegetation around the trees to be felled.
Move	532	8.05	Worker movement: movement of worker between trees and to other places to carry on productive work. Excludes movements around the tree to make the felling cuts.
Notch	1514	22.91	Making the notch: cuts done by the worker to make the notch, including small movements around the tree.
Fell	798	12.08	Making the felling cut: cut done by the worker to fell the tree, including small movements around the tree and movements on the escape path.
Delimb	1711	25.89	Tree delimiting: cuts done by the worker to remove branches, including small movements along the tree.
Buck	622	9.41	Tree bucking: cuts done by the worker to recover wood assortments, including movements along the felled tree.
Technical	103	1.56	Solving technical problems such as releasing the blade from the cuts.

In addition to the main statistical descriptors such as the absolute and relative frequency of observations, **Table 1** is giving also a description of the action categories and work tasks. As shown, the approach taken to separate the work tasks was based also on the known procedures for carrying on the work tasks. For instance, making the notch requires many times uncomfortable body postures to be taken, which is similar to felling cut. Accordingly, tree delimiting may differ substantially from tree bucking from a postural point of view. Some general descriptions of ergonomics in such work tasks, including those related to the body posture are given in [23].

2.2. Sampling Strategy

Two data sampling methods were used in this study: random sampling without replacement (hereafter *R*) and systematic sampling (hereafter *S*). Random sampling was done incrementally at

Borz & Castro Pérez: Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification...

0.25, 0.5 and from 1 to 99% of the population size using a step set at 1%. Systematic sampling was adapted to get the finest sampling rates up to an interval of 150Hz (step of 1Hz), followed by an incremental rate dilution up to an interval of 1500Hz. An enhanced description of the rates set for the two sampling strategies is given in Table 2.

Table 2. Description of the sampling methods and rates used to extract the data

Sampling method	Abbreviation	Sampling rates
Random sampling without replacement (<i>R</i>)	<i>R</i> 0.25	0.25%
	<i>R</i> 0.50	0.50%
	<i>R</i> 1 to <i>R</i> 99 (e.g. <i>R</i> 5, <i>R</i> 89)	1 to 99% (step of 1%)
	<i>S</i> 2 to <i>S</i> 150 (e.g. <i>S</i> 3, <i>S</i> 4, <i>S</i> 149)	2 to 150Hz (step of 1Hz)
Systematic sampling (<i>S</i>)	<i>S</i> 150 to <i>S</i> 200 (e.g. <i>S</i> 155, <i>S</i> 180)	150 to 200Hz (step of 5Hz)
	<i>S</i> 200 to <i>S</i> 300 (e.g. <i>S</i> 210, <i>S</i> 290)	200 to 300Hz (step of 10 Hz)
	<i>S</i> 300 to <i>S</i> 405 (e.g. <i>S</i> 315, <i>S</i> 390)	300 to 405Hz (step of 15 Hz)
	<i>S</i> 405 to <i>S</i> 505 (e.g. <i>S</i> 430, <i>S</i> 480)	405 to 505Hz (step of 25Hz)
	<i>S</i> 505 to <i>S</i> 1000 (e.g. <i>S</i> 800, <i>S</i> 900)	505 to 1000Hz (step of 100 Hz)
	<i>S</i> 1200	1200Hz
	<i>S</i> 1500	1500Hz

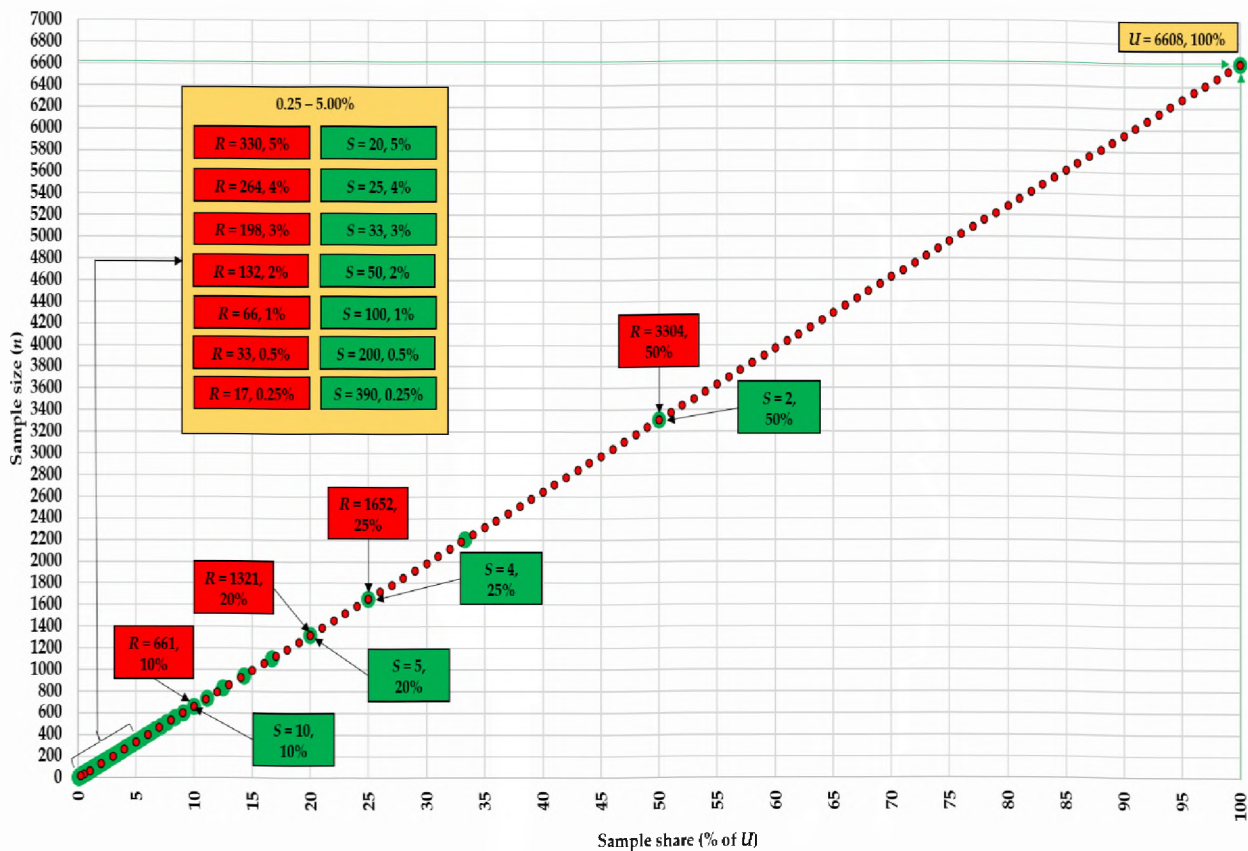


Figure 2. Description of the sampling strategy showing important milestones used in data comparison. Legend: *U* - population; *R* - random sampling without replacement; *S* - systematic sampling; red dots - datapoint characterizing the sample size and share for the random sampling (*R*) approach; green dots - the sample size and share for the systematic sampling (*S*) approach.

Random sampling (R) was supported by the generation of pseudorandom numbers and the extraction of samples using the data sampling functionalities of the Orange Visual Programming Software (OVPS) [22]. For doing so, the matrix developed in Microsoft Excel[®] was fed into an OVPS workflow that supposed the use of a Data File widget linked to the Microsoft Excel[®] database characterizing the population taken into study, and to a Data Sampler widget which enabled the settings for random data sampling. For each sampling rate chosen (Table 2), the number of observations was calculated and set in the Data Sampler widget then the Data Sampler was inter-linked to a Data Table widget to output the sampled data. To account for the sampling rates set for the random sampling (R), the procedure was repeated 101 times and the data produced this way was saved in independent Microsoft Excel[®] worksheets. Systematic sampling (S) was carried out exclusively in Microsoft Excel[®]. For this purpose, a logical function was used to extract each i^{th} row from the database, accounting for the intervals shown in Table 2. Following data extraction, it was saved in independent Microsoft Excel[®] worksheets. Figure 2 is showing the layout of the sampling approach as well as the main comparison points of the data used in this study. Comparison points between the sampling strategies were set at 50, 25, 20, 10, 5, 4, 3, 2, 1, 0.5 and 0.25% of the population size, respectively, mainly as an approach to check the effect of lower sample sizes on the differences between the two sampling strategies taken into study.

For each sample extracted by either the R or S approach, absolute frequencies (A) were summarized and used as a basis to compute the relative frequencies (P) on action categories (AC) and tasks (T), then the relative frequencies were used for intra- and inter-reliability comparisons and to estimate the margins of errors (MoE). For each sampling strategy and sampling rate, postural risk indexes (PRI) were computed according to the formula given in related research [9, 17-19], which accounted for the frequencies of observations on action categories. Then, the PRI s were graphically reported, accounting for each sampling strategy to show the differences due to the sample rate used.

2.2. Analytical Approach and Evaluation Metrics

The first analytical step was that of computing the margins of errors (MoE) by considering the sampling strategy used (R or S), the share of observations (P) on action categories (AC) and tasks (T), and the sampling rate used. For each sampling strategy, action category and task, these were plotted against the sampling rate. While the MoE are typically given as both, negative and positive values, for simplification in data reporting, which has been done by graphs, only the positive value was considered.

To calculate the margin of errors, Equation 1 was used, which is specific to percentage data analysis, being useful when there are multiple classes for which the results are summarized as percentages. As the MoE is a statistic which expresses the amount of random sampling error, therefore the confidence in the results, the approach was used to check and confirm the validity of the results outputted by the sampling strategies and rates taken into study.

Equation 1 has some important properties in data analysis. For instance, if a given share (P) approaches the 50% limit, then the MoE will be highest for that category among the rest. If the share (P) of a category approaches either 0 or 100%, then the MoE of that category will approach $\pm 0\%$. As such, for a given sampling strategy and sampling rate, a distribution close to 25% for each

Borz & Castro Pérez: Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification...

action category (AC) would naturally lead to the smallest figures of MoE distributed over all the classes of action categories. However, this was not the case of this study, where $AC4$ approached the limit of 50%, and it is usual in data reporting to use the highest MoE when a multi-class problem is in question. Accordingly, for the relative frequencies (P) on tasks (T) the best situation would have been that in which these would have been equal and close to 12.5%.

$$MoE = 1.96 \times \sqrt{\frac{P(100-P)}{n}} \quad (1)$$

where:

MoE is the margin of error, P is the share of observations (relative frequency) on a given action category (AC) or task (T) for a given sampling rate and sampling strategy and n is the number of observations for a given sampling strategy and sampling rate.

To compute the experimental differences, the original distributions of relative frequencies (P) on action categories (AC) and tasks (T), respectively, were kept as a control dataset. Then, the relative frequencies computed for each sampling strategy and sampling rate were used to compute the experimental differences (both, positive and negative) using **Equation 2**.

$$ED = PC - PE \quad (2)$$

where:

ED is the experimental (absolute) difference between the control data (C) and experimental data (E) computed for each sampling strategy, action category, task and sampling rate, PC is the share of observations (relative frequency) in control data for a given action category or task, PE is the share of observations (relative frequency) of a given action category (AC) or task (T) for a given sampling rate and sampling strategy.

Obviously, if for a given case PC equals PE for all the action categories or tasks, then by sampling, no experimental differences are produced and the used sampling strategy and rate could be considered as being excellent. If not, then the higher the positive or negative difference is, the less reliable the sampling strategy and sampling rate are. Data produced by the use of **Equation 2** was plotted in graphs that considered the sampling strategy, sampling rate, action categories and tasks, resulting in four graphs of which two were developed to characterize the differences at action category and task level for the random sampling and two were developed to characterize the same parameters for the systematic sampling. The choice of using the absolute differences between the values (**Equation 2**) was based on the assumption that relative frequencies were the outputs of the experimental design and they could be used as fixed numbers to characterize a given situation.

A first approach used to compare the data was that of just checking the results outputted in terms of margins of errors and experimental differences by a visual approach. However, given the type of data used, a second comparison approach was that to compare the relative frequencies

outputted by each sampling strategy and sampling rate against the control data. This was done both, at action category (*AC*) and task (*T*) level by the means of a χ^2 nonparametric test and it aimed to test the intra-reliability of sampling rate. Since only small differences were found in this case by using the mentioned statistical test, a third approach aimed at comparing the maximum absolute differences computed by considering the sampling strategy, sampling rate and *AC* and *T* datasets, respectively, having as a baseline the comparison points shown in **Figure 2**. For doing so, the differences relative to the control dataset were computed for each comparison point (sample size), then the negative values were converted into positive ones and the maximum values identified in the categories of *AC* and *T* were used as reference for comparison between the sampling strategies (*R*, *S*).

3. RESULTS

3.1. Description of Data

Figure 3 is giving the main descriptive statistics of the time consumption dataset which was developed according to the description given in materials and methods. Half of the task variables (Pause, Move, Prepare and Notch) failed the normality check, an assumption which was valid only for the rest of them (variables that passed the normality check are given with an “*”).

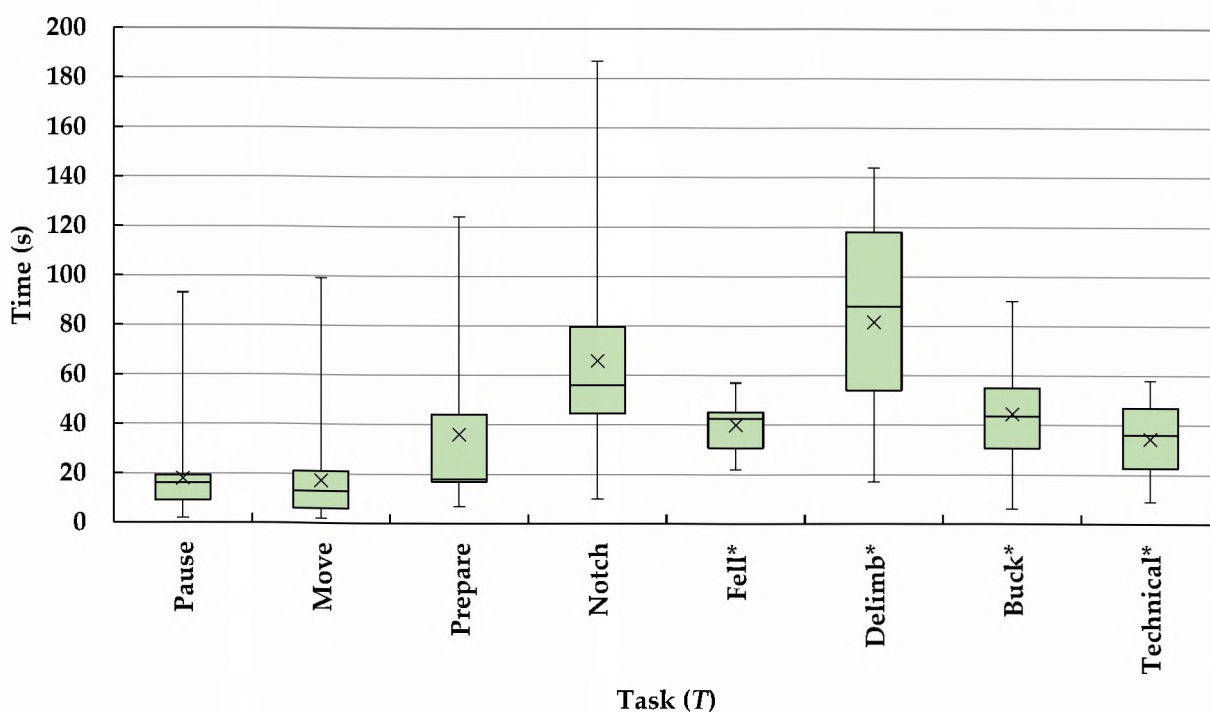


Figure 3. Descriptive statistics of the time consumption dataset.

