

# Growth, development and health status of Silver fir (*Abies alba* Mill.) in Sarajevo Canton

Rast, razvoj i zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) u Kantonu Sarajevo

Osman Mujezinović<sup>1</sup>, Sead Ivojević<sup>1</sup>, Tarik Trešćić<sup>1</sup>, Damir Prljača<sup>1</sup>, Mehmed Čilaš<sup>1,2</sup>, Kenan Zahirović<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> prof. dr. Osman Mujezinović, prof. dr. Sead Ivojević, prof. dr. Tarik Trešćić, Mr Damir Prljača, Mr Mehmed Čilaš, University of Sarajevo, Faculty of Forestry, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, BiH

<sup>2</sup> Institute of Silviculture, University of Natural Resources and Life Sciences, Peter-Jordan-Str. 82, A-1190 Vienna, Austria

<sup>3</sup> dr. Kenan Zahirović, Public enterprise "Šumsko-privredno društvo Zeničko-dobojskog kantona" d.o.o. Zavidovići

## ABSTRACT

Silver fir (*Abies alba* Mill.) stands as a pivotal tree species in Bosnia and Herzegovina, holding paramount ecological, economic, and sociological significance. Its role is fundamental in the context of uneven-aged forest management, a prevailing practice in the region. Contributing not only to the biodiversity but crucially to the stability of our ecosystems, silver fir has faced a discernible decline in recent times, attributed to the intricate interplay of abiotic and biotic factors.

Among abiotic factors, the foremost influences include wind and fire, while within the realm of biotic factors, notable contributors to the decline encompass mistletoe, rot fungi, cancer, witches' brooms on fir, bark beetles, and fir moth miner. The silver fir exhibits remarkable responsiveness to increased light inflows, emphasizing the imperative to establish favorable conditions for its sustained growth and development throughout its life cycle. This collective understanding underscores the importance of addressing both abiotic and biotic factors to ensure the continued vitality of the silver fir in the unique ecosystems of Bosnia and Herzegovina

**Key words:** silver fir, health status, growth, development

## INTRODUCTION - Uvod

Jela je četinarska vrsta drveta koja se nalazi na prostoru od Pireneja na zapadu do Karpata na istoku i od poljske nizine na sjeveru do južne Italije na jugu (Jagodžinski i dr. 2019). Areal jele u BiH proteže se duž dinarskih planina, u više odvojenih većih i manjih područja. Kako navode Višnjji i drugi (2010) jela je ukupno zastupljena na oko

50% površine u svim mješovitim šumama bukve i jele, kao i šumama bukve, jele i smrče, dok se vrlo rijetko javlja u čistim šumama bukve. Predstavlja tipičnu vrstu višeslojnih ili prebornih sastojina (Pach i Podlaski 2015).

U Bosni i Hercegovini, kao i u više srednjeevropskih zemalja, jela predstavlja jednu od najvažnijih vrsta šumskog drveća, kako sa gospodarskog, tako i sa ekološkog staja-

\* Corresponding author: prof. dr. Osman Mujezinović, o.mujezinovic@sfsa.unsa.ba

lišta (Ballian i Halilović 2016). Smatra se temeljnom vrstom u šumskim ekosistemima prebornog načina gospodarenja zbog njene tolerancije na zasjenu, plastičnost na uvjete okoline i heterogene vertikalne strukture sastojine (Mauri i dr. 2016). Bez obzira na dugoročnu zasjenu i rast u minimalnim uvjetima svjetla, jela veoma brzo reaguje sa ubrzanim rastom na veći priliv svjetla (Schutz 2002; Klopčić i dr. 2010). Sa ekonomskog staništa, jela je vrednija od bukve (Dobrowolska i dr. 2017) i smatra se najvrijednijom četinarskom vrstom drveća u dinarskom području (Čater and Levanič 2019). Sa ukupnom drvnom masom jela učestvuje sa oko 63.9 mil. m<sup>3</sup>, što je oko 23% od ukupne drvene zalihe unutar svih visokih šuma, a takvo je njeno učešće i u drvoprerađivačkim pogonima (Uščuplić 1992). Danas je taj udio i veći. Zbog toga je izuzetno važno pravilno gospodariti jelom i sa ekološkog i ekonomskog aspekta.

Jela je značajna i sa aspekta normalnog funkcionisanja šumskih ekosistema tako što doprinosi povećanju biodiverziteta. Još važnija uloga jele je što doprinosi dinamici ekosistema zbog relativno visoke otpornosti na vjetar, snijeg i led, što zauzvrat smanjuje osjetljivost sastojina na abiotske faktore (Dobrowolska i dr. 2017).

Abiotski i biotski faktori djeluju sinhrono na šumske ekosisteme i kontinuirano se mijenjaju. Svojim djelovanjem, abiotski faktori predisponiraju biljke za napade patogenih gljiva i štetnih insekata slabeći njihov odbrambeni mehanizam. Na taj način dolazi do indirektnog nepovoljnog uticaja na rast, razvoj i opstanak jele u različitim orografskim, pedološkim i klimatskim uslovima (Harapin i Hrašovec 2001). U Evropi, vjetar i požari su najznačajniji abiotski štetnici (Brang i dr. 2014; Gazol i dr. 2015). Štetno djelovanje različitih faktora u sastojinama gdje je jela prisutna javlja se uglavnom sporadično, na manjim površinama kao što su npr. izvale pojedinačnih stabala (Nagel i dr. 2016), pri čemu su rijetke štete većeg obima uzrokovane vjetrovom ili šumskim požarima.

Biotski agensi svoje štetno djelovanje najčešće ispoljavaju kao sekundarni štetni faktori. Kao jedan od glavnih biotskih destabilizirajućih faktora ističe se imela (*Viscum album*), nakon koje dolazi do ulančavanja štetnih faktora i nastanka procesa propadanja jele (Uščuplić i dr. 2007). Značajnije prisustvo imele i jači intenziteti napada zabilježeni su unutar prirodnog područja rasprostranjenosti obične jele širom Evrope (Idžojtić i dr. 2008), a u BiH je masovno sušenje jele zabilježeno tokom 2003. i 2004. godine (Uščuplić i dr. 2007). Stoga se javila potreba da se intenzivno prouči štetnost imele na šumskom drveću i zelenilu urbanih prostora (Mujezinović i dr. 2013; Treštić i dr. 2012; Uščuplić i dr. 2008; Mujezinović 2007; Uščuplić 1992).

