

СТАРОСНА И ДЕБЉИНСКА СТРУКТУРА СТАБАЛА ЈЕЛЕ (*Abies alba* Mill.) У РАЗНОДОБНИМ САСТОЈИНАМА НА ПОДРУЧЈУ ПЛАНИНЕ БОРЈА – РЕПУБЛИКА СРПСКА

ГОРАН ЈОВИЋ¹
ВОЈИСЛАВ ДУКИЋ²
ЗОРАН ГОВЕДАР²

Извод: У раду су приказани резултати анализе старосне и дебљинске структуре стабала јеле на подручју планине Борја, Босна и Херцеговина. Потребни подаци узети су са пет огледних површина у разнодобним састојинама. Једна огледна површина постављена је у чистој састојини јеле, а остале четири у мјешовитим састојинама јеле и букве са доминацијом јеле. Дебљинска структура састојина значајно одступа од дебљинске структуре карактеристичне за преборне састојине, а такође и од дебљинске структуре карактеристичне за једнодобне састојине. У узорку преовладавају стабла јеле старости од 70 до 90 година (старост утврђена на висини од 1,3 m – „развојна старост“), односно старост 41% стабала је у наведеном интервалу. Просјечна старост стабала јеле по огледним површинама је у интервалу од 63 до 110 година. Анализа показује да је најизраженија зависност старости стабла јеле од бонитета станишта састојине и пречника стабла, па је вишеструком регресионом једначином обухваћена зависност старости стабала јеле од наведених елеманата.

Кључне речи: јела, дебљинска структура, старосна структура, разнодобна састојина, Борја

AGE STRUCTURE AND DIAMETER DISTRIBUTION OF FIR TREES (*Abies alba* Mill.)
IN UNEVEN-AGED STANDS IN THE BORJA MOUNTAIN AREA

Abstract: The paper presents the research results on the age structure and diameter distribution of fir trees in Borja Mountain, Bosnia and Herzegovina. The required data were collected on five sample plots in uneven-aged stands. One sample plot is located in a pure fir stand and the other four in mixed stands of fir and beech dominated by fir. The diameter distribution of the stands significantly deviates from the diameter distribution typical of selection stands, as well as from the diameter distribution typical of even-aged stands. The sample is dominated by fir trees aged 70 to 90 years (the age at a height of 1.3 m - 'developmental age'), that is, the age of 41% of trees is in the specified range. The average age of fir trees by sample plots is in the range from 63 to 110 years. The analysis showed that the age of fir tree has the most pronounced dependence on the site quality class of the stand and the diameter of trees. Therefore, the multiple regression equation covered the dependence of the age of fir trees on the above elements.

Keywords: silver fir, diameter distribution, age structure, uneven-aged stand, Borja

1 мр Горан Јовић, Административна служба Оштинине Теслић, Република Српска

2 др Војислав Дукић, ванр. проф.; др Зоран Говедар, ред. проф., Универзитет у Бањој Луци Шумарски факултет, Бања Лука, Република Српска

1. УВОД

Са економске и са еколошке тачке гледишта, обична јела је једна од најзначајнијих врста дрвећа на подручју Босне и Херцеговине. Јела је у Босни и Херцеговини заступљена у мјешовитим шумама букве и јеле, те букве, јеле и смрче и врло ријетко чистим шумама јеле. Обична јела у горском појасу гради шумске заједнице са смрчом и понекад с обичним бором, те са буквом, као нашу најзначајнију шумску заједницу, заједницу буково-јелових шума (*Abieti fagetum*) (Stefanović, B., 1977; Stefanović V. *et al.*, 1983; Beus, V., 1984).

Према Pretzsch, H. (1997), најважнија системска карактеристика мјешовитих и разнодобних шума, гдје су услови за раст и токови раста јако варијабилни, јесте детаљно структурно детерминисање. Структура шума, према Svensson, J.S., Jeglum, J.K. (2001), може бити окарактерисана са неколико параметара, као што су хоризонтална структура, вертикално стратификовање, димензије, старост и бројност врста. Према Lukić, N. (1990), при интерпретацији структуре састојине, модерно шумарство у својим научним истраживањима најчешће користи дистрибуцију прских пречника и њихове параметре.