There were 40, 31, 17, 23, 20, 21, 14 and 3 events classified as Pause, Move, Prepare, Notch, Fell, Delimb, Buck and Technical, respectively. On average, these events took 18 (Pause), 17 (Move), 36 (Prepare), 66 (Notch), 40 (Fell), 81 (Delimb), 44 (Buck) and 33 seconds (Technical), respectively, but the variation in data was quite large (**Figures 2 and 3**).

Borz & Castro Pérez: Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification...

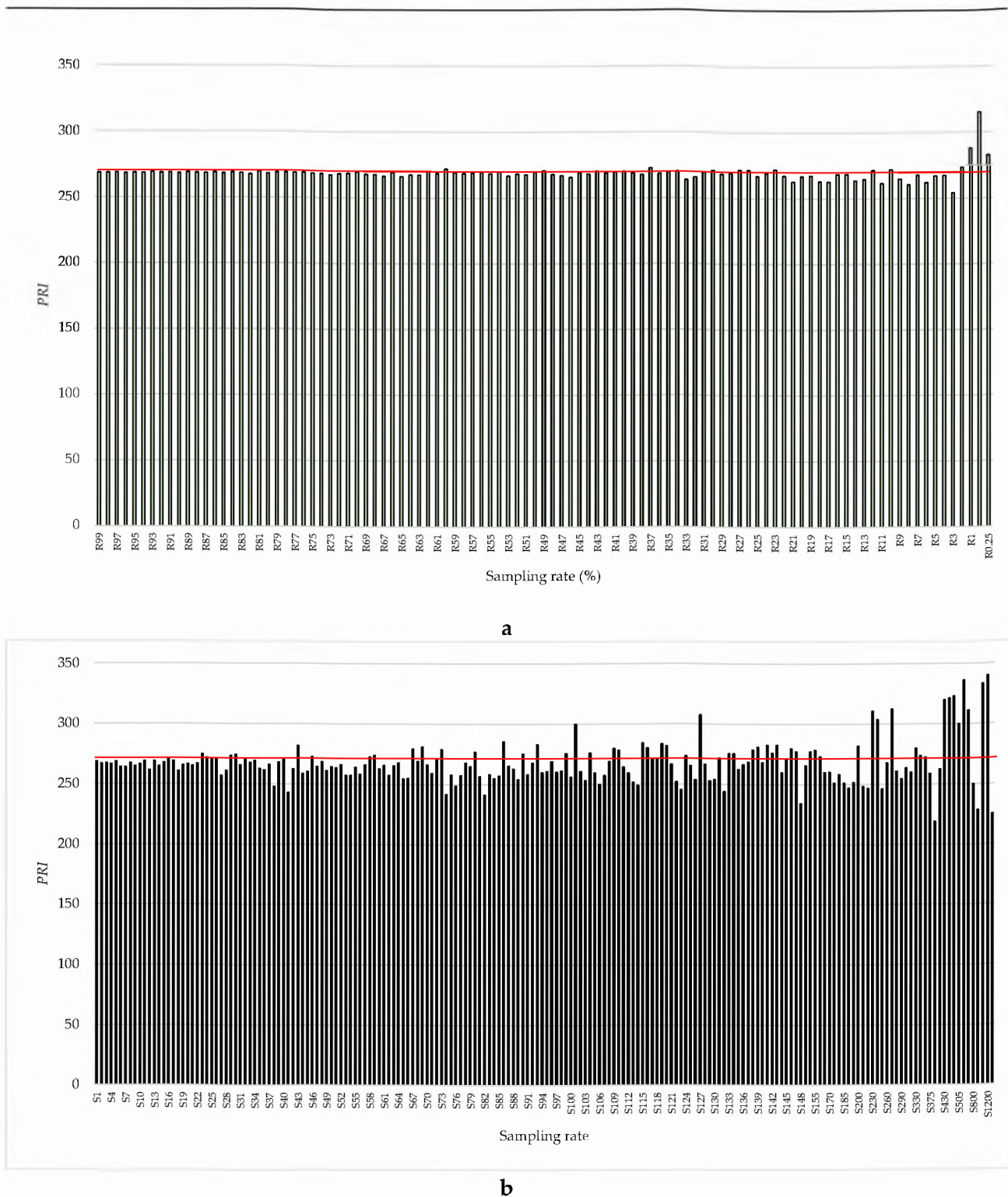


Figure 4. PRI plots of the two sampling strategies, accounting for sampling rates. Legend: a) PRI of the random sampling, on sampling rates, b) PRI of the systematic sampling, on sampling rates, PRI in control data was 269% and it is given by the red lines.

Figure 4 is showing the results on the computed postural risk indexes for the two sampling strategies and for each sampling rate. Random sampling seemed to produce more homogeneous results in the range of 4 to 99% of the sample size (Figure 4a). However, smaller sample sizes (less than 4%) have outputted quite different results compared to the control data, so the information of

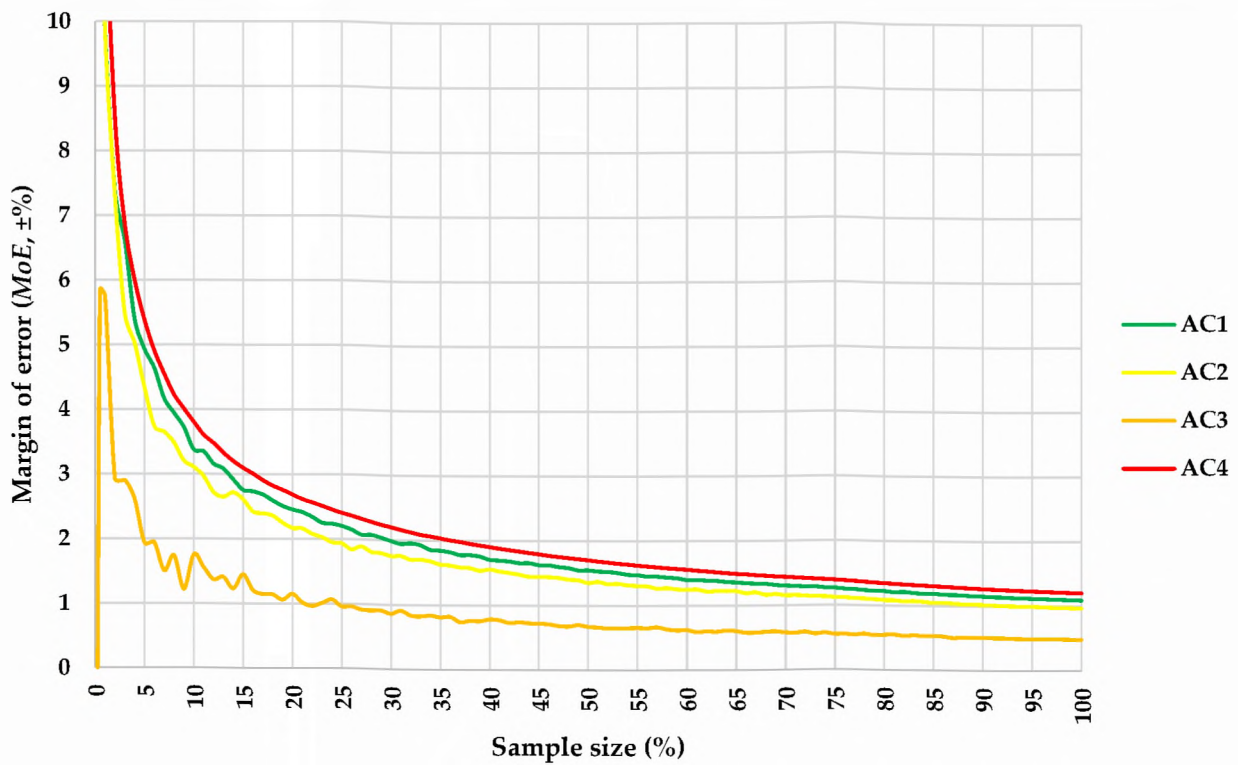
data contained in the population was lost due to a very small sample size. On the other hand, systematic sampling (Figure 4b) has produced a pronounced heterogeneous data in terms of postural risk indexes. Sampling intervals of up to 26Hz have given rather homogeneous outputs; however, beyond this sampling frequency the outputted data started to become increasingly heterogeneous in relation to the sampling rate. One should mention that a sampling rate of 25Hz is that corresponding to a sample size of 5%.

3.1. Margin of Errors and Comparison Against the Control Data

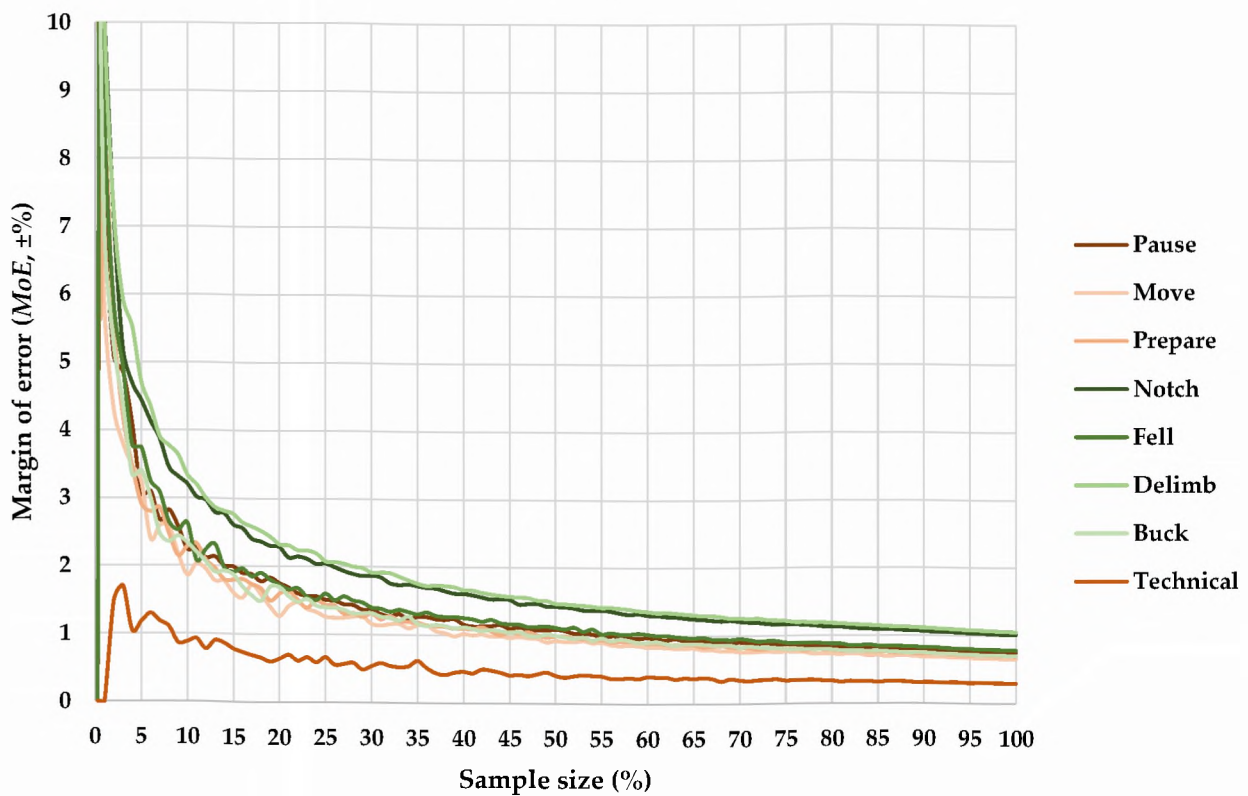
Margin of errors (*MoE*) depend mainly on the particular percentual distribution of data on classes, as well as on the number of observations taken into study. Many of the studies using the systematic sampling approach have calculated the *MoE* for a confidence interval of 95% and for a (highest) relative frequency set at 50%, their results have varied in the range of ca. ± 1 and $\pm 8\%$ [21]. Unfortunately, it is quite difficult to know in advance how the relative frequencies will be distributed, for instance, on action categories (*AC*); meanwhile, the *MoE* can be used to estimate how many percentage points the results will differ from the real population size. An example assuming a 95% confidence interval and a *MoE* of $\pm 5\%$ could be interpreted that in 95% of the time, the results will be within 5 percentage points of the real population.

Figure 5 is showing the results on *MoE* plotted for the random sampling strategy, in relation to the sample size, action categories (*AC*) and tasks (*T*). For both, action categories and tasks, the *MoE* characterizing the population (*U*) taken into study was close to $\pm 1\%$, a value that was generated by those classes of *AC* and *T* showing the highest relative frequency (*P*). For both, *AC* and *T*, sample size had a direct effect on the *MoE* which was within $\pm 2\%$ for sample sizes between ca. 40 and 100% in the case of *AC*, and for sample sizes between ca. 30 and 100% in the case of *T*. In both cases, sample sizes of ca. 5% preserved the *MoE* within $\pm 5\%$. Data consistency, on the other hand, was lower in terms of *MoE* in the 0-5% sample size interval, especially in the case of those categories showing the lowest relative frequencies (*i.e.* AC3 and Technical), which was due to low or missing relative frequency data of these, once the sample size decreased.

Figure 6 is showing similar results on *MoE* plotted for the systematic sampling strategy, in relation to the sample size, action categories (*AC*) and tasks (*T*). While the values of *MoE* are showing a similar behavior in relation to the sample size (*e.g.* *MoE* within $\pm 5\%$ for a sample size of ca. 5%), the main difference was that of data consistency in the range that characterizes the sample size from ca. 10 to 100%. Therefore, by acknowledging the limitations of this study in relation to the size of population used, one could conclude that sample sizes of at least 5% could provide margins of errors (*MoE*) in an acceptable range of $\pm 5\%$. However, this doesn't say much about the differences between the control and experimental data. While some indication about the relative frequency distribution in sampled data can be given by the postural risk indexes (*PRIs*), a comparison of experimental differences may help in a better understanding.