U procesu propadanja jele, sa imelom su povezane i gljive truležnice. Među biološkim faktorima, najvažniji štetni uticaj imaju gljive truležnice (Androić 1986) koje narušavaju zdravstveno stanje jele, a među njima se posebno ističu gljive iz rodova *Armillaria* i *Heterobasidion* (Dalili i dr. 2010; Woodward 1998). Tako je na lokalnom nivou evidentirano propadanje jele zbog patogena kao što su *Armillaria* vrste (Pernek i Lacković 2011). Prisustvo gljiva truležnica u šumama bukve i jele sa smrčom u posljednje vrijeme bilo je predmet brojnih istraživanja u Bosni i Hercegovini (Zahirović 2017, 2012; Zahirović i dr. 2018, 2016; Treštić i dr. 2015; Helja 2015).

Posebnu štetu po zdravstveno stanje stabala jele pričinjava prisustvo raka i vještinih metli. Istraživanja u regionu pokazuju manje ili veće prisustvo raka i vještinih metli u sastojinama sa udjelom jele u omjeru smjese (Mujezinović i dr. 2020; Zlatković i dr. 2018; Matošević i dr. 2006).

Pernek i Lacković (2011) ističu da je proces propadanja jele na lokalnom nivou potpomognut štetnim insektima poput lisnih minera i potkornjaka. Među značajnim defolijatorima jele je jelin moljac miner (*Argyresthia fundella* F.R.) (Mujezinović i dr. 2017), dok se među potkornjacima ističu *Pityokteines curvidens*, *P. spinidens* i *P. vorontzowi* (Pernek i Lacković 2011; Selman 2006).

Cilj ovog rada je istraživanje uticaja dostupnog svjetla na rast i razvoj jele koje rezultira optimiranjem uvjeta svjetla i omjera smjese vrsta drveća u nadstojnoj etaži u funkciji obilnog plodonošenja, klijanja, dobrog rasta i kvaliteta prirodnog podmlatka jele. Osim toga, cilj rada je istražiti zastupljenost truleži drveta pridanka jele u pojedinim debljinskim stepenima, kao i prisustvo i uticaj drugih patogena i štetnih insekata na zdravstveno stanje jele.

## MATERIALS AND METHODS - Materijali i metode

Područje istraživanja obuhvata ŠPP "Igmansko", GJ "Igman", koje prema ekološko-vegetacijskoj rejonizaciji (Stefanović i dr. 1983) pripada području unutrašnjih Dinarida. Istraživanjem je obuhvaćeno devet odjela GJ "Igman" i to: 63, 81, 82, 106, 111, 113, 114, 115 i 117 – koja u fitocenološkom smislu većim dijelom pripadaju šumama bukve i jele sa smrčom (*Abieti – Fagetum iliricum* Fuk. et. Stef. 1958), a djelimično su obuhvaćene i subalpinske bukove šume. U vertikalnom pogledu, područje istraživanja obuhvata dijapazon od 1200 m n. v. do 1600 m n. v. Prosječna temperatura za period od 2003. do 2014. godine iznosila je 1,75 °C, a prosječna godišnja količina padavina 1,396 mm, pri čemu je 23,66% u toku

vegetacionog perioda. Geološku podlogu čine krečnjaci i dolomiti, dok od zemljišta najčešće se javljaju smeđa krečnjačka zemljišta (kalkokambisol), krečnjačke crnice (kalkomelanosol) te u manjoj mjeri ilimerizirana zemljišta (luvisol). Navedena tla se susreću pojedinačno ili u mozaičnim kombinacijama kalkomelanosol-kalkokambisol na nagnutim predjelima, te kalkomelanosol-kalkokambisol-luvisol na zaravnjenim terenima odnosno vrtačama. U izuzetnim slučajevima, moguće je naći i inicijalne forme zemljišta.

Objekt istraživanja za aspekt rasta i razvoja jele u bile su eksperimentalne plohe raspoređene u sistematsku mrežu sa međusobnim razmakom od 100 metara. Plohe su raspoređene u tri transekta po 27 ploha koje se prostiru kroz četiri odjela (111, 113, 114 i 115). Plohe su kružnog oblika, fiksnog radijusa  $r=12,62\text{m}$  (površina  $500\text{ m}^2$ ). Na njima su prikupljeni osnovni taksacioni elementi za sva stabla veća od 5 cm na visini od 1,3 m: pripadnost vrsti drveća, prsni prečnik na 1,3 m i visina stabala. Za bolji uvid u socijalni položaj stabala u sastojini, izvršena je i Kraftova klasifikacija iz 1884. godine (Assmann, 1970).

Za ocjenu kvaliteta stabala korištena je tehnička klasifikacija stabala. Podaci su uneseni u Microsoft Excel, a obrada podataka vršena je u statističkom programu R (R Core Team (2020)). Analizirane su strukturne karakteristike i uzgojni položaj jele unutar šuma bukve, jele i smrče.

Objekt istraživanja za aspekt zdravstvenog stanja stabala bili su odjeli 63, 81, 82, 106 i 117. Za analizu prisustva truleži drveta pridanka jele odabrani su odjeli 63, 81 i 82. Pri analizi truleži drveta pridanka jele odabrane su sastojine na Igmanu u kojima je učešće jele u omjeru smjese veće od 40%. Pri odabiru obezbjeđen je uvjet da su sastojine posječene godinu dana ranije ili u tekućoj godini. Uz to, odabrane su sastojine s jelom čiji uvjeti staništa odgovaraju I, II i III bonitetu. Nakon provedene sječe provedena su mjerenja i prikupljanja sljedećih informacija:

- opis objekta istraživanja prema izvedbenom projektu,
- mjerenje najmanje dva prečnika panja radi utvrđivanja njegovog srednjeg prečnika u cm,
- mjerenje najmanje dva prečnika radi utvrđivanja srednjeg prečnika centralne truleži. Centralna trulež će se sagledati kroz tri faze:
  - promjena boje drveta,
  - početna faza truleži drveta i
  - napredna faza truleži drveta.
- snimanje koordinata panja radi njegovog pozicioniranja u prostoru. Na osnovu snimljenih koordinata na-

knadno će se utvrditi nadmorska visina (u m) i ekspozicija lokaliteta panja (u °).