Према Bončina, A. *et al.* (2014), структура разнодобних састојина, на подручју Балкана, у погледу дистрибуције врста дрвећа подложна је промјенама што је посебно значајно за мјешовите састојине код којих уобичајени начин анализе структуре не може задовољити у потпуности циљеве истраживања. Када су у питању разнодобне састојине врло важан елемент структуре, која је резултат интензитета раста појединих врста под утицајем природних фактора и човјека, је старост стабала у састојини.

Тачна процјена старости кључно је методолошко ограничење у истраживању динамике биљних популација (Dietz, H., Ullmann, I., 1997). У дрвенастим врстама са годишњим прстеновима раста, процјене старости могу се постићи на основу тачне подударности између сваког года и календарске године у којој је формиран (Stokes, M.A., Smiley, T.L., 1968). Познавање старости стабала, односно старосне структуре представља основу за анализу динамике шумских састојина. Према Oliver, C.D., Larson, B.C. (1996), динамика шумских састојина је процес промјена у структури шумских заједница кроз вријеме. Промјене у структури могу наступити природно или дјеловањем човјека. Motta, R. *et al.* (2011) проучавали су мјешовиту шуму букве, јеле и смрче у језгру резервата Лом (Босна и Херцеговина), постављањем сталне огледне површине величине 1,1 ha за реконструкцију старосне структуре и историје поремећаја. Утврдили су присуство великих (до 120 cm пречника на прсној висини) и веома старих стабала (441, 432, и 416 година за јелу, смрчу и букву). У посљедња три вијека обрасце поремећаја карактеристичне одумирање појединичних стабала или стабала у малим групама.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

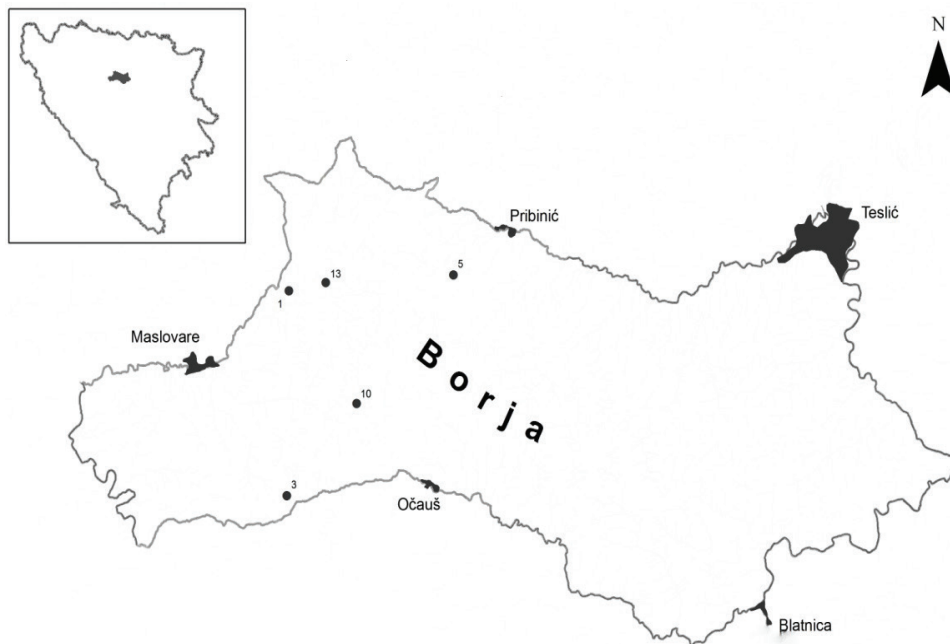
Подручје истраживања је планина Борја у сјеверном дијелу средње Бо-

сне, смјештена између ријека Велике и Мале Усоре. Правац пружања је сјеверозапад-југоисток, што је карактеристика и осталих планина Динарског масива. У сјеверозападном дијелу планине смјештен је највиши врх, Велика Руђавица са 1077 m. На планини Борја преовладавају мјешовите састојине јеле и букве, а јављају се и чисте састојине јеле. Утврђено је присуство три асоцијације: *Rusco hypoglossi-Abietetum* Брујић 2004, јела са ребрачом *Blechno-Abietetum* (Ht. 1938) Ht. in Cestar 1967 и јела са округлолисним броћем *Galio rotundifolii-Abietetum* M. Wraber 1959. Прва асоцијација сврстава се у свезу *Asperulo-Fagion* (Oberd. 1957) Ellenberg 1963, а друге двије сврставају се у свезу *Abieti-Piceion* Br.-Bl.1939.