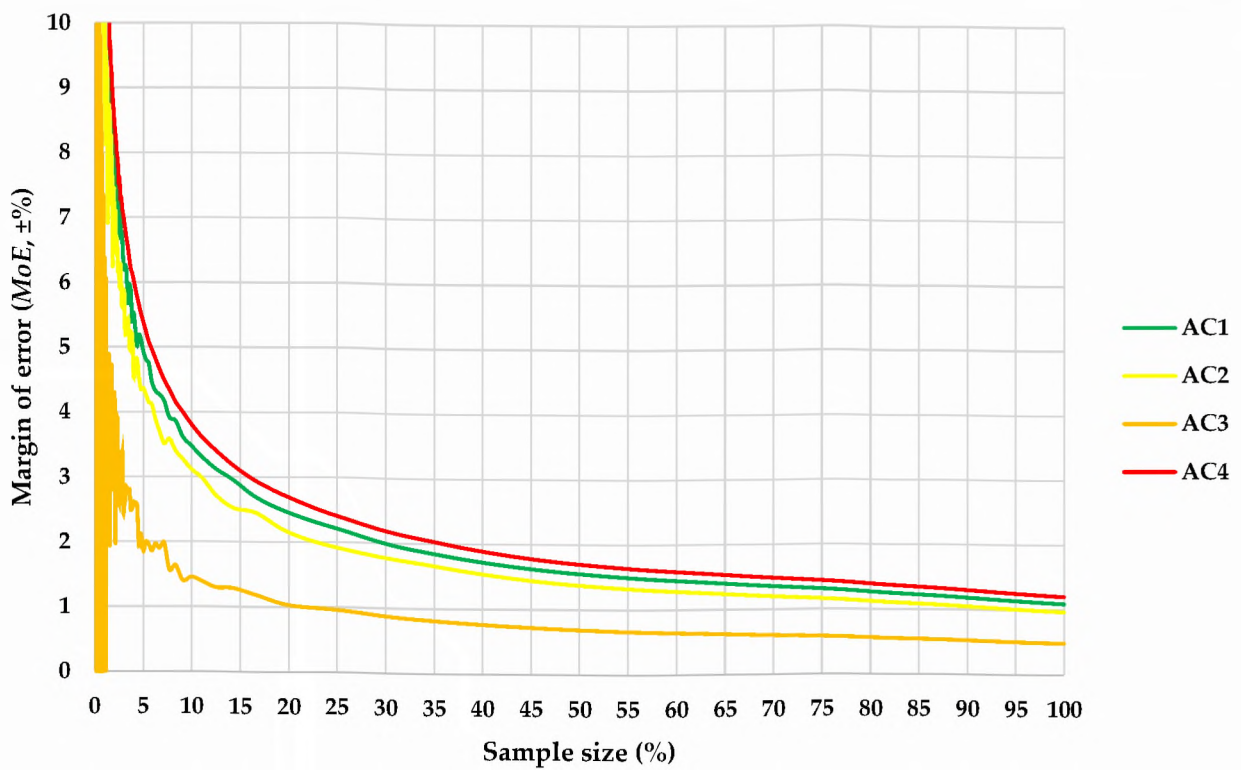


a

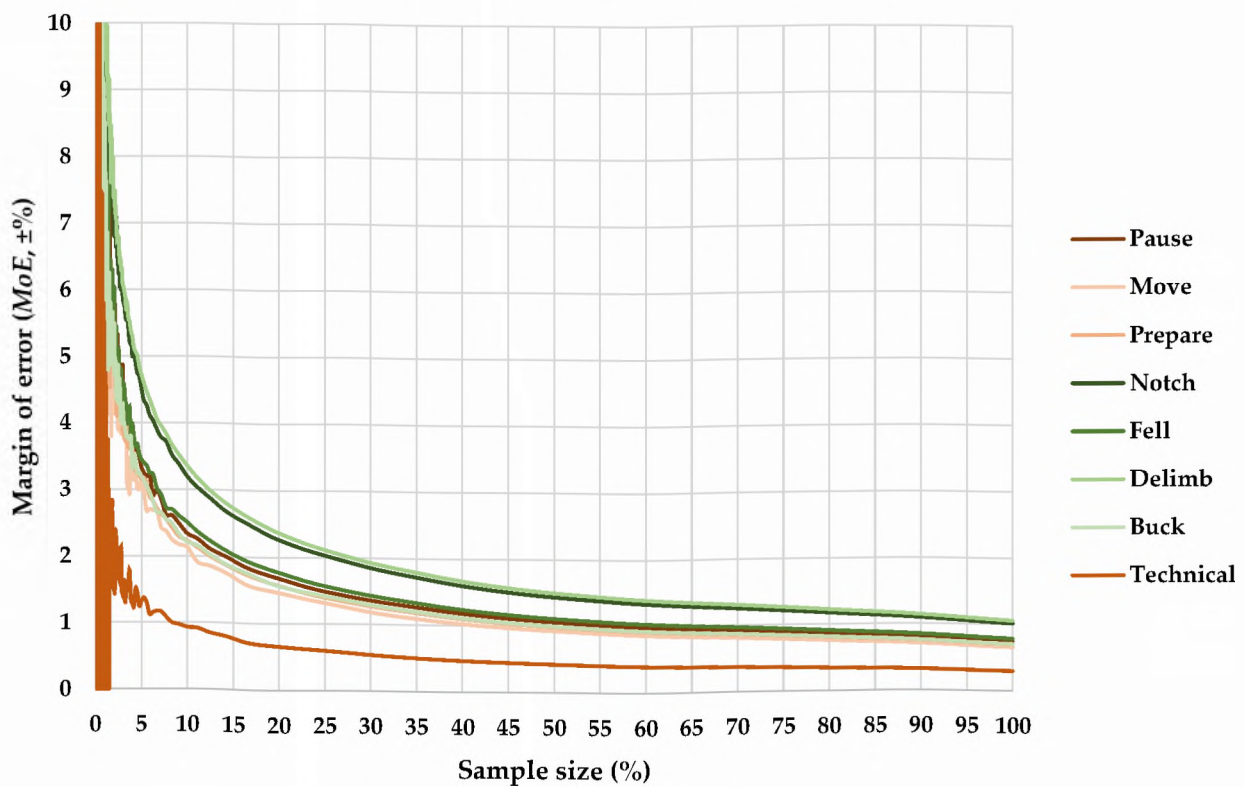


b

Figure 5. MoE plots of the random sampling strategy (R). Legend: a - MoE on action categories and sample sizes, b - MoE on tasks and sample sizes.



a



b

Figure 6. MoE plots of the systematic sampling strategy (S). Legend: a - MoE on action categories and sample sizes, b - MoE on tasks and sample sizes.

In addition, by checking **Figures 5** and **6** it seems that random sampling produced more inconsistent results in terms of *MoE*, which depended on the sample size. However, this was not the case if one thinks about these results by also checking **Figure 2**. As a fact, common points for data comparison were 50, 25, 20, 10, 5, 4, 3, 2, 1, 0.5 and 0.25%; therefore, **Figure 6** was built only by using these data points, probably leaving a false impression on the smoother patterns followed by the curves.

3.2. Experimental Differences

Figure 7 is showing the absolute differences between the sampled and control data as a function of sample size in the case of random sampling strategy. Cumulated, these were kept between ± 1 in the range of 68 to 99% of the sample size, with the individual differences on action categories being much smaller. However, there were instances in which these small differences were kept also for smaller sample sizes such as that of 5, 16, 29, 35, 36% and so on. Differences became increasingly higher (both positive and negative), as the sample size approached the lowest values (4 to 0.25%).

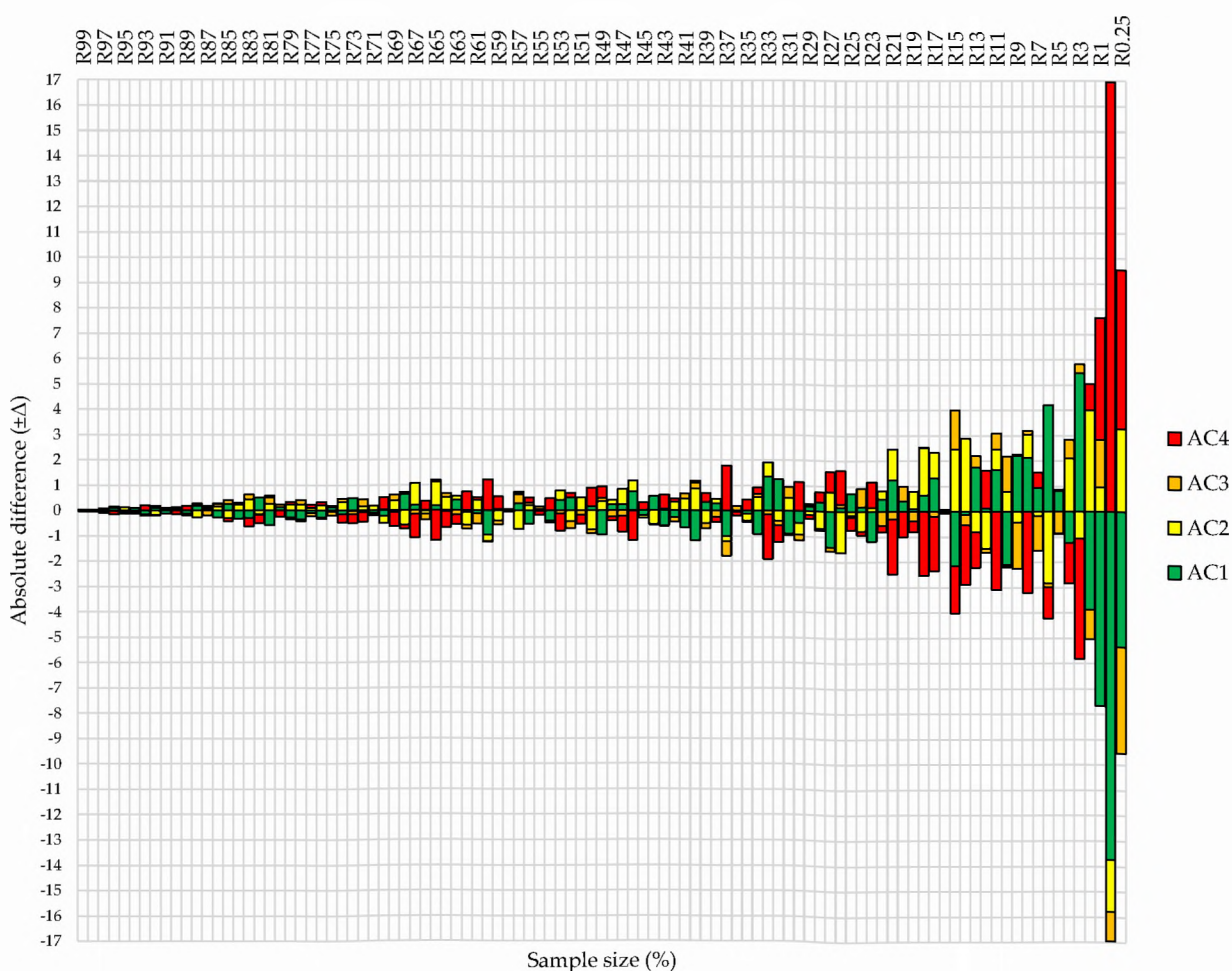


Figure 7. Absolute difference on action categories (AC) as a function of sample size in the case of random sampling strategy (R).

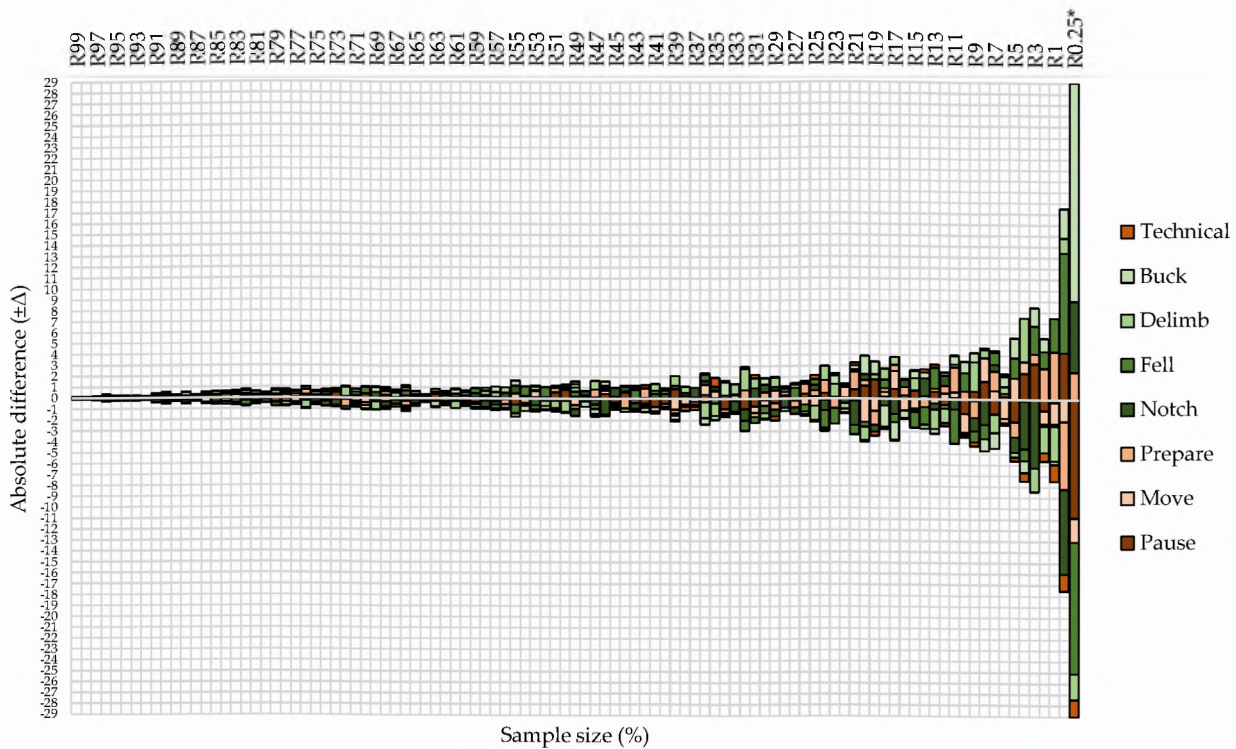


Figure 8. Absolute difference on tasks (T) as a function of sample size in the case of random sampling strategy (R). Legend: * denotes significant statistical differences in terms of relative frequency data compared to the control data.

