

# **RADOVI**

ŠUMARSKOG  
FAKULTETA  
UNIVERZITETA U  
SARAJEVU

OF THE FACULTY  
OF FORESTRY  
UNIVERSITY OF SARAJEVO

# **WORKS**

VOLUME 51 | ISSUE 2



SARAJEVO, 2021

## **The first issue of journal was published in 1952**

Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo were published in certain periods as:

*Works of the Faculty of Agriculture and Forestry in Sarajevo (1952 - 1958)*

*Works of the Faculty of Forestry and the Institute of Forestry and Wood Industry (1959 - 1964)*

*Works of the Faculty of Forestry and the Institute of Forestry in Sarajevo (1965 - 1981)*

*Works of the Faculty of Forestry Sarajevo (1981 – 1998)*

*Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo (1998 -)*

## **Prvo izdanje časopisa je bilo 1952. godine**

Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu izdavani su u pojedinim periodima kao:

*Radovi Poljoprivredno – šumarskog fakulteta u Sarajevu (1952 – 1958.)*

*Radovi Šumarskog fakulteta i instituta za šumarstvo i drvnu industriju (1959 – 1964.)*

*Radovi Šumarskog fakulteta i instituta za šumarstvo u Sarajevu (1965 – 1981.)*

*Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu (1981 – 1998.)*

*Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu (1998 -)*

## **Publisher / Izdavač**

Faculty of Forestry, University of Sarajevo / Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu

Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo Bosna i Hercegovina

email: [radovi@sfsa.unsa.ba](mailto:radovi@sfsa.unsa.ba)

Tel: +387 33 812 490/491

Fax: + 387 33 812 488

[www.radovi.sfsa.unsa.ba](http://www.radovi.sfsa.unsa.ba)

Copyright © of the Faculty of Forestry University of Sarajevo

Copying or duplicating of works is allowed only in scientific purposes.

# Age of trees of fir (*Abies alba* Mill.), spruce (*Picea abies* Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in mixed uneven-aged multilayered stands on mountain Igman

Starost stabala jele (*Abies alba* mill.), smrče (*Picea abies* karst.) i bukve (*Fagus sylvatica* l.) u mješovitim raznodobnim višespratnim sastojinama na planini Igman

Aida Ibrahimspahić<sup>1,\*</sup>, Adis Selman<sup>1</sup>, Azra Čabaravdić<sup>1</sup>, Azer Jamaković<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Šumarski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

<sup>2</sup> UŠITFBiH, Udruženje inženjera i tehničara šumarstva Federacije Bosne i Hercegovine

## ABSTRACT

This particular paper analyzes the age of fir (*Abies alba* Mill.), spruce (*Picea abies* Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) trees, with a diameter at breast height of approximately 50 cm (diameter classes 47.5 and 52.5 cm) in mixed uneven-aged multi-layered stands. Research data was obtained from four continuous experimental plots on Mt. Igman, with different site conditions and stand structure on which the selective management method is carried out. Based on the number of annual growth rings on the increment cores to the center of the tree taken at a height of 1.3 m, the so-called “age of growth” was determined (Flury according to Stamenković, Vučković 1988). However, the actual age is greater than the determined age, for the time required to reach a height of 1.3 m. The research indicated that the tree age is of great variability. The range for fir trees is from 70 to 350 years, for spruce trees from 65 to 256 years and for beech trees from 113 to 275 years. Moreover, the research implicates that the differences in age between tree species within one stand aren't statistically significant in all analyzed cases, while differences between trees of the same tree species from stands of different site and stand conditions are statistically significant. The differences between the observed fir and beech trees in the same stand are not statistically significant, while the differences between the trees of these tree species and spruce trees are statistically significant. For all observed tree species, it was found that the age of trees is on average lower in sites of medium quality, compared to sites of better and lower quality. It was concluded that differences in the age of observed trees are determined by tree species, site conditions and stand structure (competitive relations) and other factors not covered by this study, and that the age of trees of certain species to some extent indicates the production potential of sites.

**Key words:** fir, spruce, beech, age of tree, mixed uneven-aged multilayered stand.

\* Corresponding author: Aida Ibrahimspahić, Šumarski fakultet, Univerzitet u Sarajevu a.ibrahimspahic@sfsa.unsa.ba

## INTRODUCTION – Uvod

Starost stabala je, pored vrste drveća, genetske osnove, stanišnih i sastojinskih uslova u kojim rastu, jedan od značajnih uticajnih faktora na prirast stabala, a time i sastojina. Svako stablo tokom životnog vijeka prolazi kroz više razvojnih faza koje mogu trajati različit vremenski period. Za raznodobne (preborne) sastojine tipična je velika varijabilnost vremena trajanja ovih faza koja počiva na velikoj heterogenosti ekofizioloških uslova (Schütz 2001). Veza između veličine i dinamike prirasta stabala prebornih sastojina i njihove starosti mnogo je slabija u odnosu stabla jednodobnih sastojina. Za razliku od stabala koja rastu u jednodobnim sastojinama, gdje se sva stabla nalaze u istoj razvojnoj fazi, stabla prebornih sastojina individualno prolaze kroz razvojne faze i po pravilu fazu pune snage postižu pri znatno većoj starosti. Stabla nižih slojeva preborne sastojine su usporenog rasta (tzv. čekači) i pri određenim uslovima u tom položaju mogu da provedu i do 150 ili čak 200 godina uz godišnji visinski prirast manji od 10 cm (Schütz 2001). Ovaj fenomen je Biolley (1901 prema Schütz 2001) naznačio kao “polusan mladih sadnica”. Prema Frančiškoviću (1938) period latentnog mirovanja je sa uređajnog gledišta najmarkantniji period tokom vremena produkcije i njegov uticaj na produkciju je negativan jer udvostručuje vrijeme proizvodnje. Starost stabala istih dimenzija može da se razlikuje za više od 100 godina, a da se to ne uočava prema vanjskom izgledu i nema nikakvog uticaja na njihov kasniji razvojni potencijal. Teorije o fizičkom starenju ovo obrazlažu povećanjem visinskih razlika za transport vode do asimilacionih organa (Kozłowski 1963 prema Schütz 2001) i neravnotežom između sve veće zapremine krošnje i zapremine korijena (Kazarjan 1969 prema Schütz 2001). Prema Schützu (2001) zasjevana i prouzrokovani lagani rast u mladosti prekrivaju normalnu tendenciju starenja te je starost bitan faktor samo u relativno konstantnim uslovima.

Flury je za korektan opis rasta stabala u slučaju zasjenjivanja predložio korištenje tzv. “starosti rastenja” koja ne obuhvata period zasjenjivanja, kako se stabla ne bi “opterećivala” vremenskim periodom koji može biti vrlo dug (Stamenković, Vučković 1988; Schütz 2001). Međutim, s obzirom da precizno utvrđivanje starosti rastenja nije jednostavno, uobičajeno je da se umjesto starosti koristi prsni prečnik koji se jednostavno utvrđuje i reprezentativan je pokazatelj razvojnih faza pojedinačnih stabala (Schütz 2001). I Matić (1980) ukazuje na veći značaj poznavanja rasta stabala zavisno od njihovog prečnika u odnosu na zavisnost od starosti te nemogućnost utvrđivanja starosti prebornih sastojina u redovnoj šumarskoj praksi i citira Knuchela (1950) “starost stabala

la preborne sastojine interesuje nas samo sa biološkog stanovišta”.

Ipak, prema nekim autorima poznavanje starosti stabala prebornih sastojina nije beznačajno jer nije svejedno za koje vrijeme stablo postigne određene dimenzije. Sa ovim problemom se suočio Flury pri izradi bonitetnih dispozicija, a Asman je predložio da se odbaci bonitiranje samo na osnovu prosječnih visina stabala viših debljinskih klasa. Leibundgut smatra da je zbog nelinearne veze između prečnika i starosti iz visinskih krivih kao funkcija prečnika vrlo teško izvoditi neke zakone o rastu i one su manje pogodne za istraživanje zakona rasta u odnosu na one koje su u funkciji starosti (Stamenković, Vučković 1988). Stamenković i Vučković (1988) preporučuju da se za pouzdaniju ocjenu boniteta staništa za raznodobne (preborne) sastojine na osnovu visine stabala koriste i dodatni parametari među kojim je i starost stabala.

Prilikom istraživanja proizvodnih i strukturnih karakteristika raznodobnih šumskih sastojina jele, smrče i bukve u BiH (Matić 1959, Matić 1980) starost stabala nije direktno obuhvaćena kao uticajna (nezavisna) varijabla, već posredno preko prsnog prečnika stabala. U analizama rasta stabala korištena je relativna starost utvrđena na osnovu debljinskog prirasta i vremena prelaska za pojedine debljinske stepene, koja predstavlja procijenjenu starost potrebnu za povećanje prsnog prečnika od taksacione granice do određenog prsnog prečnika. Matić (1959) je pri tome starost stabala prsnog prečnika od 10 cm (taksacioni prag) uzimao kao nepoznatu (X) koja može biti različita (za jelu oko 60, smrču oko 25 i bukvu oko 20 godina). Za prosječne sastojinske uslove (prosjeak uzorka istraživanja) i treći bonitetni razred staništa procijenio je da je stablima jele potrebno prosječno oko  $X + 137$  godina da dostignu prsni prečnik od 50 cm, stablima bukve  $X + 151$ , a smrče oko  $X + 177$  godina. Ovaj način predstavljanja starosti stabala koristili su i Drinić (1972, 1974) i Pavlič (1987) u okviru istraživanja dinamike proizvodnih i strukturnih karakteristika sastojina bukve, jele i smrče metodom kontinuelnih oglednih ploha.

Istraživanja starosti stabala različitih vrsta drveća raznodobnih sastojina uglavnom su imala za cilj spoznaju odnosa starosti i prečnika, odnosno provjeru kvaliteta veličine prsnog prečnika kao indikatora starosti stabala. Blum (1961) i Gibbs (1963) su utvrdili veliki varijabilitet starosti u užem intervalu prečnika stabala, dok su Leak (1985), Abrams (1985), Kenefic i Nyland (1999) i Loewenstein et al. (2000) utvrdili postojanje statistički značajne veze između prečnika i starosti stabala.

Tabela 1. Osnovni opšti podaci o oglednim plohama

Table 1. Basic general data of the experimental plots

Ploha/ Plot	Godina osnivanja/ Year of establishment	Površina/ Area (ha)	Nadm. visina/ Elevation (m)	Ekspozicija/ Aspect	Inklinacija/ Slope (°)	Bonitet* staništa/ Site class (rang/rank)
150	2009.	1,08	1.170	SE	25	3,0
142	1954.	2,41	1.320	SE	15	3,3
130	1957.	1,00	1.400	NE	20	2,3
109	2008.	1,03	1.380	NW	20	3,6

\* Prosječni visinski bonitet staništa zastupljenih vrsta drveća/Average height site class of represented tree species

Leak (1985) je utvrdene rezultate obrazložio time da se radilo o starim šumama stabilne populacije sa konzistentnom gustoćom sastojina i distribucijom prsnih prečnika. Kenefic i Nyland (1999) su utvrdili i regresioni model prema kojem se sa starošću ubrzava rast, a Loewenstein et al. (2000) više modela, ali navode da, bez obzira na statistički značajnu vezu, precizna procjena starosti stabala na osnovu prsnog prečnika nije moguća zbog velikog varijabiliteta prsnih prečnika unutar starosnih klasa.

U novije vrijeme se prilikom opisivanja strukture mješovitih sastojina utvrđuje i njihova starosna struktura. "Starost raznodobnih sastojina" često se zamjenjuje dominantnom starošću ili dominantnom starošću po vrstama. Kao zamjena za starost, pored prsnog prečnika, koriste se i odgovarajući indeksi od kojih je najčešći broj velikih (starih) stabala. Preporučuje se da se, bez obzira na poteškoće i troškove, utvrđuje starosna struktura jer je povezana sa produktivnošću i dinamikom šume (del Rio et al. 2016).

Problem ovog istraživanja je pitanje starosti stabala jele (*Abies alba* Mill.), smrče (*Picea abies* Karst.) i bukve (*Fagus sylvatica* L.), prsnog prečnika oko 50 cm (debljinski stepeni 47,5 i 52,5 cm) u mješovitim raznodobnim višespratnim (prebornim) sastojinama i uticaja stanišnih i sastojinskih uslova.

## MATERIALS AND METHODS – Materijal i metode

Starost stabala je utvrđena na osnovu broja godina na uzrocima koji su uzeti iz stabala debljinskih stepeni 47,5 i 52,5 cm na visini od 1,3 m. Ova starost ne predstavlja stvarnu starost stabla već starost dijela stabla iznad visine

1,3 m. U ovom istraživanju ova starost prihvaćena je kao "starost rasteња" (u daljem tekstu starost), kako je već prije preporučio Flury (Stamenković, Vučković 1988).

## THE STUDY AREA - Objekt istraživanja

Podaci za ovo istraživanje prikupljeni su na četiri kontinuelne ogledne plohe u mješovitim šumama bukve, jele i smrče na planini Igman. Šume u kojim se nalaze predmetne ogledne plohe pripadaju biljnoj zajednici *Abieti Fagetum illyricum* Treg., a njima se gazduje prebornim načinom. Dvije ogledne plohe su osnovane 50-ih godina prošlog vijeka i na njima je do sada provedeno šet periodičnih premjera taksacionih elemenata, dok su dvije osnovane 13-14 godina i na njima su provedena dva premjera. Osnovni opšti podaci o oglednim plohama predstavljani su u tabeli 1. Oznaka ogledne plohe predstavlja oznaku šumskog odjeljenja u kojoj se nalazi.

Uzorci za ovo istraživanje prikupljeni su 2013. godine, a zadnji premjeri taksacionih elemenata na oglednim plohama prije prikupljanja uzoraka za ovo istraživanje provedeni su 2006. (ploha 130), 2008. (plohe 142 i 109) i 2009. godine (ploha 150). Veličine osnovnih strukturnih (taksacionih) elemenata oglednih ploha po vrstama drveća i ukupno (po ha) u vrijeme taksacionih snimanja predstavljene su u tabeli 2, dok su distribucije frekvencija prsnih prečnika predstavljene na grafikonu 1 (od a do d). Taksacioni prag je 10 cm.

Tabela 2. Veličina taksacionih elemenata oglednih ploha u vrijeme taksacionih snimanja

Table 2. Stands attributes of the experimental plots at the time of inventory

Ploha/ Plot	Taksacioni element/ Attribute	JL	SM	BK	OL	Ukupno/ Total
150	Bonitet/Site class/ hd50	3,1/ 26,6	3,0/ 29,0	3,0/ -	-	-
	N	188	230	105	2	525
	Dg	31,2	30,9	13,8	15,2	28,4
	G	14,37	17,24	1,57	0,03	33,21
	V	169,171	195,907	7,449	0,196	372,724
	H	-	-	-	-	2,51
142	Bonitet/Site class/ hd50	3,2/ 26,4	3,5/ 27,7	3,1/ 28,2	-	-
	N	172	166	88	6	432
	Dg	29,6	30,3	45,1	46,2	33,9
	G	11,81	11,69	13,99	1,04	38,53
	V	133,475	121,647	185,938	13,841	454,901
	H	-	-	-	-	2,97
130	Bonitet/Site class/ hd50	2,2/ 29,0	2,0/ 30,8	2,2/ 29,1	-	-
	N	83	94	116	-	293
	Dg	29,8	24,2	46,5	-	36,0
	G	5,78	4,31	19,66	-	29,75
	V	72,407	45,054	294,555	-	412,016
	H	-	-	-	-	2,38
109	Bonitet/Site class/ hd50	3,6/ 25,1	3,8/ 25,7	3,5/ 25,4	-	-
	N	111	152	152	1	416
	Dg	28,7	26,6	27,8	45,7	27,7
	G	7,18	8,50	9,21	0,16	25,05
	V	77,603	79,815	90,736	1,722	249,875
	H	-	-	-	-	2,95

JL - Jela/Silver fir; SM - Smrča/Norway spruce; BK - Bukva/European beech; OL - Ostali lišćari/Other deciduous; Bonitet - boniteni razred staništa/Site class (rang/rank); hd50 - procijenjena visina stabala prsnog prečnika 50 cm/estimated height of tree with dbh 50 cm (m); N - broj stabala/Number of trees (stabala/trees /ha); Dg - srednji prečnik po temeljnicu/quadratic mean diameter (cm); G - temeljnica sastojine/stand basal area (m<sup>2</sup>/ha); V - zapremina krupnog drveta/volume of merchantable wood (m<sup>3</sup>/ha); H - indeks homogenosti/index of homogeneity.

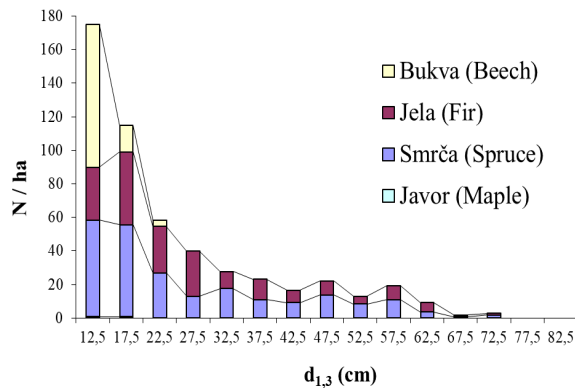
Prema veličinama indeksa homogenosti (H), kojim se kvantifikuje debljinska struktura, a koje su manje ili malo veće od 2,8 (Kramer 1988, Ibrahimspahić 2013), i oblicima debljinskih struktura oglednih ploha (sve vrste zajedno) u vrijeme taksacionih snimanja sastojine na oglednim plohama imaju prebornu strukturu. Međutim, u prethodnom periodu, od početka životnog vijeka posmatranih stabala, struktura sastojina, odnosno uslovi za rast stabala nisu bili uvijek isti. Prije 5-6 decenija, u vrijeme osnivanja oglednih ploha 130 i 142 debljinske strukture su bile unimodalne (Ibrahimspahić 2013), a što je vjerovatno slučaj i na površinama gdje su kasnije osnovane ostale dvije plohe. Unimodalne debljinske strukture su vremenom, uz primjenu prebornih sječa prevedene u kose opadajuće.

### DATA COLLECTION - Prikupljanje podataka

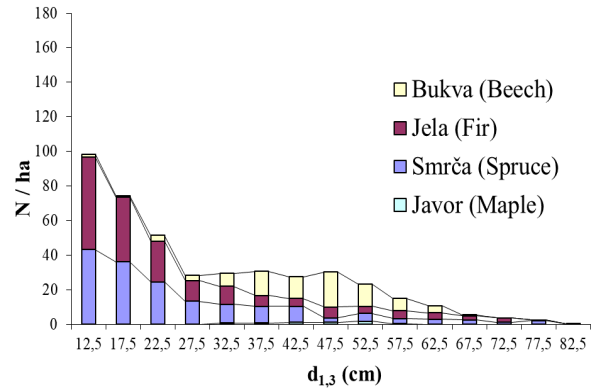
Iz stabala debljinskih stepeni 47,5 i 52,5 cm na visini od 1,3 m priraštajnim svrdlom su izbušena po dva uzorka do srži (dužine od oko 25 cm). Kako bi se izbjeglo tenzijsko i kompresijsko drvo uzorci na istom stablu su uzeti jedan naspram drugog i paralelno sa izohipsama.

Na tri ogledne plohe površine 1 ha uzorci su uzeti iz svih stabala odabranih debljinskih stepeni, 36 ili 38 stabala, dok je na plohi 142 koja je veće površine i sa znatno većim brojem stabala slučajnom selekcijom odabrano 51 stablo.

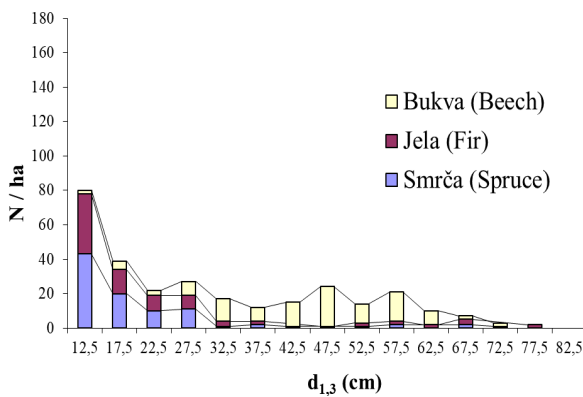
Na uzorcima su brojani godovi, a pri tome je korištena mikroskop kamera (USB-Mikroskop-Kamera) sa mo-



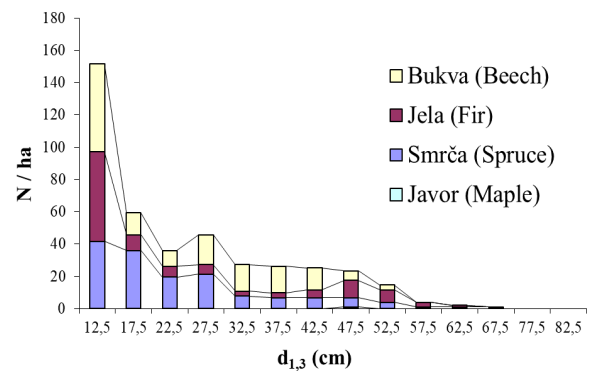
a) ogledna ploha 150/experimental plot 150



b) ogledna ploha 142/experimental plot 142



c) ogledna ploha 130/experimental plot 130



d) ogledna ploha 109/experimental plot 109

Grafikon I. Debljinska struktura oglednih ploha

Graph I. Diameter structure of the experimental plots

gućnošću povećanja do 200 puta. U slučaju otežanog razlikovanja zona ranog i kasnog drveta (posebno za bukvu) uzorci su zasijecani skalpelom i po potrebi premazivani cinkovom mašću.

U slučajevima gdje, zbog nepravilnosti oblika debla i zdravstvenog stanja stabala (ekscentrično srce, trulež), nije bilo moguće utvrditi starost jednostavnim brojanjem godova starost je utvrđena poznatom dendrometrijskom metodom koja se bazira na prosječnoj širini godova na uzorku određene dužine i omjeru dužine uzorka i poluprečnika stabla (Mirković, Banković 1993)

#### DATA ANALYSIS - Analiza podataka

Biometrijska analiza prikupljenih podataka provedena je deskriptivnom statističkom analizom i statističkim testiranjem razlika. S obzirom da je starost stabala (u godi-

nama) ordinalna varijabla razlike su testirane pomoću neparametrijskih testova (za više skupina Kruskal-Wallis i za dvije skupine Mann-Whitney), uz vjerovatnošću 95%. Za računске operacije su korišteni softveri MS Office Excel i STATGRAPHICS Centurion XVI.I.

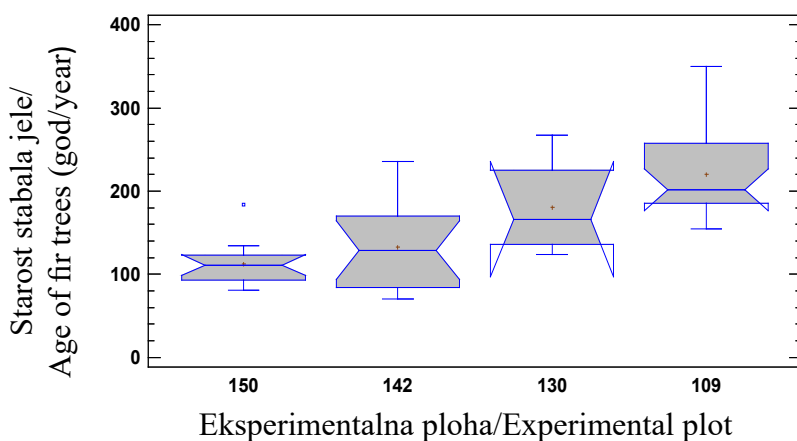
## RESULTS AND DISCUSSION - Rezultati i diskusija

Veličine osnovnih statističkih parametara utvrđene starosti stabala po oglednim ploham i vrstama drveća predstavljene su u tabeli 2 i na grafikonima 2, 3 i 4.