У оквиру свеобухватног истраживања прираста стабала и састојина јеле на планини Борја, постављено је 15 огледних површина (50 x 50 m). Огледне површине су постављене у чистим састојинама јеле и у мјешовитим састојинама јеле и букве. Одабране су очуване и хомогене састојине. Структура састојине и станишни услови (педолошке карактеристике, експозиција, нагиб терена...) хомогени су на огледној површини и у појасу ширине 25 m изван огледне површине. Од постављених 15, одабрано је 5 огледних површина (огледне површине: 1, 3, 5, 10 и 13) које карактеришу различити станишни и састојински услови, и на тим огледним површинама су прикупљени потребни подаци за анализу старосне структуре (слика 1). На огледним површинама, на свим стаблима (пречник на прсној висини: $d_{1,3} > 5\text{cm}$) извршен је премјер основних елемената раста стабала: прсни пречник, висина стабла и површина пројекције крошње стабла, те утврђен биолошки положај стабала.

Огледне површине 1, 3 и 10 постављене су у асоцијацији *Rusco hypoglossi-Abietetum* Брујић 2004, а огледне површине 5 и 13 у асоцијацији *Galio rotundifolii-Abietetum* M. Wraber 1959. Асоцијација *Rusco hypoglossi-Abietetum* климарегионална је заједница монтажног појаса припанонске области, која иначе биогеографски припада средњоевропској провинцији. Заједница се среће изнад 700 m н.в., на различитим нагибима, експозицијама и различитим елементима рељефа (падине, терасе, платои). Површине су без стјеновитости, скоро и без каменитости, мале лигнификованости. Јелик са округлолисним броћем (*Galio-Abietetum*) је фитоценоза шире висинске амплитуде (450-950 m н.в.), у суштини азоналног карактера. То је едафогена фитоценоза, везана за офиолите, односно \pm серпентинизирани перидотите, без стјеновитости, а ријетко каменита. Среће се на свим експозицијама и различитим нагибима теренима. Земљишта су камбисоли (дистрични или еутрични) и лувисоли, мање ацидофилна од претходне заједнице. Овај синдинамски карактер прати удио букве, који се повећава са степеном деградације исконских јелика. На огледним површинама 1, 5 и 10 заступљен је дистрични камбисол, на огледној површини 13 еутрични камбисол и на огледној површини 3 лувисол.

На основу развијености крошњи и начина доступности светлости стабла су разврстана у три биолошка разреда (Бр) према Бун у шевац, Т. (1951): доминантна стабла (I Бр, Kraft 1 i 2), кодоминантна стабла (II Бр, Kraft 3 i 4a) и подстојна стабла (III Бр, Kraft 4b i 5).



Слика 1. Положај планине Борја и огледних површина
Figure 1 The location of Borja Mountain and the sample plots

На свакој огледној површини, методом случајног узорка је одабрано и избушено по 10 стабала јеле првог, другог и трећег биолошког положаја на висини од 1,3 m до сржи] за потребе утврђивања старости стабала. Стабла су бушена Преслеровим сврдлом конструисаним за узимање дугих узвртака. Уколико бушењем није добијен извртак на коме се може идентификовати језгро, бушење је понављано. Тако да је број узетих извртака био већи од 30 по огледној површини. На мањем броју извртака, код стабала код којих се није могло избушити до сржи (нпр. трулеж), извршена је процјена старости на основу пречника стабла у правцу бушења и анализе ширине година на извртку. Да би се што тачније одредила старост, након бушења, узорци (извртци) су просљеђени у лабораторију, постављени и заљепљени на ужљебљене дрвене носаче. Након што се љепило осушило, приступило се обради узорака односно брушењу са брусним папиром, а потом идентификацији и избрајању година уз помоћ оптичких повећала.