Za analizu prisustva i uticaja štetnika na zdravstveno stanje stabala odabrani su odjeli 106 i 107 u kojima su postavljene dvije ogledne plohe površine 1 ha. Na plohamama je vršeno kretanje u transektima širine 10 m pri čemu je analizirano prisustvo patogena i štetnika na jeli. Analizirani su simptomi koji ukazuju na prisustvo štetnika *Argyresthia fundella*, *Pityokteines* spp., *Cryphalus piceae*, patogena *Melampsorella caryophyllacearum* i *Armillaria* spp., kao i prisustvo parazitske cvjetnice *Viscum album*. Nakon uočenih simptoma određen je intenzitet napada na osnovu sljedećeg kriterija:

1. stepen, oštećeno do 5% dijelova biljke – slabo oštećenje,
2. stepen, oštećeno 5–25% dijelova biljke – primjetno oštećenje,
3. stepen, oštećeno 25–50% dijelova biljke – srednje oštećenje,
4. stepen, oštećeno 50–75% dijelova biljke – jako oštećenje, i
5. stepen, oštećeno 75–100% dijelova biljke – vrlo jako oštećenje.

Za statističku obradu podataka za ocjenu zdravstvenog stanja stabala korišteni su programi MS Excel i Statgraphics Centurion XVI.

## RESULTS - Rezultati

Rast i razvoj jele – Growth and development of Silver fir

Za analizu strukture mješovitih šuma bukve i jele sa smrčom na Bjelašnici, izračunate su srednje vrijednosti osnovnih taksacionih elemenata i preračunate na površinu od 1 ha. (tabela 1).

Tabela 1. Osnovni taksacioni elementi po vrstama drveća i ukupno, gdje je N – broj stabala, G – temeljnica, DBH – prosječni prsni prečnik i H – prosječna visina stabala

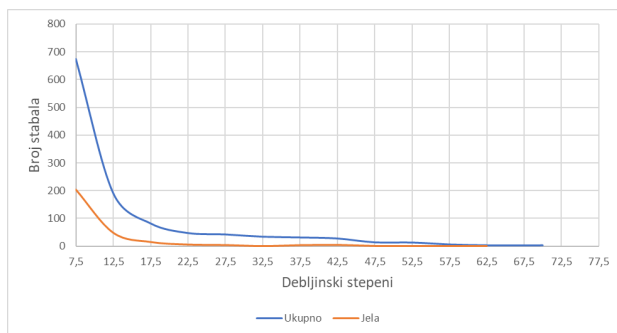
Table 1. Average stand attributes per tree species calculated on a hectare, where N is number of trees, G – basal area, DBH – diameter at breast height and H – tree height.

Vrsta drveća	N/ha	G/ha	DBH	H
Bukva	669	17,47	14,09	11,13
Jela	291	4,38	10,66	7,20
Smrča	172	7,68	17,99	10,80
Ostale vrste	26	0,22	8,79	9,89
Ukupno	1159	30	13,69	10,06

Na osnovu tabele vidi se da brojačano dominira bukva (*Fagus sylvatica* L.), koja čini više od 50% od ukupnog broja stabala, zatim jela (*Abies alba* Mill.) sa oko 25%, smrča (*Picea abies* Karst.) oko 15%, a ostatak čine ostale vrste drveća, uglavnom gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), jarebika (*Sorbus aucuparia* L.), iva (*Salix caprea* L.) itd. Također, i u pogledu temeljnice, bukva ima udio veći od 50%, dok za razliku od broja stabala, smrča dolazi poslije bukve. Veći broj stabala, a manja temeljnica kod jele u odnosu na smrču, ukazuje veći broj tanjih stabala koji manje pridonose temeljnici u odnosu na deblja stabla. To potvrđuje i srednji prečnik i prosječna visina stabala. U odnosu na glavne vrste drveća, jela ima najmanji prečnik od 10,66 cm koji je manji i od prosječne vrijednosti za cijelu sastojinu. Slična situacija je ukoliko posmatramo i prosječnu visinu stabala, gdje jela ima prosječno najmanju visinu od svih vrsta drveća sa svega 7,2 m.

Navedene prosječne vrijednosti ukazuju da se jela susreće uglavnom u donjoj etaži, pri manjim debljinskim stepenima. Da bi se dobio bolji uvid u položaj jele u sastojini, struktura sastojine je predstavljena debljinskom i visinskom strukturom.

Debljinska struktura sastojine predstavljena je grafički, raspodjelom stabala po debljinskim stepenima. Za širinu debljinskih stepeni uzeto je 5 cm. Debljinska struktura stabala prikazana je na grafikonu 1.



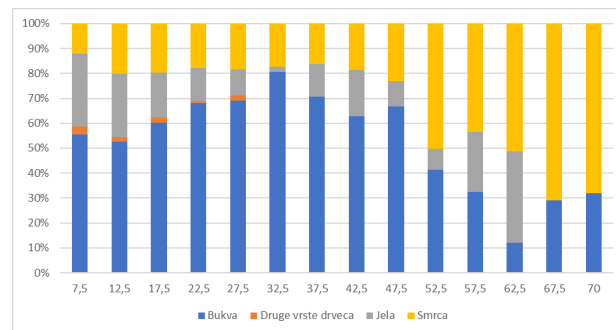
Grafikon 1. Raspodjela stabala po debljinskim stepenima

Graph 1. Diameter distribution per diameter classes

Na osnovu grafikona 1 vidi se da je kriva debljinske strukture sastojine približna krivoj Liokourtovog geometrijskog niza. Kriva debljinske strukture jele prati krivu debljinske strukture sastojine. Najveći broj stabala je pri nižim debljinskim stepenima dok u najvećim stepenima jele skoro da i nema. Na grafikonu 2 je prikazan udio jele u temeljnici sastojine po debljinskim stepenima.

Na osnovu grafikona 2 vidi se da je jela najviše zastupljena po temeljnici u najnižim debljinskim stepenima, i sa porastom udio jele opada, a zatim ponovno raste pri većim debljinskim stepenima. Najveći udio u temeljnici

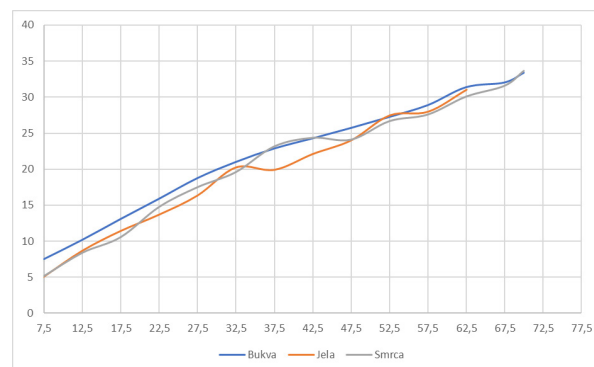
ima bukva, zastupljena uglavnom u srednjim debljinskim stepenima, koja su i najinteresantnija sa stanovišta šumarske proizvodnje, s obzirom da su to stabla u naponu prirasta. Sa aspekta prirodnog podmlađivanja najinteresantiji su veći debljinski stepeni. U tim debljinskim stepenima zastupljena su fiziološki zrela stabla, koja će naploditi prostor i upravo će se te vrste drveća javljati obilno u podmlatku.