A similar data behavior was found when checking the differences on tasks (Figure 8) with the main difference that, for lower sample sizes, the differences became even more pronounced. Still, for a sample size of 5%, the maximum individual differences were less than 2, and they become even smaller as the sample size increased. An important thing which should be addressed here is that even one thinks about the distribution of differences on action categories as being acceptable, still, the differences on work tasks need to be in an acceptable range. Otherwise, the approach will not prove also the relevance of sampling for the typical way of doing the work. Another thing that should be noted is that, in the case of action categories, the statistical test used to compare the outputs given by each sampling rate against the control data did not revealed any significant statistical differences. It is worth mentioning that comparisons were made by considering the relative frequencies of action categories for each sample size against their counterparts from the control data (U).

Results from the same category are shown in Figures 9 and 10 for the systematic sampling strategy (S). As shown, the cumulated absolute differences on action categories were kept in between ± 4 for sampling rates of up to 25Hz and in between ± 3 in the case of tasks for the same sampling rates. Sampling at ca. 5% of the sample size (20Hz) provided even better results which in terms of absolute differences were in between ca. ± 1.5 in both cases. At least from this point of view, systematic sampling seemed to perform better at lower sampling rates in emulating the distribution of the population at task level.

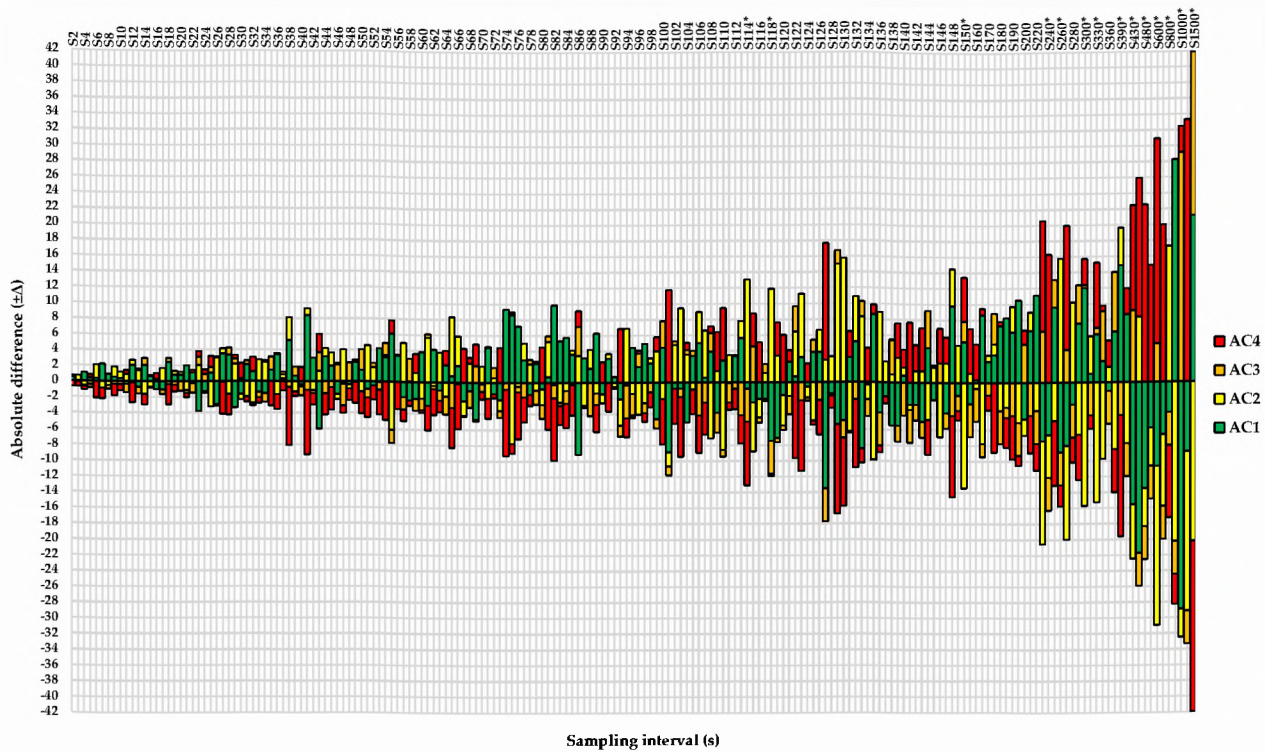


Figure 9. Absolute difference on action categories (AC) as a function of sample size in the case of systematic sampling strategy (S). Legend: * denotes significant statistical differences in terms of relative frequency data compared to the control data.

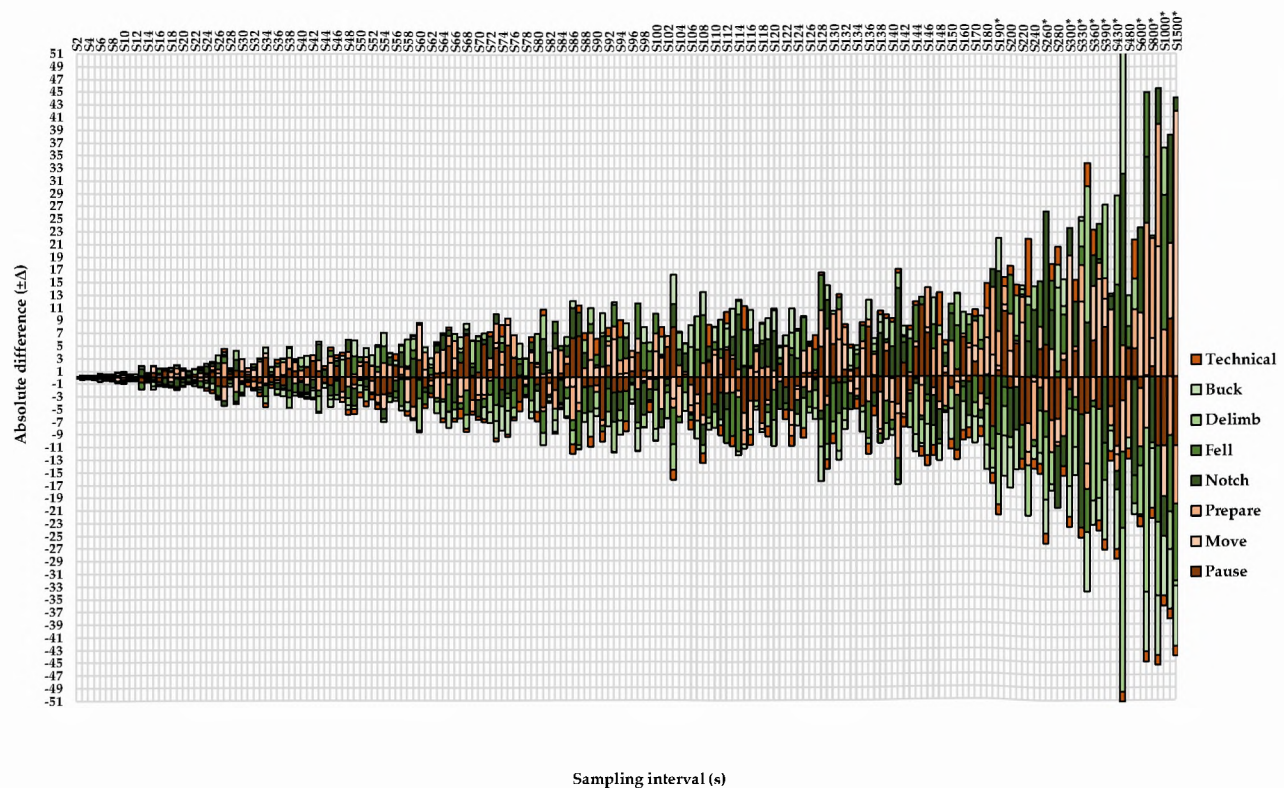


Figure 10. Absolute difference on tasks (T) as a function of sample size in the case of systematic sampling strategy (S). Legend: * denotes significant statistical differences in terms of relative frequency data compared to the control data.

Also, the statistical test used to compare the sampled data against the population revealed much more statistical differences (Figures 9 and 10) in relation to the dilution of sampling frequency.

3.3. Maximum Differences

Figure 11 is showing the maximum differences outputted by the random (R) and systematic (S) sampling strategies, in a comparative approach, which were calculated having as a reference the control data (C).

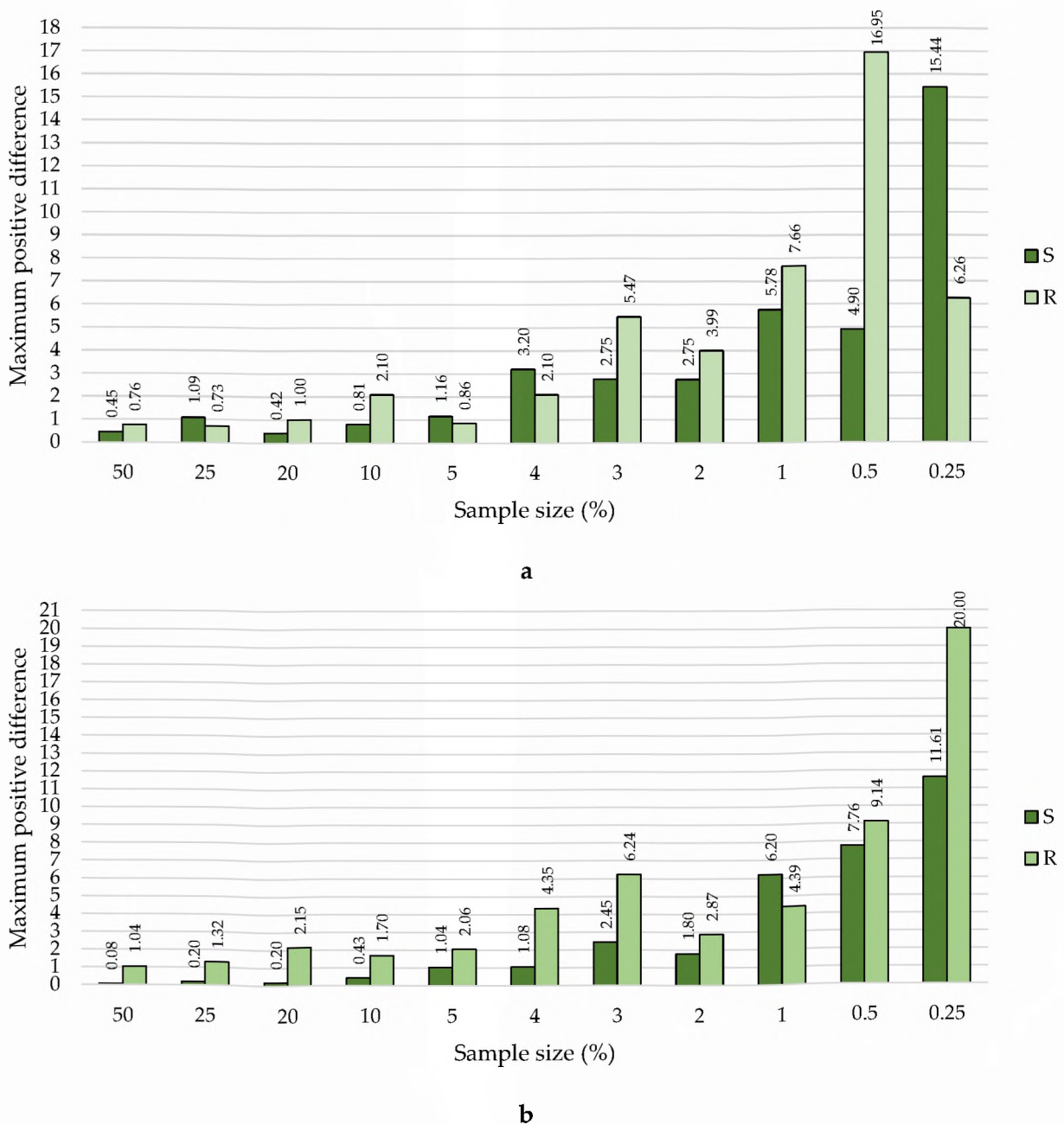


Figure 11. A comparison of maximum absolute differences outputted by different sample sizes in the case of random (R) and systematic (S) sampling on action categories (a) and tasks (b).

Given the results of the comparison found for each sampling rate against the control data, no supplementary statistical tests were implemented here and the reported differences were those characterizing the maximum (positive or negative) values found for a given category in the *AC* (Figure 11a) and *T* (Figure 11b) datasets. Very small sample sizes (<1%) have led to unacceptable maximum differences which were as high as ca. 17 and 15 for the random (*R*) and systematic sampling (*S*), respectively, in the case of *AC* dataset. For the *T* dataset, and for similar sample sizes, these were as high as 20 and ca. 11 for the random (*R*) and systematic (*S*) sampling, respectively. In both cases (random and systematic sampling), as the sample size increased, the differences started to follow a decreasing trend. Obviously, the best results in terms of maximum absolute differences were those characterizing a sample size accounting for half (50%) of the population (*U*). Nevertheless, one could get quite accurate results for sample sizes in the range of 5 to 10%, for which the maximum differences were of up to 2.10 and 1.16 for random (*R*) and systematic sampling (*S*), respectively, in the case of *AC* dataset, and of up to 2.06 and 1.04 for the same sampling strategies in the case of *T* dataset. In the case of systematic sampling (*S*), and for the population (*U*) taken into study, sample sizes of 5 and 10% would mean sampling frequencies of 20 and 10Hz respectively. Compared to these, there were some improvements in terms of maximum differences as the sampling rates have increased (*i.e.* 20 and 25%) but the effort of data sampling and analysis would be at least doubled, which probably does not compensate in terms of accuracy gains.

4. DISCUSSION

The Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) has been extensively used in postural assessment as it raised a lot of interest in forest operations, being based, procedurally, on work sampling techniques. However, when dealing with large populations to be sampled, the effort of using large samples in the analysis could be substantial, since in many cases the method still uses visual analysis and assessment. From this point of view, it appears that one should find a trade-off between sampling accuracy and the needed resources, which was approached in this research by a case study. A commonly used metric of postural analysis by the means of OWAS system is the postural risk index (*PRI*) which has been described by Zanuttini et al. [9]. The metric is based on the use of relative frequencies per action categories (*AC*) which are computed following a sampling procedure. Accounting for this metric, random sampling (*R*) seemed to output more homogeneous results in relation to the sample size. However, very low sample sizes (less than 5%) affected the outcomes compared to the control data. From this point of view, sample sizes should be carefully chosen to account for at least 5% of the population. The problem here is that the populations taken into study could be, in many cases, very large and very diverse in terms of work tasks and distributions on action categories. Margin of errors, which characterize the confidence one could have in the collected and used sample, were found to be acceptable ($\pm 5\%$) for sample sizes of ca. 5-6%, even if the population and samples used in this study were found to represent almost the worst-case scenario in terms of percentage data distribution on action categories (*i.e.* $AC_4 = 46.69$), which was close to 50%. In terms of confidence in the used samples, two things need to be addressed. The first one is that the samples used need to be representative for both, job tasks and action categories. Hypothetically, if one would find, by sampling, results that are similar to the

population for the action categories but they will not be representative for the job tasks, then the results found by sampling will characterize the postures of work and not the work itself, while the two are inter-related and improvements may lay in reengineering some work tasks. From this point of view, the confidence in the results should be acknowledged by considering the worst-case scenario in terms on margin of errors as they could result from the analysis done at action categories and tasks, respectively. The second thing to be addressed is the estimation of the sample size by pre-check studies since these could give an overview on the needed size of the samples [e.g. 24] and could be very important in assessing the confidence of the results gained by sampling, as well as in the estimation of the sample size. This can be done by using **Equation 1** [21], from which one could determine the number of observations having as a basis the relative frequencies gained by check studies, assuming a given confidence interval and the highest number of observations in multi-class problems. In this case study, it seemed that sample sizes of 5 to 10% of the population yielded accurate results, meaning that for random sampling 330 to 661 observations were sufficient accounting for sampling frequencies of 10 to 20Hz, results that are consistent with those from [21].