Пошто је бушење стабала вршено на прсној висини (1,3 m), у питању је „развојна старост“, стварне (физичке) старости појединих стабала могу да буду знатно веће од утврђених, јер је познато да јела као сциофита има способност врло спорог раста у засјени, док се не појаве повољни услови, односно више свјетлости. Према Kotar, M. (1987), у Скандинавији се за одређивање станишног индекса користи старост очитана на прсној висини, јер је предност у томе, што су од те висине према горе физичка и развојна старост једнаке.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Основни подаци о елементима структуре састојина по огледним површинама, односно састојинама, приказани су у табели 1. Подаци се односе на јелу, букву и састојину (укупно). Број стабала по хектару у истраживаним састојинама креће се у интервалу од 392 до 732, односно број стабала јеле је у интервалу од 200 до 604. Пречник аритметички средњег стабла по пресеку (d_g) за јелу је у интервалу од 22,8 cm до 39,3 cm. Темелница састојина (G) је у интервалу од 24,9 до 35,1 m^2/ha , а запремина дрвне масе (V) у састојинама је у интервалу од 273,7 до 710,1 m^3/ha . Бонитет станишта је у интервалу од II/III до I односно преовладава први бонитет станишта према одговарајућој диспозицији бонитетних кривих за Босну и Херцеговину (Džinić, P. *et al.*, 1990).

Табела 1. Основни елементи структуре састојина
Table 1 Basic stand structure elements

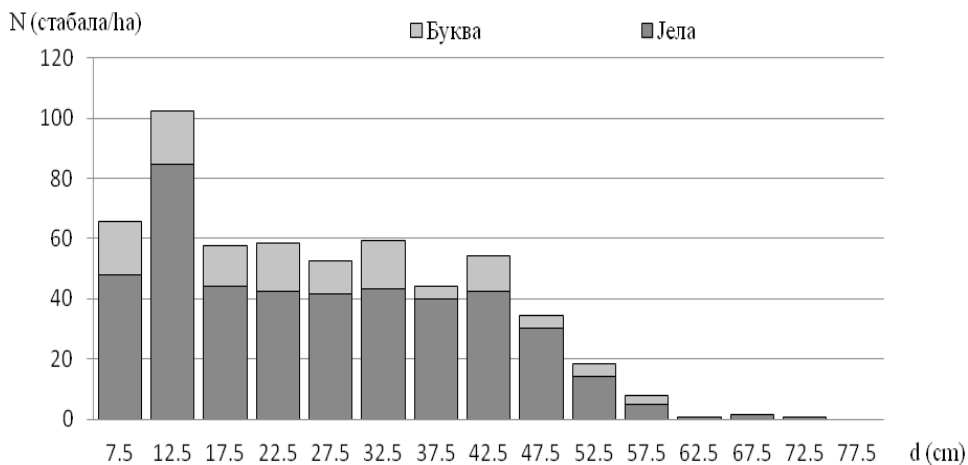
| Огле. повр. Sample plots/ Bonitet Site class | Број стабала (ha^{-1}) / Number of trees (ha^{-1}) | | | d_g (cm) | G ($m^2 ha^{-1}$) | | | V ($m^3 ha^{-1}$) | | | | |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|---------------|------------------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|-------|-------|
| | Јела/Fir | Буква/ Beech | Укупно/ Total | | Јела/Fir | Буква/ Beech | Укупно/ Total | Јела/Fir | Буква/ Beech | Укупно/ Total | | |
| | 1 | I | 604 | | 128 | 732 | 29,1 | 23,4 | 29,1 | 23,4 | 28,2 | 518,3 |
| 3 | II | 268 | 124 | 392 | 38,7 | 20,5 | 38,7 | 20,5 | 34,0 | 416,0 | 49,9 | 465,9 |
| 5 | I | 604 | 8 | 612 | 28,8 | 25,4 | 28,8 | 25,4 | 28,7 | 524,5 | 5,1 | 529,6 |
| 10 | I | 200 | 276 | 476 | 39,3 | 31,7 | 39,3 | 31,7 | 35,1 | 354,1 | 356,0 | 710,1 |
| 13 | II/III | 520 | 68 | 588 | 22,8 | 37,3 | 22,8 | 37,3 | 24,9 | 195,6 | 78,1 | 273,7 |

Дебљинска структура стабала у узорку (са пет огледних површина), приказана је на графикону 1. Дебљинска структура, значајно одступа од дебљинске структуре карактеристичне за преборне, а такође и од дебљинске структуре карактеристичне за једнодобне састојине. У интервалу од 5 до 45 cm, број стабала јеле је приближно исти по дебљински степенима (од 40 до 45 стабала / хектару), уз одступање у дебљинском степену од 10 до 15 cm. У наведеном интервалу је приближно исти и укупан број стабала по хектару. Средњи пречник састојине по темелници за јелу, на основу истраживаних огледних површина је 30,2 cm (d_g).

