

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^{1,*}, Adis Selman¹, Azra Čabaravdić¹, Azer Jamaković²

¹ Šumarski fakultet, Univerzitet u Sarajevu

² 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

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 (prosječna 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 godova 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 tasacionih 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 (m²/ha); V - zapremina krupnog drveta/volume of merchantable wood (m³/ha); H - indeks homogenosti/index of homogeneity.

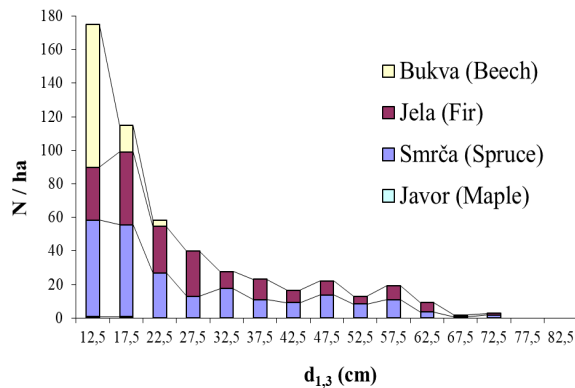
Prema veličinama indeksa homogenosti (H), kojim se kvantifikuje debljinska struktura, a koje su manje ili malo veće od 2,8 (Kramer 1988, Ibrahimspahić 2013), i oblicima debljinskih struktura oglednih ploha (sve vrste zajedno) u vrijeme taksacionih snimanja sastojine na oglednim plohama imaju prebornu 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

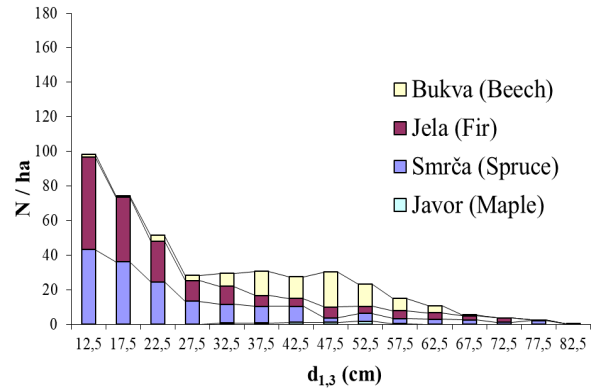
Iz stabala debljinskih stepeni 47,5 i 52,5 cm na visini od 1,3 m priraštajnim svrdlom su izbušena po dva uzorka do srži (dužine od oko 25 cm). Kako bi se izbjeglo tenzijsko i kompresijsko drvo uzorci na istom stablu su uzeti jedan naspram drugog i paralelno sa izohipsama.

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.

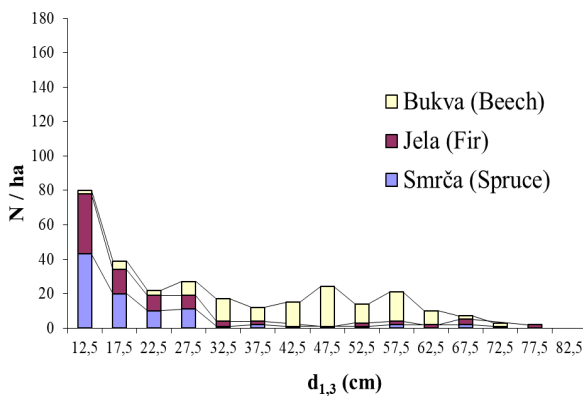
Na uzorcima su brojani godovi, a pri tome je korištena mikroskop kamera (USB-Mikroskop-Kamera) sa mo-



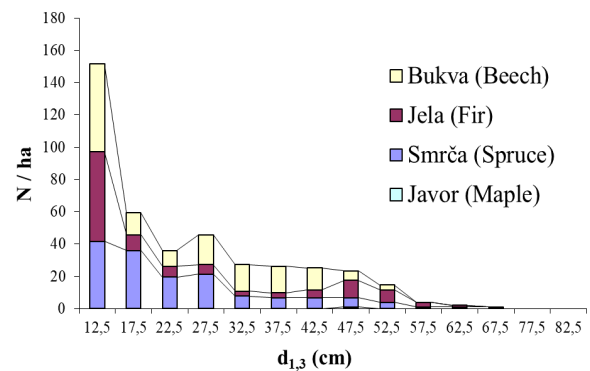
a) ogledna ploha 150/experimental plot 150



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 vjerovatnoću 95%. Za računске operacije su korišteni softveri MS Office Excel i STATGRAPHICS Centurion XVI.I.