Tabela 3. Veličine osnovnih statističkih pokazatelja starosti posmatranih stabala

Table 3. Values of basic statistical indicators of age of the observed trees

Ploha/ Plot	Vrsta drveća/ Species	Broj stabala/ Number of trees	Aritm. sredina/ Average (god/year)	Medijana/ Median (god/ year)	Stand. dev. (god/year)	Koef.var./ Coeff. of variation (%)	Min. (god/year)	Max. (god/year)	Var. širina/ Range (god/year)
150	JL	14	112,7	111,0	25,6	22,7	81	184	103
	SM	22	90,4	90,5	13,8	15,2	65	122	57
	BK	0	-	-	-	-	-	-	-
142	JL	14	132,9	129,0	51,2	38,5	70	236	166
	SM	17	94,9	97,0	15,5	16,3	75	126	51
	BK	20	159,8	161,0	27,9	17,4	113	215	102
130	JL	4	180,8	166,0	62,6	34,6	124	267	143
	SM	1	190,0	-	-	-	-	-	-
	BK	33	184,5	184,0	25,0	13,5	123	246	123
109	JL	20	220,6	201,5	49,6	22,5	155	350	195
	SM	9	171,4	182,0	51,1	29,8	72	256	184
	BK	9	213,6	211,0	31,5	14,7	183	275	92



Grafikon 2. Grafički prikaz varijacione širine, aritmetičke sredine i medijane (Box and Whisker) starosti stabala jele na pojedinim oglednim ploham

Graph 2. Graphic presentation of range, average and median (Box and Whisker) of age of the fir trees on experimental plots

### Age of the fir trees - Starost stabala jele

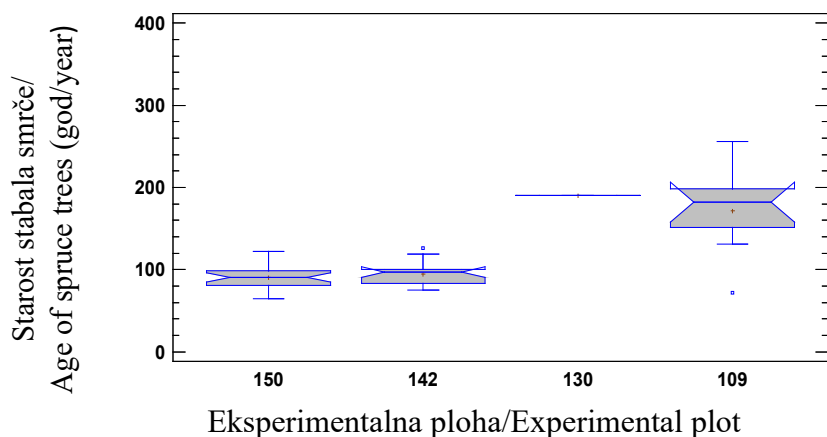
Starost posmatranih stabala jele varira u širokom intervalu, od 70 do 350 godina, kao i prosječne veličine oglednih ploha koje su u intervalu od 112 do 220 godina, a medijane od 111 do 201, tabela 3 i grafikon 5.

Veličine koeficijenta varijabiliteta pokazuju da je starost stabala jele najvarijabilnija na oglednoj plohi 142, a najmanje na plohi 109, dok Kruskal-Wallis test (Test = 29,6; p = 0,000) pokazuje da su razlike između oglednih ploha (medijana starosti stabala jele) statistički značajne.

Prema utvrđenim rezultatima starost posmatranih stabala jele u prosjeku je manja na ploham na staništima

srednjeg boniteta (150, 142), u odnosu na plohe na staništima boljeg (130) i slabijeg (109) boniteta. Uticaj boniteta staništa nije u potpunosti u skladu sa prvim očekivanjima, da su stabla istog prsnog prečnika mlađa na boljim staništima u odnosu na slabija, jer im je zbog boljih uslova staništa veći debljinski prirast pa je potrebno manje vremena da postignu dati prsni prečnik. Međutim, ispoljeni uticaj boniteta staništa u skladu je sa utvrđenim uticajem boniteta staništa na debljinski prirast srednje debelih i debelih stabala jele, smrče i bukve u raznodobnim višespratnim mješovitim sastojinama u Bosni (Matić 1959, 1980) prema kojim se maksimalni debljinski prirasti postižu na staništima srednjeg boniteta. Jedan od razloga za ovakav uticaj boniteta staništa na debljinski prirast stabala, odnosno na starost stabala





Grafikon 3. Grafički prikaz varijacione širine, aritmetičke sredine i medijane (Box and Whisker) starosti stabala smrčce na pojedinim oglednim ploham

Graph 3. Graphic presentation of range, average and median (Box and Whisker) of age of the spruce trees on experimental plots

određenog prsnog prečnika, je taj što pri boljim uslovi- ma staništa stabla bolje podnose međusobnu konkurenciju u borbi za resurse rasta (svjetlost, voda i hranjive materije) i opstaju i rastu, ali ostvaruju manje priraste u odnosu na stabla na nešto lošijim uslovima staništa. Pored ovog, veličina prostora za rast stabala i s tim povezana konkurencija bitno zavise od strukture sastojine, pa se može reći da su utvrđeni rezultati posljedica uticaja proizvodnog potencijala staništa (boniteta) i strukture sastojine, ali i ostalih neobuhvaćenih faktora (genetska osnova, vremenske prilike itd.).

Najmanja srednja starost stabala jele na oglednoj plohi 150 dijelom se može obrazložiti prisustvom samo tankih stabala bukve ( $Dg = 13,8$  cm; udio u G je 0,05), grafikon 1a i tabela 1, koja nisu jaki konkurenti posmatranim stablima jele, kao što vjerovatno nisu ni prisutna deblja stabla smrčce ( $Dg = 30,9$  cm; udio u G je 0,52) sa svojom uskom i relativno rijetkom (prozračnom) krošnjom.

Nešto veća srednja starost stabala jele na oglednoj plohi 142, koja se statistički značajno ne razlikuje od starosti stabala jele na oglednoj plohi 150 (Mann-Whitney test:  $W = 114,0$ ;  $P = 0,476$ ), dijelom je posljedica relativno većeg udjela debljih stabala bukve ( $Dg = 45,1$  cm; udio u G je 0,36), koja su jaki konkurenti posmatranim stablima jele. Stabla smrčce i na ovoj plohi iz istih razloga kao na prethodnoj nisu jaki konkurenti stablima jele, kao ni malobrojna stabla javora, grafikon 1b i tabela 1.

Slično je i sa srednjom starošću stabala jele na oglednoj plohi 130, koja se statistički značajno razlikuje od stabala jele na oglednoj plohi 150 ( $W = 51,5$ ;  $P = 0,014$ ), dok razlika nije značajna u odnosu na stabala jele na oglednoj plohi 142 ( $W = 41,0$ ;  $P = 0,184$ ). Naime, na oglednoj plohi 130 prisutno je više debelih stabala bukve ( $Dg = 46,5$  cm; udio u G je 0,66), koja su jaki konkurenti posmatranim stablima jele, dok su deblja stabla smrčce malo zastupljena ( $Dg = 24,2$  cm; udio u G je 0,14) i nisu

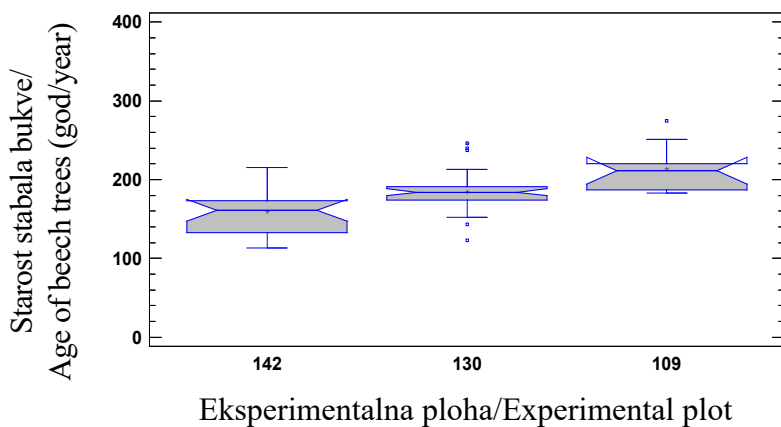
konkurenti posmatranim stablima jele, grafikon 1c i tabela 1. Na plohi 130 su tokom cijelog vremenskog perioda, od osnivanja plohe do vremena uzimanja uzoraka (50 godina) za ovo istraživanje, u najvećoj mjeri zastupljena stabla bukve, posebno u srednjim i višim debljinskim klasama (Ibrahimspahić 2013), i ona su sve vrijeme jaki konkurenti stablima jele koja zbog toga nisu mogla ostvariti veći debljinski prirast u odnosu na stabla jele na ploham nešto lošijih uslova staništa (150 i 142) i drugačije strukture. Ovim se dobrim dijelom može obrazložiti zbog čega su posmatrana stabla jele starija na plohi boljih uslova staništa (130) u odnosu na stabla na ploham lošijih uslova staništa (150 i 142).

Najveća prosječna starost stabala jele na oglednoj plohi 109, koja se statistički značajno razlikuje od starosti stabala jele na ploham 150 i 142 (150:  $W = 275,0$ ;  $P = 0,000$ ; 142:  $W = 256,0$ ;  $P = 0,000$ ), a ne razlikuje se značajno od stabala jele na plohi 130 ( $W = 59,0$ ;  $P = 0,152$ ), uglavnom je posljedica uticaja loših uslova staništa koji uzrokuju mali debljinski prirast. Stabla smrčce i bukve prema debljinskoj strukturi plohe (manji  $Dg$ ) nisu jaki konkurenti posmatranim stablima jele, grafikon 1d i tabela 1.

### Age of the spruce trees - Starost stabala smrčce

Starost posmatranih stabala smrčce takođe varira u širokom intervalu, ali nešto užem u odnosu na stabla jele, od 65 do 256 godina, dok su prosječne veličine oglednih ploha u intervalu od 90 do 171 godina, a medijane od 111 do 182, tabela 2 i grafikon 3.

Starost stabala smrčce prema veličini koeficijenta varijabilneta je najvarijabilnija na plohi 109, a najmanje na plohi 142, s tim da je na plohi 130 analizirano samo jedno stablo smrčce. Prema rezultatima Kruskal-Wallis testa (Test = 16,0;  $P = 0,001$ ) između medijana oglednih ploha postoje statistički značajne razlike.



Grafikon 4. Grafički prikaz varijacione širine, aritmetičke sredine i medijane (Box and Whisker) starosti stabala bukve na pojedinim oglednim ploham

Graph 4. Graphic presentation of range, average and median (Box and Whisker) of the fir trees on experimental plots

Prema utvrđenim rezultatima posmatrana stabla smrče su u prosjeku, kao i stabla jele, mlađa na staništima srednjeg boniteta (150, 142), a starija na staništu lošijeg boniteta (109). Starost jednog analiziranog stabla smrče na oglednoj plohi najboljeg boniteta staništa (130) veća je od srednje starosti i medijane na ostalim ploham.

Najmanja srednja starost stabala smrče na oglednoj plohi 150 može se obrazložiti na isti način kao za stabla jele. Prisutna tanka stabala bukve ( $D_g = 13,8$  cm) nisu jaki konkurenti posmatranim stablima smrče, kao ni deblja stabla jele ( $D_g = 30,9$  cm; udio u G je 0,43) zbog svoje relativno uske krošnje i manje visine od stabala smrče istog prsnog prečnika, grafikon 1a i tabela 1.

Malo veća srednja starost stabala smrče na oglednoj plohi 142, koja se statistički značajno ne razlikuje od starosti stabala smrče na oglednoj plohi 150 ( $W = 221,5$ ;  $P = 0,335$ ), i u ovom slučaju je dijelom posljedica relativno velikog udjela debljih stabala bukve ( $D_g = 45,1$  cm) koja su jaki konkurenti posmatranim stablima i jele i smrče, grafikon 1b i tabela 1. Stabla jele iz istih razloga kao na plohi 150 nisu jaki konkurenti stablima smrče, kao ni malobrojna stabla javora.

Najveća prosječna starost stabala smrče na oglednoj plohi 109 statistički se značajno razlikuje od starosti stabala smrče na ploham 150 i 142 ( $150:W = 177,5$ ;  $P = 0,001$ ;  $142:W = 136,0$ ;  $P = 0,001$ ). Prema debljinskoj strukturi na plohi 109 stabla jele i bukve (malo veći  $D_g$ ; približno jednak udio u G) vjerovatno nisu jaki konkurenti posmatranim malo višim stablima smrče, grafikon 1d i tabela 1, pa je najveća prosječna starost stabala na ovoj plohi posljedica loših uslova staništa.

## AGE OF THE BEECH TREES - Starost stabala bukve

Utvrđena starost posmatranih stabala bukve takođe varira u širokom intervalu, od 113 do 275 godina, dok su

prosječne veličine oglednih ploha u intervalu od 160 do 213 godina, a medijane od 161 do 211, tabela 2 i grafikon 4. U ovom istraživanju stabla bukve prečnika oko 50 cm nisu bila su zastupljena na oglednoj plohi 150.

Starost stabala bukve je, prema veličini koeficijenta varijacije, najvarijabilnija na plohi 142, a najmanje na plohi 130. Između srednje starosti (mediana) stabala bukve na pojedinim oglednim ploham postoje statistički značajne razlike, Kruskal-Wallis test (Test = 20,29;  $p = 0,000$ ).

Posmatrana stabla bukve su u prosjeku, kao i stabla jele i smrče, mlađa na staništima srednjeg boniteta (142), a starija na staništima boljeg (130) i lošijeg (109) boniteta. Razlike su prema Mann-Whitney testu statistički značajne između svih analiziranih oglednih ploha (142 i 130:  $W = 511,5$ ;  $P = 0,001$ . 142 i 109:  $W = 166,0$ ;  $P = 0,000$ . 130 i 109:  $W = 237,5$ ;  $P = 0,007$ ).

Manja srednja starost stabala bukve na oglednoj plohi 142 u odnosu na plohu 130 dijelom se može obrazložiti manjim udjelom uglavnom debljih stabala bukve (142:  $D_g = 45,1$ ; udio u G je 0,36. 130:  $D_g = 46,5$ ; udio u G je 0,66), tabela 1, i u vezi s tim slabijom konkurencijom među stablima bukve.

Najveća srednja starost stabala bukve na plohi 109 takođe se može se obrazložiti na isti način kao za stabla jele i smrče, tj. uticajem loših uslova staništa.

## COMPARISON OF AGE OF THE FIR, SPRUCE AND BEECH TREES - Komparacija starosti stabala jele, smrče i bukve

Imajući u vidu razlike između razmatranih vrsta drveća u pogledu ekoloških karakteristika, prije svega zahtijeva za svjelošću, za očekivati je razlike u pogledu starosti stabala datog prečnika pri istim stanišnim i sastojinskim uslovima.

Na oglednoj plohi 150 stabla jele su u prosjeku starija i sa većim varijabilitetom starosti od stabala smrče, tabela 2. Prema Mann-Whitney testu ( $W = 59,5$ ;  $P = 0,002$ ) razlika je statistički značajna.

Na oglednoj plohi 142 stabla smrče su u prosjeku najmlađa i sa najmanjim varijabilitetom starosti, stabla bukve su najstarija i sa srednjim varijabilitetom starosti, a stabla jele su perma srednjoj starosti između stabala smrče i bukve, ali sa najvećim varijabilitetom, tabela 2. Razlike su prema Kruskal-Wallis testu statistički značajne ( $Test = 22,0$ ;  $P = 0,000$ ). Međutim, prema Mann-Whitney testu razlike su statistički značajne samo između stabala smrče i bukve ( $W = 337,0$ ;  $P = 0,000$ ), dok nisu značajne između stabala jele i smrče ( $W = 73,5$ ;  $P = 0,074$ ) i jele i bukve ( $W = 183,0$ ;  $P = 0,137$ ).

Na oglednoj plohi 130 stabla bukve su u prosjeku starija i sa manjim varijabilitetom starosti u odnosu na stabla jele, tabela 2. Prema Mann-Whitney testu razlika nije statistički značajna ( $W = 79,5$ ;  $P = 0,524$ ). Za jedno obuhvaćeno stablo smrče na ovoj oglednoj plohi utvrđena starost je veća u donosu na prosječne starosti stabala jele i bukve.

Na oglednoj plohi 109 najveća je srednja starost stabala jele, sa srednjim varijabilitetom, zatim stabala bukve, sa najmanjim varijabilitetom, a najmanja srednja starost stabala smrče, sa najvećim varijabilitetom, tabela 2. Razlike između vrsta drveća su prema Kruskal-Wallis testu su statistički značajne ( $Test = 6,1$ ;  $P = 0,047$ ). Prema Mann-Whitney testu razlike su statistički značajne između stabala jele i smrče ( $W = 42,0$ ;  $P = 0,025$ ) i smrče i bukve ( $W = 64,5$ ;  $P = 0,038$ ), dok razlika nije značajna između stabala jele i bukve ( $W = 91,5$ ;  $P = 0,962$ ).

Najmanja srednja starost posmatranih stabala smrče na svim oglednim plohamo može se obrazložiti time što se smrča koja za svoj rast i razvoj zahtijeva više svjetlosti, odnosno uslove slabije konkurencije, te može postići veći debljinski prirast i u kraćem vremenskom periodu određenu veličinu prsnog prečnika, u odnosu na stabla jele i bukve. Izuzetak je ploha 130 za koju je analizirano samo jedno stablo smrče.

Razlike u pogledu srednje starosti stabala jele i bukve u svim razmatranim slučajevima nisu statistički značajne. Ovo nije u skladu sa očekivanjem jer stabla jele pri istim uslovima postižu veći debljinski prirast, pa bi zbog ovog starost posmatranih stabala jele trebala biti manja od stabala bukve. Utvrđeni rezultat može biti posljedica relativno velikog udjela srednje debelih i debelih stabala bukve, posebno na plohamo 142 i 130, koja su konkurenti stablima jele i utiču na smanjenje njihovog debljin-

skog prirasta, odnosno povećanje starosti. U skladu sa ovim je i najveći varijabilitet starosti stabala jele, dok je varijabilitet starosti stabala bukve manji.

Prosječna starost rasteja posmatranih stabala jele u ovom istraživanju (161,8 god.) veća je od prosjeka koji su utvrdili Drinić (1974, 1976) i Pavlič (1987) (128,2 i 124,2 god.), kao i od prosjeka koji je za prosječne uslove staništa utvrdio Matić (1959) (130 god.). Iste je odnos i prosječnih veličina za ogledne plohe 130 i 142 koje su obuhvaćene ovim istraživanjima (130: 181 god. i 142: 133 god.) i istraživanjima Drinića (1974) i Pavliča (1987) (130: 86 i 83 god.; 142: 96 i 84 god.). Interval variranja starosti stabala jele utvrđen u ovom istraživanju (70 do 350 god.) dijelom se poklapa sa intervalom koji je utvrdio Frančišković (1938) za stabla debljinskog stepena 50 cm (od 75 do 220 godina), ali je znatno širi zbog veće gornje granice (maksimalne) starosti.

Prosječna starost stabala smrče utvrđena u ovom istraživanju (119 god. bez jednog stabla na oglednoj plohi 130) je veća u odnosu na rezultate Drinića i Pavliča (118 i 90 god.), ali je manja od podatka Matića (177 god.). Prosječna starost stabala za oglednu plohu 142 utvrđena u ovom istraživanju (95 god.) neznatno se razlikuje od rezultata Drinića (96 god.), dok je Pavlič utvrdio nešto manju starost (72 god.).

Prosječna starost stabala bukve utvrđena u ovom istraživanju (186 god.) veća je od prosjeka koje su utvrdili Matić, Drinić i Pavlič (151, 163 i 144 god.). Prosječna starost stabala bukve na oglednoj plohi 130 (184 god.) je veća od prosjeka Drinića i Pavliča (131 i 135 god.), dok je za oglednu plohu 142 prosječna starost utvrđena u ovom istraživanju (160 god.) neznatno veća od prosjeka Pavliča (156 god.), a manja je od prosjeka Drinića (186 god.). Varijaciona širina starosti stabala bukve u ovom istraživanju (od 113 do 275 god.) i prosječne starosti u Bosni (Matić, Drinić, Pavlič: od 93 do 195 god.) u određenoj mjeri se podudaraju sa intervalom koji je utvrdio Blum (1961) (od 100 do 158 god.). I u ovom slučaju je varijaciona širina veća zbog veće maksimalne starosti.

Pored uticaja vrste drveća, strukture sastojine i proizvodnog potencijala staništa razlike između stabala u pogledu starosti uslovljene su i klimatskim prilikama i genetskom osnovom, ali i primjenom različitih metoda utvrđivanja starosti. Poznato je da metod utvrđivanja starosti stabala na osnovu debljinskog prirasta i vremena prelaza stabala ima određenih manjkavosti (Drinić 1974, Klepac 1953, Pavlič 1987) zbog kojih je procjena starosti metodom korištenim u ovom istraživanju preciznija.

## CONCLUSIONS – Zaključak

Prema rezultatima ovog istraživanja starost rastenja stabala prsnog prečnika od oko 50 cm (debljinski stepeni 47,5 i 52,5 cm), odnosno vrijeme potrebno za povećanje prsnog prečnika sa 0 na 50 cm za jelu, smrču i bukvu varira u širokom intervalu, od 65 do 350 godina. Prosječna starost posmatranih stabala jele je 164,8 godina, smrče 108,9 godina, a bukve 180,7 godina. Najvećim varijabilitetom starosti karakterišu se stabla jele (KV = 39,5%), zatim smrče (KV = 37,8%) i najmanjim stabla bukve (KV = 17,6%). Razlike u pogledu starosti posmatranih stabala posljedica su različite veličine debljinskog prirasta stabala koji zavisi od vrste drveća, uslova staništa i strukture sastojine, odnosno konkurentskih odnosa među stablima (dostupnosti resursa za rast), ali i drugih faktora koji nisu obuhvaćeni ovim istraživanjem. Najveća srednja starost posmatranih stabala bukve posljedica je manjeg debljinskog prirasta stabala bukve u odnosu na stabla jele i smrče pri istim uslovima rasta, a posebno u sastojinama sa velikim udjelom srednje debelih i debelih stabala bukve kao što je bio slučaj na dvije ogledne plohe u ovom istraživanju. Nešto manja srednja starost stabala jele u odnosu na stabla bukve uzrokovana je velikim varijabilitetom debljinskog prirasta (starosti) stabala jele, koji je uslovljen različitim uslovima (konkurentskim odnosima) u kojim rastu posmatrana stabla jele. Najmanja srednja starost stabala smrče je takođe posljedica uslova rasta stabala smrče, koja za svoj opstanak i rast zahtijevaju veću količinu svjetlosti te, za razliku od stabala jele i bukve, ne opstaju u uslovima jake konkurencije te u uslovima u kojim rastu postižu veće debljinske priraste od stabla jele i bukve, odnosno manju starost za dati prsni prečnik. Utvrđene razlike između posmatranih stabala jele i bukve u pogledu starosti nisu statistički značajne, dok su statistički značajne razlike između stabala ovih vrsta drveća i stabala smrče.

Uticaj boniteta staništa na starost posmatranih stabala jele, smrče i bukve ispoljio se na način da je starost stabala u prosjeku manja na staništima srednjeg boniteta, u odnosu na staništa boljeg i slabijeg boniteta. Ovaj rezultat nije u skladu sa prvobitno očekivanom manjom starošću pri boljim uslovima staništa, ali je u skladu sa saznanjima o zavisnosti debljinskog prirasta srednje debelih i debelih stabala jele, smrče i bukve od boniteta staništa u raznodobnim višespratnim šumskim sastojinama u Bosni. Manji debljinski prirast stabala, odnosno veća starost posmatranih stabala, na boljem staništu u vezi su sa boljim podnošenjem jake konkurencije (zasjenjivanja) među stablima te mogućnošću opstanka i rasta stabala u tim uslovima. Stabla na boljim staništima, u uslovima jake konkurencije postižu manje priraste od

stabala koja rastu na nešto lošijim uslovima staništa, ali uz slabiju međusobnu konkurenciju. Uticaj loših uslova staništa na povećanje starosti posmatranih stabala došao je do izražaja samo za najlošije uslove staništa. Prema ovom se može reći da starost stabala pojedinih vrsta u određenoj mjeri indicira uslove staništa i sastojine pa bi se u nekim situacijama i mogla koristiti u ove svrhe, posebno kada se dođe do više saznanja o starosti stabala raznodobnih sastojina.

Rezultati ovog istraživanja u skadu su sa rezultatima drugih autora i od koristi su, prije svega, za naučna istraživanja u oblasti nauke o prirastu, prilikom istraživanja uticaja većeg broja različitih uticajnih faktora na proces prirasta stabala i sastojina. Ovim istraživanjem nije obuhvaćeno pitanje povezanosti veličine prsnog prečnika i starosti stabla, odnosno mogućnost procjene starosti na osnovu vanjskih karakteristika stabala. Pored ovog, otvoreno je i pitanje dinamike prirasta stabala istih dimenzija, a različite starosti nakon primjene određenih biotehničkih mjera, zatim pitanje postojanja razlika u otpornosti ovih stabala na insekte i bolesti, kao i ostala brojna pitanja čiji odgovori zahtijevaju poznavanje starosti stabala.

Na osnovu iskustva sa relativno teškim i skupim metodom utvrđivanja starosti stabala koji je korišten u ovom istraživanju preporučuje se formiranje baza podataka o starosti stabala različitih dimenzija bez oštećivanja živih stabala i uz relativno male troškove, na osnovu godova na panjevima stabala koja se posijeku redovnom sječom. Pri tome bi se, s ciljem pojačanja kontrasta godova, povoljni dijelovi (poluprečnici) površine presjeka na panjevima mehanički i eventualno hemijski tretirali, zatim fotografisali digitalnom kamerom visoke rezolucije, a starost bi se utvrđivala brojanjem godova na fotografijama. Na ovaj način se može doći i do saznanja o varijabilitetu debljinskog prirasta tokom dužeg vremenskog perioda koji je posljedica uticaja strukture sastojine i brojnih drugih faktora. Inače, na varijabilitetu debljinskog prirasta zasnovana je dendrohronologija, nauka koja ispituje događaje koji su se desili tokom dužeg vremena, a datiraju se na osnovu širine godova.