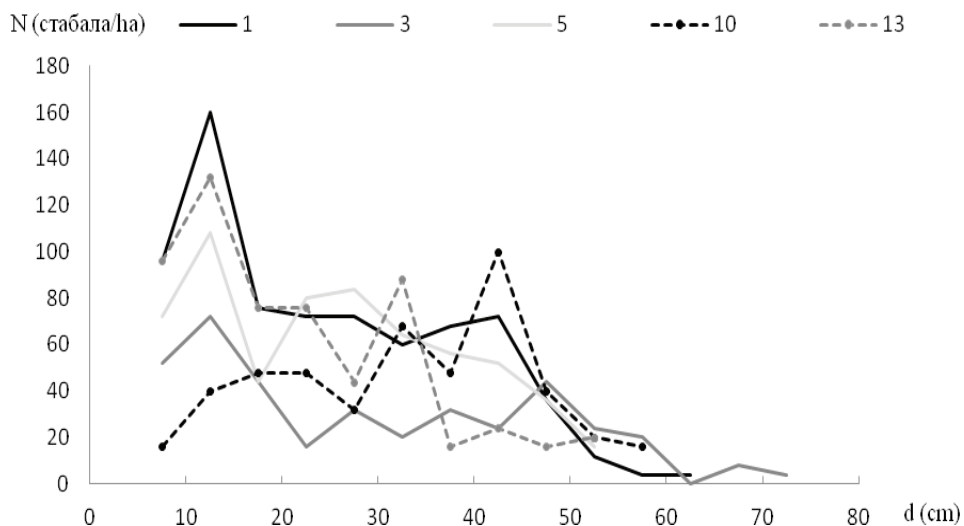
На графикону 2 приказана је расподјела стабала јеле и букве по дебљинским степенима по огледним површинама. На графикону 3, приказана расподјела стабала јеле по дебљинским степенима показује значајне разлике између огледних површина. Двије крајности представљају огледне површине 10 и 13 (са највећим и најмањим средњим пречником). На огледној површини 10 дебљинска структура тежи структури карактеристичној за

једнодобне, а на огледној површини 13 тежи структури карактеристичној за преборне састојине.

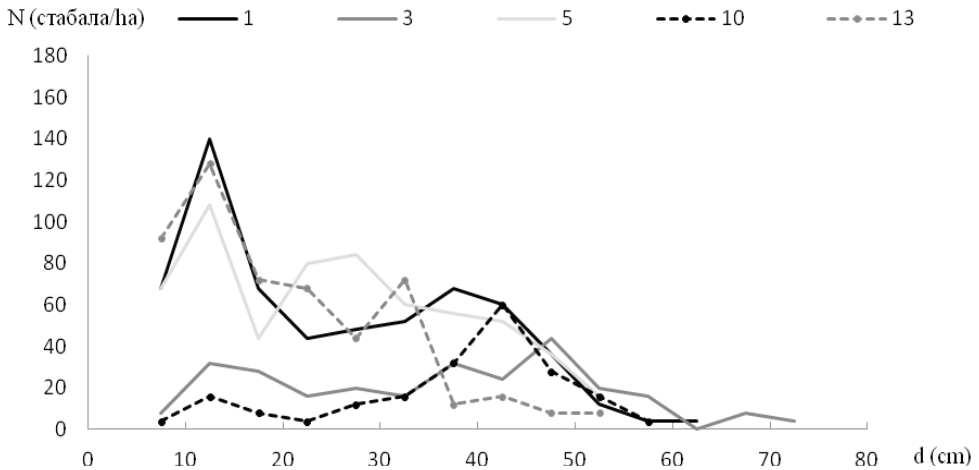
Утврђена дебљинска структура је последица чињенице да је за газдинску класу, којој припадају истраживане састојине, прописан скупинасто-преборни систем газдовања. Истраживаним састојинама газдује се тако да то представља „неку“ комбинацију скупинасто-преборног система и класичног стаблмичног преборног система, што има за последицу хетерогену структуру, односно структуру која значајно одступа од структуре карактеристичне за преборну шуму.