Both, sample size and sampling strategies are important for the outcomes of the postural assessment studies because they are affecting the effort and the procedures used in data collection and analysis. So far, in some cases, sample sizes and working procedures were chosen based on educated guess. The intention here was not to criticize this approach, which may be very well an effect related to the current limitations in designing such studies and to the lack of previous knowledge on the characteristics of studied populations, but to infer what kind of approach could have been the best in sampling. For that purpose, a comparison was made in this study to see what kind of differences could one find by using the same amount of data sampled by random and systematic sampling, respectively. Compared to the control (population) data, both strategies performed poorly in terms of maximum absolute differences (*i.e.* the maximum positive or negative difference found in classes of *AC* and *T* by reference to the population data) when the amount of data used in samples was low (*i.e.* less than 5%). However, samples sizes of 5 to 10% of the population produced very good results, with worst-case deviations of ca. 2. This reinforces the approach typically used in some studies, according to which sample sizes of 5-10% of a population (*i.e.* movie files collected over long term etc.) could characterize with a sufficient accuracy those populations. The main difference found by this comparison approach was that, with some small exceptions, systematic sampling outperformed the random sampling approach. In addition, comparison of data by the means of nonparametric test used in this study should be approached with caution because relatively high differences in the relative frequencies used for comparison did not had significant effects in statistical comparison.

5. CONCLUSIONS

Based on the above, the main conclusions of this study are the following:

- 1) For the population taken into study, which was diverse in terms of work tasks surveyed, sample sizes of ca. 5% seemed to be sufficient to ensure acceptable margins of errors ($\pm 5\%$). However, further studies should account for the preliminary distribution of percentage data on categories of action and tasks;

Borz & Castro Pérez: Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification...

- 2) Random sampling seemed to produce more homogeneous results in terms of postural risk indexes, the latter being a commonly used metric for postural assessment that is implementing the OWAS method;
- 3) According to the results of this study, and by considering the margin of errors found, sample sizes of 5-10% of the population size seemed to be sufficient for a good characterization of the population in terms of distribution on action categories and tasks. However, systematic sampling seemed to outperform the random sampling approach, while the comparison of data by nonparametric tests should be used with caution.

SUPPLEMENTARY MATERIALS

Not the case.

FUNDING

This work received no external funding.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the support of the Department of Forest Engineering, Forest Management Planning and Terrestrial Measurements, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Transilvania University of Brasov for the support given in developing this study. Also, the authors would like to thank to Eng. Marius Cheța for providing the initial database needed in this work and for his help in data processing.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

APPENDIX

Not the case.

EXTENDED ABSTRACT – REZUMAT EXTINS

Titlu: Efectul strategiei folosite la eșantionarea datelor asupra acurateții clasificării posturale: Un exemplu din operații de recoltare cu ferăstraie mecanice

Introducere: Metodele și tehnicile ergonomiei au fost și sunt folosite frecvent pentru a proiecta și a îmbunătăți condițiile de muncă, precum și pentru a evalua și valida sustenabilitatea muncii în multe sectoare industriale, inclusiv în cel forestier. Dintre metodele ergonomice, o atenție sporită a fost acordată celor de evaluare a posturilor adoptate în muncă, între care, datorită simplității și unui necesar mai redus de instrumente sofisticate, se remarcă metodele observaționale. Din categoria acestora, o metodă frecvent folosită, inclusiv în domeniul forestier, este metoda OWAS care este bazată, sub raport statistic, pe procedee de eșantionare a muncii și care, pe baza unor coduri atribuite principalelor segmente ale corpului uman, clasifică posturile (252 posturi posibile) în patru categorii de acțiune. Pe baza rezultatelor pe care le produce metoda, cercetări recente au dezvoltat indicatori de evaluare posturală precum indicii de risc postural care se calculează pe baza frecvențelor relative ale posturilor incluse în cele patru categorii de acțiune. De asemenea, abordările utilizate până în prezent pentru a se colecta datele necesare s-au bazat în multe cazuri pe experiență, eșantioanele folosite fiind alese fie pentru a reprezenta o anumită proporție din populația luată în studiu,

Borz & Castro Pérez: Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification...

fie sub forma unui număr prestabilit de observații. Abordările utilizate în eșantionare au fost atât cea randomizată cât și cea sistematică. Din moment ce metoda încă se bazează pe analiza vizuală a unor instantanee, fie că ele sunt extrase din fișiere media sau că sunt direct observate în teren, efortul de eșantionare poate să fie important, indiferent de tehnica și metoda de eșantionare. Din păcate, în literatura internațională nu s-au identificat comparații între cele două metode de eșantionare cu aplicabilitate în analiza posturală și, în multe dintre cazuri, o caracterizare justă a populațiilor observate prin eșantionare, trebuie să ia în considerare distribuții similare în eșantioane, atât pe categorii de acțiune cât și pe elemente sau sarcini de muncă. Prin studiul de față s-a vizat compararea rezultatelor ce se pot obține prin cele două metode de eșantionare.

Materiale și metode: Cercetarea de față a avut la bază un set de date constând dintr-un număr de 6608 observații, care a fost considerat a fi populația luată în studiu. Observațiile respective au fost eșantionate din fișiere media înregistrate în operații de recoltare cu ferăstrăul mecanic sub forma unor instantanee extrase la un interval de o secundă. Aceste instantanee au fost analizate vizual de către un cercetător cu experiență care a realizat o bază de date în care a precizat codurile specifice metodei OWAS pentru toate segmentele corpului analizate prin metodă, apoi s-au clasificat toate instantaneele pe categorii de acțiune în conformitate cu metoda și s-au codificat cu text descriptiv pentru a se caracteriza elementele de muncă în care au fost identificate. Baza de date obținută în acest fel a servit pentru aplicarea celor două metode de eșantionare: randomizată și sistematică. Eșantionarea randomizată a fost realizată pentru a se extrage eșantioane reprezentând 0,25, 0,5 și de la 1 până la 99% din populație (cu pas de 1%) iar eșantionarea sistematică a fost realizată cu o frecvență de 1Hz (1 secundă) în intervalul 2-150Hz, și cu frecvențe crescând până la frecvența de 1500Hz. Datele extrase prin eșantionare au fost utilizate pentru a calcula frecvențele relative pe categorii de acțiune și elemente de muncă; apoi, acestea au fost utilizate pentru a se estima erorile de eșantionare, pentru a se calcula diferențele absolute între ele și cele caracterizând populația și pentru a se compara diferențele experimentale maxime pozitive între cele două metode de eșantionare, unde diferențele maxime pozitive, reprezentând valoarea maximă pozitivă sau negativă calculată, au fost cele identificate prin raportarea la datele ce au caracterizat populația atât la nivel de categorie de acțiune cât și la nivel de element de muncă. Pentru o aceeași metodă de eșantionare și pentru o aceeași caracteristică urmărită (categoria de acțiune sau distribuția procentuală pe elemente de muncă) s-au efectuat teste statistice de comparație pentru a se identifica eventualele diferențe semnificative ale datelor provenite prin eșantionare față de cele ce au caracterizat populația.

Rezultate: Acceptându-se o eroare de eșantionare de ordinul a $\pm 5\%$, o mărime a eșantionului de ordinul a 5% a furnizat rezultate de o acuratețe ridicată, indiferent de metoda de eșantionare utilizată. După cum s-a întrevăzut, erorile de eșantionare au scăzut pe măsură ce mărimea eșantionului a crescut, iar diferențele experimentale absolute calculate pentru eșantioane caracterizate de mărimi de ordinul a 5% din populație au fost de până la ± 2.1 , indiferent de setul de date luat în analiză: distribuția pe categorii de acțiune sau distribuția pe categorii de elemente. Pentru mărimi mai mari ale eșantioanelor, diferențele au fost mai mici, iar testele statistice efectuate au identificat diferențe semnificative numai în cazul eșantioanelor de mărimi foarte mici. De asemenea, eșantionarea randomizată a produs date mult mai omogene în ceea ce privește indicii de risc postural calculați, iar prin luarea în considerare a celor expuse, se poate afirma că, pentru populația luată în studiu, mărimi ale eșantioanelor de ordinul a 5 – 10% pot să conducă la o reprezentare de acuratețe ridicată a distribuțiilor procentuale pe categorii de acțiune și elemente de muncă. Cu toate acestea, printr-o abordare comparativă, s-a identificat faptul că eșantionarea sistematică a produs, de o manieră consistentă, date mai bune decât eșantionarea randomizată.

Discuții: Metoda OWAS a fost și este foarte folosită în evaluarea ergonomic-posturală a muncii, având la bază date colectate prin tehnici de eșantionare a muncii. Cu toate acestea, de multe ori, este necesară evaluarea unor populații mari pe bază de eșantion, motiv pentru care trebuie găsit un compromis între acuratețea datelor și efortul necesar în colectarea și analiza acestora. Avându-se în vedere eventualele diferențe care pot să existe între populația luată în studiu prin această cercetare și alte populații cărora li se aplică metoda, studiul de față scoate în evidență faptul că, atât din punct de vedere al erorii de eșantionare cât și al distribuțiilor pe categorii de acțiune și elemente de muncă, eșantioane caracterizate de mărimi de ordinul a 5 – 10% din populație pot fi considerate a fi suficiente pentru a emula cu o acuratețe ridicată aceste distribuții la nivelul unei populații, indiferent de metoda aleasă pentru eșantionare. Cu toate acestea, compararea datelor prin utilizarea de teste non-parametrice ar trebui să fie folosită cu precauție și, având

Borz & Castro Pérez: Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification...

la bază diferențele relevante cu privire la acuratețea generată de cele două metode pentru o aceeași mărime a eșantionului, ar fi de preferat, atunci când este posibil, utilizarea eșantionării sistematice.

Concluzii: Concluzia principală a studiului este aceea că, în limita resurselor necesare și având în vedere nivelul acceptat al erorii de eșantionare, mărimea eșantioanelor ar trebui să fie de ordinul a 5 – 10% din populația luată în studiu. Atunci când este posibil, și depinzând și de cercetări viitoare care să valideze rezultatele prezentate în această lucrare, este de preferat utilizarea metodei de eșantionare sistematică și utilizarea cu precauție a testelor non-parametrice pentru compararea datelor.

Cuvinte cheie: Acuratețe, eșantionare, randomizat, sistematic, OWAS.

REFERENCES

1. Potočnik I., Poje A., 2017: Forestry ergonomics and occupational safety in high ranking scientific journals from 2005-2016. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38 (2): 291-310.
2. Helander M., 2006: A guide to human factors and ergonomics, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 400p, ISBN 0-203-68775-2.
3. David G.C., 2005: Ergonomic methods for assessing exposure to risk of factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine* 55(3): 109-199.
4. Karhu O., Kansi P., Kuorinka I., 1977: Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 8(4): 199-201.
5. Karhu O., Härkönen R., Sorvali P., Veepsäläinen P., 1981: Observing working postures in industry: Example of OWAS application. *Applied Ergonomics* 12(1): 13-17.
6. Corella-Justavino F., Jimenez Ramirez R., Meza Perez N., Borz S.A., 2015: The use of OWAS in forest operations postural assessment: Advantages and limitations. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering* 8: 7-16.
7. Calvo A., 2009: Musculoskeletal disorders (MSD) risks in forestry: A case study to propose an analysis method. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript MES 1149, Vol. XI., 9p.
8. Marogel-Popa T., Marcu M.V., Borz S.A., 2020: Postural risk in manual planting operations of poplar: Two options compared. *Sustainability* 12, 5531.
9. Zanuttini R., Cielo P., Poncio D., 2005: The OWAS method. Preliminary results for the evaluation of the risk of work-related musculo-skeletal disorders (WMSD) in the forestry sector in Italy. *Forest – Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 2: 242-255.
10. Kivi P., Mattila M., 1991: Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of computerised OWAS method. *Applied Ergonomics* 22(1): 43-48.
11. Mattila M., Karwowski W., Vilkki M., 1993: Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. *Applied Ergonomics* 24(6): 405-412.
12. Fornea M., 2017: A new M.S. Excel – V.B.A. tool for postural data processing and analysis in forest operations. *Revista Pădurilor* 132 (1): 29-39.
13. Gómez-Galán M., Pérez-Alonso J., Callejón-Ferre Á.J., López-Martínez J., 2017: Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Industrial Health* 55: 314-337.

Borz & Castro Pérez: Effects of sampling strategy on the accuracy of postural classification...