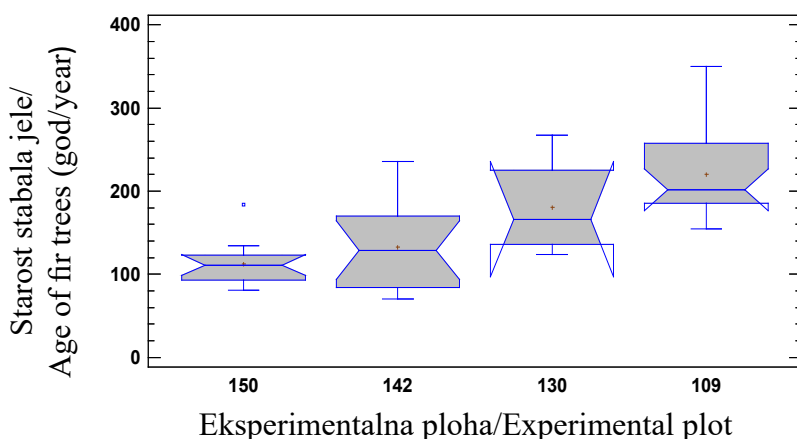
RESULTS AND DISCUSSION - Rezultati i diskusija

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

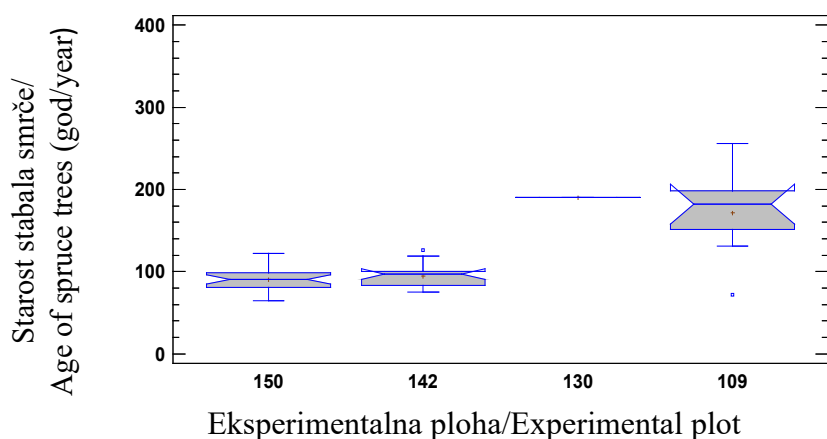
Age of the fir trees - Starost stabala jele

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 smrče 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. Po- red ovog, veličina prostora za rast stabala i s tim pove- zana konkurencija bitno zavise od strukture sastojine, pa se može reći da su utvrđeni rezultati posljedica uti- caja proizvodnog potencijala staništa (boniteta) i struk- ture sastojine, ali i ostalih neobuhvaćenih faktora (ge- netska osnova, vremenske prilike itd.).

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

Nešto veća srednja starost stabala jele na oglednoj plo- hi 142, koja se statistički značajno ne razlikuje od staro- sti stabala jele na oglednoj plohi 150 (Mann-Whitney test: $W = 114,0$; $P = 0,476$), dijelom je posljedica relativ- no većeg udjela debljih stabala bukve ($Dg = 45,1$ cm; udio u G je 0,36), koja su jaki konkurenti posmatranim stablima jele. Stabla smrče 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 staba- la jele na oglednoj plohi 150 ($W = 51,5$; $P = 0,014$), dok razlika nije značajna u odnosu na stabala jele na ogled- noj 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 po- smatranim stablima jele, dok su deblja stabla smrče malo zastupljena ($Dg = 24,2$ cm; udio u G je 0,14) i nisu

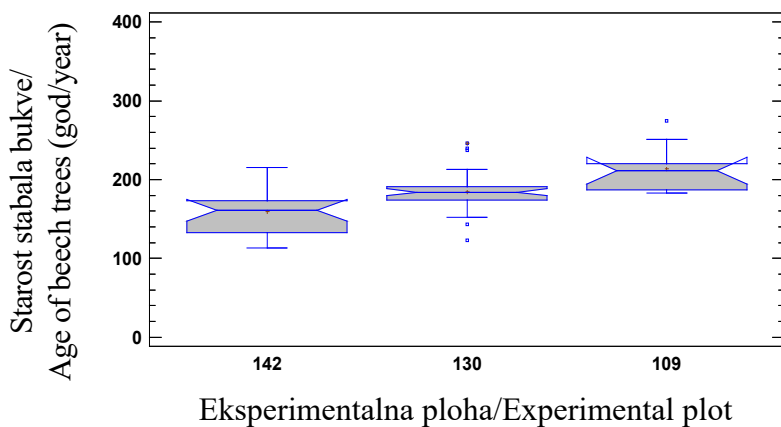
konkurenti posmatranim stablima jele, grafikon 1c i ta- bela 1. Na plohi 130 su tokom cijelog vremenskog peri- oda, od osnivanja plohe do vremena uzimanja uzoraka (50 godina) za ovo istraživanje, u najvećoj mjeri zastu- pljena stabla bukve, posebno u srednjim i višim debljin- skim klasama (Ibrahimspahić 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 sta- bala jele na ploham 150 i 142 (150: $W = 275,0$; $P = 0,000$; 142: $W = 256,0$; $P = 0,000$), a ne razlikuje se zna- čajno 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 smrče i bukve prema debljinskoj strukturi plohe (manji Dg) nisu jaki konkurenti posmatranim stablima jele, grafikon 1d i ta- bela 1.

Age of the spruce trees - Starost stabala smrče

Starost posmatranih stabala smrče takođe varira u širo- kom 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 smrče prema veličini koeficijenta varija- biliteta je najvarijabilnija na plohi 109, a najmanje na plo- hi 142, s tim da je na plohi 130 analizirano samo jedno stablo smrče. 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 Pavlič (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 Pavlič (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 Pavlič (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.