Графикон 1. Дебљинска структура
Graph 1 Diameter distribution



Графикон 2. Дебљинска структура по огледним површинама – стабла јеле и букве
Graph 2 Diameter distribution by sample plots - fir and beech trees



Графикон 3. Дебљинска структура по огледним површинама – стабла јеле
Graph 3 Diameter distribution by sample plots - fir trees

Примјеном одговарајућих статистичких показатеља, на основу пре-мјерених пречника добијени су параметри који карактеришу дебљинску структуру истраживаних састојина, приказани у табели 2. По огледним површинама, аритметичка средина пречника стабала је у интервалу од 20,23 cm до 37,43 cm, односно средњи пречник стабала је у истраживаним састојинама је 26,59 cm. Варирање пречника стабала, изражено коефицијентом варијације по огледним површинама, креће се у интервалу од 32,44% до 55,15%, односно коефицијент варијације пречника стабала са свих огледних површина је 53,21%. По огледним површинама преовладава позитивна асиметрија (уз значајно одступање ОП 10), односно укупно гледано расподелу карактерише средња позитивна асиметрија. Тестирање разлике стварних и теоријских дистрибуција, по огледним површинама и укупно гледано, по моделу нормалног распореда примјеном Shapiro–Wilk теста, показује да стварне фреквенције одступају значајно од теоријских фреквенција нормалне расподеле, која је карактеристична за једнодобне састојине.

Дебљинска структура истраживаних састојина одступа од нормалног састава за преборне састојине на подручју Босне. Према Матић, V. (1963), су гранични дебљински степени односно пречници сјечиве зрелости за јелу на првом, другом и трећем бонитету станишта: 80 cm, 75 cm и 70 cm. Изостаје главна одлика преборне структуре, континуирано опадање броја стабала са повећањем прсног пречника. На свим огледним површинама недовољан је број стабала у најтањем дебљинском степену, а евидентно је и да изостају и најдебља стабла с обзиром на дефинисане пречнике сјечиве зрелости, што се одражава и на старосну структуру састојина. У циљу повећања стабилности и осигуравања континуиране природне обнове, у истраживаним састојинама треба тежити успостављању пребирне структуре, односно преборне шуме као средства за рационално газдовање. Према Корел, Ш. (1996), уравнотежена преборна шума није природни феномен, него посљедица системског планског шумског газдовања, тј. системских преборних сјеча. Војић,

M. *et al.* (2011) истраживали су динамику успоставе преборне структуре у буково-јеловим састојинама на Папуку, којима се у прошлости газдовало као једнодобним састојинама. Констатовали су да је успостава преборне структуре дуготрајан процес који, прије свега, зависи од затеченог стања састојине. У састојинама у којима немамо пренагомилану залиху и у којима почетно постоје стабла и у нижим дебљинским степенима, дебљинска структура успоставља се много брже.

Табела 2. Дебљинска структура по огледним површинама – дескриптивна статистика (стабла јеле)

Table 2 Diameter distribution by sample plots – descriptive statistics (fir trees)

| Статистички показатељи/ Statistical parameters | | Огледна површина/ Sample plot | | | | | Σ |
|---------------------------------------------------|-----------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 3 | 5 | 10 | 13 | |
| n | | 151 | 67 | 151 | 50 | 130 | 549 |
| As | d (cm) | 25.48 | 35.27 | 25.75 | 37.43 | 20.23 | 26.59 |
| SAs | | 1.14 | 1.97 | 1.05 | 1.72 | 0.93 | 0.60 |
| - 95% | | 7.00 | 7.10 | 5.25 | 7.05 | 6.75 | 5.25 |
| + 95% | | 60.50 | 72.00 | 53.85 | 57.85 | 52.25 | 72.00 |
| SD | | 14.05 | 16.10 | 12.87 | 12.14 | 10.59 | 14.15 |
| CV | % | 55.15 | 45.65 | 49.98 | 32.44 | 52.34 | 53.21 |
| α ₃ | | 0.46 | 0.07 | 0.28 | -0.92 | 0.87 | 0.43 |
| α ₄ | | -1.02 | -0.91 | -1.06 | 0.16 | 0.12 | -0.84 |
| Shapiro–Wilk | | 0,9194 | 0,9634 | 0,9505 | 0,9148 | 0,9137 | 0,9418 |
| P | | 0,0000 | 0,0463 | 0,0000 | 0,0016 | 0,0000 | 0,0000 |