Grafikon 2. Udio vrsta drveća u temeljnici po debljinskim stepenima

Graph 2: Analysis of tree species contribution to basal area across diameter classes

Visinska struktura predstavljena je visinskom krivom za glavne vrste drveća (grafikon 3). Za svaki debljinski stepen izračunata je srednja visina stabala po vrstama drveća.



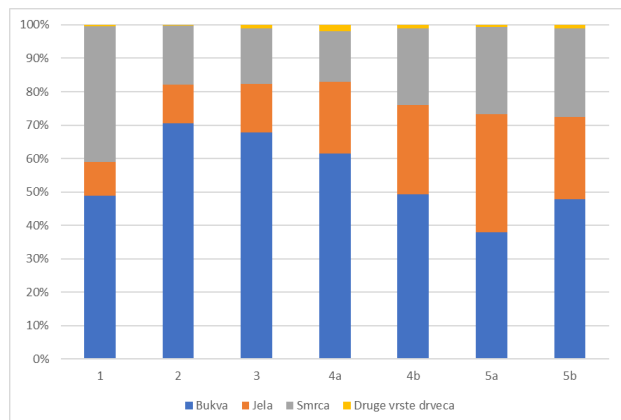
Grafikon 3. Visinska kriva za glavne vrste drveća

Graph 3. Height curve for main tree species.

Na osnovu grafikona 3 vidi se da u skoro svim debljinskim stepenima jela ima nepovoljan položaj u odnosu na bukvu i smrču, odnosno ima niže visine. Razlike između jele i smrče nisu toliko velike izuzev debljinskih stepeni 37,5 i 42,5, dok s druge strane bukva dominira u svim debljinskim stepenima. Tek pri većim debljinskim stepenima razlike između analiziranih vrsta drveća se izjednačuju.

Za analizu socijalnog, odnosno uzgojnog položaja stabala u sastojini, koriste se različite klasifikacije, a najčešće

Kraftova klasifikacija. One predstavljaju funkciju vitalnosti stabla, stajališnog prostora i dostupnosti svjetla. Na grafikonu 4 predstavljen je udio vrsta drveća po klasama po Kraftu.

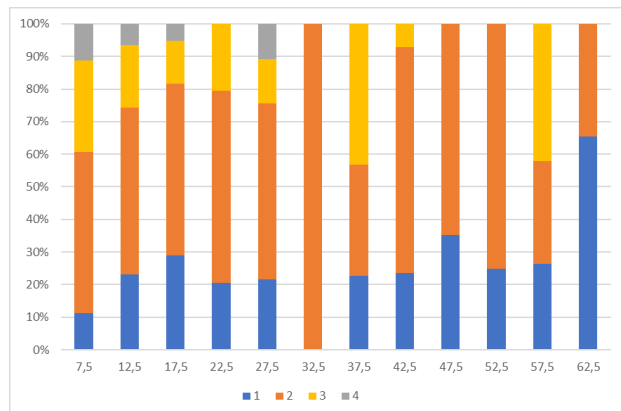


Grafikon 4. Udio vrsta drveća po klasama po Kraftu

Graph 4. "Species distribution across Kraft classes"

Nepovoljan položaj jele u sastojini koji je primjetan u analizi strukture, potvrđuje i grafikon 4. Iz grafikona je vidljivo da je udio jele najveći u 4. i 5. klasama po Kraftu. Taj dio sastojine često se naziva i potišteni ili zastarčeni dio, dok dio sastojine kojeg čine stabla prve tri klase po Kraftu predstavljaju dominantni dio. U tom dijelu jele je manje u odnosu na bukvu i smrču.

Cilj proizvodnje u šumarstvu je proizvodnja najkvalitetnije drvene mase. Kvalitet drvene mase ovisi od uslova u kojima je stablo raslo tokom svog životnog perioda. Mjerama njege se direktno utiče na okolnosti u kojima stablo raste, a samim time i na kvalitet drvene mase. U grafikonu 5 prikazana je raspodjela stabala jele po debljinskim stepenima u pogledu kvalitete stabala.



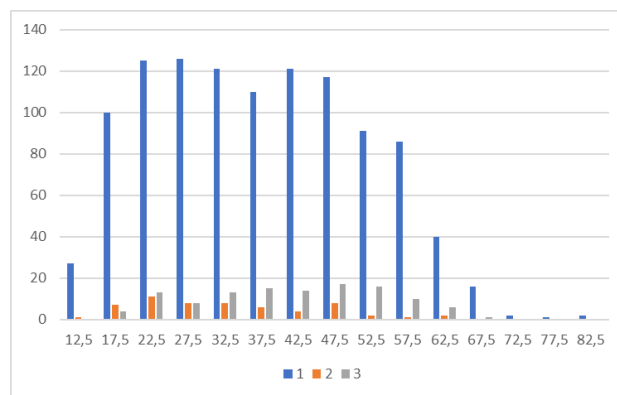
Grafikon 5. Prikaz kvalitetnih klasa stabala jele po debljinskim stepenima

Graph 5. Quality classes of fir trees per diameter classes

Na grafikonu 5 vidi se da je u skoro svim debljinskim stepenima najviše stabala druge kvalitetne klase. Prve kvalitetne klase je najmanje u najnižim debljinskim stepenima i sa povećanjem debljinskog stepena udio najkvalitetnijih stabala raste. Treća i četvrta klasa se ponašaju skoro identično, najviše ih je zastupljeno u najnižim, a zatim njihov udio opada da bi ponovno pri većim debljinskim stepenima njihov udio rastao.

## HEALTH STATUS OF SILVER FIR – Zdravstveno stanje jele

Zdravstveno stanje jele praćeno je kroz analizu štetnog uticaja patogenih gljiva i štetnika. Grafikoni 6 i 7, kao i tabela 2 odnose se na štetno djelovanje gljiva truležnica na zdravstveno stanje jele, dok je u tabelama 2 i 3 fokus stavljen na štetne insekte, patogene i parazitske cvjetnice na jeli.