14. Vieira E.R., Kumar S., 2004: Working postures: A literature review. *Journal of Occupational Rehabilitation* 14(2): 143-159.
15. Marogel-Popa T., Cheța M., Marcu M.V., Duta C.I., Ioraș F., Borz S.A., 2019: Manual cultivation operations in poplar stands: A characterization of job difficulty and risks of health impairment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16, 1911.
16. Borz S.A., Talagai, N., Cheța M., Chiriloiu D., Gavilanes Montoya A.V., Castillo Vizuite D.D., Marcu M.V., 2019: Physical strain, exposure to noise and postural assessment in motor-manual felling of willow short rotation coppice: Results of a preliminary study. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(2): 377-388.
17. Cheța M., Marcu, M.V., Borz S.A., 2018: Workload, exposure to noise, and risk of musculoskeletal disorders: A case study of motor-manual tree felling and processing in poplar clear cuts. *Forests*, 9, 300.
18. Spinelli R., Aminti, G., Magagnotti, N., De Francesco F., 2016: Postural risk assessment of firewood processing. *Ergonomics* 60: 1-9.
19. Spinelli R., Aminti, G., Magagnotti, N., De Francesco, F., 2018: Postural risk assessment of small-scale debarkers for wooden post production. *Forests* 9, 111.
20. Aragón-Vásquez A.Y., Silva-Lugo E.D., Nájera-Luna J.A., Méndez-González J., Hernández F.J., de la Cruz-Carrera R., 2019: Postural analysis of the forestry worker in sawmills of El Salto, Durango, Mexico. *Madera Bosques*, 25, e2531904.
21. Brandl C., Mertens A., Schlick C.M., 2017: Effect of sampling interval on the reliability of ergonomic analysis using the Ovako working posture analysing system (OWAS). *International Journal of Industrial Ergonomics* 57:68-73.
22. Demsar J., Curk T., Erjavec A., Gorup C., Hocevar T., Milutinovic M., Mozina M., Polajnar M., Toplak M., Staric A., Stajdohar M., Umek L., Zagar L., Zbontar J., Zitnik M., Zupan B., 2013: Orange: Data mining toolbox in Python. *Journal of Machine Learning Research* 14: 2349-2353.
23. Oprea I., 2008: Tehnologia exploatării lemnului. Editura Universității Transilvania din Brașov, 273p.
24. Acuna M., Bigot M., Guerra S., Hartsough B., Kanzian C., Kärhä K., Lindroos O., Magagnotti N., Roux S., Spinelli R., Talbot B., Tolosana E., Zormaier F., 2012: Good practice guidelines for biomass production studies. CNR IVALSIA Sesto Fiorentino (National Research Council of Italy - Trees and Timber Institute): Sesto Fiorentino, Italy, 2012; 1–51, 978-88-901660-4-4.

Borz: Erata la numărul 3 din 2020 al Revistei Pădurilor...

Erata la numărul 3 din 2020 al Revistei Pădurilor

În cuprinsul numărului 3 din 2020 al Revistei Pădurilor, atât în limba engleză cât și în limba română, s-a produs o eroare cu privire la numele unuia dintre autorii primului articol. Astfel, numele corect al autorului **Șerban O. Popescu** este **Șerban O. Davidescu**. În antetul cuprinsului în limba română s-a produs o eroare de tipărire, după cum urmează: **Păd. rilor**. Varianta corectă este **Pădurilor**. De asemenea, în titlul și în cuvintele cheie din articolul de la pagina 27 a numărului 3 din 2020 al Revistei Pădurilor, s-au produs erori de tipărire (tipografie), după cum urmează: **CONTRIBUȚIA . ȚDURILOR** și, respectiv, **.....ări climatice**. Variantele corecte pentru acestea sunt: **CONTRIBUȚIA PĂDURILOR** și, respectiv, **Schimbări climatice**.

Revista Pădurilor își cere scuze autorilor în cauză și cititorilor pentru aceste inconveniențe!

Erratum on issue 3/2020 of Revista Pădurilor

In the contents of issue 3/2020 of Revista Pădurilor both, in the English and Romanian version, there was an error regarding the name of one of the first article's authors. As such, the correct name of the author **Șerban O. Popescu** is **Șerban O. Davidescu**. In the header of the contents in Romanian, there was a production error: **Păd. rilor**. The correct version is **Pădurilor**. Also, in the title and keywords of the article published at page 27 of the issue 3/2020 of Revista Pădurilor, there were some production errors: **CONTRIBUȚIA . ȚDURILOR** and **.....ări climatice**, respectively. The correct phrasings are: **CONTRIBUȚIA PĂDURILOR** and **Schimbări climatice**, respectively.

We are apologizing for these editorial and production errors and for the inconveniences!

Redactor: Prof.dr.ing. Stelian Alexandru Borz

Editor in Chief: Prof.dr. Stelian Alexandru Borz



Ediția a IX-a a simpozionului internațional Pădurea și dezvoltarea durabilă, 16 octombrie 2020, Brașov, România

Alexandru Lucian Curtu^a, Stelian Alexandru Borz^{b*}

^aDepartamentul de Silvicultură, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven 1, 500123 Brașov, România, lucian.curtu@unitbv.ro

^bDepartamentul de Exploatare forestiere, Amenajarea pădurilor și Măsurători terestre, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven 1, 500123 Brașov, România, stelian.borz@unitbv.ro

REPERE

- Simpozion științific internațional de prestigiu.
- Participare amplă a cercetătorilor, profesorilor și studenților din 18 țări.
- Șase prezentări în sesiunea plenară pe probleme actuale ale sectorului, 46 de prezentări orale și 31 de postere prezentate în cinci sesiuni tematice.

ARTICLE INFO

Istoricul articolului:
Manuscris primit la: 07 decembrie 2020
Primit în forma revizuită: 08 decembrie 2020
Acceptat: 08 decembrie 2020
Număr de pagini: 02 pagini.

Tipul articolului:
Comunicare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

*Simpozion
Internaționalizare
Diversitate
Relevanță
Succes*

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

În data de 16 octombrie 2020 s-a desfășurat, la Brașov, cea de a IX-a ediție a simpozionului științific internațional **Pădurea și dezvoltarea durabilă**. Chiar și în condiții de restricție sanitară, care au impus desfășurarea simpozionului în regim on-line, problemele dezbătute au fost foarte diverse și au trezit un interes deosebit în rândul comunității științifice forestiere. După sesiunea de deschidere a fost organizată o sesiune plenară în care s-au prezentat sintetic abordări actuale în domeniul cercetării de profil. În partea a doua a simpozionului s-au desfășurat în paralel cinci sesiuni tematice. Cu această ocazie s-au prezentat 77 de lucrări elaborate de cercetători, cadre didactice și studenți de pe toate continentele. Folosim această oportunitate pentru a le mulțumi tuturor colegilor care s-au implicat cu dăruire și profesionalism în organizarea și desfășurarea cu succes a evenimentului precum și celor care au ales să își prezinte cercetările și preocupările în cadrul simpozionului organizat de Facultatea de Silvicultură și exploatare forestiere din Brașov. Îi asigurăm pe toți de înalta noastră considerație și îi așteptăm cu drag la cea de a X-a ediție a simpozionului, în anul 2022. Să ne revedem cu bine și sănătoși!

* Autor corespondent. Tel.: +40 742042455.
Adresă de e-mail: stelian.borz@unitbv.ro

Ediția a IX-a a simpozionului internațional Pădurea și dezvoltarea durabilă, 16 octombrie 2020, Brașov, România

Cea de a IX-a ediție a simpozionului științific internațional *Pădurea și dezvoltarea durabilă* s-a desfășurat în regim on-line în data de 16 octombrie 2020. Chiar și în condiții de restricție sanitară, simpozionul a fost un real succes, reunind specialiști de profil de pe cinci continente.

Ediția din acest an a simpozionului, organizat sub egida *International Union of Forest Research Organizations* (IUFRO), a fost deschisă prin cuvântul rectorului Universității Transilvania din Brașov, Prof. dr. ing. Ioan Vasile Abrudan, urmat de cuvintele de bun venit adresate de Prof. dr. ing. Alexandru Lucian Curtu, decanul Facultății de Silvicultură și exploatarea forestieră și de Conf. dr. ing. Bogdan Strîmbu, cadru didactic la Oregon State University, Statele Unite ale Americii. A urmat o sesiune plenară în care s-au prezentat rezultate și noi direcții de cercetare la nivel internațional în domeniul genomicii și conservării resurselor genetice forestiere (Dr. Santiago C. Gonzales-Martinez, INRAE, Franța), silviculturii stejarului (Prof. dr. Heinrich Spiecker, Universitatea din Freiburg, Germania), serviciilor culturale oferite de păduri (Prof. dr. Davide Matteo Pettenella, Universitatea din Padova, Italia), tranziției de la silvicultură la managementul ecosistemelor și implicațiile ei (Prof. dr. Hans Rudolf Heinemann, ETH Zurich, Elveția), serviciilor de teledetecție pentru managementul forestier (Dr. Ioannis Manakos, CERTH, Grecia) și problemelor actuale legate de sistemele rutiere forestiere (Prof. dr. Kevin Lyons, Oregon State University, Statele Unite ale Americii).

În partea a doua, evenimentul a fost organizat sub forma unui număr de cinci sesiuni tematice desfășurate în paralel: Managementul ecosistemelor forestiere, Inginerie forestieră, Managementul populațiilor de faună sălbatică, Gematică și, respectiv, Informatică, modelare și statistică. Agenda simpozionului a cuprins prezentarea a 46 de comunicări orale și 31 de postere, ultimele fiind prezentate într-o sesiune virtuală. La simpozion au participat cercetători, cadre didactice și studenți din 18 țări.

Folosim această oportunitate pentru a le mulțumi tuturor colegilor care s-au implicat cu dăruire și profesionalism în organizarea și desfășurarea cu succes a simpozionului. De asemenea, dorim să mulțumim celor care au ales să își prezinte cercetările și preocupările științifice în cadrul simpozionului organizat de facultatea noastră. Îi asigurăm pe toți de înalta noastră considerație și îi așteptăm, cu drag, sperăm noi, „față în față”, la cea de a X-a ediție a evenimentului, în anul 2022.

Să ne revedem cu bine și sănătoși!



INTEGRAREA STUDENȚILOR ÎN ACTIVITĂȚI DE CERCETARE: UN EXEMPLU DE LA FACULTATEA DE SILVICULTURĂ ȘI EXPLOATĂRI FORESTIERE DIN BRAȘOV

Marina Viorela Marcu^{a,*}

^a Departamentul Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven nr. 1, Brașov, 500123, România, viorela.marcu@unitbv.ro.

REPERE

- Proiect de cercetare aplicată de amploare, desfășurat printr-un exercițiu național în vederea normării muncii în operații de colectare a lemnului cu utilaje moderne.
- Colectarea de date cu privire la performanța operațională prin abordări moderne.
- Integrarea studenților în echipe multidisciplinare de cercetare și în rezolvarea problemelor actuale ale sectorului forestier.

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 08 decembrie 2020

Primit în forma revizuită: 08 decembrie 2020

Acceptat: 08 decembrie 2020

Număr de pagini: 04 pagini.

Tipul articolului:

Comunicare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Cercetare aplicată

Norme de timp și producție

Integrarea studenților

Abordări moderne

Exercițiu național

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

Introducerea de utilaje noi în sistema de mașini a Regiei Naționale a Pădurilor a condus la necesitatea elaborării de norme de muncă. În acest sens, Regia Națională a Pădurilor a solicitat elaborarea unor studii care a permis integrarea studenților noștri în activitatea de cercetare științifică. Într-o primă fază, s-au desfășurat cercetări în cadrul Direcțiilor silvice Tulcea și Maramureș care au urmărit colectarea de date de teren cu privire la consumul de timp, consumul de carburant și productivitatea muncii în operații de colectare a lemnului cu tractoare. Dorim să folosim această oportunitate pentru a mulțumi colegilor din RNP Romsilva pentru ajutorul pe care ni l-au oferit, precum și colegilor din direcțiile silvice menționate pentru implicare cu profesionalism și rigoare în activitățile de teren. Având în vedere faptul că proiectul presupune un efort de colectare a datelor la nivel național, dorim să mulțumim anticipat și colegilor din teritoriu.

* Autor corespondent. Tel.: +40-721-631-808.

Adresa de e-mail: viorela.marcu@unitbv.ro

INTEGRAREA STUDENȚILOR ÎN ACTIVITĂȚI DE CERCETARE: UN EXEMPLU DE LA FACULTATEA DE SILVICULTURĂ ȘI EXPLOATĂRI FORESTIERE DIN BRAȘOV

Introducerea de utilaje noi în sistema de mașini a Regiei Naționale a Pădurilor a condus la necesitatea elaborării de norme de muncă pentru o parte dintre acestea. În acest sens, Regia Națională a Pădurilor a solicitat elaborarea unor servicii științifice de normare a muncii, activitate la care s-a angajat Departamentul de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, din cadrul Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov. Finanțarea acestor cercetări, a permis integrarea studenților noștri în activitatea de cercetare științifică, favorizând elaborarea unor proiecte de diplomă și lucrări de disertație aplicative și de valoare. În acest sens, s-a constituit o echipă de cercetare compusă din prof.dr.ing. Stelian Alexandru Borz, conf.dr.fiz. Marina Viorela Marcu, drd.ing. Marius Cheța, drd.ing. Monica Zurita Vintimilla și studenții ing. Sarahi Castro Perez, Bogdan Husău, Iustin Ciucanu, Alexandru Leonte și Silviu Oană, care a desfășurat studii de teren, într-o primă fază, în cadrul Direcțiilor silvice Tulcea și Maramureș, în lunile septembrie și noiembrie ale anului curent. Aceste cercetări au urmărit colectarea de date de teren cu privire la consumul de timp, consumul de carburant și productivitatea muncii în operații de colectare a lemnului cu tractoare de generație modernă.

Până în prezent, în cadrul D.S. Tulcea, au fost monitorizate 36 de cicluri de muncă, tractoarele monitorizate fiind Valtra N 154, Valtra 73 A și Valtra N 134, utilaje achiziționate ca urmare a modernizării parcului auto al unităților Regiei. Tipurile de intervenții silvotehnice urmărite în cadrul Ocoalelor Silvice Măcin, Cerna și Rusca au fost tăieri accidentale I, tăieri progresive și rărituri. Cercetările efectuate în cadrul D.S. Maramureș au contorizat 41 de cicluri de muncă, efectuate în cadrul Ocoalelor silvice Mara, Baia Sprie și Groșii Țibleșului, tractoarele fiind TAF 690PE și, pentru comparație, TAF 657; lemnul colectat a provenit din tăieri accidentale I, tăieri progresive, tăieri de conservare și tăieri succesive definitive.

Pentru îndeplinirea obiectivelor propuse, abordarea echipei de cercetare a fost una modernă, fiind bazată pe colectarea de date în secvența reală de desfășurare a acestora, aspect care a fost favorizat de expertiza construită în timp și de echipamentele moderne avute la dispoziție în cadrul grupului de cercetare menționat. Astfel, au fost colectate date cu privire la consumul de timp, utilizându-se camere video, receptoare GPS și senzori de accelerație. Datele privind producția realizată au fost colectate prin tehnici clasice iar cele cu privire la consumul de carburant prin folosirea unei pompe electrice de precizie precum și a unor vase gradate. Pe lângă acestea au mai fost folosite alte instrumente pentru colectarea unor date necesare cu privire la microclimatul locului de muncă, expunerea la zgomot și efortul fizic în anumite elemente de muncă ce caracterizează operațiile de colectare a lemnului. Colectarea acestor date preliminare a furnizat o bună oportunitate pentru perfecționarea abordărilor și metodelor folosite, precum și pentru a întrevădea problemele importante legate de activitatea de normare dar, poate cel mai important,

Marcu: Integrarea studenților în activități de cercetare: un exemplu...

proiectul a oferit o șansă studenților noștri de a se implica în activități de cercetare specifice sectorului forestier.



Figura 1. Amplasarea receptorului GPS și montarea camerei (Foto B. Husău și M.Cheța).