Легенда: n – број стабала у узорку, As - аритметичка средина, SAs - стандардна грешка аритметичке средине, - 95% - доња граница интервала процјене при вјероватноћи од 95%, + 95% - горња граница интервала процјене при вјероватноћи од 95%, SD - стандардна девијација, CV - коефицијент варијације, α₃ - коефицијент асиметрије, α₄ - коефицијент спљоштености, p - p вриједност (вјероватноћа).

Legend: n - number of trees in the sample, As - arithmetic mean, SAs - standard error of arithmetic mean, - 95% - the lower limit of the estimate range at 95% of probability, + 95% - the upper limit of the estimate range at 95% of probability, SD - standard deviation, CV - coefficient of variation, α₃ - coefficient of skewness, α₄ - coefficient of kurtosis, p - p value (probability).

Просјечна старост избушених стабала јеле (стабала у узорку) по огледним површинама је у интервалу од 62 до 110 година. Просјечна старост стабала, првог биолошког разреда је у интервалу од 74 до 124 године, другог у интервалу од 56 до 102 године, а трећег у интервалу од 47 до 108 година. Најхомогенија састојина у погледу старости стабала је на огледној површини 10 (CV = 11%) а најхетерогенија на огледној површини 13 (CV = 34%). На огледној површини 13, ширина интервала процјене просјечне старости уз вјероватноћу од 95% је 41 година, а на огледној површини 10 је само 10 година. Варирање старости стабала првог биолошког разреда, по огледним површинама је у интервалу од 4% (ОП 10) до 28% (ОП 13). Овај однос у погледу старости стабала се може

довести у везу са диференцирањем стабала у погледу дебљине. На ОП 10 је најмање а на ОП 13 највише изражено диференцирање стабала. На ОП 13 број стабала првог биолошког положаја је значајно мањи од броја стабала другог односно трећег биолошког разреда (Табела 3).

Табела 3. Старост стабала јеле по огледним површинама
Table 3 Age of fir trees by sample plots

| Огледна површина/ Sample plot | Бр/ № | n | Број стабала на огледној површини/ Number of trees by sample plots | As | -95% | +95% | SD | CV (%) |
|----------------------------------|----------|----|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|------|------|------|--------|
| | | | | Година/ Year | | | | |
| ОП1 SP 1 | I | 10 | 59 | 80 | 71 | 88 | 6,8 | 8 |
| | II | 10 | 31 | 62 | 50 | 74 | 9,8 | 16 |
| | III | 10 | 61 | 47 | 32 | 61 | 11,9 | 26 |
| | Σ | 30 | 151 | 63 | 53 | 72 | 16,7 | 27 |
| ОП3 SP 3 | I | 10 | 37 | 122 | 99 | 146 | 18,9 | 15 |
| | II | 10 | 11 | 102 | 74 | 130 | 22,6 | 22 |
| | III | 10 | 19 | 89 | 60 | 118 | 23,0 | 26 |
| | Σ | 30 | 67 | 104 | 91 | 118 | 24,5 | 24 |
| ОП5 SP 5 | I | 10 | 93 | 74 | 68 | 80 | 4,8 | 6 |
| | II | 10 | 32 | 56 | 50 | 62 | 5,0 | 9 |
| | III | 10 | 26 | 55 | 39 | 72 | 13,2 | 24 |
| | Σ | 30 | 151 | 62 | 55 | 68 | 12,1 | 20 |
| ОП10 SP 10 | I | 10 | 37 | 93 | 88 | 97 | 3,6 | 4 |
| | II | 10 | 8 | 84 | 80 | 88 | 3,1 | 4 |
| | III | 10 | 5 | 74 | 67 | 82 | 6,2 | 8 |
| | Σ | 30 | 50 | 84 | 79 | 89 | 8,8 | 11 |
| ОП13 SP 13 | I | 10 | 31 | 124 | 80 | 168 | 35,2 | 28 |
| | II | 10 | 48 | 97 | 44 | 150 | 43,0 | 44 |
| | III | 10 | 51 | 108 | 65 | 151 | 34,3 | 32 |
| | Σ | 30 | 130 | 110 | 89 | 130 | 36,8 | 34 |