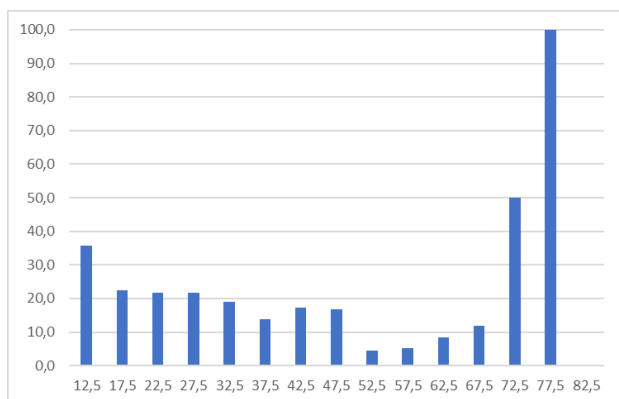
Grafikon 6. Prisustvo truleži drveta jele na panju

Graph 6. The presence of fir tree rot on the stump

Ukupno je analizirano 1265 stabala, a simptomi prisustva truleži su uočeni na 99,6% analiziranih stabala. Sa grafikona 6 može se uočiti da je u svim debljinskim stepenima prisutna neka od faza truleži drveta. Promjena boje drveta (faza truleži 1) apsolutno dominira u svima debljinskim stepenima, početni stadij truleži (faza 2) je najmanje zastupljen, dok je napredni stadij truleži (faza 3) u nešto većoj mjeri zastupljen u odnosu na fazu 2, ali i dalje znatno manje prisutan u odnosu na fazu 1.

Proces eksploatacije u šumarstvu podrazumijeva primjenu mehanizacije, pri čemu nastaju povrede u pridanuku stabala što je u direktnoj vezi sa pojavom gljiva truležnica i uzrokovanjem truleži drveta. Osim toga, povrede na stablima predstavljaju otvorene rane koje olakšavaju pristup patogenima i štetnicima i na taj način dovode do narušavanja zdravstvenog stanja stabala. Grafikon 7 pokazuje relativni udio stabala u pojedinim debljinskim stepenima na kojima su evidentirana mehanička oštećenja.





Grafikon 7. Relativni udio stabala sa mehaničkim oštećenjima

Graph 6. The relative proportion of trees with mechanical damage

Grafikon 7 pokazuje da je prosječno prisustvo mehaničkih oštećenja stabala u svim debljinskim stepenima oko 23%. Nešto veće prisustvo oštećenih stabala javlja se u debljinskoj klasi 12.5, 72.5 i 77.5, ali je broj analiziranih stabala u tim debljinskim klasama manji u odnosu na ostale debljinske klase što je rezultiralo ovakvim rezultatima. Usporedbom grafikona 6 i 7 vidi se da se broj stabala u debljinskim stepenima od 17.5 do 47.5 na kojima je evidentirana trulež, a naročito prva faza truleži, poklapa sa relativnim udjelom stablima sa mehaničkim oštećenjem.

Da bi pregled zdravstvenog stanja jele bio potpun, neophodno je analizirati i štetne insekte, kao i druge patogene pored gljiva truležnica. Prisustvo ovih štetnih biotskih faktora dato je u tabelama 2 i 3.

Tabela 2. Prisustvo štetnih biotskih faktora u odjelu 106 – Prašuma “Ravna vala”

Table 2. The presence of harmful biotic factors in section 106 - “Ravna Vala” Rainforest

Patogen/ štetnik	Broj zaraženih/ napadnutih stabala	Uočeni simptomi	Intenzitet napada
<i>Pityokteines</i> spp.	2	Piljevina	Slab
<i>Cryphalus piceae</i>	2	Piljevina	Slab
<i>Melampsorella caryophyllacearum</i>	5	Vješticične metle i rak	Slab
<i>Viscum album</i>	2	Prisustvo grma imele	Slab

Tabela 3. Prisustvo štetnih biotskih faktora u odjelu 117 – Medvjeda lokva

Table 3. The presence of harmful biotic factors in section 117 – Medvjeda lokva

Patogen/ štetnik	Broj zaraženih/ napadnutih stabala	Uočeni simptomi	Intenzitet napada
<i>Argyresthia fundella</i>	6	Rupice na iglicama i sušenje iglica	Slab
<i>Melampsorella caryophyllacearum</i>	2	Vješticične metle i rak	Slab

S obzirom na to da ukupan broj stabala na analiziranim plohama nije evidentiran, već samo stabla na kojima su uočeni simptomi prisustva patogena i štetnika, na osnovu tabele 2 i 3 može se uočiti da je broj stabala na kojima su uočeni simptomi jako mali. Radi se pojedinačnim napadima štetnika i patogena koji ne utiču na zdravstveno stanje sastojine i ne predstavljaju prijetnju po ostala stabla. Osim toga, intenzitet napada patogena i štetnika je slab na svakom analiziranom stablu, čime je prijetnja po zdravstveno stanje cijele sastojine još manja.

## DISCUSSION – Diskusija

U ovom radu analizirana je struktura mješovitih šuma bukve, jele i smrče sa naglaskom na jelu, kao i njen uzgojni položaj u odnosu na bukvu i smrču. Poseban fokus rada stavljen je na zdravstveno stanje jele u šumama bukve i jele sa smrčom.

Analizom je utvrđeno da jela u odnosu na druge vrste drveća uglavnom zauzima nepovoljan položaj. Na to ukazuju rezultati analize debljinske strukture, ali i rezultati Kraftove klasifikacije stabala. Razlog tome je velika tolerancija na zasjenu. Upravo zbog njene tolerancije na zasjenu, plastičnosti u odnosu na uvjete okoline i heterogene vertikalne strukture sastojine, jela se smatra temeljnom vrstom drveća u šumskim ekosistemima prebornog načina gospodarenja (Mauri i dr. 2016). Tanja stabla jele podnose i prisustvo svjetla manjeg od 5% (Rozenberger i dr. 2007), dok stabla starosti od 8–15 godina za optimalan rast i razvoj zahtijevaju između 10% i 18%, dok za starije jedinke i do 25% od ukupne količine svjetla (Robakowski i dr. 2004). Veći udio tanjih stabala jele u odnosu na bukvu objašnjava se i češćim plodonosenjem kao i činjenicom da za klijanje i preživljavanje klijanaca jele potrebno svega 1% ukupne dnevne svjetlosti

(Ammer 1996). Na rast i razvoj jele značajan uticaj ima i prisustvo bukve. Istraživanje Mina i drugih (2018) ukazuje da povećanje udjela bukve se negativno odražava na rast i razvoj jele i smrče, dok sa druge strane prisustvo jele i smrče se pozitivno odražava na rast i razvoj bukve. Do sličnih rezultata su došli i Bosela i drugi (2015) i Versace i drugi (2021), koji su ustanovili pozitivnu reakciju bukve na prisustvu jele i smrče u odnosu na rast u čistim sastojinama.