## REFERENCES – Literatura

- Abrams, M. D. (1985). Age-Diameter relationship of Quercus species in relation to edaphic factors in gallery forests in northeast Kansas. Elsevier Science Publishers B. V. 85; p. 181-193. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(85\)90033-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(85)90033-7)
- Blum, M. B. (1961). Age-size relationship in all-aged northern hardwoods. Forest Research Note NE-125. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 1-3. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/13077>
- Del Rio, M., Pretzsch, H., Alberdi, I., Bielak, K., Bravo, F., Brunner, A., Conde's, S., Ducey, J. M., Fonseca, T., Von Lupke, N., Pach, M., Perić, S., Perot, T., Souidi, Z., Spathelf, P., Sterba, H., Tijardović, M., Tomé, M., Vallet, P., Bravo, O. A. (2016). Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives. Springer. European Journal Forest Research 135(1):23-49. DOI: 10.1007/s10342-015-0927-6.
- Drinić, P. (1974). Dinamika rastenja i priraščivanja bukve, jele i smrče u najvažnijim tipovima bukovo-jelovih šuma na Igmanu. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, knj. 17, sv. 4-6.
- Drinić, P. (1976). Dinamika rastenja jele i smrče u najvažnijim tipovima četinarskih šuma na Igmanu. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, knj. 19, sv. 1.
- Frančišković, S. (1938). Prilog proučavanja taksacionih elemenata u prebirnim šumama. Šumarski list, br. 10, p. 469-475. <https://www.sumari.hr/sumlist/193808.pdf#page=42>
- Gibbs, B. C. (1963). Tree diameter a poor indicator of age in west Virginia hardwoods. Research Note NE-11. Upper Darby, PA: USDA. Forest Service Research. Northeastern Forest Experiment Station. 1-4. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/11607>
- Ibrahimspahić, A. (2013). Prirast i razvoj sastojina bukve, jele i smrče u GJ "Igman". Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Kenefic, S. L., Nyland, D. R. (1999). Sugar Maple Height-Diameter and Age-Diameter Relationships in an Uneven-Aged Northern Hardwood Stand. USDA. Forest Service Research. Northern Journal of Applied Forestry 16 (1): 43-47. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/35683>
- Klepac, D. (1953). Vrijeme prelaza. Šumarski list 1, p. 37-50. <https://www.sumari.hr/sumlist/195301.pdf#page=39>
- Leak, W.B. (1985). Relationship of tree age to diameter in old-growth northern hardwood and spruce-fir. Res. Note NE-329. Broomall, PA: USDA. Forest Service Research. Northeastern Forest Experiment Station. 4 p. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/21605>
- Loewenstein, E. F., Johnson, P.S., Harold, E.G. (2000). Age and diameter structure of a managed uneven-aged oak forest. Canadian Journal of Forest Research 30; 1060-1070. DOI: 10.1139/CJFR-30-7-1060
- Matić, V. (1959). Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne, Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, br. 4. Sarajevo.
- Matić, V. (1980). Prirast i prinos šuma. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Pavlič, J. (1987). Završni izvještaj po istraživačkom projektu Prirast i prinos mješovitih šuma bukve, jele i smrče (u najvažnijim tipovima ovih šuma na području privredne jedinice "Igman"). Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Schütz, J.P. (2001). Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey Buchverlag Berlin.
- Stamenković, V., Vučković, M. (1988). Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.

## SUMMARY

This particular paper analyzes the age of fir (*Abies alba* Mill.), spruce (*Picea abies* Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) trees, with a diameter at breast height of approximately 50 cm (diameter classes 47.5 and 52.5 cm) in mixed uneven-aged multi-layered stands. Research data was obtained from four continuous experimental plots on Mt. Igman, with different site conditions and stand structure on which the selective management method is carried out. Based on the number of annual growth rings on the increment cores to the center of the tree taken at a height of 1.3 m, the so-called "age of growth" was determined (Flury according to Stamenković, Vučković 1988). However, the actual age is greater than the determined age, for the time required to reach a height of 1.3 m. The research indicated that the tree age is of great variability. The range for fir trees is from 70 to 350 years, for spruce trees from 65 to 256 years and for beech trees from 113 to 275 years. Moreover, the research implicates that the differences in age between tree species within one stand aren't statistically significant in all analyzed cases, while differences between trees of the same tree species from stands of different site and stand conditions are statistically significant. The differences between the observed fir and beech trees in the same stand are not statistically significant, while the differences between the trees of these tree species and spruce trees are statistically significant. For all observed tree species, it was found that the age of trees is on average lower in sites of medium quality, compared to sites of better and lower quality. It was concluded that differences in the age of observed trees are determined by tree species, site conditions and stand structure (competitive relations) and other factors not covered by this study, and that the age of trees of certain species to some extent indicates the production potential of sites.



# Dynamics of development of erosion processes on skid roads – skid trails of different longitudinal inclination

Dinamika razvoja erozionih procesa na traktorskim putevima – vlakama različitog uzdužnog nagiba

Muhamed Bajrić<sup>1,\*</sup>, Dževada Sokolović<sup>1</sup>, Adnan Hodžić<sup>2</sup>, Jelena Knežević<sup>1</sup>, Jusuf Musić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu

<sup>2</sup> ŠGD "Hercegobosanske šume" d.o.o. Kupres

## ABSTRACT

Skid roads form the secondary network of forest transport infrastructure. These are temporary facilities whose primary role is to attract forest wood assortments with the help of tractors or animals to the truck road. Erosion of forest roads and skid roads/trails is one of the most significant problems in forest management, due to its ability to cause adverse effects on the environment. Sediment transported to streams from forest roads and skid roads/trails lead to negative consequences for water quality and aquatic life. During the construction of skid roads/trails, no track construction is made, as well as drainage facilities, and they also have relatively large longitudinal slopes, which creates preconditions for the occurrence of erosion processes caused by surface runoff. In all cases, erosion processes of different intensities were registered at the investigated localities, where the amount of material removed ranged from 1.278 m<sup>3</sup>, or 0.0116 m<sup>3</sup>/m to 5.313 m<sup>3</sup>, or 0.0483 m<sup>3</sup>/m. Also, the investigated correlation relationship for the linear model between the volume of the removed material and the length of the skid roads of different slopes ranged from  $r = 0.29$  (weak correlation) to  $r = 0.79$  (very strong correlation).

**Keywords:** water erosion, skid roads/trails, tracks, mechanization, longitudinal slope.

## INTRODUCTION – Uvod

Traktorski putevi/vlake su najčešći način sekundarnog otvaranja šuma u BiH. Iako su današnji zahtjevi društva prema šumarstvu različiti i često sa izraženim kritičkim stavovima, pa i kada je u pitanju mreža šumskih komunikacija, potreba za gradnjom kako primarne tako i sekundarne mreže stalno je prisutna (Bajrić, 2012). Gotovo u svim slučajevima gradnje i eksploatacije traktorskih pu-

teva/vlaka dolazi do pojave erozionih procesa različitog intenziteta. Aktivnosti na sječi šuma mogu uzrokovati oštećenja i poremećaj tla kroz zbijanje, stvaranje kolo-traga i miješanje tla. Također utiču na strukturu i funkcije tla te na produktivnost šuma (Toivio et al, 2017).

Traktorski putevi/vlake su privremeni objekti koji se izgrađuju prvenstveno radi eksploatacije osnovnog šumskog resursa – drveta. Za gradnju traktorskih puteva/

\* Corresponding author: Muhamed Bajrić, Šumarski fakultet, Univerzitet u Sarajevu m.bajric@sfsa.unsa.ba

vlak u šumarstvu BiH ne izrađuju se posebni projekti, već predstavljaju sastavni dio Izvedbenih projekata koji se rade na nivou pojedinačnih šumskih odjeljenja (Bajrić, 2012). Gradnjom traktorskih puteva/vlaka se narušava prirodna stabilnost površinskih slojeva zemljišta, a vrlo često dolazi do narušavanja i samog matičnog supstrata čime se stvaraju preduslovi za početak djelovanja erozijskih procesa

Prilikom izgradnje traktorskih puteva/vlaka ne izrađuje se kolovozna konstrukcija, kao ni objekti za odvodnju, pri čemu iste imaju i relativno velike uzdužne nagibe, što stvara preduslove za pojavu erozijskih procesa uzrokovanih vodom (Bajrić, 2012, Bajrić i Sokolović, 2015, Bajrić i drugi, 2021). Privlačenje drveta traktorom je najštetnije za površinu tla, posebno ako su traktorski putevi/vlake izgrađene buldozerom (Byblyuk et al, 2010). Osnovni zadatak traktorskih puteva/vlaka je da omogućiti kretanje šumske mehanizacije pri privlačenju drveta.

Korištenje mehanizacije omogućuje visoku produktivnost ali također može ozbiljno oštetiti šumsko tlo (Cambi et al, 2015). Gaženjem tla, njegova se gustoća više ili manje povećava, a propusnost za vodu zbog eliminacije krupnih pora smanjuje (Krpan i drugi, 1993). Sječa šuma je praćena negativnim uticajem koji se najčešće odlikuje zbijanjem tla kao posljedica kretanja mehanizacije (Cambi et al, 2015; Picchio et al, 2020; Jourgholami et al, 2021). Zbijanje gornjeg sloja tla i izmjena morfologije tla ključni su neposredni učinci sječe šuma koja se provodi upotrebom teške opreme, a posebno izraženi kroz formiranje kolotruga. Također ista ima dramatične posljedice u smislu oticanja i erozije najplodnijeg dijela tla (Cambi et al, 2015). Ozbiljniji negativan uticaj na tla u šumama uzrokovan je uvođenjem teške mehanizacije u sektor šumarstva. Ovi poremećaji tla povećavaju uticaj kišnih kapi na golo mineralno tlo, smanjuju brzinu infiltracije, odvajaju čestice tla i ubrzavaju površinski oticaj (Jourgholami et al., 2021). Veće razmjere negativnog uticaja na tlo imaju mehanizovana sredstva koja izvlačenje drveta vrše neposredno po tlu, kao što su skideri (Picchio et al, 2020). Kretanje skidera uzrokuje nastanak kolotruga i pomjeranje tla zbog slabe strukture u gornjim slojevima traktorskih puteva/vlaka (Eliasson, 2005). Kada se proces privlačenja odvija preko istog mjesta, nosi se mineralno tlo i formiraju se kanali osjetljivi na eroziju koji mogu uzrokovati ozbiljne probleme tokom obilnih padavina (Turk & Yildiz, 2019). Vodna erozija uzrokuje ozbiljna oštećenja, posebno na kolotrazima traktorskih puteva/vlaka (Naghdi et al, 2012). Erozijska na traktorskim putevima/vlakama je potencijalno više zabrinjavajuća nego sa šumskih kamionskih puteva jer isti imaju niže standarde izgradnje (Vinson et al, 2017). Jedna od najvećih prepreka za prirodni

oporavak tla na traktorskim putevima je erozija (DeArmond et al, 2021). Nakon padavina oticanje vode u kolotrazima uzrokuje eroziju tla, usljed čega se stvaraju i nose sedimenti (Naghdi et al, 2010, Bajrić, 2012). Erozijska je česta pojava kod svih neasfaltiranih puteva, posebno kod jakih kišnih nepogoda i puteva sa strmim nagibom (Wang et al, 2021). Osim taloženja, rizici povezani s kretanjem sedimenta, mogu uzrokovati degradaciju kvalitete vode transportom sedimenta u potoke (Grace, 2006). Šumski kamionski putevi i traktorski putevi/vlake mogu uzrokovati značajno povećanje površinskog oticanja i prinosa sedimenta, posebno kad su tla ogoljena i uz visoku frekvenciju kretanja mehanizacije (Solgi et al, 2019), pri čemu se negativan efekat smanjuje uz izgradnju objekata za preusmjeravanje površinskih voda (Solgi et al, 2021). Ukoliko se traktorski putevi/vlake ne saniraju nakon završenih radova na eksploataciji šuma skoro je izvjesno intenziviranje erozijskih procesa (Bajrić, 2012). Erodiranje kolotruga se nastavlja nakon završetka radova na sječi, formiraju se kanali koji ubrzavaju eroziju, što uzrokuje teške i skupe radove sanacije (Wade et al, 2012).

Projektovanje traktorskih puteva/vlaka uz odgovarajuće standarde smanjuje štete na tlu (Naghdi et al, 2010; Bagheri et al, 2012).

O značaju proučavanja erozijskih procesa na traktorskim putevima/vlakama jasno ukazuju brojne studije i naučno-istraživački radovi koji su provedeni od strane više istraživača (Meghatan and Kidd, 1972; Jeličić 1983, 1990; Rebula 1991; Krpan i drugi, 1993; Tomašić, 1994; Pičman i Pentek 2001, Sasaki 2004, Eliasson 2005; Bajrić 2012, 2015, 2021; Grace 2006; Grushecky et al, 2007; Elliot et al, 2009; Naghdi et al, 2012; Bagheri et al., 2012; Turk & Yildiz, 2019; Solgi et al., 2019; DeArmond et al, 2021; Jourgholami et al, 2021 i drugi istraživači).

Cilj rada je da problematiku pojave erozijskih procesa na traktorskim putevima/vlakama aktualizira i naglasi značaj iste u okviru šumarske operative BiH u kojoj dominira ovakav vid sekundarnog transporta.

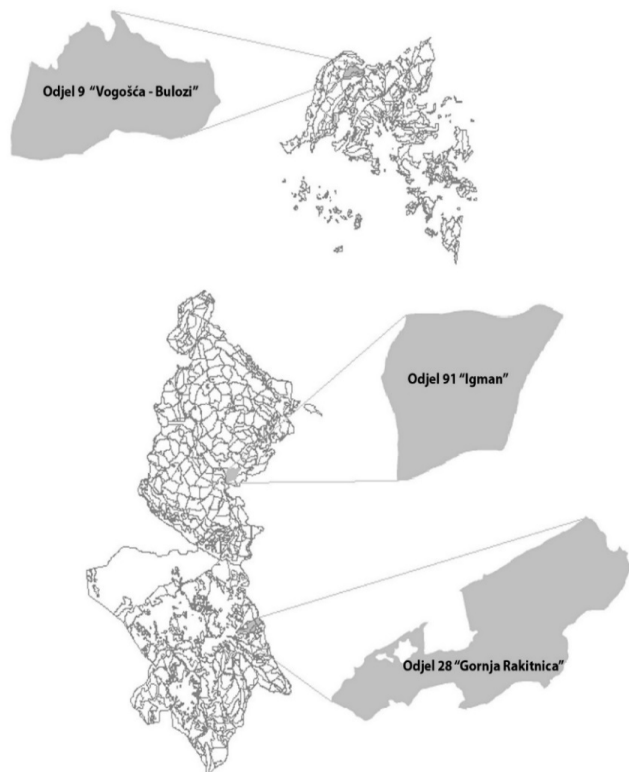
## STUDY AREA - Područje istraživanja

U svrhu provođenja predviđenih terenskih istraživanja, postavljene su eksperimentalne plohe na traktorskim putevima/vlakama u tri šumska odjela koji se nalaze na području kojim gospodari KJP "Sarajevo šume" – Sarajevo. Odabrani lokaliteti se odlikuju specifičnostima kroz izraženu orografiju terena, bogatstvo prirodnim mješovitim šumama, relativno veliki raspon nadmorskih visina na kojima se nalaze, izražena hidrografska mreža (odjeljenja 9 i 28), kao i različitosti geološke i pedološke



podloge. Položaj odabranih odjela u gospodarskim jedinicama prikazan je na slici 1.

Istraživanje je izvršeno na sljedećim lokalitetima: GJ “Vogošća – Bulozi”, Odjeljenje 9, GJ “Gornja Rakitnica”, Odjel 28, GJ “Igman”, Odjel 91.



Slika 1. Položaj lokaliteta istraživanja unutar gospodarskih jedinica

Figure 1. Location of research sites within economic units

Šumsko odjeljenje 9, ima površinu od 67,2 ha i sastoji se iz dva odsjeka, pripada brdskoj šumi bukve i hrasta kitnjaka sa običnim grabom. Nalazi se na nadmorskoj visini 790 do 1250 m, sa nagibom terena 25 – 85% (prosječni nagib terena iznosi 49,4%). Ukupna dužina traktorskih puteva/vlaka iznosi 4.390 m odnosno (65,3 m/ha). Preovladavajuće ekspozicije terena su južna, jugoistočna i jugozapadna. Zemljište je distrični smeđi kambisol (distrični kambisol), a matični supstrat čine kisele silikatne stijene u vidu lapora, rožnjaka i verfenskih pješčara, fliševi (Izvedbeni projekat za šumsko odjeljenje 9, 2008).

Šumsko odjeljenje 28, ima površinu od 64,3 ha i sastoji se od tri odsjeka. U šumskom odjeljenju najveću površinu zauzimaju šume bukve i jele sa smrčom na dubokim smeđim zemljištima na jurskom flišu (dvije trećine od ukupne površine). Odjel 28 se nalazi na nadmorskoj visini 1190 do 1600 m, sa nagibima terena od 10% u donjim dijelovima odjela i preko 100% na gornjoj granici odjela (srednji

nagib je 45,5%) . Ukupna dužina traktorskih puteva/vlaka iznosi 3.003 m (46,7 m/ha). Preovladavajuće ekspozicije u odjelu su zapadne, sjeverozapadne i sjeverne. Zemljište je distrični smeđi kambisol (distrični kambisol), a matični supstrat karakteriše heterogenost matičnog supstrata gdje se mogu evidentirati krečnjaci, dolomiti, jurski fliš (Izvedbeni projekat za šumsko odjeljenje 28, 2008).

Šumsko odjeljenje 91, ima površinu od 45,1 ha i sastoji se od jednog odsjeka kojeg čine šume jele i smrče i smrče (jele) na krečnjačkim i krečnjačko-dolomitnim zemljištima. Nadmorske visine u odjelu 91 kreću se između 1.200 i 1.400 m, sa nagibima terena od 10% u donjim dijelovima do 45% u srednjim i gornjim dijelovima odjeljenja (srednji nagib je 28,3%). Ukupna dužina traktorskih puteva/vlaka iznosi 2.750 m (61,0 m/ha). Preovladavajuće ekspozicije su zapadne i sjeverozapadne. Kada je riječ o zemljištu razvijeno je smeđe tlo na krečnjaku i dolomitu (kalkokambisol), a matični supstrat krečnjaci i dolomiti, sa dijelovima morenskog nanosa (Izvedbeni projekat za šumsko odjeljenje 90, 2008).

## MATERIALS AND METHODS – Materijal i metode

Za predmetno istraživanje, odabrani su traktorski putevi/vlake koji su novoizgrađeni. Postavljene su eksperimentalne plohe u tri šumska odjeljenja. U svakom od šumskih odjeljenja odabrane su po tri dionice od 110 m, različitih uzdužnih nagiba (< 10%, 10 – 20% i preko 20%).

Na svim dionicama je izvršeno ukupno pet turnusa (faza snimanja) snimanja, na poprečnim profilima međusobnog razmaka od po 5 m. Za snimanje na poprečnim profilima je korištena nivelmanska letva koja je pomoću libele postavljena u horizontalni položaj, a zatim je na svakih 20 cm, mjereno vertikalno odstojanje od letve do nivoa terena (slika 2). Na svim eksperimentalnim ploham i pri svakom turnusu snimanja izvršeno je snimanje detaljnog nivelmana, pri čemu su sve tačke osigurane bočno uz trasu traktorskog puta/vlake kako bi se pri narednom turnusu snimanja osiguralo da se snimanje vrši na istoj poziciji (slika 3).

Prvo snimanje u svim slučajevima izvršeno je neposredno nakon izgradnje traktorskih puteva/vlaka, a prije početka radova na sječi i izvozu šumskih drvnih sortimenata. Dobiveni podaci su tretirani kao nulto, odnosno početno stanje. Drugi turnus snimanja proveden je neposredno nakon završetka radova na sječi i privlačenju šumskih drvnih sortimenata. Naredna tri turnusa snimanja su provedena u približno jednakim razmacima (4 – 5 mjeseci). Snimanje podataka je vršeno 4 – 5 dana nakon kišnog događaja.



Slika 2. Postupak snimanja vertikalne udaljenosti od letve do tla

Figure 2. Procedure for recording the vertical distance from the batten to the ground

Sve tačke su osigurane na sredini snimljenog profila pobijanjem kočica (dužine 10 – 15 cm i oko 3 cm promjera) do nivoa terena, na osovini traktorskog puta/vlake.

Za potrebe istraživanja, snimljene su po tri dionice traktorskih puteva/vlaka u sva tri istraživana šumska odjeljenja. Snimanje je izvršeno u pet faza (turnusa snimanja). Na svakoj od odabranih dionica snimljena je dužina od 110 m, odnosno snimani su profili na 5 m distance. Snimljena su po 22 profila na svim dionicama, a na svakom od profila izmjereno je 15 ordinata (udaljenost od horizontalne letve do tla) za potrebe obračunavanja površina odnesenog materijala. Ukupno je u toku snimanja izvršeno mjerenje 14.850 ordinata.

Pored mjerenja koja su izvršena na svim profilima za sve ogleadne plohe prikupljeni su podaci o prosječnom uzdužnom nagibu, prosječnoj širini i azimutu.

Obračun dobivenih podataka izvršen je na način da su na osnovu snimljenih vertikalnih odstojanja od nivemanske letve do nivoa terena, u aplikaciji AutoCAD nacrtani su poprečni profili i u odnosu na početno “nulto” stanje izračunate površine odnesenog materijala na tom



Slika 3. Bočno osiguranje tačke snimanja

Figure 3. Side securing of the recording point

poprečnom profilu. Nakon obračuna površina, izvršen je izračun zapremina odnesenog materijala. Obračun zapremina vršen je u svim slučajevima u odnosu na početno, odnosno “nulto” stanje, po fazama snimanja (FII – FI, FIII – FI, FIV – FI i FV – FI), a zatim je izvršen obračun razlika zapremine odnesenog materijala između pojedinih faza snimanja. Nakon obračuna razlika zapremine odnesenog materijala, svi podaci predstavljeni su kroz statistički model kao pokazatelj jačine linearne veze promjenljivih  $x$  – dužine traktorskog puta/vlake i  $y$  – zapremine odnesenog materijala.