Figura 2. Alimentarea cu ajutorul pompei electrice cu afișaj electronic (Foto M.V. Marcu).

După colectarea datelor de teren acestea au fost prelucrate și analizate, în vederea realizării bazelor de date parțiale. În scopul sistematizării datelor de teren au fost făcuți următorii pași: descărcarea acestora din colectori, sincronizarea șirurilor de date, analiza fișierelor video, clasificarea consumului de timp și calculul producției realizate, urmând ca în viitor să fie efectuate modelarea și elaborarea de norme. Echipa de cercetare așteaptă cu nerăbdare următoarele etape ale studiului, care vor presupune colectarea de date în diverse condiții operaționale, activitate care se va desfășura la nivel național. Pe această cale dorim să le mulțumim anticipat colegilor din teritoriu și așteptăm oportunitatea de a colabora cu dâșii.

Marcu: Integrarea studenților în activități de cercetare: un exemplu...



Figura 3. Pompa de alimentare cu combustibil, generatorul electric și vasul gradat (Foto B. Husău și M. Cheța).



Figura 4. Echipa de la O.S. Mara, D.S. Maramureș (Foto G. Moldovan).

De asemenea, mulțumim pe această cale colegilor din cadrul RNP Romsilva pentru ajutorul oferit în cadrul proiectului, precum și colegilor din cadrul Direcțiilor Silvice Maramureș și Tulcea, pentru implicarea cu profesionalism și rigoare precum și pentru ajutorul pe care ni l-au oferit în prima etapă de teren. Cercetările din cadrul acestui proiect sunt efectuate în conformitate cu prevederile contractului Nr.4522/14.05.2020, încheiat între Regia Națională a Pădurilor - RNP Romsilva și Universitatea Transilvania din Brașov. Echipa de proiect dorește să mulțumească Regiei Naționale a Pădurilor - RNP Romsilva pentru susținerea financiară a cercetărilor din cadrul proiectului.



Cât grăiește o fotografie?

Ștefan Vlonga*

REPERE

- Plantarea molidului în afara arealului său, și mai ales acolo unde este arealul fagului, nu este fezabilă.
- Istoricul arboretului din fotografie indică un efort mare de plantare a molidului.
- După 50 de ani fagul a eliminat aproape complet molidul din compoziție.

ARTICLE INFO

Istoricul articolului:

Manuscris primit la: 06 octombrie 2020

Primit în forma revizuită: 06 octombrie 2020

Acceptat: 06 octombrie 2020

Număr de pagini: 02 pagini.

Tipul articolului:

Comunicare

Editor: Stelian Alexandru Borz

Cuvinte cheie:

Asociație vegetală

Areal natural

Molid

Vârsta exploatabilității

Pierderi economice

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

Arboretul din fotografia prezentată mai sus este un făget montan cu floră de mull, de productivitate superioară, cu vârsta de 50 de ani, care are în compoziție, alături de fag, molidul. Istoricul său este legat de tăierile de regenerare după care s-au efectuat plantații cu puiți de molid cu o desime de 5000 de puiți/ha, pe 70% din suprafață. Deși s-au executat lucrări de degajare și curățire, încercându-se menținerea în compoziție a exemplarelor de molid, nu s-a reușit acest lucru, decât în foarte mică măsură. Din punct de vedere ecologic, nu este de dorit constituirea unei asociații vegetale formată din molid plantat și fag regenerat natural, un molideto-făget, asociație mai rar întâlnită în natură. Ca o rezolvare, se propune cultura în biogrupe. Dar și aceasta nu duce decât la o amânare a problemei legate de vârstele tehnice de exploatare, care sunt diferite pentru fag și molid, unde primul este în arealul său ecologic și ultimul este în afara acestuia, aspecte care pot să producă probleme însemnate legate de calitatea lemnului. În consecință, se impune crearea de arborete pure de fag, bineînțeles acolo unde tipul natural de pădure este făget, chiar executând plantații cu puiți de fag. Fagul este specia forestieră din România cu cea mai mare capacitate de regenerare naturală. Se impune mai multă grijă la evaluarea regenerărilor naturale, mai ales a celor de fag. Situația descrisă mai sus nu este un caz singular, ea se întâlnește în multe locuri din țară.

* Autor corespondent. Tel.: +0754923032

Adresă e-mail: stvlunga@yahoo.com

Vlonga: Cât grăiește o fotografie?

Cât grăiește o fotografie ?

Arboretul din fotografia prezentată în pagina de titlu este un făget montan cu floră de mull, de productivitate superioară, cu vârsta de 50 de ani, constituit din punct de vedere amenajistic, în subparcelela 144A, Unitatea de Producție V, Regia Publică Locală Săcele, județul Brașov. Compoziția este 8FA1MO1CA,PAM.

Istoria sa începe cu anul 1975, când s-a executat prima tăiere de regenerare în cadrul tratamentului tăierilor succesive, și anume, tăierea de însămânțare. Peste 5 ani s-a executat a doua tăiere de regenerare, de data aceasta definitivă. În anul următor s-au executat plantații cu puieți de molid cu o desime de 5000 de puieți/ha, pe 70% din suprafață. Deși s-au executat lucrări de degajare și curățire, încercându-se menținerea în compoziție a exemplarelor de molid, nu s-a reușit acest lucru, decât în foarte mică măsură. Având o capacitate de creștere rapidă și fiind în arealul său, regenerarea naturală de fag a eliminat din compoziție molidul. În prezent, exemplarele de molid reprezintă 10%, din total și acestea sunt, în majoritate, dominate de exemplarele de fag. Neajunsurile acestei situații sunt atât de ordin economic, cât și ecologic. În primul rând s-au consumat fonduri bănești pentru creșterea unor puieți de molid în pepinieră, pentru a-i planta apoi întin cu puieții de fag, acolo unde era o regenerare abundentă de fag. Din punct de vedere ecologic, nu este de dorit constituirea unei asociații vegetale formată din molid plantat și fag regenerat natural, un molideto-făget, asociație mai rar întâlnită în natură. Crearea acestui amestec de molid cu fag, atrage după sine greutate în gospodărirea arboretului respectiv, și se datorează, în principal, diferenței dintre vârstele exploatabilității specifice celor două specii. Astfel, molidul plantat în afara arealului de vegetație, poate fi condus până la circa 80 de ani, întrucât la această vârstă putregaiul roșu începe să-și facă simțită prezența. Molidul regenerat natural în arealul său are exploatabilitatea tehnică la 120 de ani. Pentru a putea conduce astfel de arborete, fie se exploatează fagul la o vârstă de circa 80 de ani, odată cu molidul, fie se exploatează molidul la vârstă de 120 de ani, când se exploatează și fagul. Astfel, dacă se exploatează fagul la vârstă exploatabilității molidului se produc sacrificii de exploatabilitate în minus la fag. Dacă se exploatează molidul la vârstă exploatabilității fagului se produc sacrificii de exploatabilitate în plus la molid. Ca o rezolvare, se propune cultura în biogrupe. Dar și aceasta nu duce decât la o amânare a problemei nerezolvate și prezentate în rândurile de mai sus. În consecință, se impune crearea de arborete pure de fag, bineînțeles acolo unde tipul natural de pădure este făget, chiar executând plantații cu puieți de fag. Fagul este specia forestieră din România cu cea mai mare capacitate de regenerare naturală. Se impune mai multă grijă la evaluarea regenerărilor naturale, mai ales a celor de fag. Situația descrisă mai sus nu este un caz singular, ea se întâlnește în multe locuri din țară.



PROF. DR. ING. AUREL RUSU (1917-2020) - PERSONALITATE MARCANTĂ A SILVICULTURII ȘI GEODEZIEI ROMÂNEȘTI

Iosif Vorovencii^{a,*}, Alexandru Lucian Curtu^b

^a Departamentul de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven nr. 1, Brașov, 500123, România, iosif.vorovencii@unitbv.ro.

^b Departamentul de Silvicultură, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere, Universitatea Transilvania din Brașov, Șirul Beethoven nr. 1, Brașov, 500123, România, lucian.curtu@unitbv.ro.

Evocarea marilor personalități din silvicultură constituie un semn de mare prețuire a muncii și realizărilor pe care le-au obținut de-a lungul carierei. Aceste realizări sunt cu atât mai importante dacă sunt îmbinate cu realizările din alte domenii, așa cum a fost în cazul Prof. dr. ing. Aurel Rusu, în principal cu cele din domeniul geodeziei.

Profesorul Aurel Rusu s-a născut la 9 iunie 1917 în localitatea Bărboși, județul Mureș, fiind cel de-al 12-lea copil al învățătorului Andrei Rusu. Pregătirea temeinică de bază, care i-a asigurat o vastă cultură generală și i-a dezvoltat înclinația spre studiu și documentare, a dobândit-o încă din anii petrecuți ca elev, la școala primară și apoi la Liceul „Ferdinand” din Turda, pe care l-a absolvit în 1935, obținând diploma de bacalaureat la Cluj-Napoca. În același an devine student al Facultății de Silvicultură din cadrul Politehnicii din București, considerată la momentul respectiv cea mai prestigioasă instituție de învățământ tehnic superior din România, afirmându-se drept un student de frunte. Totodată, atras și de disciplinele din domeniul măsurătorilor terestre, urmează și cursurile Facultății de Geodezie. În ambele facultăți întâlnește adevărate modele profesionale, de conduită și de viață: profesorul Marin Drăcea, titularul cursului de silvicultură, profesorul Cezar Orășanu, titularul cursului de topografie și geodezie, profesorul Dimitrie Drâmbă, titularul cursului de topografie forestieră, hotărniciei și cadastru, profesorul Nicolae Bârlad, titularul cursului de Fotogrammetrie, la care a fost apoi asistent timp de 5 ani. După absolvirea cursurilor celor două facultăți obține atât diploma de inginer silvic, în decembrie 1940, cât și pe cea de inginer geodez, în martie 1941.

Înclinația spre științele măsurătorilor terestre îl determină să se încadreze la Institutul Aerofotogrametric București care, în anul 1941, se găsea la maximă solicitare datorită cerinței tot mai mari de planuri și fotoplanuri folosite în operațiunile militare. Pentru a face față noilor cerințe, Institutul a fost dotat cu aparatură nouă, de ultimă generație, adusă din străinătate iar montarea și descifrarea modului de lucru cu o astfel de aparatură i-au revenit Domnului Profesor Aurel Rusu. În anul 1942 a fost numit șeful serviciului de fotogrammetrie din cadrul institutului care avea în subordine laboratoarele de stereorestituție, fotoredresare și

* Autor corespondent. Tel.: +40-744-398-419.
Adresa de e-mail: iosif.vorovencii@unitbv.ro

Vorovencii & Curtu: Prof.dr.ing. Aurel Rusu (1917-2020) – Personalitate marcantă...

fotoreproduceri, unde a executat diferite lucrări de specialitate. Activând într-un domeniu de vârf, al fotogrammetriei, care se afla în plină evoluție, vede necesitatea introducerii reperajului fotogrammetric în lucrările curente de stereorestituție și redresare la scări diferite. Ca șef al serviciului de fotogrammetrie pune bazele unei echipe de operatori fotogrammetrici care au reprezentat nucleul de bază al fotogrammetriștilor români și care s-au afirmat apoi în producție și în învățământ, inclusiv în cel superior. Dintre aceste personalități formate de Domnul Profesor Aurel Rusu pot fi amintiți H. Dumitrescu care a devenit șeful serviciului geodezie-fotogrammetrie de la Comitetul Geologic și Nicolae Oprescu, devenit ulterior profesor universitar la Catedra de Fotogrammetrie de la Institutul de Construcții București, secția Geodezie. Tot în anul 1942 participă efectiv, pe frontul de răsărit, în Caucaz, în grad de ofițer, la preluarea imaginilor și la elaborarea documentațiilor fotogrammetrice solicitate de armată. După terminarea războiului, solicitările asupra institutului au rămas, angajații acestuia fiind chemați să realizeze lucrări de actualizare a planurilor și hărților și de jalonare a noilor hotare. Dintre lucrările remarcabile, de anvergură, pe care s-au executat efectiv în această perioadă, parte dintre ele fiind conduse și coordonate de Domnul Profesor Aurel Rusu, se pot aminti: lucrări de stereorestituție (scara 1:2000) și de fotoredresare (scara 1:5000) pentru localitățile Mănăstirea Dealu, Tulcea, Chișinău, Simeria, Arad, Ploiești, Bârlad, Sinaia, Mediaș, Bacău, Brașov, Râmnicu-Vâlcea, Turda, Vaslui, Bălășoieni-Ilfov etc., întocmirea planurilor topografice prin stereorestituție (scara 1:10000), pentru circa 110000 ha de pădure din zona Bistrița-Tarcău, unde s-a folosit în premieră pentru țara noastră, reperajul determinat prin aerotriangulații bazate pe un procedeu grafico-numeric, lucrări de executare a reperajului fotogrammetric terestru pentru localitățile Râmnicu Vâlcea, Turda etc. Pe baza acestor lucrări și a studiilor întreprinse în această perioadă a fost redactată lucrarea Metodele fotogrammetrice în cadastru, lucrare însușită de Direcția Cadastrului.

La începutul anului 1946, activitatea Domnului Profesor Aurel Rusu încetează la Institutul Aerofotogrametric și este transferat la Direcția Cadastrului să conceapă și să propună organigrama unui Institut Național de Fotogrammetrie necesar sprijinirii lucrărilor de reformă agrară. Întrucât dotarea noului institut s-a făcut cu întârziere, a fost încadrat la serviciul geodezic unde a activat peste 3 ani (februarie 1946-septembrie 1949) ca operator geodez și cadastral. Participă la lucrări deosebite și complexe cum ar fi refacerea lanțului de triangulație de ordinul I Brașov-București, unde au fost efectuate observații de teren, calcule și chiar construirea de piramide geodezice în unele puncte de observație, realizarea triangulației geodezice de ordinele II și III în zonele Tecuci-Panciu-Odobești, Ciucaș, Alba-Iulia, realizarea triangulației geodezice de ordinele III - IV și V în zona Sinaia-Baiu-Cumpătu-Vârfu cu Dor-Gurguiata, efectuarea nivelmentului geometric de ordinul I în zona Balta Ialomiței (peste 100 km), executarea de ridicări cadastrale în perimetrul Colentina-București etc. În perioada 1946-1949 este numit în comisia tehnică a Ministerului Agriculturii unde a participat și coordonat realizarea normativelor și a instrucțiunilor de efectuare a lucrărilor în domeniul cadastrului agricol. O lucrare aparte, de proiectare și de execuție, pe care a condus-o, a fost în anul 1948 când a materializat frontiera româno-sovietică din zona Iași, pe ambele maluri ale Prutului, pe o distanță de circa 100 km. Având în vedere că acestea erau lucrări de frontieră, au fost necesare, pe lângă observațiile și calculele geodezice obișnuite, și transcalculări de coordonate din proiecția Stereografică 1933 folosită la noi în țară, în proiecție Gauss, pe elipsoidul Krasovski, proiecție folosită de sovietici. De asemenea, în perioada 1947-1948 a condus lucrările de proiectare a rețelei geodezice a municipiului București. În perioada 1943-1948 a activat în paralel și în unități de învățământ, în general școli tehnice de nivel mediu, fiind profesor la școala tehnică ce funcționa pe

Vorovencii & Curtu: Prof.dr.ing. Aurel Rusu (1917-2020) – Personalitate marcantă...

lângă Direcția Generală a Cadastrului, pregătind operatori cadastrali și fotogrammetriști și la școala de operatori de geodezie și fotogrammetrie de pe lângă Statul Major al armatei, Direcția Topografică Militară. Tot în această perioadă a fost asistent la disciplina Fotogrammetrie, de la Facultatea de Construcții din cadrul Politehnicii București. În anul 1949, Domnul Profesor Aurel Rusu este transferat de la Direcția de Cadastru la Serviciul Cadastral al Sfatului Popular Brașov, unde execută lucrări cadastrale curente. Aceasta constituie ultima încadrare ca inginer în proiectare-producție deoarece, începând cu toamna anului 1949, se dedică învățământului silvic superior.