Jedna od karakteristika jele, osim što dobro podnosi zasjenu, je i njena reakcija na "oslobađanje", odnosno na veći priliv svjetla. Kako navodi Šafar (1963) jela može biti u zasjeni i 100 do 150 godina, nakon čega se ponovno normalno razvija. Istraživanje Ferlina (2002) ukazuje da mlade jelove biljke reaguju na povećanje priliva svjetla i do 5.7 puta većim rastom u odnosu na rast dok su bile zastarčene. Na grafikonu 3 smo vidjeli da se jela sa povećanjem debljinskog stepena približava bukvi i da pri prečniku od oko 50 cm skoro izjednačuju. Zanimljivo je spomenuti da u poređenju sa drugim vrstama drveća u mješovitim sastojinama, debljinski prirast jelovih stabala debljih od 50 cm je relativno intenzivniji u odnosu na druge vrste drveća pri istom prsnom prečnikom (Klopčić i dr. 2015).

Udio jele zavisi i u velikoj mjeri i od načina gospodarenja. Dosadašnji način gospodarenja na Igmanu doveo je do toga da je prekidanje sklopa uglavnom bilo prejako, usljed čega je došlo do intenzivnog priliva svjetla. Zato je na mnogim površinama došlo do zakorovljavanja, što je gotovo onemogućilo pojavu prirodnog podmlatka, a ukoliko se i javio, ugušio ga je veoma bujan korov. Zato bi se moglo reći da je najčešći uzrok izostanka prirodnog podmlatka upravo prejak priliv svjetla, sasvim negativnim posljedicama (Pintarić 1968). Uzgojnim mjerama usmjerava se razvoj sastojine ne samo u pogledu omjera smjese, već i u pogledu kvalitete stabala.

Istraživanje Bennetera i drugih (2018) pokazuje da kvalitet stabala u mješovitim sastojinama neznatno zaostaje za čistim sastojinama. Također ukazuju da se na faktore koji utiču na kvalitet stabala može direktnim ili indirektnim uzgojnim zahvatima uticati u svrhu proizvodnje visokovrijedne drvene mase. Povećanje udjela I kvalitetne klase sa povećanjem debljinskog stepena ukazuje na sposobnost jele da se oporavi nakon dužeg perioda zasjene. Ukoliko se uzmu u obzir i Kraftove klase, može se reći da je često zloupotrijebljena ta sposobnost jele pri čemu se prednost daje drugim vrstama drveća, a što se očituje na kvalitetu proizvedene drvene mase.

Abiotski i biotski faktori svoje sinhrono djelovanje ispoljavaju kontinuirano. Usljed njihovog djelovanja, šumski

ekosistem može biti stavljen van stanja ravnoteže i tada dolazi do narušavanja zdravstvenog stanja stabala. Abiotski faktori djeluju predisponirajuće tako što dovode do slabljenja fiziološke otpornosti stabala koja kasnije bivaju napadnuta biotskim štetnim faktorima.

Fokus ovog istraživanja je stavljen na štetno djelovanje biotskih faktora. U konkretnom istraživanju na Igmanu gljive truležnice su prisutne na preko 99% analiziranih stabala jele. Prisustvo gljiva truležnica je rezultiralo reduciranjem kvaliteta proizvedene drvene mase na 21% analiziranih stabala smrče na planinama pored Vareša (Zahirović 2012). U gospodarskoj jedinici Gornja Stavnja pored Vareša, gljive truležnice, samostalno ili u sudejstvu sa drugim štetnim agensima, reducirale su kvalitet proizvedene drvene mase kod oko 20% analiziranih stabala. Najveći broj zaraženih stabala jele i smrče se nalazio u debljinskoj klasi 30-50 cm (48% stabala jele i 64% stabala smrče) (Zahirović i dr. 2018). U istoj gospodarskoj jedinici, ali u drugom odjelu Zahirović i drugi (2016) su utvrdili prisustvo truleži na 40% analiziranih stabala smrče i jele.

Kada su u pitanju povrede na stablima, Helja (2015) i Hasković (2013) pokazali su da veličina povrede na stablu ima značajan uticaj na pojavu truleži i na udio truleži u ukupnoj drvanoj zapremini, pri čemu dolazi do smanjenja vrijednosti dobijenih drvnih sortimenata. Rezultati konkretnog istraživanja pokazuju da je prosječno prisustvo mehaničkih oštećenja stabala u svima debljinskim stepenima oko 23%. Zahirović i drugi (2016) navode da je od ukupnog broja oštećenja stabala, čak 72% oštećenja prisutno na korijenu i deblu stabla. U istom istraživanju ističu da je kod 28% povrijeđenih stabala jele uočena pojava truleži. Gurda i drugi (2016) navode da su u fazi primicanja drveta evidentirana oštećenja na 15,41% od ukupnog broja analiziranih stabala i ističu da je to gornja granica koju je Martinić (1993), uz uključenu varijabilnost metoda i tehnika rada, utvrdio za ovu fazu rada iskorištavanja šuma. Opasnost povreda na stablima ima veliki značaj, jer, kako navode brojni autori, povrede predstavljaju ulazne otvore za patogene gljive, koje najčešće umanjuju vitalnost stabala, gdje nakon toga najčešće dolazi do pojave sekundarnih štetnika – potkornjaka.

Prisustvo štetnih insekata asimilacionih organa i drveta, kao i prisustvo vještinih metli i bijele imele na analiziranim plohama na Igmanu je jako malo. Ako se uzme u obzir da je intenzitet napada slab, onda prisustvo ovih organizama ne predstavlja prijetnju po stabilnost šumskih ekosistema. Sa aspekta biodiverziteta prisustvo ovih organizama je značajno, naročito jer njihova brojnost ne prelazi granicu kada njihovo djelovanje postaje

prijetnja po ravnotežu koja je uspostavljena u šumskim ekosistemima.

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da jela zauzima često nepovoljan položaj u sastojini u odnosu na druge vrste drveća, što je u vezi s njenom sposobnošću da dobro podnosi zasjenu. Zbog te sposobnosti se i smatra temeljnom vrstom za preborno gospodarenje, koja omogućava vertikalnu složenost sastojina. Analiza kvaliteta stabala pokazala je varijabilan trend u pogledu udjela I klase, ali se može uočiti blaga tendencija povećanja udjela I klase sa povećanjem debljinskog stepena. Ukoliko se uzmu u obzir i Kraftove klase, može se reći da je često zloupotrebljena sposobnost jele da podnosi zasjenu pri čemu se prednost se daje drugim vrstama drveća, a što se očituje na kvalitetu proizvedene drvne mase. Uzgojni zahvati, kao što su regulacija omjera smjese, smanjenje udjela bukve te pravovremeno oslobađanje jele od zasjene, predstavljaju ključne korake ka poboljšanju rasta i kvalitete drvne mase jele. Veliki udio II klase ukazuje da postoji još prostora u pogledu poboljšanja kvalitete jelovih stabala.