## RESULTS AND DISCUSSION - Rezultati i diskusija

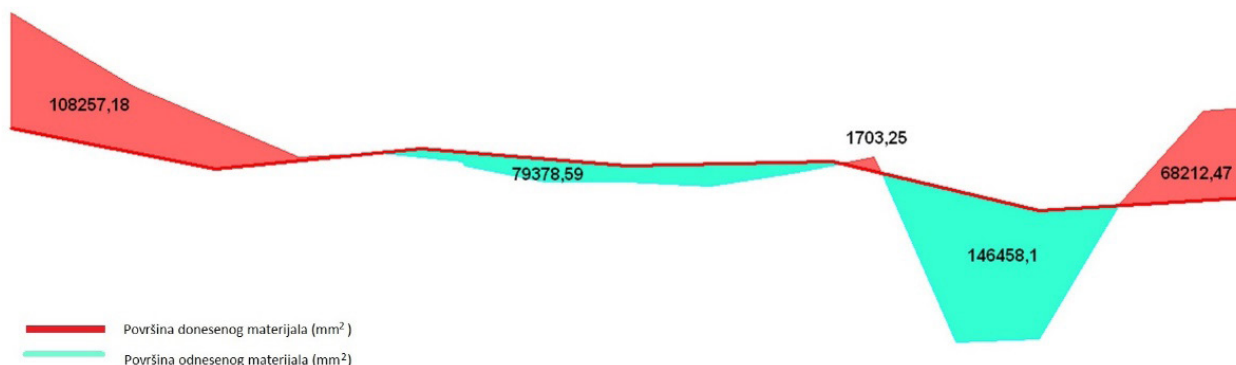
Kao posljedica provođenja radova na eksploataciji šuma (sječa, izrada i izvoz šumskih drvnih sortimenata), na istraživanim lokalitetima u svim slučajevima došlo je do pojave erozionih procesa na traktorskim putevima/vlakama. Krajnji rezultat provedenih analiza predstavljen je grafičkim prikazima, kao zavisnost zapremine odnesenog materijala ( $y$  osa) i dužine eksperimentalne plohe ( $x$  osa). Svi podaci su prikazani po pojedinačnim područji-

Tabela 1. Pregledna tabela osnovnih elemenata eksperimentalnih ploha

Table 1. Overview table of basic elements of experimental plots

	Šumsko odjeljenje 9			Šumsko odjeljenje 28			Šumsko odjeljenje 91		
	< 10%	10 – 20%	> 20%	< 10%	10 – 20%	> 20%	< 10%	10 – 20%	> 20%
Azimut eksp. ploha (°)	48	31	335	102	178	53	172	135	107
Prosječni nagib (%)	8,04	17,49	25,84	9,08	18,04	31,19	6,64	16,01	26,05
Prosječna širina (m)	3,75	3,40	3,35	3,90	3,25	3,40	3,70	3,80	3,40

**Primjer izgleda poprečnog profila obrađenog u AutoCAD-u, prikazan je na slici 4.**



Slika 4. Primjer izgleda poprečnog profila obrađenog u AutoCAD-u  
 Figure 4. An example of the layout of a cross-section processed in AutoCAD

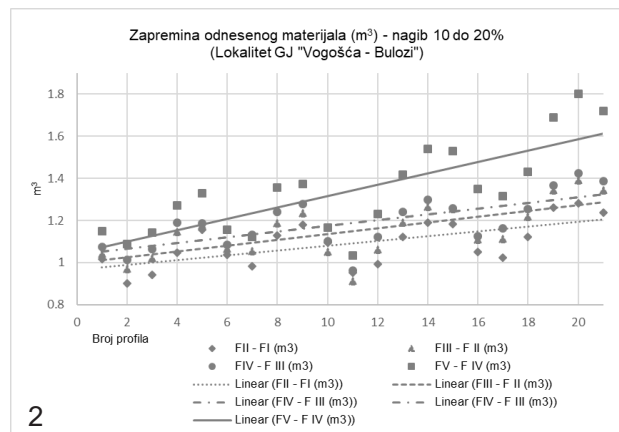
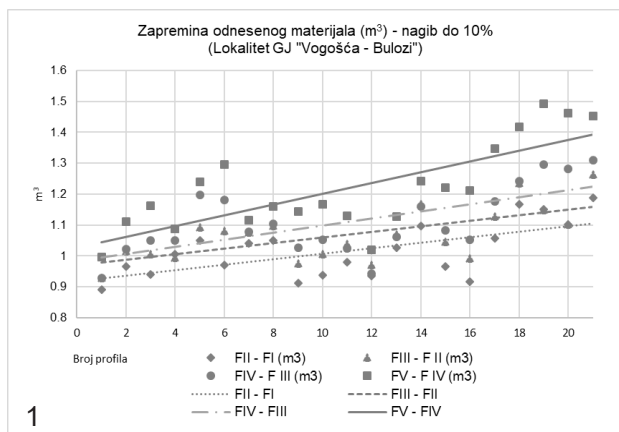
ma i karakterističnim nagibima (nagib do 10%, nagib 10 – 20% i nagib preko 20%) za slučajevodnošenja materijala za sve tri lokacije na kojima su postavljene eksperimentalne plohe kroz grafikone 1-9. Pored odnošenja materijala procesom erozije, na većini analiziranih profila došlo je do pojave donosa materijala, a najčešći razlog bio je bočno osipanje sa usječenog dijela profila.

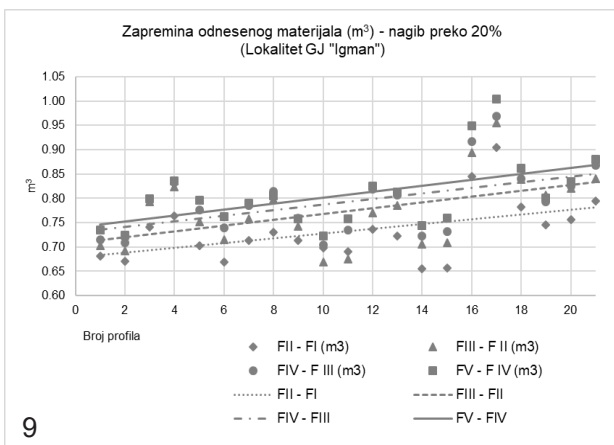
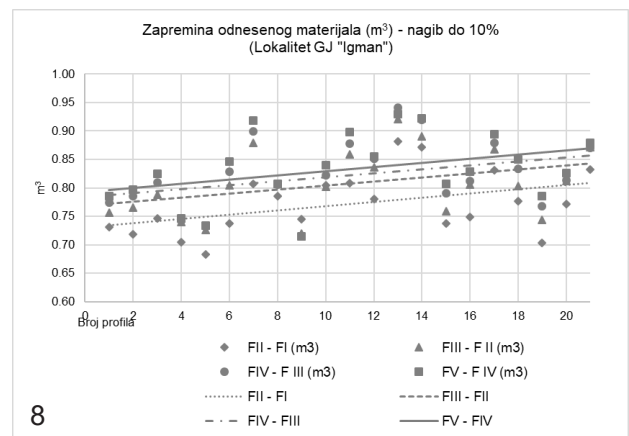
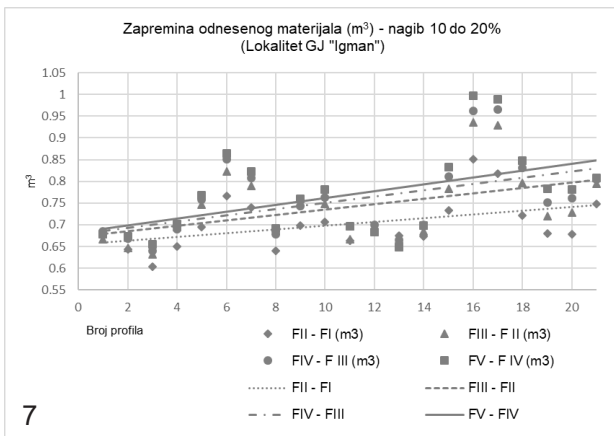
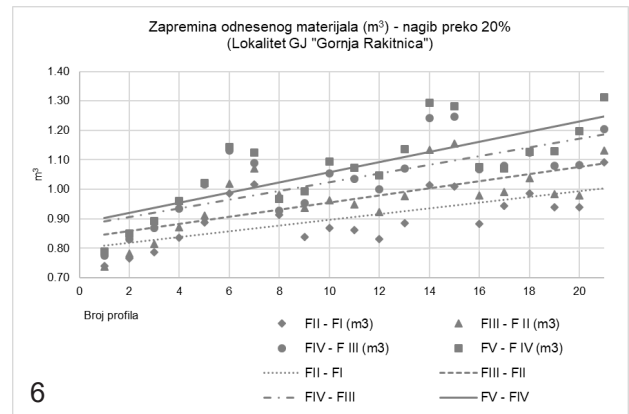
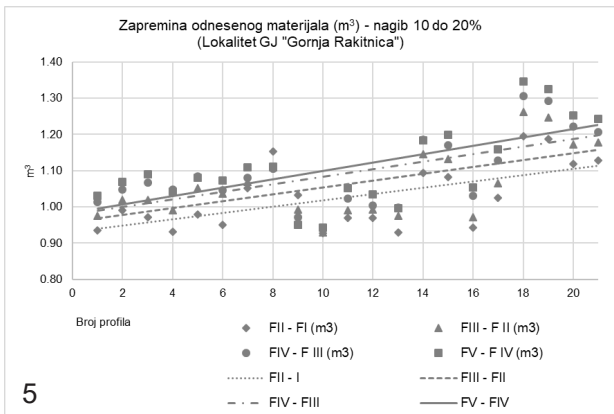
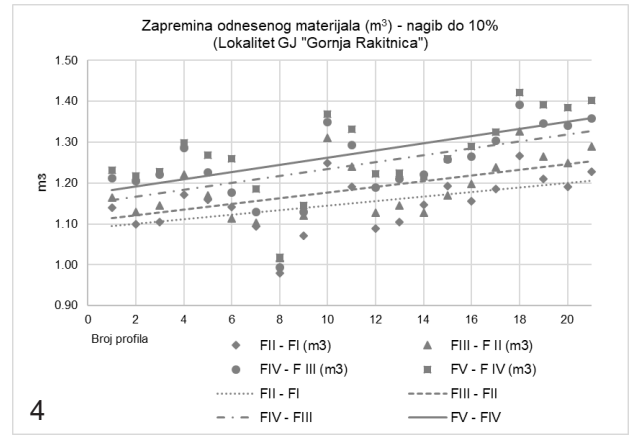
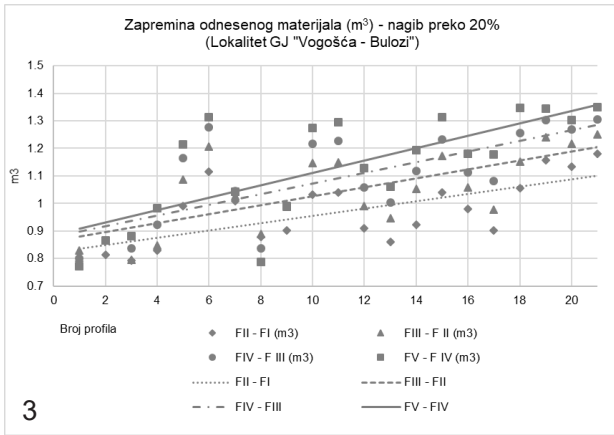
U radu nisu prikazani rezultati o zapreminama odnesenog materijala za razliku FII – FI iz razloga što se u tom periodu vršilo intenzivno kretanje mehanizacije uz privlačenje drveta, tako da u ovoj fazi pored erozionih procesa imamo i snažan uticaj mehanizacije na sabijanje, premještanje i druge procese koji nisu direktno vezani za eroziju zemljišta.

Intenzitet erozionih procesa na svim postavljenim eksperimentalnim ploham nije bio isti, razlikuje se od slučaja do slučaja, i zavisn je od brojnih faktora koji su u manjoj ili većoj mjeri uticali na sam proces erozije. Pokazala se kao opravdanom pretpostavka da će erozioni

proces biti izraženiji na traktorskim vlakama koje se grade pomoću mehanizacije, iz razloga što su iste uglavnom locirane na strmijim terenima gdje nije bilo moguće izvršiti samo prosijecanje linije privlačenja, već su se morali izvesti i određeni građevinski zahvati. Neposredno nakon što su građevinskom mehanizacijom izvršeni radovi na izgradnji trase traktorskog puta, primjećena je pojava erozionih procesa, u formi osipanja materijala sa usječenog dijela.

Analizom dobijenih grafika koji pokazuju količinu odnesenog materijala za određene nagibe po dužini traktorskih puteva, može se uočiti da na određenim profilima, na samom početku imamo značajno veće površine koje pri kasnijem obračunu zapremine daju veće podatke. Ova pojava je rezultat ekscenčnih situacija kod transporta drveta kada dolazi do intenzivnijeg propadanja točkova mehanizacije u tlo čime se povećava površina mjerena za odneseni materijal. Ipak se analizom može uočiti trend povećanja odnesenog materijala od viših ka nižim dijelovima traktorskog puta, kao i nešto





Grafikoni 1 – 9. Prikaz dinamike zapremine odnošenja materijala na istraživanim lokalitetima

Graphs 1 - 9. Presentation of the dynamics of the volume of material transport at the investigated localities

Tabela 2. Zapremina odnesenog materijala po fazama snimanja i lokalitetima

Table 2. The volume of removed material by recording phases and localities

Redni broj	Lokalitet snimanja	Nagib (%)	Razlike zapremine (FIII – FII)	Razlike zapremine (FIV – III)	Razlike zapremine (FV – FIV)	Ukupno (m <sup>3</sup> )
1.	GJ “Vogošća – Bulozi”, Odjeljenje 9	do 10%	1.084	0.889	2.277	4.250
2.		10 do 20%	1.239	0.832	3.242	<b>5.313</b>
3.		preko 20%	1.547	1.032	0.892	3.471
4.	GJ “Gornja Rakitnica”, Odjeljenje 28	do 10%	0.703	1.231	0.586	2.519
5.		10 do 20%	0.752	0.649	0.372	1.773
6.		preko 20%	1.307	1.487	0.759	3.552
7.	GJ “Igman”, Odjeljenje 91	do 10%	0.748	0.313	<b>0.217</b>	1.278
8.		10 do 20%	0.819	0.357	0.233	1.409
9.		preko 20%	0.870	0.415	0.295	1.580

intenzivniji erozioni procesi na strmijim traktorskim putevima. Izuzetak je istraživano područje šumskog odeljenja 9, gdje su na analiziranoj dionici nagiba 10 – 20% utvrđeni najintenzivniji erozioni procesi, što je vjerovatno uslovljeno kontinuirano prisutnim površinskim oticajem vode koja uzrokuje erozione procese. Analizom tabele 2, može se konstatovati da je količina odnesenog materijala za pomenuti nagib 5,313 m<sup>3</sup>, odnosno 0,0483 m<sup>3</sup>/m. Također, na istom lokaliteu, čest površinski oticaj evidentiran je i na trasi nagiba manjoj od 10% što je u konačnom uzrokovalo odnošenje materijala u posmatranom periodu od ukupno 4,25 m<sup>3</sup> ili 0,0386 m<sup>3</sup>/m. Najniži intenzitet erozionih procesa zabilježen je u šumskom odjeljenju 91, gdje je registrova-

na ukupna količina odnesenog materijala 1,278 m<sup>3</sup>, odnosno 0,0116 m<sup>3</sup>/m. Također za isti lokalitet je karakteristično da je registrovan niži intenzitet erozionih procesa, što se može objasniti karakteristikama matične podloge (krečnjak) koja je jako vodopropustljiva što utiče na niži intenzitet površinskog oticaja koji ima presudan uticaj na erozione procese traktorskih puteva/vlaka.

Također u šumskom odjeljenju 28, na istraživanoj dionici nagib 10 – 20% evidentirana je niža količina erodiranog nagiba u odnosu na dionicu manjeg nagiba što se može objasniti pojavom prirodnog obrastanja koje je imalo uticaj na usporavanje površinskog oticaja (slika 5).



Slika 5. Prirodno obrastanje traktorskog puta (foto original)

Figure 5. Natural overgrowth of the tractor road (original photo)



Slika 6. Bočno osipanje materijala na taktorski put

Figure 6. Lateral shedding of material on the tractor road

Tabela 3. Analiza varijanse sa parametrima regresije za odneseni materijal  
 Table 3. Analysis of variance with regression parameters for the taken material

Zavisnost zapremine odnesenog materijala i dužine traktorskog puta/vlake								
Lokalitet	Nagib (%)	Faze snimanja	Suma kvadrata (total)	Varijansa	F - odnos	"p" vjerovatnoća	r	r <sup>2</sup>
Šumsko odjeljenje 9	Do 10%	F III - FII	0,1498	0,06300	13,79	0,0015	0,65	0,42
		F IV - FIII	0,2423	0,10181	13,77	0,0015	0,65	0,42
		FV - FIV	0,2840	0,14504	19,84	0,0003	0,71	0,51
	10 – 20%	F III - FII	0,3254	0,14736	15,73	0,0008	0,67	0,45
		F IV - FIII	0,5562	0,28331	19,73	0,0003	0,71	0,51
		FV - FIV	0,9970	0,61861	31,06	0,0000	<b>0,79</b>	<b>0,62</b>
	Preko 20%	F III - FII	0,4109	0,20130	18,25	0,0004	0,70	0,49
		F IV - FIII	0,5562	0,28331	19,73	0,0003	0,71	0,51
		FV - FIV	0,7320	0,39410	22,16	0,0002	0,73	0,54
Šumsko odjeljenje 28	Do 10%	F III - FII	0,1233	0,03700	8,15	0,0101	0,54	0,30
		F IV - FIII	0,1761	0,05509	8,65	0,0084	0,56	0,31
		FV - FIV	0,1856	0,05982	9,03	0,0073	0,57	0,32
	10 – 20%	F III - FII	0,1799	0,06911	11,85	0,0027	0,62	0,38
		F IV - FIII	0,2088	0,08341	12,64	0,0021	0,63	0,40
		FV - FIV	0,2041	0,08839	14,52	0,0012	0,66	0,43
	Preko 20%	F III - FII	0,2376	0,11329	17,31	0,0005	0,69	0,47
		F IV - FIII	0,2164	0,06309	7,82	0,0115	0,54	0,29
		FV - FIV	0,2502	0,02088	1,73	0,2040	<b>0,29</b>	<b>0,08</b>
Šumsko odjeljenje 91	Do 10%	F III - FII	0,0657	0,00948	3,21	0,0894	0,37	0,14
		F IV - FIII	0,0734	0,00957	2,85	0,1077	0,36	0,13
		FV - FIV	0,0754	0,00745	2,08	0,1652	0,31	0,10
	10 – 20%	F III - FII	0,1395	0,03023	5,26	0,0335	0,46	0,22
		F IV - FIII	0,1635	0,04010	6,18	0,0224	0,49	0,24
		FV - FIV	0,1981	0,04757	6,00	0,0241	0,49	0,24
	Preko 20%	FIII - FII	0,1090	0,02724	6,33	0,0210	0,50	0,25
		FIV - FIII	0,0960	0,02503	6,71	0,0180	0,51	0,26
		FV - FIV	0,1025	0,02909	7,53	0,0129	0,53	0,28

Međusobna zavisnost (prikazana kao linearna) zapremine odnesenog materijala ( $V_0$ ) i uzdužnog nagiba za istraživane lokalitete izražena je kroz koeficijente determinacije ( $r^2$ ) i koeficijent korelacije ( $r$ ), preko kojih se izražava jačina korelacione veze. Također je izvršena analiza varijanse (ANOVA) kako bi se utvrdila postojanost jačine veze ("p"-vjerovatnoća) posmatranih elemenata (Tabela 3).

Na osnovu provedenih analiza, uočljivo je da dolazi do povećanja zapremine odnesenog materijala po pojedinačnim profilima sa povećanjem udaljenosti od početne tačke mjerenja. Ova zavisnost je na nekim od istraživanih ploha lako uočljiva, što pokazuju koeficijenti deter-

minacije i korelacije (npr. **Šumsko odjeljenje 9** za nagib 10 – 20% i posljednju fazu snimanja), vrijednost koeficijenta determinacije iznosi  $r^2 = 0,62$ , a koeficijenta korelacije  $r = 0,79$  (vrlo jaka korelacija). Najslabija korelaciona veza je registovana u šumskom odjeljenju 28, za nagib preko 20% pri posljednjoj fazi snimanja gdje je  $r^2 = 0,08$  i  $r = 0,29$  (slaba korelacija). Najjača korelaciona veza se može pojasniti pojavom vodotoka na eksperimentalnoj plohi, gdje usljed povećane brzine kretanja (brzina vode se povećava u slučaju konstantnog nagiba i povećanja dužine dionice kojom teče voda), voda postaje razornija, sa većom energijom što dovodi do povećanja količine erodiranog materijala. Najniža korelaciona veza se može objasniti izraženim bočnim osipanjem ma-

terijala sa usiječenog dijela vlake na poprečne profile (slika 5). Sve vrijednosti koeficijenta determinacije ( $r^2$ ) i koeficijenta korelacije ( $r$ ), za vrijednosti zapremine odnesenog materijala naspram mjerodavnih nagiba terena, date su u tabeli 3.

Analizom tabele 3, može se zaključiti da u najvećem broju slučajeva vrijednost koeficijenta korelacije ( $r$ ) leži u granici između 0,4 – 0,7, što predstavlja značajnu povezanost između uzdužnog nagiba traktorskog puta i povećanja zapremine odnesenog materijala sa udaljenošću od početne tačke.

Za analizu je kao zavisno promjenljiva odabrana zapremina odnesenog materijala (po fazama FIII - FII, FVI – FIII, FV – FIV), a kao nezavisno promjenljiva dužina eksperimentalne plohe ( $m$ ). Odabrani model funkcije je linearni ( $Y = a + b \cdot X$ ).

Nivoi korelacije definisani su prema Čabaravdić (2017) gdje se navodi Roemer – Orphalova skala koja pokazuje nivo korelacije kako slijedi: manje od 0,1 – nema korelacije, 0,11 – 0,25 jako slaba, 0,26 – 0,40 slaba, 0,41 – 0,50 srednja, 0,51 – 0,75 jaka, 0,76 – 0,90 vrlo jaka, preko 1 potpuna.

## CONCLUSIONS – Zaključak

Erozioni procesi su redovna pojava na traktorskim putevima/vlakama, a njihov intenzitet uslovljen je brojnim faktorima. Obzirom na pojednostavljen način izgradnje pri kojem se izvodi samo široki otkop bez objekata za odvodnju, čest pratilac na ovoj vrsti komunikacija su erozioni procesi. Samo kretanje šumske mehanizacije po traktorskim putevima/vlakama izaziva niz procesa koji se ogledaju u zbijanju, premještanju, "istiskanju" tla, formiranju kolotruga i sličnim procesima. Sve pobrojano dovodi do površinskog oticanja koji ima najveći uticaj za nastanak i razvoj erozionih procesa.

Na svim istraživanim lokalitetima došlo je do pojave erozionih procesa čiji je intenzitet bio različit. Intenzitet erozionih procesa na traktorskim putevima/vlakama zavisna je od brojnih faktora čiji međusobni kompleksan uticaj uz mikroklimatske faktore koji su vezani za različite lokalitete istraživanja uzrokuje pojavu erozije.

Prilikom konkretnih istraživanja dobiveni su rezultati koji potvrđuju navode i drugih autora koji ovu vrstu komunikacija posebno ističu kada su u pitanju erozioni procesi u šumarstva. Erozijska pojava je utvrđena na svim istraživanim dionicama pri čemu su najveće vrijednosti registrovane u šumskom odjeljenju 9, u ukupno količini od 5,313 m<sup>3</sup>, odnosno 0,0483 m<sup>3</sup>/m, dok su najniže vrijednosti registrovane u šumskom odjeljenju 91,

gdje je registrovana ukupna količina odnesenog materijala 1,278 m<sup>3</sup>, odnosno 0,0116 m<sup>3</sup>/m. Najviše registrovane vrijednosti su vezane za kontinuirano prisustvo površinskog oticaja koje je imalo presudan uticaj za razvoj intenzivnih erozionih procesa. Za najniže vrijednosti je vezana visoka vodopropustljivost matičnog supstrata (krečnjak) koji je imao značajan uticaj na smanjenje površinskog oticaja.

Međusobna zavisnost zapremine odnesenog materijala i dužine traktorskih puteva/vlaka na različitim uzdužnim nagibima utvrđena je linearnim statističkim modelom pri čemu su dobijene vrijednosti koeficijenta korelacije u rasponu od  $r = 0,29$  (slaba korelaciona veza) do  $r = 0,79$  (vrlo jaka korelaciona veza).

## REFERENCES – Literatura

- Bagheri, I., Naghdi, R., Moradmam Jalali, A. (2012). Evaluation of Factors Affecting Water Erosion along Skid Trails (Case study; Shafarood Forest, Northern Iran), Caspian Journal of Environmental Sciences, Vol. 11 No.2, pp. 151-160.
- Bajrić, M. (2012). Razvoj erozionih procesa na traktorskim vlakama različitog uzdužnog nagiba, Disertacija, Sarajevo, no 1 - 163.
- Bajrić M., Sokolović Dž. (2015). Rehabilitation of a secondary network of forest traffic infrastructure (skid roads – skid trails). Bulletin of the Faculty of Forestry, Special issue on the occasion of the international symposium "Forest engineering of Southeast Europe - state and challenges" Belgrade: pp. 5-14.
- Bajrić, M., Čaluk, A., Vranović, A., Petković, V. (2021). Uticaj brdsko-planinskih vodotoka na traktorske puteve/vlake, studij slučaja, Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, No-31 (2021), 41-53.
- Byblyuk, N., Styranivsky, O., Korzhov, V., Kudra, V. (2010). Timber harvesting in the Ukrainian carpathians: Ecological problems and methods to solve them, Journal of forest science, 56(7), pp. 333-340.
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F., Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: A review, Forest Ecology and Management 338 (2015), 124–138.
- Čabaravdić, A. (2017). Biometrika u šumarstva i hortikulturi, Šumarski Fakultet Univerziteta u Sarajevu, pp 1 – 235.
- DeArmond D., Ferraz J.B.S., Higuchi N. (2021). Natural recovery of skid trails: a review. Canadian Journal of Forest Research 51: 1-14.