Domnul Profesor dovedește simț pedagogic, probabil moștenit de la părinți, și înclinații clare spre activitatea didactică, calități care prefațază viitorul profesor universitar. Aceste calități și experiența didactică pe care a câștigat-o prin predarea la școlile tehnice a determinat numirea sa de către cele două ministere, Ministerul Învățământului și Ministerul Silviculturii, ca profesor de Topografie-Geodezie-Fotogrammetrie la Institutul de Silvicultură din Brașov, înființat în 1948. Acesta este momentul în care Domnia Sa își începe activitatea de profesor universitar, activitate pe care o desfășoară la cel mai înalt nivel, cu competență, pasiune și dăruire, până la pensionare. Ulterior se va dovedi că cei 9 ani (5 ani fotogrammetrie, 3 ani geodezie și 1 an cadastru-topografie) în care a activat în proiectare-producție și diversitatea lucrărilor pe care le-a executat, au avut o influență capitală asupra desăvârșirii și afirmării sale profesionale, situându-l în fruntea specialiștilor români în domeniul măsurătorilor terestre și ridicărilor aerofotogrammetrice. În învățământul superior se bazează la început pe experiența anilor precedenți din școlile tehnice. Este conștient că are obligația să asigure studenților o pregătire profesională temeinică, să le ofere educație, să elaboreze manuale și să desfășoare activitate de cercetare științifică. Activând într-un domeniu în care progresul tehnic este foarte rapid, aflat în plină expansiune și perfecționare, caută să se pregătească continuu pentru a se putea menține în miezul problemelor sectorului. În acest sens, a ținut legătura cu producția și a fost consultat în permanență. În multe cazuri a fost solicitat să-și aducă contribuția prin idei, metode și soluții la rezolvarea problemelor din producție. Pentru aceasta a fost cooptat ca membru în Comisia Superioară de Agricultură și Silvicultură în vederea redactării de norme tehnice privind lucrările din domeniul măsurătorilor terestre. Încă de la venirea în învățământul superior l-a preocupat realizarea unei baze materiale pentru disciplinele pe care le-a condus. În acest sens, s-a îngrijit de realizarea unui laborator de topografie dotat cu aparatură specifică, conștient fiind că fără un astfel de laborator studenții nu pot să-și însușească pe deplin disciplinele pe care le predă. Laboratorul a fost dotat pe parcurs și cu aparatură fotogrammetrică. S-a implicat personal în asigurarea efectuării de fiecare promoție de studenți a unui stagiu de practică topografică riguroasă și foarte judicios organizată. Deopotrivă au fost apreciate la adevărată lor valoare și practicile în producție efectuate cu studenții. Dintre lucrările realizate în producție cu studenții pot fi amintite: ridicarea în plan a pădurilor aflate în curs de uscare din cauza surplusului de apă din zona Satu-Mare, ridicările topografice efectuate în bazinele hidrografice torențiale Lotru, Bârsa Ardeleană, Târlung, realizarea unei rețele și ridicările în plan în vederea urmăririi alunecărilor de terenuri de pe raza orașului Orșova. Astfel de lucrări au rezolvat cerințele beneficiarilor dar au oferit și posibilitatea formării studenților, parte dintre aceștia activând după absolvirea facultății ca specialiști la diferite instituții de profil din țară în domeniul măsurătorilor terestre.

Educația studenților este o componentă de bază a activității universitare iar Domnul Profesor Aurel Rusu a făcut-o pe baza valorilor și principiilor perene ale acesteia și nu pe alte

Vorovencii & Curtu: Prof.dr.ing. Aurel Rusu (1917-2020) – Personalitate marcantă...

elemente conjuncturale. Eleganța și demnitatea ținutei sale la cursuri și în afara acestora, atitudinea sa înțelegătoare, atentă și politicoasă față de studenți, au fost transmise acestora și, totodată, au făcut să fie respectat de toți studenții. A susținut în fața studenților prelegeri deosebite care s-au situat la un înalt nivel și s-au bucurat de multă audiență. A condus cercuri științifice studentești și a participat la manifestările sportive ale studenților. Tot timpul a avut o ținută impecabilă, inclusiv vestimentară. Alături de aceasta, a folosit un limbaj elevat, cu o exprimare logică și clară, care au evidențiat o excelentă pregătire, competență și pasiune pentru disciplinele predate. Toate acestea au condus la atragerea studenților la cursuri iar aceștia și-au dat seama că au în fața lor un profesor de excepție, o somitate în domeniu. Pe lângă activitatea cu studenții, Domnul Profesor Aurel Rusu s-a ocupat de elaborarea de cursuri și manuale. Începutul a fost făcut în 1952, când a elaborat manualul Topografie generală și forestieră pentru învățământul mediu silvic. În calitate de cadru didactic din învățământul superior, a fost autorul sau a coordonat 16 manuale și tratate de nivel universitar, acestea însumând peste 5500 de pagini și a participat la elaborarea limbajului de specialitate într-o lucrare amplă de terminologie forestieră. Foarte cunoscut este tratatul de Topografie (625 pagini) apărut la Editura Tehnică în anul 1955 care reprezintă primul curs universitar de topografie ce apare în țara noastră, în formă tipărită. Deși în România exista o facultate de măsurători terestre în cadrul Institutului de Construcții București, tratatul a fost ales și recomandat de Ministerul Învățământului ca manual unic pentru învățământul superior de la noi. Alegerea a fost făcută după ce, în anul 1952, Ministerul Învățământului a invitat titularii cursurilor de topografie și măsurători terestre din țară să redacteze și să depună la sediul ministerului cursul de specialitate elaborat de aceștia. Din cele 13 cursuri depuse Comitetul de Stat pentru Știință și Tehnologie a avizat doar publicarea tratatului său. Cursul a fost primit cu deosebit interes din partea specialiștilor din domeniul măsurătorilor terestre și a fost difuzat în toată țara, lucru care a confirmat încă o dată prestața profesională a autorului. De asemenea, a realizat cu responsabilitate și competență capitolele de topografie, geodezie și fotogrammetrie din Manualul inginerului forestier, vol. 82 (peste 80 de pagini), apărut în Editura Tehnică.

În anul 1972 obține titlul de doctor cu lucrarea în fotogrammetrie intitulată „Cercetări privind obiectivizarea fotointerpretării forestiere” elaborată sub îndrumarea reputatului profesor Nicolae Rucăreanu. Lucrarea s-a bucurat de succes atât pe plan național, cât și internațional. Din anul 1976 este conducător de doctorat la Universitatea din Brașov. Pe parcursul anilor Domnul Profesor Aurel Rusu publică o serie de cursuri universitare, ca unic autor sau în colectiv, toate cu o largă circulație și căutate atât de studenți, cât și de inginerii din producție. Dintre acestea putem aminti: Topografie cu elemente de geodezie și fotogrammetrie (1968, Editura Agrosilvică), Fotogrammetrie forestieră (1978, Editura Ceres), Topografie - geodezie (1982, Editura Didactică și Pedagogică), Fotografia aeriană și teledetecția în economia forestieră (1988, Editura Ceres). Cursurile elaborate au acoperit întreaga gamă a ridicărilor topografice iar ultimul include și noțiuni de teledetecție satelitară. În ceea ce privește activitatea științifică, Domnul Profesor Aurel Rusu a elaborat peste 90 de lucrări științifice. Calitatea lucrărilor este remarcabilă iar direcțiile de cercetare au fost vaste, dintre acestea amintind: folosirea fotogramelor în silvicultură, analiza coeficientului de refracție atmosferică și precizia nivelmentului trigonometric la distanțe mari, lucrare premiată pentru valoarea sa științifică de Ministerul Învățământului în anul 1964, îndeșirea rețelei de sprijin prin aerotriangulații, proiectarea drumurilor forestiere după fotograme, utilizarea teledetecției în economia forestieră etc. Lucrările au fost publicate în Revista Pădurilor, Buletinul de Fotogrammetrie, Revista de Geodezie și în Buletinul Științific al

Vorovencii & Curtu: Prof.dr.ing. Aurel Rusu (1917-2020) – Personalitate marcantă...

Universității din Brașov. Parte din rezultatele cercetărilor au fost diseminate și în străinătate prin trimiterea de lucrări științifice la manifestări științifice internaționale din domeniu precum Congresul Internațional de Geodezie de la Sofia (Bulgaria, 1983), Congresul Internațional de Fotogrammetrie și Teledetecție de la Rio de Janeiro (Brazilia, 1984). Prezența Domnului Profesor și contribuțiile sale directe la Colocviul de Fotogrammetrie de la Dresda și la Congresul Internațional de la Lisabona, au sporit prestigiul științei românești și l-au situat pe Domnul Profesor la nivelul personalităților europene în domeniul științelor măsurătorilor terestre. Pe lângă lucrările științifice, Domnul Profesor Aurel Rusu a desfășurat și o bogată activitate de cercetare pe bază de contract. În perioada 1974-1983 a participat la realizarea a peste 25 de contracte de cercetare cu producția silvică și cu alți beneficiari, la 15 dintre acestea fiind responsabil și coordonator de temă. Contractele au fost finalizate prin referate științifice, prin norme și normative de aplicare a unor tehnici și tehnologii sau prin asistență tehnică acordată beneficiarilor. Domnul Profesor Aurel Rusu s-a afirmat și prin prezența sa în diferite foruri și funcții de conducere. În acest sens, a fost membru al Consiliului profesoral al Facultății de Silvicultură și în Consiliul Institutului Forestier, ulterior Politehnic, și șef al Catedrei de Topografie. Odată cu transformarea Institutului Politehnic Brașov în Universitate a fost ales decan al Facultății de Silvicultură (1972-1976) și membru în Senatul Universității, funcții pe care le-a onorat și îndeplinit cu profesionalism. Rezultatele deosebite obținute pe parcursul carierei în producție, cercetare și învățământ au condus la alegerea domniei sale, în anul 1991, membru corespondent, iar din 1994 membru titular al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești”. Tot din 1994 este membru al Secției de Silvicultură a Societății Progresul Silvic și al Asociației Oamenilor de Știință. De asemenea, este și membru de onoare al Societății Române de Fotogrammetrie și Teledetecție.

În luna iunie 2017 Universitatea Transilvania din Brașov și Academia de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești” au organizat sărbătorirea a 100 de ani de la nașterea Domnului Profesor Aurel Rusu. Au fost prezente cadre didactice de la Universitatea Transilvania din Brașov și de la Facultatea de Geodezie din București, foști doctoranzi, foarte mulți ingineri silvici cărora le-a fost profesor, invitați și apropiați. Participanții au elogiat personalitatea sa, activitatea profesională, științifică și didactică.

Realizările Domnului Profesor Aurel Rusu în domeniul științei măsurătorilor terestre sunt remarcabile. Astfel, au fost rezolvate numeroase aspecte teoretice și practice din domeniu printre care amintim: folosirea fotogrammetriei în amenajarea pădurilor, dendrometrie, protecția pădurilor etc., fotointerpretarea speciilor forestiere și a caracteristicilor structurale ale arboretelor, evaluarea reflectanței spectrale a arborilor și arboretelor, cu elaborarea legilor reflectanței spectrale, estimarea volumului arborilor și arboretelor pe baza fotogramelor aeriene, folosirea teledetecției satelitare în silvicultură, analiza coeficientului de refracție atmosferică în ridicările topo-geodezice. Așadar, prin realizările domniei sale, Domnul Profesor Aurel Rusu s-a impus ca o personalitate de prim rang în domeniul științelor măsurătorilor terestre și al silviculturii românești. A beneficiat de calități native deosebite, cărora li s-a asociat pe parcurs și de o educație aleasă, bazată pe cinste și corectitudine, pe respectul față de semeni, pe ordine și exigență față de sine însuși și față de ceilalți. Personalitatea sa este unanim recunoscută atât de inginerii silvici și cadrele didactice ale facultăților de silvicultură, cât și de inginerii geodezi și cadrele didactice ale facultăților de geodezie. Fără a emite pretenția de a epuiza realizările practice și științifice de excepție, trebuie subliniat faptul că dezvoltarea topografiei, geodeziei și fotogrammetriei din țara noastră se datoresc în mare măsură Domnului Profesor Aurel Rusu. Prin activitatea și lucrările

Vorovencii & Curtu: Prof.dr.ing. Aurel Rusu (1917-2020) – Personalitate marcantă...

sale, Domnul Profesor Aurel Rusu a contribuit din plin la afirmarea școlii superioare de silvicultură din Brașov și a devenit o personalitate de primă mărime a învățământului și științelor silvice și a măsurătorilor terestre.

Pe 30 noiembrie 2020, în sărbătoarea Sfântului Andrei, după o viață de muncă plină de satisfacții și împliniri profesionale, dar și de greutăți și piedici inerente pe care le-a depășit datorită tenacității sale, Domnul Profesor Aurel Rusu a trecut în neființă. A fost înmormântat la Cluj-Napoca, orașul în care și-a petrecut ultimii ani din viață. Prin trecerea la cele veșnice a Domnului Profesor Aurel Rusu, Universitatea Transilvania din Brașov, Facultatea de Silvicultură și exploatarea forestieră din Brașov, comunitatea academică din silvicultură, întregul învățământ superior silvic și tot corpul silvic românesc a suferit o grea și ireparabilă pierdere. În numele disciplinelor Topografie-geodezie și Fotogrammetrie de la Facultatea de Silvicultură și exploatarea forestieră din Brașov, al corpului profesoral și foștilor studenți,

Vă mulțumim Domnule Profesor!

Dumnezeu să vă odihnească în pace!