Prisustvo centralne truleži na panjevima jele je preko 99%, a ukupan broj stabala sa mehaničkim oštećenjima iznosi 23%. Zastupljenost centralne truleži odgovara zastupljenosti mehaničkih oštećenja na debljinskim stepenima od 17.5 cm do 47.5 cm. Najzastupljenija je prva faza centralne truleži, odnosno promjena boje drveta. Centralna trulež drveta pridanka jele predstavlja problem savremenog šumarstva i primjene različitih sistema gazdovanja i tehnologija eksploatacije prilikom gospodarenja šumskim ekosistemima. U budućnosti se savjetuje da se provede istraživanje na širem području BiH sa ciljem utvrđivanja prisustva centralne truleži pridanka jele u šumama bukve i jele sa smrčom.

## REFERENCES – Literatura

Ammer, C., (1996). Konkurrenz um Licht - Zur Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald. Forstl. Forschungsberichte München Nr. 158.

Androić, M. (1986). Uzroci umiranja šuma u nas i u svijetu. Jugoslavensko savjetovanje o primjeni pesticida. Zbornik radova, Tom. 8, str. 9-18.

Assmann E. (1970). The Principles of Forest Yield Study. Oxford, Pergamon Press.

Ballian, D., Halilović, V. (2016): Varijabilnost obične jele. UŠIT FBiH i Silva Slovenica, Sarajevo, Ljubljana, str. 11-12.

Benneter, A., Forrester, D.I., Bouriaud, O., Dormann, C.F., Bauhus, J. (2018). Tree species diversity does not compromise stem quality in major European forest types.

For. Ecol. Manag. 422, 323–337. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.030>

Bosela, M., Tobin, B., Šebeň, V., Petráš, R., Larocque, G.R. (2015). Different mixtures of Norway spruce, silver fir, and European beech modify competitive interactions in central European mature mixed forests. Can. J. For. Res. 45, 1577–1586. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0219>

Brang, P., Spathelf, P., Larsen, B., Bauhus, J., Bončina, A., Chavin, C., Drossler, L., Garcia-Guemes, C., Heiri, C., Kerr, G., i dr. (2014). Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. Forestry. 87(4):492–503

Čater, M., Levanič, T. (2019). Beech and silver fir's response along the Balkan's latitudinal gradient. Sci. Rep. 9, 16269. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52670-z>

Dalili, S.A.R., Alavi S.V., Nanagulyan S.G., Razavi M. (2010). Introduction of new hosts for *Armillaria mellea* and *Armillaria gallica* from North Forest in Iran. IDOSI Publications. World Applied Sciences Journal, 8(2), str. 217-223.

Dobrowolska, D., Bončina, A., Klumpp, R. (2017). Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review. J. For. Res. 22, 326–335. <https://doi.org/10.1080/13416979.2017.1386021>

Ferlin, F. (2002). The growth potential of understorey silver fir and Norway spruce for uneven-aged forest management in Slovenia. Forestry 75, 375–383. <https://doi.org/10.1093/forestry/75.4.375>

Gazol A, Camarero JJ, Gutiérrez E, Popa I, Andreu-Hayles L, Motta R, Nola P, Ribas M, Sangüesa-Barreda G, Urbinati C, i dr. (2015). Distinct effects of climate warming on populations of silver fir (*Abies alba*) across Europe. J Biogeogr. 42:1150–1162.

Gurda, S., Musić, J., Sokolović, Dž. & Bašić, M. (2016). Oštećenja dubećih stabala u fazi primicanja drveta skiderom Timberjack 225 A. Radovi Šumarskog Fakulteta Univerziteta U Sarajevu, 46(1), 74-87.

Harapin, M., Hrašovec, B. (2001). Entomološki kompleks obične jele. Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti i "Hrvatske šume", Zagreb, str. 579-589.

Hasković, A. (2013). Istraživanje procesa truleži drveta na povrijeđenim stablima jele na Igmanu, Završni rad II ciklusa studija, Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-27.

Helja, A. (2015). Uticaj oštećenja korijena i debla na razvoj truleži drveta jele (*Abies alba* Mill.), Završni rad II ciklusa studija, Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-59.