- Eliasson, L. (2005). Effect of forwarder tyre pressure on rut formation and soil compaction. *Silva Fennica*. 39(4), pp. 549-557.
- Elliot, W.J., R. B. Foltz, R.B. and P.R. Robichaud, P.R. (2010). Recent findings related to measuring and modelling forest road erosion, 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009, 4078-4084.
- Grace III, J. McFero. (2006). A New Design to Evaluate Erosion and Sediment Control, Source: In: Proceedings, Environmental Connection 2006. Colorado Springs, CO: International Erosion Control Association: 153-162.
- Grushecky, S. T., McGill, D. W., Grafton, W., Edwards, J., Tager, L. (2007). Reclamation of Skid Roads with Fiber Mats and Native Vegetation: Effects on Erosion, Proceedings of the 15th Central Hardwood Forest Conference, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 116-121.
- Jeličić, V. (1983). Šumske ceste i putevi, SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb, str. 1-193.
- Jeličić, V. (1990). Detaljno otvaranje šuma traktorskim putevima, Savjetovanje – Pale.
- Jourgholami, M., Karami, S., Tavankar, F., Lo Monaco, A., and Picchio, R. (2021). Effects of Slope Gradient on Runoff and Sediment Yield on Machine-Induced Compacted Soil in Temperate Forests, *Forests* 2021, 12, 49, pp. 1-19.
- Krpan, A.P.B., Ivanović, Ž., Petreš, S. (1993). Fizičke štete pri privlačenju drva, *Šumarski list CXVII*, 23, str. 23-31.
- Meghatan, W. F., Kidd, W.J. (1972). Effects of logging and logging roads on erosion on sediment deposition from sheep terrain, Učinky težba a lescest na erozi a usazovani z lesniko uzemi ve svahu. *Journal Forest*, str. 136-141.
- Naghdi, R., Bagheri, I., Basiri, R. (2010). Soil disturbances due to machinery traffic on steep skid trail in the north mountainous forest of Iran. *Journal of Forestry Research*. 21(4), 497-502.
- Picchio, R., Mederski, P.S., Tavankar, F. (2020). How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands? *Current forestry reports* 6 (2), pp. 115-128.
- Pičman, D., Pentek, T. (2001). Uticaj privlačenja oblog drveta na oštećivanje traktorskih vlaka i naknadne erozijske proces. *Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut, Jastrebarsko, Zagreb, pp. 555-563.
- Rebula, E. (1991). Posljedice gradnje vlaka u šumi, Zagreb, *Mehanizacija šumarstva*, god. 16, br. 1-4, str. 3-10.
- Sasaki, S. (2004). Impacts of skid road construction on soil erosion in Jozankei national forest, Japan, *Науковий вісник*, 2004, вип. 14.3, Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля, pp. 349-353.
- Solgi, A., Naghdi, N., Labelle, E.R., Behjou, F.K., Hemmati, V. (2019). Evaluation of Different Best Management Practices for Erosion Control on Machine Operating Trails, *Croatian Journal of Forest Engineering* 40 (2019) 2, pp. 319-326.
- Solgi, A., Naghdi, R., Zenner, E.K., Behjou, F.K., Vatani, L. (2021). Effectiveness of Erosion Control Structures in Reducing Soil Loss on Skid Trails, *Croatian Journal of Forest Engineering* 42 (2021) 3, pp. 501-514.
- ŠPP/ŠGP "Igmansko" (2008). Izvedbeni projekat za šumsko odjeljenje 90, G.J. "Igman". [Planski dokument]: 26 str.
- ŠPP/ŠGP "Trnovsko" (2008). Izvedbeni projekat za šumsko odjeljenje 28, G.J. "Gornja Rakitnica". [Planski dokument]: 42 str.
- ŠPP/ŠGP "Bistričko" (2008). Izvedbeni projekat za šumsko odjeljenje 9, G.J. "Vogošća Bulozi". [Planski dokument]: 38 str.
- Turk, Y., Yildiz, M. (2019). The effects of wood chips and slash usage on skid trail sheet erosion caused by log skidding using a farm tractor, *Šumarski list*, 5-6 (2019): pp. 241-249.
- Toivio, J., Helmisaari, H.S., Palviainen, M., Lindeman, H., Ala-Illomäki, J., Sirén, M., Uusitalo, J. (2017). Impacts of timber forwarding on physical properties of forest soils in southern Finland *Forest Ecology and Management*, Volume 405 pp. 22-30.
- Tomašić, Ž. (1994). Utjecaj uzdužnog nagiba traktorske vlake na promjenu prodornog otpora tla uslijed sabijanja čestica podloge kotačima traktora i vučenim teretom. Zagreb, *Mehanizacija šumarstva*, god. 19, br. 4, pp. 233-246.
- Vinson, J.A., Barrett, S.M., Aust W.M., Bolding, M.C. (2017). Suitability of Soil Erosion Models for the Evaluation of Bladed Skid Trail BMPs in the Southern Appalachians, *Forests* 2017, 8, 482, pp. 1-18.



Wade C.R., Chad M.B., Aust M.W., Lakel III A.W. (2012). Comparison of five erosion control techniques for Bladed skid trails in Virginia. *Southern Journal of Applied Forestry* 36(4): pp. 191-197.

Wang C., Liu B., Yang Q., Pang G., Long Y., Wang L., Cruse M.R., Dang W., Xin Liu X., Wang E. (2021). Unpaved road erosion after heavy storms in mountain areas of northern China. *International Soil and Water Conservation Research*. doi:10.1016/j.iswcr.2021.04.012., pp. 1-9.

## SUMMARY

The paper investigates the phenomenon of soil erosion on skid roads/trails. The aim was to discover how and to what extent different longitudinal slopes can influence the occurrence of erosion processes. For this purpose, a total of nine experimental plots were set up at three different sites. The length of the plots was 110 m, and at all localities, the research was carried out on different longitudinal slopes (up to 10%, 10 - 20% and over 20%) over the observed period of approximately two and a half years. The research focused on determining the volume of material removed and the dynamics of the development of erosion processes observed in phases (shifts) between recordings.

Forests are the most effective natural factor in protecting land from erosion, and if they are managed on the principles of sustainable management, the so-called “normal” erosion usually occurs. However, as it is necessary to build a relatively dense network of skid roads/trails for different phases of management, it makes them susceptible to more intensive erosion processes. If we take into account that they were built with very low criteria (technical elements) and without the existence of facilities that would ensure the drainage of surface and rainwater, and can be built with a large longitudinal slope, it creates optimal preconditions for the development of intensive erosion process.

The conducted research has obtained results that clearly show that erosion processes occur frequently, of varying intensity depending on the factors that prevail for a given locality.

The value of the volume of the removed material ranges from 1.278 m<sup>3</sup>, ie 0.0116 m<sup>3</sup>/m to 5.313 m<sup>3</sup>, or 0.0483 m<sup>3</sup>/m. The obtained minimum value of the volume of the removed material can be related to the strong water permeability of the parent substrate (limestone), which affects the reduction of surface runoff, as well as shallow soils that are formed on it. When it comes to the maximum value of the volume of removed material, which is 5.333 m<sup>3</sup> or 0.0483 m<sup>3</sup>/m, it can be related to the continuous occurrence of surface runoff that causes surface sapping and removal of material from the skid roads/trails.

The performed statistical analyzes (through a linear model) indicate different correlations of investigated influencing factors (volume of transported material and length of skid roads/trails on different longitudinal slopes). The obtained correlation values range from  $r = 0,29$  (weak correlation) to  $r = 0,79$  (very strong correlation).



# Physiological Workload of Chainsaw Felling and Processing Workers in Uneven-aged Mixed Stands

Opterećenje radnika tokom sječe i izrade motornom pilom u raznodobnim mješovitim sastojinama

Velid Halilović<sup>1,\*</sup>, Jusuf Musić<sup>1</sup>, Jelena Knežević<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Sarajevo, Faculty of Forestry, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

## ABSTRACT

Forest harvesting in Bosnia and Herzegovina is done by chainsaws in felling and processing phase, and cable skidders in skidding phase in most cases. The aim of study was to determine physiological workload of chainsaw operator in felling and processing of wood assortments on the basis of the measurement of a heart rate. The research was carried out in mixed uneven-aged stands of Silver fir (*Abies alba* L.), European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) managed by two Cantonal Public Enterprise in Bosnia and Herzegovina. Heart rate was measured using Garmin Forerunner 35 GPS Running Watch with Wrist-based Heart Rate (Garmin Ltd., United States) with continuous data logging and storage of heart rate readings. Felling and processing works were recorded with action camera during whole working day. Time study was performed based on made videos. The average working heart rate (effective time and delays) was 117 bpm (beats per minute) for subject A and 113 bpm for subject B. The results of Kruskal-Wallis test showed significant differences for average heart rate in relation to time study element. The average heart rate reserve (%HRR) was 47.15% for subject A and 50.00% for subject B. The study results showed that heart rate reserve of chainsaw operator during tree felling and processing exceeded value of 40% which corresponds to heavy work and may have negative impacts on the health of the workers.

**Keywords:** forest harvesting, ergonomy, heart rate reserve, Bosnia and Herzegovina.

## INTRODUCTION – Uvod

The forests in Bosnia and Herzegovina are mostly uneven-aged with natural regeneration. Forest harvesting is done by chainsaws in felling and processing phase, and cable skidders in skidding phase in most cases (Sokolović & Musić, 2009; Halilović et al., 2013; Marčeta et al., 2014; Halilović et al., 2015).

Works in forestry have specific characteristics that distinguish them from other industry sectors, which are

manifested through the subject of work and working conditions (Kulušić, 2000; Lipoglavšek & Staudt, 2005). The forestry workers are exposed to above-average physiological workload for almost entire working lifetime (Vondra, 1995; Martinić, 2006) due to a significant share of manual work, work with machines with proven harmful effects and constantly changing outdoor working conditions. All these factors make the work site of a forest worker one of the most dangerous, with a high probability of injury during working lifetime or suffering

from occupational diseases, which shortens working and life expectancy (Šporčić et al., 2015; Eroglu et al., 2015a).

The negative effects of works in the forestry to worker's health and safety are especially expressed in forest harvesting. This study is based on the phase of felling and processing of wood assortments due to partial mechanization of works, ie the use of motor-manual means of work (chainsaws) which causes significant physiological workload. Tree felling is a physically demanding and dangerous job (Grzywiński, 2015; Bačić et al., 2020) which involves training, use of protective equipment and continuous attention (Melemez & Tunay, 2010). It may have negative impacts on the health of the forest workers and increase the prevalence of work-related musculoskeletal disorders (Arman et al., 2021). The most share of forced working postures occurs during tree felling with a chainsaw (Grzywiński, 2015).

Ergonomic research conducted in forestry for decades (Tomanić, 1995) aims to humanize work by improving the characteristics of means of work, as well as determining the organization of work in which workers are exposed to the least physiological load.

The physiological stress of workers in forestry can be established on the basis of the measurement of a constant heart rate (Robek & Medved, 2006; Grzywiński et al., 2017). Maximum heart rate (HRmax) is a standard indicator of the highest acceptable individual exertion in work physiology. Variations in the heart rate during work are directly proportionate to the intensity and duration of work, the more intense and longer is the work, the higher is the heart rate (Martinić et al., 2006). Determining the physiological workload on the basis of heart rate is a very suitable method for research in the forestry due to its practicality (Martinić, 1995; Grzywiński et al., 2017). Researchers used heart rate measuring for determination of physiological workload of forestry workers in previous studies (Kirk & Sullman, 2001; Yovi et al., 2006; Stampfer et al., 2010; Silayo et al., 2010; Melemez & Tunay, 2010; Çalişkan & Çağlar, 2010; Ottaviani et al., 2011; Spinelli et al., 2014; Huber & Stampfer, 2015; Eroglu et al., 2015b; Ottaviani Aalmo et al., 2016; Bačić et al., 2018; Borz et al., 2019; Spinelli et al., 2020; Arman et al., 2021).

Physiological workload (%HRR) of workers during harvesting operation was 40.9% according to Eroglu et al. (2015b). Based on a review of the available literature, Martinić (1995) states that the average heart rate of workers during felling and processing of wood by chainsaw is 108-116 bpm.

Çalişkan & Çağlar (2010) determined that average working heart rate of chainsaw operator during felling in spruce forest was 122.8 bpm, while the pre-work resting heart rate was 70.5 bpm. The average physical workload (%HRR) rate was 44.79%. Huber & Stampfer (2015) found the relative heart rate (%HRR) during felling in spruce dominated stands range from 23.43% to 35.26% and the highest physiological workloads during the felling task. According to Leszczyński & Stańczykiewicz (2015) the maximum heart rate (HRmax) of chainsaw operator 29 years old, 170 cm high and 76 kg weight was 191 bpm, while heart rate at rest (HRrest) was 69 bpm during tree felling and processing in late thinning of coniferous stands. The relative heart rate (%HRR) in same research was 39.05% for effective work time. Melemez & Tunay (2010) established the following: average working heart rate of chainsaw operator 115 bpm, average heart rate reserve 42% and resting heart rate 73 bpm. According to Cheța et al. (2018) average heart rate during felling and processing in old hybrid poplar dominated stand ranges from 93.5 to 132.1 bpm, and %HRR ranges from 21.76 to 57.49%. The highest physical strain to the worker was reported during technical delay, and the lowest during work preparation. Arman et al. (2021) cited that the mean level of physical workload during clearcut operations in the pine plantation was 43.54% of the relative heart rate (HRR) which corresponds to heavy work. Silayo et al. (2010) calculated percentage of heart rate increase during work compared to resting heart rate and found that the physical workload was 65% heart rate increase for chainsaw operator. Resting heart rate of chainsaw operator 32 years old was 55 bpm (Huber & Stampfer, 2015). Grzywiński et al. (2017) found that a working posture influence the level of physiological workload of a chainsaw operator. Higher heart rate values were found during standing bent forward body postures compared to squatting and half-kneeling.

The aim of the study was to determine physiological workload of chainsaw operator in felling and processing of wood assortments because similar researches were not conducted in Bosnia and Herzegovina.

## MATERIALS AND METHODS – Materijal i metode

### Study area – Područje istraživanja

The research was carried out in mixed uneven-aged stands of Silver fir (*Abies alba* L.), European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) managed by Cantonal Public Enterprise "Sarajevo šume" Ltd. Sarajevo (SF) and Public Enterprise "Šumsko - pri-

Table I. Terrain characteristics of the study area

Tabela I. Terenske karakteristike područja istraživanja

Compartment	Forest Enterprise	Average elevation (m)	Slope (%)	Terrain topography	Exposure
1	SF	1100	5-50	downhill with coves	S, E, SE
2	ZDF	1050	15-40	slightly downhill	E
3	ZDF	1100	15-25	slightly downhill	S, SW
4	ZDF	1150	15-30	steep downhill/slightly downhill	E, NE

vredno društvo Zeničko - dobojskog kantona” Ltd. Zavidovići (ZDF) in Bosnia and Herzegovina (figure 1). The trees were felled and processed into wood assortments with Husqvarna 372XP chainsaw in four compartments (table 1).



Figure 1. The location of study area

Slika 1. Područje istraživanja

### Heart rate measurements - Mjerenja otkucaja srca

Two male workers were chosen in order to measure the physiological workload during tree felling and processing (table 2). The workers were considered representative of the felling worker population in enterprises in terms of age, skill and productivity. Subject A felled and processed trees in one compartment in the area of SF and subject B in three compartments in the area of ZDF.

Heart rate was measured to assess the level of physiological workload, using a Garmin Forerunner 35 GPS Running Watch with Wrist-based Heart Rate (Garmin Ltd., United States) with continuous data logging and storage of heart rate readings (figure 2). The measurements were performed during whole working day including delays for 17 days in March and April 2019. Felling and processing works were recorded with action camera during whole working day. Time study was performed based on made videos. Heart rate monitor was placed on workers left hand so it did not interfere with work activities. Recorded heart rate data was downloaded via Garmin Connect users interface and sorted out in MS Excel 2016. Statistical analyses were carried out using the Statgraphics Centurion XVI software. After checking for normality (Shapiro-Wilk W test) and homogeneity of variance (Levene's test), the Kruskal-Wallis non-parametric multiple-comparison test was used to test the effect of the factor “time study element” on the average heart rate.



Figure 2. Garmin Forerunner 35 GPS Running Watch on chainsaw operator hand

Slika 2. Garmin Forerunner 35 GPS pametni sat za trčanje na ruci rukovaoca motornom pilom

The working day was divided into: a) effective time

Table 2. Anthropometric characteristics of the felling workers

Tabela 2. Antropometrijske karakteristike sjekača

Subject	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	HR <sub>rest</sub> (bpm)	HR <sub>max</sub> (bpm)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
A	38	106	186	59	182	30.64
B	41	86	187	47	179	24.59

HR<sub>rest</sub>, resting heart rate; HR<sub>max</sub>, maximum heart rate (calculated as 220 - age); BMI, body mass index; bpm, beats per minute.

including moving, felling, delimiting and processing, dealing with hung up trees tasks and b) delays including preparatory-final time, technical delay, personal delay and moving to landing site (table 3).

Table 3. Time study elements

Tabela 3. Elementi studija vremena

Time study element	Description
<b>Effective time</b>	
Moving	Walking from felled and processed tree to another marked tree
Felling	Preparing of workplace, choosing of felling direction and tree felling. Task ends when a tree fell to the ground
Delimiting and processing	Cutting of branches from stem and processing of wood assortment by chainsaw horizontal cut
Dealing with hung up trees	Bringing in hung up trees to the ground
<b>Delays</b>	
Preparatory-final time	Taking of work orders, chainsaw preparation, cleaning, service and regular maintenance
Technical delay	Service of chainsaw and chainsawbar by worker himself
Personal delay	Resting and meal time
Moving to landing site	Walking from felling site to landing site on the forest truck road

Relative heart rate was calculated as follows (Vitalis, 1987):

$$\%HRR = \frac{HR_{work} - HR_{rest}}{HR_{max} - HR_{rest}} \times 100,$$

where %HRR is relative heart rate at work (%), HR<sub>work</sub> is average heart rate during work (bpm), HR<sub>rest</sub> is resting heart rate (bpm), HR<sub>max</sub> is the maximum heart rate (bpm), bpm is a abbreviation for beats per minute.

Maximum heart rate (HR<sub>max</sub>) was calculated as follows: HR<sub>max</sub> = 220 - age (Rodahl, 1989). The minimum measured heart rate value during working day was taken as the resting heart rate (HR<sub>rest</sub>).

Grading the physiological workload on the basis of heart rate determinations was done by scale from Apud et al. (1989).

Table 4. Grading the physiological workload (Apud et al., 1989)

Tabela 4. Procjena radnog opterećenja (Apud et al., 1989)

Physiological workload	Average heart rate (bpm)
Very low	<75
Low	75 – 100
Moderate	100 – 125
High	125 – 150
Very high	150 – 175
Extremely high	>175

## RESULTS – Rezultati

The average working heart rates for time study elements range from 104 to 128 bpm for subject A and 91 to 131 bpm for subject B. The average working heart rate (effective time and delays) is 117 bpm for subject A and 113 bpm for subject B (table 5). The results of Kruskal-Wallis test showed significant differences for average heart rate in relation to time study element (table 5). The minimum heart rate was recorded during the preparatory-final time for both subjects and maximum during the moving to the landing site for subject A and dealing with hung up trees for subject B (table 5).

Heart rate reserve exceeded value of 40% - a permissible value as described by Potočnik & Poje (2017) for all work tasks of effective time and delays expect preparatory-final time and personal delay for subject A and preparatory-final time for subject B. Moving to landing site caused the highest heart rate reserve (56.10%) for subject A and dealing with hung up trees for subject B (63.63%). Workers during moving to landing site work task walk on difficult terrain carrying chainsaw, fuel and tools which causes physical strain. Also, dealing with hung up trees cause significant physical strain because of characteristics of work task and workers posture. The heart rate reserve for the whole study time was estimated at 47.15% for subject A and 50.00 for subject B (table 5) indicating a high physiological strain.

Physiological workload for most time study element was moderate according to Apud et al. (1989) expect moving to landing site for subject A and dealing with hung up trees for subject B where it was high and preparatory-final time for subject B where it was low (figure 3).

Table 6. Results of Kruskal-Wallis test

Tabela 6. Rezultat Kruskal-Wallis testa

Time study element	Heart rate (bpm)	
	Subject A	Subject B
Moving	123b	113c,d
Felling	121b	115c
Delimiting and processing	123b	120b
Dealing with hung up trees	-	131a
Preparatory-final time	104d	91f
Technical delay	110c	110d
Personal delay	107c,d	105e
Moving to landing site	128a	121b
Kruskal-Wallis p	0.0000	0.0000

Different letters show significant differences among time study elements according to the Kruskal-Wallis test

Table 5. Descriptive statistics of heart rate

Tabela 5. Deskriptivna statistika izmjerenog pulsa

Time study element	Heart rate (bpm)									
	Min	Max	Mean	SD	%HRR	Min	Max	Mean	SD	%HRR
	Subject A					Subject B				
Moving	96	152	123	14,29	52,03	52	159	113	17,32	50,00
Felling	81	162	121	13,84	50,41	47	162	115	18,10	51,52
Delimiting and processing	71	157	123	13,79	52,03	60	172	120	17,54	55,30
Dealing with hung up trees						97	169	131	14,34	63,63
Preparatory-final time	72	142	104	15,70	36,59	67	120	91	15,60	33,33
Technical delay	59	138	110	14,13	41,46	70	165	110	18,56	47,73
Personal delay	66	173	107	15,70	39,02	53	185	105	18,23	43,94
Moving to landing site			128		56,10	95	140	121	9,89	56,06
Total	59	173	117		47,15	47	185	113		50,00

Min, minimum value; Max, maximum value; SD, standard deviation; %HRR, heart rate reserve

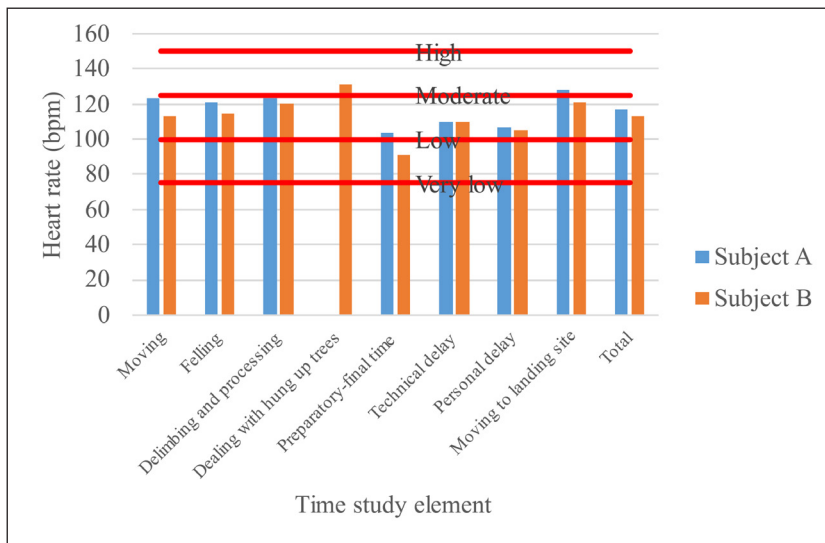


Figure 3. Grading the physiological workload

Slika 3. Ocjena radnog opterećenja

## DISCUSSION – Diskusija

The average working heart rate for subject A (117 bpm) and subject B (113 bpm) from this study were similar to result (115 bpm) cited by Melemez & Tunay (2010) and Arman et al. (2021) for clear cut in the pine plantation (116.08 bpm). The determined average working heart rate for subject B is within the interval 108 – 116 bpm cited by Martinić (1995) for workers in felling and processing phase, while average working heart rate for subject A is slightly greater. Çalişkan & Çağlar (2010) found higher value of the average working heart rate of chainsaw operator during felling in spruce forest (122.8 bpm), and Cheța et al. (2018) smaller during felling and processing in old hybrid poplar dominated stand (107.1 bpm).

The maximum heart rate values were measured during the moving to the landing site for subject A (128 bpm) and dealing with hung up trees for subject B (131 bpm), while Arman et al. (2021) found the the highest mean heart rates during the tree processing (117.7 bpm), back cut (115.6 bpm), and undercut (114.8 bpm).

The resting heart rate (HR<sub>rest</sub>) for subject A (59 bpm) and subject B (47 bpm) from this study were similar to results determined by Huber & Stumpfer (2015) for felling in spruce dominated stands (55 bpm), and smaller than values founded by Çalişkan & Çağlar (2010) for chainsaw operator during felling in spruce forest (70.5 bpm), Leszczyński & Stańczykiewicz (2015) for chainsaw operator during late thinning in coniferous stand (69 bpm) and Melemez & Tunay (2010) (73 bpm).

The average physical workload (%HRR) for subject A (47.15%) and subject B (50.00%) from this study were higher than values founded by Çalişkan & Çağlar (2010)

for chainsaw operator during felling in spruce forest (44.79%), Arman et al. (2021) for clear cut in the pine plantation (43.54%), Huber & Stumpfer(2015) in spruce dominated stands (23.43 – 35.26%), Cheța et al. (2018) during felling and processing in old hybrid poplar dominated stand (34.38%). According to Leszczyński & Stańczykiewicz (2015) the relative heart rate (%HRR) for effective work time was 39.05% which is smaller than values of relative heart rate for effective time work tasks determined in this study (50.00-63.63%).

The highest physiological workloads were measured during the moving to landing site (56.10%) for subject A and dealing with hung up trees (63.63%) for subject B, while Huber & Stumpfer (2015) found the highest values of relative heart rate for felling task in spruce dominated stands. According to Cheța et al. (2018) the highest physical strain to the worker was reported during technical delay. The lowest physiological workloads were measured during the preparatory-final time for both subjects. According to Cheța et al. (2018) the lowest physical strain to the worker was reported during work preparation which corresponds to the results of this study.

## CONCLUSIONS – Zaključak

This study aim to determine physiological workload of chainsaw operator during felling and processing of wood assortments in mixed uneven-aged stands in Bosnia and Herzegovina. The study results showed that heart rate reserve of chainsaw operator during tree felling and processing exceeded value of 40% which corresponds to heavy work and may have negative impacts on the health of the workers and increase the prevalence of work-related musculoskeletal disorders.

Considering a slightly higher heart rate reserve (%HRR) of the chainsaw operator compared to results of other research it is necessary to consider measures that would lead to its reduction including the training of workers, changes in the organization of work and continuous medical examination of workers with the aim of determining ability to perform felling and processing works.

The presented results contribute to establishing physiological workload of chainsaw operator during felling and processing in Bosnia and Herzegovina.

## REFERENCES – Literatura

- Apud, E., Bostrand, L., Mobbs, I.D. & Strehlke, B. (1989). *Guide-lines on ergonomic study in forestry*. International Labour Office Geneva
- Arman, Z., Nikooy, M., Tsioras, P.A., Heidari, M. & Majnonian, B. (2021). Physiological workload evaluation by means of heart rate monitoring during motor-manual clearcutting operations. *International Journal of Forest Engineering*, 32(2), 91-102. <https://doi.org/10.1080/14942119.2021.1868238>
- Bačić, M., Šušnjar, M., Pandur, Z., Šporčić, M. & Landekić, M. (2018). Physical workload while working with hedging bill and battery cutter in tending of pedunculate oak. *7th International Ergonomics Conference ERGONOMICS 2018 – Emphasis on Wellbeing*. Zadar.
- Bačić, M., Šušnjar, M., Zečić, Ž., Koren, S., Kolarić, M. & Pandur, Z. (2020). Dnevna izloženost vibracijama u šumarstvu: razlika između ručne i ručno-strojne metode čišćenja. *Sigurnost*, 62(3), 265-274.
- Borz, S.A., Talagai, N., Cheța, M., Chiriloiu, D., Montoya, A.V.G., Vizuete, D.D.C. & 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. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2019.550>
- Çalışkan, E. & Çağlar, S. (2010). An assessment of physiological workload of forest workers in felling operations. *African Journal of Biotechnology*, 35(9), 5651-5658.
- 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(6), 300. <https://doi.org/10.3390/f9060300>
- Eroglu, H., Kayacan, Y. & Yilmaz, R. (2015a). Effects of Work Types and Workload on Certain Anthropometric Parameters in Forestry Workers. *Anthropologist*, 20(3), 515-522. <https://doi.org/10.1080/09720073.2015.11891756>
- Eroglu, H., Yilmaz, R. & Kayacan, Y. (2015b). A Study on Determining the Physical Workload of the Forest Harvesting and Nursery-Afforestation Workers. *Anthropologist*, 21(1,2), 168-181. <https://doi.org/10.1080/09720073.2015.11891806>
- Grzywiński, W. (2015). Influence of working posture during the felling on energy expenditure of a chainsaw operator. *Sylwan*, 159(10), 824-830. <https://doi.org/10.26202/sylwan.2015038>
- Grzywiński, W., Jelonek, T., Tomczak, A., Jakubowski, M. & Bembenek, M. (2017). Does body posture during tree felling influence the physiological load of a chainsaw operator?. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24(3), 401-405. <https://doi.org/10.5604/12321966.1235177>
- Halilović, V., Gurda, S., Sokolović, Dž., Musić, J. & Bajrić, M. (2013). Analiza utroška vremena pri sječi i izradi stabala hrasta kitnjaka primjenom sortimentnog metoda rada. *Naše šume*, 30-31, 4-12.
- Halilović, V., Musić, J., Gurda, S. & Topalović, J. (2015). Analysis of the means of forest harvesting in the Federation of Bosnia and Herzegovina. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Beogradu*, Special Edition (2015), 55-62. <https://doi.org/10.2298/GSF15S1055H>
- Huber, C. & Stampfer, K. (2015). Efficiency of Topping Trees in Cable Yarding Operations. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36(2), 185-194.
- Kirk, P.M. & Sullman, M.J.M. (2001). Heart rate strain in cable hauler choker setters in New Zealand logging operations. *Applied Ergonomics*, 32, 389-398. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(01\)00003-5](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(01)00003-5)
- Kulušić, B. (2000). *Manuskripta – Iskorišćavanje šuma*. Faculty of forestry, University of Sarajevo
- Leszczyński, K. & Stańczykiewicz, A. (2015). Workload analysis in logging technology employing a processor aggregated with a farm tractor. *Forest Systems*, 24(2), 1-8. <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2015242-06607>
- Lipoglavšek, M. & Staudt, F.J. (2005). Najnovija dostignuća ergonomije u šumarstvu. *Nova mehanizacija šumarstva*, Posebno izdanje 26(1), 147-151.



- Marčeta, D., Petković, V. & Košir, B. (2014). Comparison of Two Skidding Methods in Beech Forests in Mountainous Conditions. *Nova mehanizacija šumarstva*, 35, 51-62.
- Martinić, I. (1995). Evaluation of physical exertion by statistical analysis of worker's heart rate at log skidding. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 46, 23-32.
- Martinić, I. (2006). Health protection and safety in forestry work during the transition period of the forestry sector in Croatia. *Zbornik savjetovanja "Wood Quality, Technologies, Man and Work in Forest"*, Ljubljana.
- Martinić, I., Šegotić, K., Risović, S. & Goglia, V. (2006). The Effect of Body Mass on Physiological Indicators in the Performance of Forestry Workers. *Collegium antropologicum*, 30(2), 305-311.
- Melemez, K. & Tunay, M. (2010). Determining physical workload of chainsaw operators working in forest harvesting. *Technology*, 13(4), 237-243.
- Ottaviani, G., Talbot, B., Nitteberg, M. & Stampfer, K. (2011). Workload Benefits of Using a Synthetic Rope Strawline in Cable Yarder Rigging in Norway. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32(2), 561-569.
- Ottaviani Aalmo, G., Magagnotti, N. & Spinelli, R. (2016). Forest Workers and Steep Terrain Winching: the Impact of Environmental and Anthropometric Parameters on Performance. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 37(1), 97-105.
- 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.
- Robek, R. & Medved, M. (2005). Okolišni stres i vozačvo ergonomsko opterećenje tijekom privlačenja skiderrima Woody 110 i Belt GV 70. *Nova mehanizacija šumarstva*, Posebno izdanje 26(1), 151-161.
- Rodahl, K. (1989). *The Physiology of Work*. Taylor & Francis
- Silayo, D.S.A., Kiparu, S.S., Mauya, E.W. & Shemwetta, D.T.K. (2010). Working Conditions and Productivity Under Private and Public Logging Companies in Tanzania. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 31(1), 65-74.
- Sokolović, Dž. & Musić, J. (2009). Timber Yarding by Forest Skylines. *Naše šume*, 14-15, 33-41.
- Spinelli, R., Ottaviani Aalmo, G. & Magagnotti, N. (2014). The effect of a slack-pulling device in reducing operator physiological workload during log winching operations. *Ergonomics*, 58(5), 781-790. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.983184>
- Spinelli, R., Magagnotti, N. & Labelle, E.R. (2020). The Effect of New Silvicultural Trends on the Mental Workload of Harvester Operators. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41(2), 175-190. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.747>
- Stampfer, K., Leitner, T. & Visser, R. (2010). Efficiency and Ergonomic Benefits of Using Radio Controlled Chokers in Cable Yarding. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 31(1), 1-9.
- Šporčić, M., Landekić, M., Bakarić, M., Nevečerel, H. & Lukec, I. (2015). Promjene nekih vrijednosnih kriterija šumskih radnika u 15-godišnjem razdoblju. *Nova mehanizacija šumarstva*, 36, 5-18.
- Tomanić, S. (1995). Čovjek i šumski rad – vremenske perspektive. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 46, 55-63.
- Vitalis, A. (1987). The use of Heart Rate as the Main Predictor of the Cost of Work. *Proceedings of the Inaugural Conference of the NZ Ergonomics Society*, Auckland.
- Vondra, V. (1995). Radne norme i opterećenje šumskog radnika. *Mehanizacija šumarstva*, 20(4), 189-196.
- Yovi, E.Y.Y., Takimoto, Y., Ichihara, K. & Matsubara, C. (2006). A study of workload and work efficiency in timber harvesting by using chainsaw in pine plantation forest in Java Island (2):-thinning operation. *Applied Forest Science*, 15, 23-31.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research was financed with funds from Ministry of Science, Higher Education and Youth of Canton Sarajevo through the project "Physiological Workload of Worker in Felling and Processing of Wood Assortments Phase in the Area of Cantonal Public Enterprise "Sarajevo šume" Ltd. Sarajevo" in 2018.

## SAŽETAK

Negativni efekti izvođenja radova u sektoru šumarstva sa aspekta zdravlja i sigurnosti radnika posebno su izraženi u okviru tehnološkog procesa iskorištavanja šuma. Sječa stabala i izrada šumskih drvnih sortimenata u Bosni i Hercegovini obavlja se motornim pilama, a privlačenje drveta skiderima u najvećem broju slučajeva. Cilj istraživanja prikazanog u ovom radu je utvrđivanje opterećenja radnika u fazi sječe i izrade šumskih drvnih sortimenata iz razloga djelimične mehanizacije radova, tj. upotebe motor-manuelnog sredstva rada. Težina rada može se procijeniti na osnovu pulsa radnika, poređenjem pulsa mjenenog tokom odmora i rada, što je zbog praktičnosti veoma pogodan metod za istraživanja u oblasti šumarstva. Mjerenje pulsa sjekača obavljeno je uz upotrebu Garmin Forerunner 35 pametnog sata za trčanje (*Garmin Ltd., United States*) sa kontinuiranim mjerenjem i čuvanjem podataka. Rad sjekača sniman je akcionom kamerom tokom cijelog radnog dana. Istraživanje je provedeno u mješovitim raznodobnim šumama bukve i jele sa smrčom na području kojim gazduju KJP „Sarajevo šume“ i JP „Šumsko - privredno društvo Zeničko - dobojskog kantona“ d.o.o. Zavidovići. Prosječan puls tokom rada uključujući produktivno vrijeme i prekide rada iznosi 117 o/min (otkucaja u minuti) za radnika A, odnosno 113 o/min za radnika B. Rezultati Kruskal-Wallis testa su pokazali postojanje statistički značajnih razlika u vrijednostima prosječnog pulsa u zavisnosti od elementa studija rada (radne operacije i prekidi rada). Najmanje vrijednosti pulsa evidentirane su tokom pripremno-završnog vremena za oba radnika, a najveće vrijednosti tokom hoda do radilišta za radnika A, odnosno rješavanja ustave za radnika B. Prosječni puls tokom rada (%HRR) za radnika A iznosi 47.15%, odnosno 50.00% za radnika B. Rezultati istraživanja su pokazali da opterećenje sjekača prelazi dozvoljenu vrijednost od 40% što odgovara teškom radu i može imati negativni uticaj na zdravlje radnika. Uzimajući u obzir da su utvrđene nešto veće vrijednosti prosječnog pulsa tokom rada (%HRR) u odnosu na rezultate drugih istraživanja neophodno je razmotriti mjere za njegovo smanjenje a koje bi podrazumijevale obuku radnika, promjene u organizaciji rada i kontinuiranu procjenu radne sposobnosti radnika.



# Analysis of Architectural Elements of the Modern Period and Inventory of the Dendroflora of the History Museum in Sarajevo

Analiza arhitektonskih elemenata perioda Moderne i inventarizacija dendroflore Historijskog muzeja u Sarajevu

Bojana Pintarić-Avdagić<sup>1</sup>, Adisa Džino Šuta<sup>2</sup>, Pavle Krstić<sup>3</sup>, Dino Hadžidervišagić<sup>\*4</sup>

<sup>1</sup> Srednja škola za okoliš i drveni dizajn, Vilsonovo šetalište 11, 71000 Sarajevo, BiH

<sup>2</sup> Fondacija Kulturno naslijeđe bez granica BiH, Kralja Tvrtka 7, 71000 Sarajevo, BiH

<sup>3</sup> Arhitektonski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo BiH

<sup>4</sup> Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, BiH

## ABSTRACT

The minimalist approach in the design of the History Museum is reflected mainly on construction, which is manifested in slender steel pillars and cassette concrete mezzanine structures. The essence of the object is partly reflected in its physical appearance, and partly in its symbolism in accordance with the time in which it was created, evoking a timeless abstract volume that speaks of the vision of the designer and the deeper universal meaning of the object structure. Taxonomic identification determined the total number of registered woody properties and amounts to 43 taxa (18 tree taxa and 25 shrub taxa). All identified taxa come from 21 families, or 34 genera. The highest percentage of taxa is of Eurasian origin 26.2%, followed by horticultural taxa 23.8%, taxa of Asian origin 21.4%, American 14.3%, European origin 11.9% and taxa of Mediterranean origin 2.4%. The obtained results are a continuation of efforts on a documented approach to inventorying the dendrological content of urban greenery in Sarajevo.

**Key words:** architectural elements, dendroflora, woody species, History Museum, Sarajevo

## INTRODUCTION - Uvod

Historijski muzej Bosne i Hercegovine je osnovan 28. 11. 1945. godine kao državna ustanova pod neposrednim nadzorom Ministarstva prosvjete Narodne vlade Bosne i Hercegovine. Vremenom je izrastao u jednu od najznačajnijih institucija iz oblasti kulture.

Radovi na izgradnji stalnih prostorija muzeja počeli su u oktobru 1959., a završeni jula 1963. godine kada muzej

dobija stalne prostorije prema idejnom projektu grupe arhitekata Ede Šmidihena, Borisa Magaša i Radovana Horvata. Zgrada Historijskog muzeja predstavlja jedan od najljepših i najreprezentativnijih objekata izgrađenih poslije Drugog svjetskog rata tokom perioda Moderne u Bosni i Hercegovini. Period Moderne je donio novo, avangardno, viđenje arhitekture koja se oslanjala na socijalne i humane teme (slika 1.). Naglasak je bio na funkcionalnosti i novi pogled na građenje koje odbacuje sve što je suvišno za strukturu građevinske konstrukcije.

\* Corresponding author: Dino Hadžidervišagić, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, BiH  
Email: d.hadzidervisagic@sfsa.unsa.ba

Napuštaju se monumentalni oblici klasicizma i dekorativni elementi secesije, te se traže nova i jednostavnija rješenja. Glavni materijal za izgradnju arhitektonskih građevina tokom perioda Moderne je bio armirani beton. Unutrašnjost objekata je bila prostrana i funkcionalna što predstavlja arhitekturu industrijskog društva.



Slika 1. Prikaz zgrade Historijskog muzeja BiH 1963. godine (izvor: bih-x.info, 2022.)

Figure 1. View of the building of Historical Museum BiH 1963 (source: bih-x.info, 2022)

Muzej je od svog osnivanja 1945. godine više puta mijenjao naziv – od Muzeja narodnog oslobođenja, Muzeja narodne revolucije, Muzeja revolucije Bosne i Hercegovine do današnjeg naziva Historijski muzej. Prije nego što je izgrađena nova namjenska zgrada uglavnom su korištene prostorije Zemaljskog muzeja BiH i gradske Vijećnice [on-line: <https://monifinci.com/muzej-revolucije/> 01.07.2022.].

Proširenje koncepcije i djelokruga rada muzeja i njegovo prerastanje u Historijski muzej Bosne i Hercegovine došlo je tokom 1994. godine. Istraživačkim i prikupljačkim radom stručnih saradnika Muzeja do danas je sakupljeno oko 400.000 muzejskih predmeta različitih vrijednosti za historiju Bosne i Hercegovine (Džiko, 2015). Nakon izgradnje objekta pristupilo se projektovanju i uređenju prostora oko muzeja koje se ogleda u sadnji biljnog materijala i postavljanju parkovskog mobilijara prilikom čega je 1965. godine angažovan i arhitekta Zlatko Ugljen.

Inventarizacija biljnog materijala određenog prostora daje uvid u postojeću autohtonu i alohtonu vegetaciju. Prve važnije i značajnije podatke o nesamonikloj dendroflori gradskih zelenih površina u BiH daje Stefanović (1955) za Sarajevo i njegovu okolinu. Popis drvenastih vrsta za Banja Luku daje Šilić (1964), a za Mostar daje Šolić (1974). Najobuhvatnije podatke o introdukciji dendrovrrsta daje Janjić (1966, 1984, 1996, 1998 i

2002) o nesamonikloj dendroflori Sarajeva i njegove okoline, uz konstataciju da sve registrovane svojte ne treba posmatrati kao konačnu kategoriju. Od novijih radova, treba navesti inventarizacije dendrovrrsta rađene za gradsko područje Jajca (Hadžić i dr., 2016) i urbano područje općine Srebrenik (Bektić i dr., 2020). Od radova vezanih za inventarizaciju dendrovrrsta pojedinačnih objekata zelenila treba navesti inventarizacije rađene za Gradski park “Zrinjevac” u Mostaru (Mešić i dr., 2017), Banjski park Ilidža (Veljović, 2012; Bašić i dr., 2019; Hadžidervišagić i Čabaravdić, 2021), park kod Druge gimnazije (Park svjetlosti) u Sarajevu (Muratović, 2021) i Mali park u Sarajevu (Šačić, 2021). Sva navedena istraživanja predstavljaju doprinos u procesu evidentiranja i procjene općeg stanja dendroflora gradskih zelenih površina u BiH.

Zgrada Historijskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu je Odlukom Komisije za očuvanje nacionalnih spomenika, broj: 07.3-2.3-73/12-41 od 07. novembra 2012. godine, proglašena za nacionalni spomenik Bosne i Hercegovine (“Službeni glasnik BiH”, broj 103/12). Sastoji se od suterena u čijem nivou se nalazi unutrašnji vrt, zatim uzdignutog prizemlja, te sprata. Izgrađena je na postamentu dimenzija 70 x 44,2 metra. Na izdignutom postamentu postavljen je skeletni sistem sa devet nosivih čeličnih stubova krstastog presjeka, koji dopuštaju jaki prepust na svim stranama. Na stubove je oslonjen zatvoreni kubus u nivou sprata kao vodeći oblikovni akcent. Ukupna površina zgrade muzeja sa platom iznosi oko 3.400 m<sup>2</sup>.

U smislu navedenog, cilj rada je izvršiti analizu arhitektonskih elemenata perioda Moderne, kao i inventarizaciju postojećeg dendrološkog sadržaja sa prijedlogom zaštite identifikovanih vrsta Historijskog muzeja Bosne i Hercegovine.

## MATERIAL AND METHODS –

### Materijal i metode

Historijski muzej Bosne i Hercegovine sa pripadajućom zelenom površinom se nalazi na području općine Novo Sarajevo (slika 2.), sa desne strane rijeke Miljacke. Ukupna površina parcele iznosi oko 8.170 m<sup>2</sup>. Granicu sa sjeverne strane Muzeja čini glavna gradska saobraćajnica ulica Zmaja od Bosne, sa južne strane čine pješačke staze prema Vilsonovom šetalištu, sa istočne strane čini pješačka staza i zgrada Zemaljskog muzeja BiH, dok sa zapadne strane granicu čine objekti Impertanne Centra i UNDP-a. Na južnoj strani između Historijskog muzeja BiH i Vilsonovog šetališta nalazi se prostor planiran za izgradnju muzeja Ars Aevi (Muzej moderne umjetnosti).



Slika 2. Orto-foto snimak istraživanog područja (izvor: Google Earth, 2022.)

Figure 2. Orto-photo shot of the studied area (source: Google Earth, 2022)

Inventarizacija dendroflore prostora Historijskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu rađena je 2020. godine u okviru projekta: Studija plana konzervacije zgrade Historijskog muzeja BiH, u okviru programa Getty Fondacije Keeping It Modern. Dendrološki materijal je prikupljen u različitim fenološkim fazama i determinisan komparativno-morfološkom metodom (Krüssman, 1976-78, 1983; Vidaković, 1982; Vukićević, 1996; Jovanović, 2000; Hessayon, 2001; Warda, 2001; Hillier i Coombes, 2002 i Idžojić, 2009).

Geografska rasprostranjenost vrsta urađena je prema Idžojić (2009) i raspoređena u sljedeće kategorije: Am – Amerika, Az – Azija, Eu – Europa, EuAz – Euroazija, EuAzAf – Euroazija i Afrika, Sr – Sredozemlje, hort – hortikulture svoje.

## RESULTS AND DISCUSSION – Rezultati i diskusija

Najteži period za Historijski muzej predstavlja ratni period (1992-1995) kada su nanosene ogromne štete kako enterijera, tako i eksterijera što je dovelo do propadanja i uništenja nekih muzejskih postavki i posađenog okolnog zelenila. Uništenje i propadanje zelenila Historijskog muzeja BiH navodi Džiko (2015), te preporučuje uklanjanje oštećenih i oboljelih dendrovrsta i sadnju novih zamjenskih vrsta.

Istraživanjem pejzažnog stila u periodu Moderne što se ogleda u analizi radova i projekata pejzažnih rješenja svjetski poznatih urbanista i pejzažnih arhitekata koji su živjeli i radili od prve polovine 20. vijeka do 1980-ih godina kao što su: Le Corbusier, Walter Gropius, Arthur Coney Tunnard, Carlo Scarpa, Ludwig Mies van der Rohe, Philip Cortelyou Johnson i mnogih drugih jasno se mogu

uočiti sljedeće karakteristike i vrtni elementi: jasne i oštre linije u dizajnu, naglašen kontrast između biljnih i arhitektonskih elemenata, intimnost vrta odnosno nemogućnost njegovog sagledavanja sa vanjske strane, velika upotreba zimzelenog grmlja, primjena uzdignutih gredica na seriji terasa, korištenje grupacija lišćarskog drveća kroz koje se naziru konture objekata, kao i izgradnja krovnih vrtova.

Sam pejzažni kontekst u kome se Historijski muzej nalazi je izuzetno zanimljiv. Zelenu osnovu unutar koje je smješten čini Vilsonovo šetaliste zajedno sa rijekom Miljackom, botanički vrt i hortikultureno uređenje prostora susjednog Zemaljskog muzeja BiH, kao i koridor planirane I transverzale sa djelimično pokrivenim Sušičkim potokom. Ovaj posljednje navedeni prostor izaziva dilemu; da li ga treba ostaviti kao zelenu površinu ili ga presjeći planiranom transverzalom. Unutar samog kompleksa Historijskog muzeja planski su pozicionirani objekti zelenila koji sa arhitektonskim elementima čine jedinstvenu cjelinu ali i sa zelenilom iz okruženja (slika 3.).



Slika 3. Zgrada Historijskog muzeja BiH sa zelenilom (izvor: Arhiva projekta)

Figure 3. The building of Historical Museum BiH with greenery (source: Project archive)

Prema Čauševiću i dr. (2018) minimalistički pristup u dizajniranju Historijskog muzeja odražava se i na konstruktivni sistem koji se očituje u vitkim čeličnim stubovima i kasetiranim betonskim međuspratnim konstrukcijama koje balansiraju na ivici nosivog kapaciteta. Ta elegancija predstavlja refleksiju stilova vremena u kome je objekt nastao. Suština navedenog objekta jednim dijelom se ogleda u njegovoj fizičkoj pojavnosti, a drugim dijelom u njegovom simbolizmu u skladu sa vremenom u kome je nastao, evocirajući bezvremenski apstraktni volumen koji govori o viziji autora i dubljem univerzalnom značenju strukture objekta.

Analizom rješenja i elemenata zelenih površina Historijskog muzeja u odnosu na karakteristike vrtnih ele-

menta urbanista i pejzažnih arhitekata perioda Moderne može se konstatovati da navedeni stil kroz elemente kontrasta između arhitektonskog objekta i bioloških elemenata vrta, kao i elementa intimnosti jednim dijelom sadrži i karakteristike islamske vrtne umjetnosti. Ova konstatacija se objašnjava korištenjem oblutaka u jednom dijelu izložbenog platoa koji su uvedeni projektom uređenja terase arhitekta Zlatka Ugljena, 1965 godine. Džiko (2015) u svojim istraživanjima navodi da je jedan dio atrija unutar vrta Historijskog muzeja pokriven zastorom od kaldrme, tj. kamenim oblucima. Kako navode Milinović (1999), Avdić i Ljujić-Mijatović (2003), Hadžidervišagić (2011) i Krpo (2021) navedeni elementi predstavljaju i sastavni dio bosanskog vrtne stila nastao za vrijeme Osmanske uprave u BiH. Dokaz da je zelena površina Historijskog muzeja urađena u modernističkom stilu predstavlja izgradnja uzdignutih gredica koje su zastupljene na prostoru platoa. Također, ovdje postoji i krovni vrt na platou ispred ulaza – blizu arhive Historijskog muzeja (slika 4.) dok grupacije lišćarskog drveća u planu zelenih površina Historijskog muzeja nisu evidentirane.