- Jagodźinski, A.; Dyderski, M.; Gesikiewicz, K.; Horodecki, P. (2019). *Tree and stand level estimations of Abies alba Mill. Aboveground biomass*. Ann. For. Sci. 76, str. 56.
- Martinić, I. (1993). Neke činjenice u svezi sa šumskim radovima. Glas. šum. pokuse, posebno izdanje 4, 321-330.
- Matošević, D., Pernek, M., Županić, M., Liović, B., Novak Agbaba, S. (2006). Dijagnoza i prognoza štetnih biotičkih i abiotičkih čimbenika u šumama Hrvatske u razdoblju 2001. do 2005. godine, Radovi (iz.br. 9), 189-198.
- Mauri, A., de Rigo, D., Caudullo, G. (2016). *Abies alba* in Europe: distribution, habitat, usage and threats.
- Mina, M., del Río, M., Huber, M.O., Thürig, E., Rohner, B. (2018). The symmetry of competitive interactions in mixed Norway spruce, silver fir and European beech forests. J. Veg. Sci. 29, 775-787. <https://doi.org/10.1111/jvs.12664>
- Mujezinović, O., Dautbašić, M., Zahirović, K., Prljača, D., Ivojević, S., Šiljak, S. (2020). Štetni agensi jele na području Srednje Bosne, UŠIT FBiH, Sarajevo, 58-59, str. 15-20.
- Mujezinović, O., Dautbašić, M., Muminović, M., Zahirović, K. (2017). Istraživanje insekata defolijatora u mješovitim šumama na području Igmana, Naše šume, UŠIT FBiH, 46-47, str. 5-11.
- Mujezinović, O., Trešić, T., Čabaravdić, A., Dautbašić, M. (2013). The intensity of infection of stem silver fir *Abies alba* Mill. by white mistletoe *Viscum album* L. on Bosnia and Herzegovina area. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu 2: 1-11.
- Mujezinović, O. (2007). Uticaj imele (*Viscum album* L.) na prirast jele (*Abies alba* Mill.) i ulančavanje drugih štetnih biotičkih agenasa (magistarski rad). Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, 1-51.
- Nagel, T.A., Firm, D., Rozenbergar, D., Kopal, M. (2016). Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe. Eur. J. For. Res. 135, 519-530. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0950-2>
- Pach, M., Podlaski, R. (2015). Tree diameter structural diversity in Central European forests with *Abies alba* and *Fagus sylvatica*: managed versus unmanaged forest stands. Ecol Res. 30(2):367-384.
- Pernek, M. i Lacković, N. (2011). Uloga jelovih krivozubih potkornjaka u sušenju jele i mogućnosti primjene feromonskih klopki za njihov monitoring. Šumarski list, 135 (13), 114-121. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/72319>
- Pintarić, K. (1968). Uticaj zasjenjenosti i pripreme zemljišta na pojavu prirodnog podmlatka jele u prebornim šumama jele, smrče i bukve na igmanu. Radovi Šumarskog Fakulteta Univerziteta U Sarajevu, 16(3), 4-49.
- R Core Team (2020). European Environment Agency [WWW Document], n.d. URL <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/oxygen-consuming-substances-in-rivers/r-development-core-team-2006> (accessed 2. 8. 23).
- Robakowski, P., Wyka, T., Samardakiewicz, S., Kierzkowski, D. (2004). Growth, photosynthesis, and needle structure of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings under different canopies. For. Ecol. Manag. 201, 211-227. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.06.029>
- Rozenberger, D., Mikac, S., Anić, I., Diaci, J. (2007). Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech-fir forest reserves in South East Europe. For. Int. J. For. Res. 80, 431-443. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm037>
- Selman, E. (2006). Najvažniji potkornjaci na jeli (*Abies alba* Mill.) na području sjeverozapadne Bosne (magistarski rad), Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, 1-202.
- Schütz J-P. (2002). Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. Forestry. 75:329-337
- Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983). Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. Rad. Šumar. Fak. Univ. U Sarajevu 17, 1-83. <https://doi.org/10.54652/rsf.1983.v1.i1.7.275>
- Šafar J. (1963). Uzgajanje šuma. Savez šumarskih društava Hrvatske, Zagreb, str. 1-598.
- Trešić, T., Hasković, A., Čabaravdić, A., Mujezinović, O., Zahirović, K. (2015). Utvrđivanje truleži kod povrijeđenih stabala jele metodom tomografije. Radovi Šumarskog Fakulteta Univerziteta U Sarajevu, 45(1), 1-11.
- Trešić, T., Mujezinović, O., Čabaravdić, A., Veselinović, T. (2012). Presence of mistletoe (*Viscum album*) on urban trees of Sarajevo. Radovi šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu 1: 11-18.
- Uščuplić, M., Dautbašić, M., Trešić, T., Selman, E., Mujezinović, O., Nišić, T., Jokanović, B. (2007). Bolesti i štetnici obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini, Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini, Sarajevo-Mostar-Banja Luka, 1-114.
- Uščuplić, M., Trešić, T., Dautbašić, M., Mujezinović, O. (2008). Uticaj bijele imele (*Viscum album* ssp. *abietis* /Wiesb./ Abromeit) na biomasu iglica obične jele (*Abies alba* Mill.). Radovi Šumarskog instituta Jastebarsko 43 (1): 31-37.

Uščuplić M. (1992). Uticaj sistema gazdovanja na pojavu imele (*Viscum album* L.), Glasnik šumarskog fakulteta u Beogradu. 74: 7-18

Versace, S., Garfi, V., Dalponte, M., Febraro Mirko, D., Frizzera, L., Gianelle, D., Tognetti, R. (2021). Species interactions in pure and mixed-species stands of silver fir and European beech in Mediterranean mountains. *IForest - Biogeosciences For.* 14, 1. <https://doi.org/10.3832/for3476-013>

Višnjić Ć., Mekić F., Vojniković S., Balić B., Ballian D., Ivojević S. (2010). Ekološko-uzgojne karakteristike panjača bukve u Bosni i Hercegovini, Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-154

Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (1998). *Heterobasidion annosum-Biology, Ecology, Impact and Control*. Wallingford: CAB International.

Zahirović, K. (2012). Uticaj oštećenja na zdravstveno stanje stabala smrče. Sarajevo: Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Zahirović, K. (2017). Uzročnici truleži drveta smrče *Picea abies* Karst./ na planini Zvijezda. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. str. 1-140.

Zahirović, K., Treštić, T., Dautbašić, M., Mujezinović, O., Ivojević, S. (2018). Prisustvo i značaj gljiva truležnica u šumskim ekosistemimama u Bosni i Hercegovini. *Naše Šume*, 16(50-51), 5-12.

Zahirović, K., Treštić, T., Mujezinović, O., Hasković, A. (2016). Utjecaj sječe i izvoza drvne mase na oštećenost i zdravstveno stanje stabala jele i smrče na području planine Zvijezda. *Naše šume* 44-45: 15-28.

Zlatković, M., Matović, B., Poljaković-Pajnik, L., Bojić, S., Pap, P., Katanić, M. (2018). Patogene gljive i stetni insekti u parku prirode Golija, Topola No 201/202, str. 275-292

## SUMMARY

The European silver fir (*Abies alba* Mill.) stands as a cornerstone species of profound ecological, economic, and sociological significance. Integral to the practice of selective management in forest ecosystems, its presence not only enhances biodiversity but also augments stand stability. However, contemporary challenges posed by abiotic and biotic factors increasingly compromise its health. Notably, wind and fire constitute prominent abiotic stressors, while mistletoe, rot fungi, fir canker, witches' brooms, bark beetles, and leaf miners represent significant biotic threats. Our study, conducted in the ŠPP "Igmansko" and GJ "Igman" regions, focuses on evaluating the growth and development of fir through systematic plot networks spaced at 100-meter intervals. Employing technical tree classification, we assessed stand quality and examined wood rot prevalence in fir-dominant stands. Our findings reveal a predisposition of fir to unfavorable conditions compared to other species, as evidenced by thickness structure and Kraft's tree classification results. Due to its rapid response to increased light influx, fir growth intensifies, necessitating strategic management practices. Historical management practices on Igman led to light influx surges, stifling natural regeneration amidst dense weed growth. Cultivation interventions, including mixture ratio adjustments and immediate shading reduction for fir, emerge as pivotal for enhancing growth and wood quality. Notably, central rot prevalence on fir stumps exceeds 99%, while mechanical damage affects 23% of trees. The incidence of harmful insects and pathogens is relatively low, suggesting a need for broader research across Bosnia and Herzegovina to ascertain central rot presence in beech and spruce forests. Effective forest management mandates a comprehensive understanding of both biotic and abiotic factors, coupled with proactive measures to foster favorable conditions for fir growth, ultimately optimizing fir production.

**Received:** 12 December 2023; **Accepted:** 27 February 2024; **Published:** 15 May 2024

**Funding:** This research received no external funding.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).