Slika 4. Ulaz Historijskog muzeja BiH  
(izvor: Arhiva projekta)

Figure 4. Entrance of Historical Museum BiH  
(source: Project archive)

Istraživanjem dendrološkog sadržaja na 8.170 m<sup>2</sup> ukupne površine prostora Historijskog muzeja konstatovana je zastupljenost 51 stabla različite starosti (tabela 1.). Taksonomskom identifikacijom je utvrđen ukupan broj

Tabela 1. Zastupljenost svojiti, geografsko porijeklo i njihova brojnost na zelenoj površini oko Historijskog muzeja u Sarajevu

Table 1. Taxa distribution, geographical origin and their abundance at green area around Historical Museum in Sarajevo

R. br. No	Svojta Taxa	Porodica Family	Geografsko porijeklo Geographical origin	Broj stabala Number of individuals
<b>DRVEĆE/TREES</b>				
<b>Golosjemenjače (Gymnospermae)</b>				
1.	<i>Larix decidua</i> Mill.	Pinaceae	Eu	1
2.	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.*	Pinaceae	Eu	13
3.	<i>Taxus baccata</i> 'Elegantissima'	Taxaceae	hort	1
4.	<i>Taxus baccata</i> 'Fastigiata'	Taxaceae	hort	1
5.	<i>Taxus baccata</i> L.*	Taxaceae	EuAz,Af	8
				24
<b>Skrivenosjemenjače (Angiospermae)</b>				
6.	<i>Acer campestre</i> L.*	Aceraceae	EuAz,Af	1
7.	<i>Acer palmatum</i> Thunb. ex E. Murray	Aceraceae	Az	1
8.	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.*	Aceraceae	EuAz	1
9.	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Hippocastanaceae	Eu	1
10.	<i>Betula pendula</i> Roth*	Betulaceae	EuAz	5
11.	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl*	Oleaceae	EuAz,Af	1
12.	<i>Juglans regia</i> L.*	Juglandaceae	Az	1
13.	<i>Malus</i> × moerlandsii	Rosaceae	hort	1

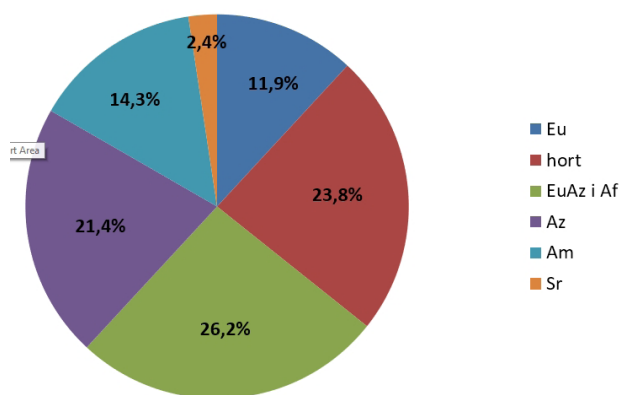
14.	<i>Populus nigra</i> L.*	Salicaceae	EuAz,Af	2
15.	<i>Prunus cerasifera</i> 'Pissardii'	Rosaceae	hort	1
16.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Fabaceae	Am	10
17.	<i>Salix alba</i> L.*	Salicaceae	EuAz,Af	1
18.	<i>Sorbus × intermedia</i> (Ehrh.) Pers	Rosaceae	Eu	1
				27
<b>UKUPNO/TOTAL</b>				<b>51</b>
<b>GRMLJE/SHRUBS</b>				
<b>Golosjemenjače (Gymnospermae)</b>				
1.	<i>Thuja occidentalis</i> L.	Cupressaceae	Am	–
<b>Skrivenosjemenjače (Angiospermae)</b>				
2.	<i>Berberis thunbergii</i> 'Atropurpurea'	Berberidaceae	hort	–
3.	<i>Berberis thunbergii</i> DC.	Berberidaceae	Az	–
4.	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Buxaceae	EuAz,Af	–
5.	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	Rosaceae	Az	–
6.	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Elaeagnaceae	Az	–
7.	<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	Celastraceae	Az	–
8.	<i>Forsythia × intermedia</i> Zabel	Oleaceae	hort	–
9.	<i>Hedera helix</i> L.*	Araliaceae	EuAz,Af	–
10.	<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb. ex Murray) Ser.	Hydrangeaceae	Az	–
11.	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Lamiaceae	Sr	–
12.	<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.	Oleaceae	Az	–
13.	<i>Lonicera nitida</i> E. H. Wilson	Caprifoliaceae	Az	–
14.	<i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt.	Berberidaceae	Am	–
15.	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	Vitaceae	Am	–
16.	<i>Prunus laurocerasus</i> 'Schipkaensis'	Rosaceae	hort	–
17.	<i>Prunus laurocerasus</i> L.	Rosaceae	EuAz	–
18.	<i>Rosa</i> sp.	Rosaceae	□	–
19.	<i>Spiraea × bumalda</i>	Rosaceae	hort	–
20.	<i>Spiraea × vanhouttei</i>	Rosaceae	hort	–
21.	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S. F. Blake	Caprifoliaceae	Am	–
22.	<i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench	Caprifoliaceae	Am	–
23.	<i>Symphoricarpos × chenaultii</i>	Caprifoliaceae	hort	–
24.	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Oleaceae	Eu	–
25.	<i>Vinca major</i> L.*	Apocynaceae	EuAz	–
* □ autohtona vrsta/autochthonous species				

registrovanih drvenastih svojti i iznosi 43 svojte (18 svojti drveća i 25 svojti grmlja). Svojte dolaze u okviru 21 porodice, odnosno 34 roda. Autohtone su dvije četinarske vrste i devet lišćarskih vrsta.

Prema brojnosti stabala najzastupljenije svojte na zelenoj površini Historijskog muzeja Bosne i Hercegovine su: *Picea abies* (L.) H. Karst. (25,5%), *Robinia pseudoacacia* L. (19,6%) i *Taxus baccata* L. (15,7%). Ove tri navedene svojte čine preko 60% ukupne količine drveća. Treba napomenuti da identifikovane vrste *Robinia pseudoacacia* L. i *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. spadaju u invazivne vrste Federacije Bosne i Hercegovine (PMF UNSA i Federalno ministarstvo okoliša i turizma, 2019).

U tabeli 1. uočava se veća zastupljenost invazivne vrste *Robinia pseudoacacia* L., ukupno 10 komada. Prema Bašiću i dr. (2019) invazivne vrste postaju konkurenti autohtonoj vegetaciji i zahtijevaju kontrolu kako se ne bi prekomjerno raširile. Također, problem širenja bagrema *Robinia pseudoacacia* L. zastupljen je i u šumama sjeverozapadne Hrvatske (Horvat i Franjić, 2016). Nekontrolisano širenje invazivnih vrsta dovodi do narušavanja izgleda prostora, njegove degradacije, prijetnje autohtonoj biološkoj raznolikosti, narušavanja postojećih stanišnih uslova i sl. (Bašić i dr., 2019).

Iz grafikona 1. je vidljivo da je u Historijskom muzeju najveći procent svojti euroazijskog porijekla 26,2% (od čega 16,7% čine svojte koje pored Euroazije dolaze i u Africi), zatim slijede hortikulturene svojte 23,8%, svojte azijskog porijekla 21,4%, američkog 14,3%, europskog porijekla 11,9% i svojte sredozemnog porijekla 2,4%.



Grafikon 1. Geografska rasprostranjenost analiziranih dendroloških svojti

Graph 1. Geographical distribution of analyzed dendrological taxa

Za uklanjanje ukupno je planirano 8 stabala (1 četinarsko i 7 lišćarskih stabala) i 1 grm. Od četinarskih stabala potrebno je ukloniti *Picea abies* (L.) H. Karst. (1 kom.), a

od lišćarskih *Fraxinus angustifolia* Vahl. (1 kom.), *Juglans regia* L. (1 kom.) i *Robinia pseudoacacia* L. (5 kom.). Od grmlja je potrebno ukloniti vrstu *Symphoricarpos orbiculatus* Moench. Neki od razloga za uklanjanje navedenih vrsta su: mogućnost rušenja stabala usljed djelovanja jakog vjetrova i atmosferilija, uništavanje temelja objekta i suterenskog prostora Muzeja te staza usljed širenja korjenovog sistema, ugrožavanje i oštećenje fasade objekta zbog preblize sadnje, gubljenje dekorativnih svojstava usljed nedostatka njege, te razne vrste oštećenja i oboljenja biljnih vrsta.

U istraživanjima estetskih i funkcionalnih parametara oblikovanja prostora oko Historijskog muzeja Džiko (2015) navodi iste ili slične razloge za uklanjanje i zamjenu postojećih drvenastih vrsta kao što su oštećenje objekta i popločanih staza rastom i razvojem korjenovog sistema pri čemu korijen isplivava na površinu, zatim nedostatak njege i nestručno orezivanje, razne vrste oštećenja i oboljenja, greške prilikom sadnje drvenastih vrsta, gubitak estetskih vrijednosti i sl.

Dobiveni rezultati su nastavak nastojanja na dokumentiranom pristupu inventarizacije dendrološkog sadržaja objekata urbanog zelenila u Sarajevu koja je započela polovinom prošlog vijeka i koja se provodi sve do danas (Stefanović, 1955; Janjić, 1966; 1984; 1996; 1998 i 2002; Veljović, 2012; Pintarić-Avdagić i dr., 2015; Hadžidervišagić, 2018; Bašić i dr., 2019).

## CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS – Zaključci i preporuke

Iz svega nevedenog, nakon analize arhitektonskih elemenata i inventarizacije dendroflora Historijskog muzeja BiH, mogu se izvući sljedeći zaključci:

- Zgrada Historijskog muzeja predstavlja jedan od najljepših i najreprezentativnijih objekata izgrađenih poslije Drugog svjetskog rata tokom perioda Moderne u Bosni i Hercegovini. Izgrađena 1963. godine prema projektu grupe arhitekata Ede Šmidihena, Borisa Magaša i Radovana Horvata.
- Odlukom Komisije za očuvanje nacionalnih spomenika Historijski muzej je proglašen za nacionalni spomenik Bosne i Hercegovine 2012. godine.
- Minimalistički pristup u dizajniranju Historijskog muzeja odražava se i na konstruktivni sistem koji se očituje u vitkim čeličnim stubovima i kasetiranim betonskim međuspratnim konstrukcijama koje balansiraju na ivici nosivog kapaciteta, a ta elegancija predstavlja refleksiju stilova vremena u kome je objekt nastao.
- Istraživanjem dendrološkog sadržaja na 8.170 m<sup>2</sup> uku-



- pne površine prostora Historijskog muzeja konstatovana je zastupljenost 51 stabla različite starosti (tabela 1.). Taksonomskom identifikacijom je utvrđen ukupan broj registrovanih drvenastih svojti i iznosi 43 svojte (18 svojti drveća i 25 svojti grmlja). Svojte dolaze u okviru 21 porodice, odnosno 34 roda. Autohtone su dvije četinarske vrste i devet lišćarskih vrsta.
- Prema brojnosti stabala najzastupljenije svojte na zelenoj površini Historijskog muzeja Bosne i Hercegovine su: *Picea abies* (L.) H. Karst. (25,5%), *Robinia pseudoacacia* L. (19,6%) i *Taxus baccata* L. (15,7%). Ove tri navedene svojte čine preko 60% ukupne količine drveća.
  - U Historijskom muzeju najveći procent svojti euroazijskog porijekla 26,2% (od čega 16,7% čine svojte koje pored Euroazije dolaze i u Africi), zatim slijede hortikulturene svojte 23,8%, svojte azijskog porijekla 21,4%, američkog 14,3%, europskog porijekla 11,9% i svojte sredozemnog porijekla 2,4%.
  - Za uklanjanje ukupno je planirano 8 stabala (1 četinarsko i 7 lišćarskih stabala) i 1 grm. Od četinarskih stabala potrebno je ukloniti *Picea abies* (L.) H. Karst. (1 kom.), a od lišćarskih *Fraxinus angustifolia* Vahl. (1 kom.), *Juglans regia* L. (1 kom.) i *Robinia pseudoacacia* L. (5 kom.). Od grmlja je potrebno ukloniti vrstu *Symphoricarpos orbiculatus* Moench.
  - Identifikovane invazivne vrste *Robinia pseudoacacia* L. i *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. treba strogo kontrolisati kako se ne bi prekomjerno raširile i postale konkurenti autohtonoj vegetaciji.
  - U procesu obnove i zaštite zelene površine Historijskog muzeja BiH potrebno je nastaviti sa daljom valorizacijom njenih kulturno-historijskih vrijednosti, kao i provođenje procedura i metoda obnove zelenih površina u skladu sa Odlukom o proglašenju Historijskog muzeja za nacionalni spomenik Bosne i Hercegovine.
  - Historijski muzej BiH kao reprezentativan predstavnik arhitekture perioda u kome je nastao nesumnjivo zaslužuje poseban i vrhunski tretman, a razlog sadašnjeg stanja u kome se trenutno nalazi je i neadekvatan status u smislu (ne) nadležnosti državnih institucija.

## REFERENCES – Literatura

- Avdić, J.; Ljujić–Mijatović, T. (2003). Hortikultura u svrhu očuvanja kulturne baštine u periodu turske vladavine, Zbornik radova šumarstvo i hortikultura, Prvi simpozij poljoprivrede, veterinarstva i šumarstva (Neum, 14.-17. maja 2003.), Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, str. 199-204.
- Bašić, N.; Hadžidervišagić, D.; Hadžić, S. (2019). Inventarizacija dendroflora Banjskog parka Ilidža kod Sarajeva, Naše šume, UŠIT FBiH, God. XVII, Br. 56/57, Sarajevo, str. 79-89.
- Bektić, S.; Huseinović, S.; Šabanović, E. (2020). Dendroflora urbanog područja općine Srebrenik, Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, Svezak 50, Br. 2, Sarajevo, str. 49-58, <https://doi.org/10.54652/rsf.2020.v50.i2.348>
- Džiko, E. (2015). Determinacija estetskih i funkcionalnih parametara potrebnih za oblikovanje prostora oko objekta specijalne namjene – Historijski muzej BiH, Master rad, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Čaušević, A.; Idrizbegović-Zgonić, A.; Rustempašić, N.; Kahrović-Handžić, L. (2018). A Case Study: Restoration of Historical Museum in Sarajevo (1963) – A Modernist Ruin, University of Sarajevo, Faculty of Architecture, Sarajevo.
- Hadžić, S.; Hadžidervišagić, D.; Vojniković, S.; Pintarić Avdagić, B.; Bašić, N. (2016). Inventarizacija dendroflora javnih zelenih površina grada Jajca, Naše šume, UŠIT FBiH, God. XV, Sarajevo, Br. 44/45, str. 57-66.
- Hadžidervišagić, D.; Čabaravdić, A. (2021). Važnost i strukturna raznolikost stabala u povijesnom parku, Šumarski list, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, God. CXLV, Br. 3-4, str. 117-125. <https://doi.org/10.31298/sl.145.3-4.1>
- Hadžidervišagić, D. (2018). Pejzažno-arhitektonska i istorijska analiza Banjskog parka Ilidža kod Sarajeva □ koncept razvoja, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Hadžidervišagić, D. (2011). Historijski razvoj urbanih zelenih površina u Sarajevu, Naše šume, UŠIT FBiH i HŠD, God. X, Br. 24-25, Sarajevo, str. 23-31.
- Hessayon, D. G. (2001). Cvatući grmovi, Mozaik knjiga, Zagreb.
- Horvat, G.; J. Franjić (2016). Invazivne biljke kalničkih šuma, Šumarski list, Hrvatsko šumarsko društvo, God. CXXXX, Br. 1-2, Zagreb, str. 53-64.
- Hiller, P.; A. Coombes (2002). The Manual of Trees and Shrubs, David & Charles Book, Winchester, England.
- Idžojtić, M. (2009). Dendrologija list, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Janjić, N. (1966). Prilog poznavanju nesamonikle dendro-

flore Sarajeva i okoline, Akademija nauka i umjetnosti BiH, Radovi-XXIX, Odjel prirodno-tehničkih nauka, knjiga 9, Sarajevo, str. 115-186.

Janjić, N. (1984). Dalji prilog poznavanju nesamonikle dendroflora Sarajeva i okoline, Akademija nauka i umjetnosti BiH, Radovi-LXXVI, Odjel prirodno-matematičkih nauka, knjiga 23, Sarajevo, str. 185-218.

Janjić, N. (1996). *Četvrti prilog poznavanju nesamonikle dendroflora Sarajeva i okoline*, Akademija nauka i umjetnosti BiH, Radovi-LXXXIX (1992-1996), Odjel prirodno matematičkih nauka, knjiga 23, Sarajevo, str. 67-107.

Janjić, N. (1998). Peti prilog poznavanju nesamonikle dendroflora Sarajeva i okoline, Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, br. I, knjiga XXVIII, Sarajevo, str. 41-75.

Janjić, N. (2002). *Šesti prilog poznavanju nesamonikle dendroflora Sarajeva i okoline*, Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, br. I, knjiga XXXII, Sarajevo, str. 53-97.

Jovanović, B. (2000). Dendrologija, Univerzitetska štampa, Beograd.

Krpo, M. (2021). Avlija između tradicionalnog i savremenog – na primjeru grada Sarajeva, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Krüssman, G. (1983). Handbuch der Nadelgehölze, 2. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Krüssman, G. (1976-78). Handbuch der Laubgehölze, II, III, 2. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Mešić, A.; Hadžidervišagić, D.; Spasojević, B.; Bašić, N. (2017). Inventarizacija i zaštita parkovske baštine na primjeru Gradskog parka "Zrinjevac" u Mostaru, Naše šume, UŠIT FBiH, God. XVI, Br. 46/47, str. 42-49.

Milinović, V. (1999). Povijest pejzažne arhitekture, Skripta, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Muratović, E. (2021). Analiza stanja i koncept razvoja parka kod Druge gimnazije (Park Svjetlosti) u Sarajevu, Magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Pintarić-Avdagić, B.; D. Hadžidervišagić; A. Avdagić; S. Hadžić; N. Bašić (2015). Procjena stanja i mogućnosti za unaprjeđenje dendrološkog sadržaja arboretuma "Slatina", Naše šume, UŠIT FBiH, God. XIV, Br. 40/41, Sarajevo, str. 45-54.

vo, str. 45-54.

Stefanović, V. (1955). Prilog poznavanju nesamonikle dendroflora Sarajeva i okoline, Nauč. Druš. NR BiH Radovi - V, Odjelj. privr.-tehn. nauka, knj. I, Sarajevo, str. 75-109.

Šaćić, D. (2021). Valorizacija i revitalizacija Malog parka u Sarajevu, Magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Šilić, Č. (1964). Prilog poznavanju dendroflora Banja Luke i okoline, Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu, God. IX, knj. 9, sveska 2, Sarajevo, str. 1-84.

Šolić, P. (1974). Prilog poznavanju nesamonikle dendroflora parkova i nasada Mostara i okoline, Hortikultura, Split.

Veljović, Z. (2012). Identifikacija, valorizacija i zaštita povijesnih perivojnih površina Banje Ilidža i Velike aleje u Sarajevu, Magistarski rad, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

Vidaković, M. (1982). *Četinjače – morfologija i varijabilnost*, JAZU i Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.

Vukićević, E. (1996). Dekorativna dendrologija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.

Warda, H-D. (2001). Das große Buch der Garten und Landschaftsgehölze, 2. erweiterte Auflage, Bruns Pflanzen, Bad Zwischenahn.

\*\*\* Inventarizacija i geografska interpretacija invazivnih vrsta u Federaciji Bosne i Hercegovine, Studija, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu i Federalno ministarstvo okoliša i turizma, Sarajevo, 2019.

\*\*\* Odluka o proglašenju zgrade Historijskog muzeja BiH za nacionalni spomenik Bosne i Hercegovine ("Službeni glasnik BiH", broj 103/12).

\*\*\* Muzej revolucije, <https://monifinci.com/muzej-revolucije/> [on-line: 01.07.2022.]

\*\*\* Slika 1. <http://bih-x.info/otvorena-izlozba-polet-zena-u-historijskom-muzeju-bih/> [on-line: 18.07.2022.]

\*\*\* Slika 3. <https://bhrt.ba/spomenici-drugog-svjetskog-rata-na-izlozbi-u-historijskom-muzeju-bih/> [on-line: 18.07.2022.]

## SUMMARY

The building of the History Museum is one of the most beautiful and representative buildings built after the Second World War during the Modern period in Bosnia and Herzegovina. The main accent was on functionality and a new look at construction that rejects everything what was superfluous to the structure of the building construction. The building of the History Museum of Bosnia and Herzegovina in Sarajevo was declared a national monument of Bosnia and Herzegovina by the Decision of the Commission for the Preservation of National Monuments on November 7, 2012. The dendroflora inventory of the premises of the History Museum of Bosnia and Herzegovina in Sarajevo was made in 2020. within the project Study of the conservation plan for the building of the History Museum of Bosnia and Herzegovina, the Keeping It Modern program, Getty Foundation, and in the implementation of the Cultural Heritage without Borders Foundation. The dendrological material was collected in different phenological phases and determined by the comparative-morphological method. The minimalist approach to the design of the History Museum is reflected in the constructive system, which is manifested in slender steel columns and cast concrete mezzanine structures. Taxonomic identification determined the total number of registered woody properties and amounts to 43 taxa (18 tree taxa and 25 shrub taxa). All identified taxa come from 21 families, or 34 genera. All identified taxa come from 21 families, or 34 genera. Two conifer species and nine deciduous species are autochthonous. According to the number of trees, the most represented taxa are: *Picea abies* (L.) H. Karst. (25,5%), *Robinia pseudoacacia* L. (19,6%) and *Taxus baccata* L. (15,7%). The identified species of *Robinia pseudoacacia* L. and *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., belong to the invasive species of the Federation of Bosnia and Herzegovina. The History museum, as a representative of Modern period in architecture when it was created, undoubtedly deserves special and superior treatment, and the reason for its current state is its inadequate status in terms of the (non) competence of state institutions.



# Green open-spaces and dendroflora of the Pula's Campus

## Zeleni otvoreni prostori i dendroflora kampusa u Puli

Emira Hukić<sup>1\*</sup>, Marija Jozinović<sup>1</sup>, Aida Kadić<sup>1</sup>, Kristina Kovačević<sup>1</sup>, Nejra Fejzić<sup>1</sup>, Emin Muratović<sup>1</sup>, Subhija Hadžić<sup>1</sup>, Sanela Klarić<sup>2</sup>, Ivona Peternel<sup>3</sup>, Alma Hajrudinović-Bogunić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Forestry University of Sarajevo

<sup>2</sup> International Burch University Sarajevo

<sup>3</sup> Juraj Dobrila University of Pula

### ABSTRACT

Campus of the University Juraj Dobrila in Pula is characterized by distinguished architectural and open space values. Open spaces represent more than 50% of the campus' area largely determining its aesthetics. Mapping dendroflora and categorizing green areas of the campus was conducted with an aim to provide basic knowledge for more efficient and cost-effective management of campus green space. Inventarisation of green open spaces was made by students of Landscape Architecture at the University of Sarajevo – Faculty of Forestry during the international student workshop CAMPULA in October 2019. The study resulted in clear information about functional assets of green elements in the Campus. The total number of 301 individuals (203 evergreen trees, 80 deciduous trees, 9 evergreen shrubs, 6 deciduous shrubs, 2 evergreen palm shrub and 1 evergreen palm) was mapped in the area of campus. The total number of the mapped species was 32 (20 evergreen and 12 deciduous). Improved management of the green open space in Pula's campus can result in exceptionally valuable environmental, social and aesthetic academic ambient.

**Key words:** *sustainable campus, tree species, student workshop, University Juraj Dobrila, mapping.*

### INTRODUCTION – Uvod

#### *Sustainable green campus*

University of Pula was founded by the Law on the Foundation of the Jurja Dobrila University in 2006. The area of the Pula general hospital has been allocated to the public space with social purpose for higher education institutions, as contained in the General urban plan of Pula. Former hospital complex was built during the period of Austro-Hungarian rule, mostly in period

from 1896 to 1920. Although in medium to bad construction condition, most buildings in the campus are characterized with historical value. Also, St. Mihovil's fortress is located in the campus which was built in the period from 1851 to 1854. as part of the defense system of the Austrian war port. In addition to the mentioned historical layers, the area has a pronounced archaeological value because it is believed that it is the place of basilica of St. Mihovil and the burial chapel of St. Klement, built during the time of Emperor Justinian (VI century) (Kandler, 1875).

Although less emphasized, special valuable heritage of the campus in Pula is the green open space with its rich dendroflora introduced from all over the world. Due to its large surface area, which stand out in the city green network on spatial satellite photos (Figure 1), it may be suitable both for providing a learning environment and creating a complex and dynamic semi-natural ecosystem serving the neighborhood. Sustainable campus management has become important to many universities and is often considered as part of the institution's societal responsibility, in agreement with Agenda 2030 (UN General Assembly, 2015). However, any management and development strategy demand basic identification of green open space resources.



Figure 1. Position of the Campus in urban structure of Pula.

Slika 1. Pozicija Kampusa u urbanoj strukturi Pule

Being initially established as a hospital complex, today's green open spaces reflect a peaceful environment suitable for the work in healthcare. Interior space is protected against noise by buildings positioned along the driveways which can be seen in spatial documentation for the area of the Civil hospital complex in Pula. The existing greenery was formed in a way to provide favorable sanitary and hygienic functions for the patients through improving the insolation regime, wind, noise and dust protection. Many green elements serve also for delimitation of the interior space. The composition of the green space in the campus is connected with the character of the buildings. Small green spaces are predominantly geometric in style, while larger areas are landscaped more organically. In the area of campus three groups of green spaces are presented: horticulturally designed and built spaces, grass area around the fortress of St. Mihovil and a part of the Landonja tree line.

Study from German University of Bonn indicated student's four prevailing motives which are meeting with friends, taking a break between courses or at lunchtime to relax from everyday life, spending free time, and benefiting from time spent in nature (Föllmer et al. 2021). Also, according to the same study the other main reasons for using the academic green

space are proximity to university, easy access and relaxed atmosphere.

Regarding all mentioned characteristics of both built structures and open spaces, the area of campus appears as suitable to facilitate recreational activity, to restore attention, identity of one self, as well as a place of social encounter and exchange (Abercrombie et al. 1998).

The mapping of dendroflora and categorizing green areas is important for efficient and cost-effective management of campus green areas. Access to up-to-date data facilitates planning revitalization of campus greenery in temporally and spatially. According to our present knowledge, dendroflora map of the campus in Pula does not exist, which arguments the importance of publishing such data. Therefore, the main objective of this paper is to present green open space resources as a potential for developing sustainable student campus.

#### Vegetation characteristics of Pula and campus area

The inner continental area of the city belongs to the climatic zone of pubescent oak and Oriental hornbeam (*Quercus-Carpinetum orientalis croaticum* H-ić 1939) and the narrow coastal line (ca. 3 km) belongs to the climatic zone of evergreen oak (*Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958). These two plant communities are mixing and forming the *Quercus-Carpinetum orientalis quercetosum ilicis* (Španjol & Rauš, 1995). However, the frequent autochthonous or allochthonous trees spontaneously spreading in Pula are Aleppo pine (*Pinus halepensis*), Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens*) and evergreen oak (*Quercus ilex*). Many exotic allochthonous plants were introduced during the century – some of which did not tolerated climatic and pedological conditions ([www.pulainfo.hr](http://www.pulainfo.hr)) (*Carica papaya*, *Copernicia* sp., *Dasyliion* sp., *Taxodium distichum*, *Coffea arabica*, *Cyperus papyrus*, *Musa × paradisiaca*, *Phoenix dactylifera*, *Sequoiadendron giganteum* etc.) while others have survived until today (*Sequoia sempervirens*, *Yucca filamentosa*, *Cedrus libani*, *Trachycarpus fortunei*, *Chamaerops humilis*, *Magnolia grandiflora*, *Pinus jeffreyi*). Some of the most important green areas in the city of Pula are: Šijana forest park, the Park under the Arena, Valerija's Park, the Park of Franjo Josip I, Park of the King Zvonimir, the Tito's park, the Park of King Petar Krešimir the IV, the Park of the Graz City, the Newlyweds park, the Hugues' park, the Naval park, the Montezaro Park, the Giardini park. Such parks have sociological, ecological and aesthetic roles, and further improve quality of living.

### Historical context of the development of green open spaces

Fortifications surrounding the city, one of them being the Fort of St. Mihovil in Campus Pula, represent important cultural landscape elements. Many urban green open spaces in the city of Pula were planted at the end of the 19th and beginning of the 20th centuries during the rule of the Austro-Hungarian Empire and, later, Italy. Evidence about the origin and development of green areas are very scarce, and until the middle of the 19th century there are not many reliable data on Istria ([www.istrapedia.hr](http://www.istrapedia.hr)).

Gardens in ancient times until the 19th century represented the privilege of the upper class and are found around villas or residential settlements (descriptions of villas at Brijuni). Rare medieval elements of landscape architecture were established next to monasteries or other sacral buildings. The architectural elements of the cloister of the monastery of St. Francis in Pula date the 13th century, but the park arrangement of the ground floor is of a more recent date. The continuity of the cloister as a park area is confirmed by the list of plants of Josip Vincent Host from the years 1801 and 1802, in which, in addition to medicinal plants and spices, ornamental species are also listed. With the development of the Pula district of Sv. Polycarp was created the first planned city park (Naval Park, 1863), followed by parks in undeveloped areas within the city center (Montezaro) and parks in undeveloped areas outside the city center (Francis Joseph I Park, King Zvonimir Park, Valerija Park). They are all decorated in the style of the late 19th century containing exotic plants, located on islands surrounded by hiking trails of free design, most often with one or more accents. Today, these are ornamental-utitarian gardens without significant remnants of the original landscaping.

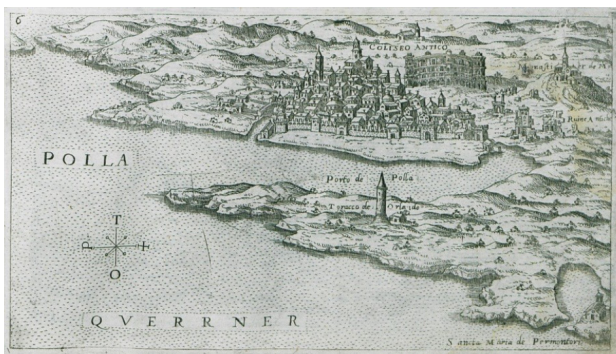


Figure 2. View of Pula (Giuseppe Rosaccio, 1598)  
([www.felbar.com](http://www.felbar.com))

Slika 2. Pogled na Pulu (Giuseppe Rosaccio, 1598)  
([www.felbar.com](http://www.felbar.com))

In addition to public parks, city promenades are built in the late 19th century. The Šijana forest park in Pula, also known as the Imperial Forest (Kaiserwald) has been owned by the Austrian navy since 1860. It is located two km from the city center. Trails, centuries-old oaks, tree-lined avenues, and a central meadow with a pavilion and a tram connection with the city have made this city forest a favorite picnic spot. Tree lines are a common element of spatial design in the Istria peninsula and there is almost no place without a tree-lined access road or a square. Tree lines are mostly containing pine trees.

The first data on the origin and development of the Campus Pula and its dendroflora composition are related to the hill of St. Mihovil (Figure 2) where according to historical data there was a sacral Byzantine complex of a Benedictine monastery and a three-nave basilica with a tomb chapel from the 6th century, which was demolished in 1851 due to the construction of the fortress completed in 1854. From 1914 to 1945 it had been utilized for different purposes (a warehouse and barracks; Santorio Hospital; housing of homeless families). Today, the Fortress serves for keeping flammable liquids, it is in a poor condition, overgrown with weeds and neglected ([repositorij.unipu.hr](http://repositorij.unipu.hr)).

In 1896, the civilian hospital (Ospedale Civico) was opened at the hill of St. Mihovil, which became regional in 1904 (Ospedale Provinciale di Pola) ([www.glasistre.hr](http://www.glasistre.hr)). In 1918, with the cessation of Austro-Hungarian rule in this area, the hospital was turned into Ospedale Regio Marina. After the Second World War, Ospedale di Marina was transformed into a Military Hospital, for the needs of the Yugoslav Army (Figure 3), but also, gradually, for medical needs of the civilian population ([www.glasistre.hr](http://www.glasistre.hr)). In the period from 1974 to 1981, the military complex was revitalized and rebuilt. Pula's city parks are mostly preserved in their original size (except for King Zvonimir Park). In the post-war period from 1953-1957, numerous parks with indigenous plant species were built mostly on war-ravaged city areas in Pula.

Since 2017, the University of Juraj Dobrila has been allowed to use parts of the Naval Hospital for 50 years. There is no relevant data on the planting of the Campus' area.

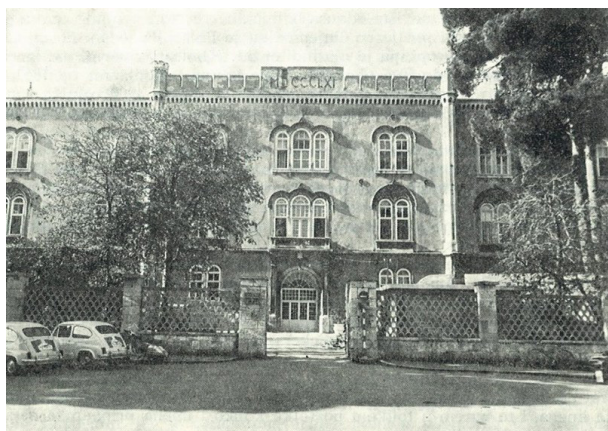


Figure 3. Entrance of the hospital from the Zagrebačka street 1977/1978 (jna-sfrj.forumbo.net)

Slika 3. Ulaz u bolnicu iz Zagrebačke ulice 1977/1978 (jna-sfrj.forumbo.net)

## METHODS – Metode

Site surveys and mapping was done in 2019 during summer school Sustainable Development and Design of the Coastal University Campus in Pula, Istria, Croatia – CAMPULA. The object of the survey was Campus of the Juraj Dobrila University of Pula located between Zagrebača street (north), St. Mihovil (west), Petar Preradović street (west and south) and General hospital in Pula (east) (Figure 4).

Dendroflora was identified using Idžojtić M. (2009) and mapped using GPS device (Garmin GPSMAP 64sx). Mapped area was ca. four hectares. QGIS for Desktop 3.22.8 software was used to create database of mapped dendroflora. Satellite photos and spatial documentation maps were provided by the Institute for Urbanism of Pula.

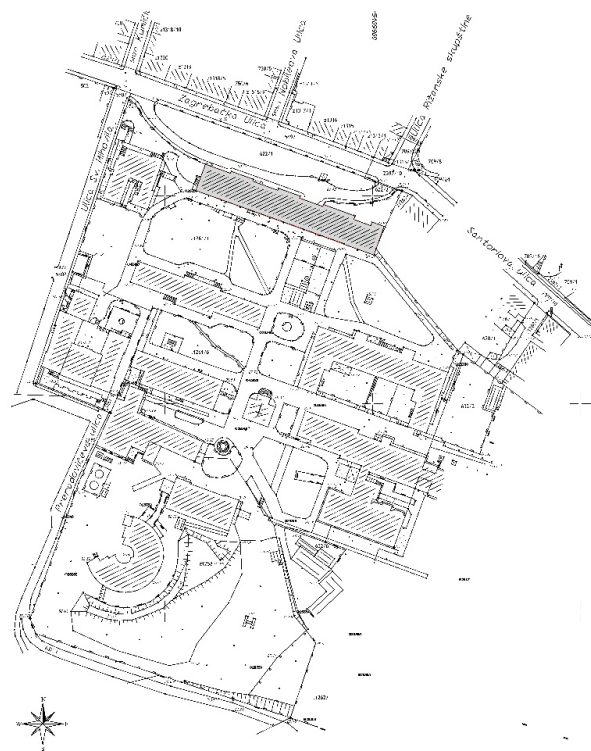


Figure 4. Campus Pula from Urbanistic plan of Pula

Slika 4. Kampus Pula iz urbanističkog plana grada Pule

Mapped features (Table 1) included species identification, species classification and partial valorization of dendroflora quality for the protection and management purposes, was done using Visual Tree Assessment - VTA method (Mattheck & Breloer, 1994), for chosen parameters. Also, categorization of green space and their functional roles was assessed based on how they are used. Mapping was performed by students of the Faculty of Forestry in Sarajevo, under supervision.

Table 1. Mapped features  
Tabela 1. Mapirane značajke

No	Feature	Comment
1	Species	For all dendroflora
2	Species classification (evergreen tree-ET, evergreen shrub-ES, evergreen palm-EP, Evergreen perennial shrub-EPS, deciduous tree-DT, deciduous shrub-DS,	For all dendroflora
3	Depth at 1.3m height	For a part of dendroflora
4	Tree height	For a part of dendroflora
5	Vitality assessment and management requirements	For a part of dendroflora
6	Green space category	For entire Campus area
7	Green space function	For entire Campus area

## RESULTS AND DISCUSSION – Rezultati i diskusija

### Inventory of dendroflora

Self-growing dendroflora at the investigated area indicated the transition zone of the submediterranean vegetation of the oak and white-hornbeam (*Quercus-Carpinetum orientalis*) towards the eumediterranean vegetation represented by *Pinus halepensis* Mill., *Cupressus sempervirens* L., *Quercus ilex* etc. (Beug, 1967). Naturally the area contains wild Mediterranean plants and also continental species. The hardy Mediterranean flora, for example *Cedrus libani*, was introduced by artificial cultivation.

The total number of 301 individuals, i.e. 203 evergreen trees, 80 deciduous trees, nine evergreen shrubs, six deciduous shrubs, two evergreen palm shrubs and one evergreen palm tree, were mapped in the Campus' area (Table 2, Figure 5). The total number of the mapped taxa was 32, from which 20 evergreen and 12 deciduous taxa.

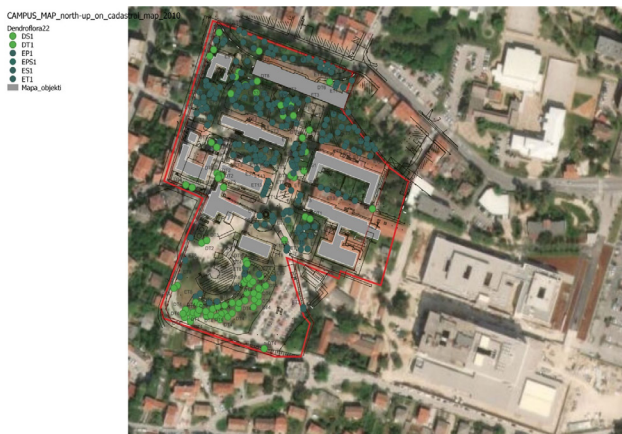


Figure 5. Map of dendroflora

Slika 5. Mapa dendroflore

The European nettle tree (*Celtis australis*) is the most abundantly occurring species spontaneously spreading through open spaces, such as the case in at the archeological site around fortress St. Mihovil in the southwestern part of the Campus. Similar natural regeneration potential was also noted for the bay laurel (*Laurus nobilis*). Most common evergreens were cedars (*Cedrus libani*), pines (*Pinus halepensis*) and cypress (*Cupressus sempervirens*). Apart from the mentioned, a substantial number of species are introduced species vastly distributed across Adriatic coast.

### Current challenges and potentials of green open-spaces of Campus Pula

Reduced aesthetics value and functionality of the green open-spaces of the Campus Pula was observed during field surveys. We assume that this resulted from an insufficient care and maintenance in longer time period. The different categories of green areas of Campus account for approximately 1.4 hectares. Although with reduced functionality, on most green spaces natural soil was preserved with valuable old trees.



Figure 6. Functions of green open spaces and positions of highly valuable trees (red), trees needing interventions (orange), and the rest of the trees with intermediate characteristics (light and dark green) in the Campus. Note: Please use Table 2 to identify species based on labels.

Slika 6. Funkcije zelenih otvorenih površina i položaji visokovrijednih stabala (crvena), stabala koja zahtijevaju intervencije (narančasta) i ostala stabala srednjih karakteristika (svijetlo i tamno zelena) u Kampusu. Napomena: koristite tabelu 2 za identifikaciju vrsta na temelju oznaka.

Delimitation green space accounted for an area of 0.3 ha and was characterized with aesthetic and sanitary roles, while green space near institutions, smaller and larger green spaces had social functions and were used mainly for walking, dog walking and social gatherings (Table 3).

We estimated that 31 trees belong into the category of the trees of high value and 38 needed some maintenance interventions (Figure 6). Such categorization of the trees was based on aesthetic and ecological characteristics (Figure 7). The rest of the trees (the majority) are considered as intermediate considering their overall aesthetics and condition.



Table 2. List of woody taxa of the Pula's Campus

Tabela 2. Popis drvenastih svojti Kampusu Pula

Taxa	Label	Number of individuals	Average height (m)	Average diameter (cm)	N	
Evergreen trees						
1	<i>Abies alba</i>	ET1	5	10	23	3
2	<i>Cedrus libani</i>	ET2	25	19	47	14
3	<i>Cupressus sempervirens</i>	ET3	75	17	41	29
4	<i>Eriobotrya japonica</i>	ET4	1	5	5	1
5	<i>Laurus nobilis</i>	ET5	19	6	5	41
6	<i>Ligustrum lucidum</i>	ET6	6	8	5	
7	<i>Olea sp.</i>	ET7	1			
8	<i>Pinus halepensis</i>	ET8	39	20	55	18
9	<i>Pinus nigra</i>	ET9	7			
10	<i>Quercus ilex</i>	ET10	2			
11	<i>Taxus baccata</i>	ET11	10	3.5	7.5	
12	<i>Thuja occidentalis</i>	ET12	2	10	20	1
13	<i>Thuja orientalis</i>	ET13	11	7	22	2
Evergreen shrub						
1	<i>Nerium oleander</i>	ES1	1			
2	<i>Pittosporum tobira</i>	ES2	3			
3	<i>Prunus laurocerasus</i>	ES3	3			
4	<i>Viburnum tinus</i>	ES4	1			
5	<i>Pyracantha coccinea</i>	ES5	1			
Evergreen palm						
1	<i>Trachycarpus fortunei</i>	EPI	1	10	28	1
Evergreen perennial shrub						
1	<i>Yucca sp.</i>	EPS1	2			
Deciduous tree						
1	<i>Aesculus hippocastanum</i>	DT1	4	20	48	1
2	<i>Ailanthus altissima</i>	DT2	7			
3	<i>Catalpa bignonioides</i>	DT3	1			
4	<i>Celtis australis</i>	DT4	54	13	45.5	4
5	<i>Ficus carica</i>	DT5	6	5	5	2
6	<i>Morus alba</i>	DT6	1			
7	<i>Prunus domestica</i>	DT7	1			
8	<i>Robinia pseudoacacia</i>	DT8	4	12.5	44.5	2
9	<i>Ziziphus jujuba</i>	DT9	2	5	10	2
Deciduous shrub						
1	<i>Forsythia x intermedia</i>	DS1	3			
2	<i>Philadelphus coronarius</i>	DS2	1			
3	<i>Spiraea sp.</i>	DS3	2			
	Total		301			

Table 3. Functions, current use and propositions for using green open-spaces in Pula's Campus

Tabela 3. Funkcije, trenutna namjena i prijedlozi za korištenje zelenih otvorenih površina u Kampusu Pula

No.	Category	Count of Category	Area (ha)	Functions
1	Delimitation of the interior space	16	0.207	Aesthetical and sanitary
2	Green space near driveways	3	0.112	Aesthetical and sanitary
3	Green space near institutions	3	0.227	Aesthetical, sanitary and social
4	Larger green space	7	0.751	Aesthetical, sanitary and social
5	Small green space	3	0.069	Aesthetical, sanitary and social
	Total	32	1.367	

Because the idea was to improve health and general quality of student life, students' perspective was used to explore the open space of the Campus. The overall conclusion of the study is that the general condition of dendroflora of the Pula's Campus is at a satisfactory level. Also, dendroflora is crucial factor determining open space quality. Most of the individuals show good vitality, but also the lack of appropriate and regular care measures. Negligence and degradation in certain parts of the Campus, greatly affect its current condition. In this way, the accessibility and ambient value of the space is reduced. Based on students' opinion the Campus of the University of Pula can develop into model health-promoting setting. The concept, from the healthy city to the healthy university is described by Tsouros et al. (1998) and it can be considered for the Campus development. Implementation of the appropriate renovation, reconstruction, and revitalization of Campus' greenery are needed.

The urban infrastructure of the Campus has the potential for interconnection with the other greenery of the city of Pula - as a part of urban green network. This is supported by the immediate vicinity of Pineta Park as an urban green area of a recreational character, but also the proximity of other local city parks (Naval Park, Montezaro Park, Tito's Park, Frane Josipa I Park). Another connection of the urban greenery of the Campus and the greenery of Pula is of a historical character - the greenery of the Pula's forts (Fort Castel, Monsival, Casoni Vecchi, Monvidal, Monte Ghiro).

### CONCLUSIONS – Zaključak

Campus of the University Juraj Dobrila in Pula present valuable area of distinguished architectural and cultural values as well as open green space values. After conducted survey and dendroflora mapping, overall conclusion is that general condition of the dendroflora of the Pula

Campus is at a satisfactory level. The biggest challenge is evident lack of appropriate and regular maintenance and care. Most of the woody individuals show good vitality but lack of care. We conclude that Campus' open green spaces should offer more pleasant life for residents and visitors by comprehensive plan that will implement an appropriate method of renovation, reconstruction and revitalization of urban greenery.

### REFERENCES – Literatura

- Abercrombie, N., Gatrell T., Thomas C. (1998). Universities and health in the twenty-first century G. Tsouros, J. Dowding, Thompson, Dooris (Eds.), Health Promoting Universities. Concept, Experience and Framework for Action, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 33-40.
- Beug H.J. (1967). On the forest history of the Dalmatian coast, Review of Palaeobotany and Palynology, 2:1-4, 271-279, doi.org/10.1016/0034-6667(67)90156-X.
- Foellmer J., Kistemann T., Anthonj C. (2021). Academic Greenspace and Well-Being — Can Campus Landscape be Therapeutic? Evidence from a German University. Wellbeing, Space and Society, 2. <https://doi.org/10.1016/j.wss.2020.100003>.
- Idžojtić M. (2009). Dendrologija – List. Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Zagreb.
- Kandler, Pietro, Chiesa di S. Michele in Monte di Pola nella quale era la tomba di Salomone Re di Ungheria, L'Istria, 1852, N. 16 (= Notizie storiche di Pola, Pola, 1875, str. 178-183).
- Mattheck, C., Breloer, H. (1994). Field guide for visual tree assessment (VTA). Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry, 18(1), pp. 1-23.



Figures 7. Selected trees of high aesthetic value located in the Campus Pula (*Cupressus sempervirens*, *Pinus halepensis*).

Slika 7. Odabrana stabla visoke estetske vrijednosti smještena u Kampusu Pula (*Cupressus sempervirens*, *Pinus halepensis*).

Španjol Ž., Rauš Đ. (1995). Dendroflora i valorizacija park-šume Šijana kod Pule. Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis 32: 107-128.

Tsouros, Agis D., Dowding, Gina, Thompson, Jane & Doris, Mark. (1998). Health

promoting universities: concept, experience and framework for action. Target 14 World

Health Organization. Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/108095>

UN General Assembly (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 21, A/RES/70/1, available at: <https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html> [accessed 28 July 2022]

[www.istrapedia.hr/hr/natuknice/3045/parkovna-arhitektura](http://www.istrapedia.hr/hr/natuknice/3045/parkovna-arhitektura)

[www.felbar.com/hr/map/autors/p-t/page/3/view/250/](http://www.felbar.com/hr/map/autors/p-t/page/3/view/250/)

[repositorij.unipu.hr/islandora/object/unipu%3A40511/datastream/PDF/view](http://repositorij.unipu.hr/islandora/object/unipu%3A40511/datastream/PDF/view)

[www.glasistre.hr/istra/udarce-bolesti-tromilenijski-grad-brani-gradnjom-bolnica-628242](http://www.glasistre.hr/istra/udarce-bolesti-tromilenijski-grad-brani-gradnjom-bolnica-628242)

[jna-sfrj.forumbo.net/t143p15-vp-1159-vp-6030-saura-katarina-vojna-bolnica-sve-pula-1977-1978](http://jna-sfrj.forumbo.net/t143p15-vp-1159-vp-6030-saura-katarina-vojna-bolnica-sve-pula-1977-1978)

[www.glasistre.hr/istra/udarce-bolesti-tromilenijski-grad-brani-gradnjom-bolnica-628242](http://www.glasistre.hr/istra/udarce-bolesti-tromilenijski-grad-brani-gradnjom-bolnica-628242)

[www.pulainfo.hr/hr/where/dendroflora-pulskih-perivoja-nekad-danas](http://www.pulainfo.hr/hr/where/dendroflora-pulskih-perivoja-nekad-danas) (accessed on 30th June 2022)

## ACKNOWLEDGEMENTS

We kindly acknowledge CEEPUS program for student and academic staff exchange financial support as well as the Juraj Dobrila University of Pula for supporting our stay during field work.

## SAŽETAK

Kampus Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli karakteriziraju istaknute arhitektonske vrijednosti i vrijednosti otvorenog prostora. Otvoreni prostori čine više od 50% površine kampusa i uvelike određuju njegovu estetiku. Kartiranje dendroflore i kategorizacija zelenih površina kampusa provedeno je s ciljem pružanja temeljnih znanja za učinkovitije i isplativije upravljanje zelenim površinama kampusa. Poticanje zelenih otvorenih površina napravili su studenti Pejzažne arhitekture na Univerzitetu u Sarajevu – Šumarski fakultet tokom međunarodne studentske radionice CAMPULA u listopadu 2019. Studija je rezultirala jasnim informacijama o funkcionalnim svojstvima zelenih elemenata u Kampusu. Na području kampusa kartirana je ukupno 301 jedinka (203 zimzelena stabla, 80 listopadnih stabala, 9 zimzelenih grmova, 6 listopadnih grmova i 3 zimzelene palme). Ukupno su kartirana 32 taksona (20 zimzelenih i 12 listopadnih). Poboljšano upravljanje zelenim otvorenim prostorom pulskog kampusa može rezultirati iznimno vrijednim ekološkim, društvenim i estetskim akademskim zelenim prostorom.