Легенда: As - аритметичка средина, - 95% - доња граница интервала процјене при вјероватноћи од 95%, + 95% - горња граница интервала процјене при вјероватноћи од 95%, SD - стандардна девијација, CV - коефицијент варијације, n – број стабала у узорку

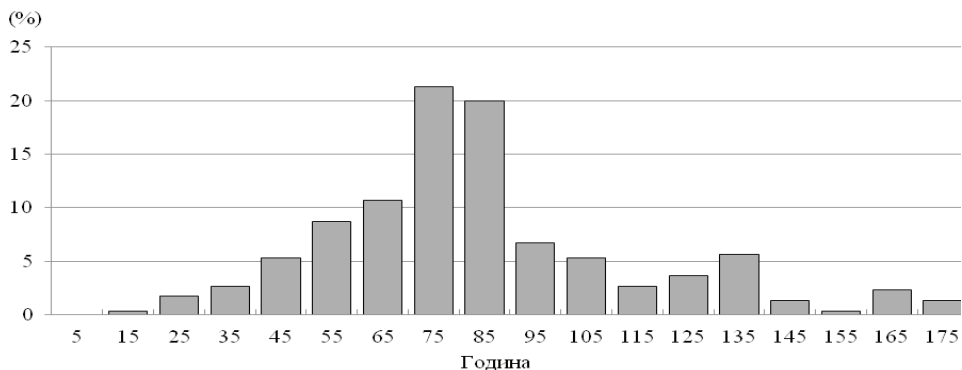
Напомена: На огледној површини 10 (мјешовита састојина) није био довољан број стабала II и III биолошког разреда па је извршено бушење стабала у непосредној близини огледне површине, у истим станишним и састојинским условима.

Legend: As - arithmetic mean; - 95% - the lower limit of the estimate range at 95% of probability, + 95% - the upper limit of the estimate range at 95% of probability, SD - standard deviation, CV - coefficient of variation, n - the number of trees in the sample

Note: Sample plot 10 (mixed stand) didn't have a sufficient number of trees of canopy classes II and III. Therefore, trees were drilled in the immediate vicinity of the sample plot growing in the same site and stand conditions.

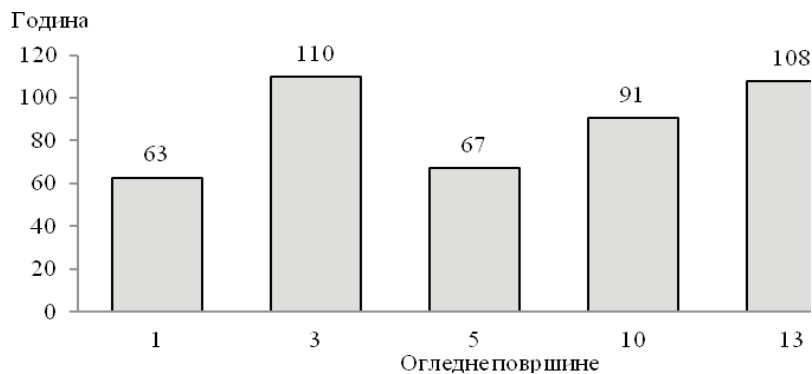
Као што је констатовано за дебљинску структуру и карактеристике старосне структуре су посљедица чињенице да се истраживаним састојинама газдује тако да то представља комбинацију скупинастог – преборног система и класичног стаблмичног преборног система, што има за посљедицу врло хетерогено стање по огледним површинама односно састојинама.

На графикону 4 приказана је процентуална расподела броја стабала по класама старости, од по десет година. Преовладавају стабла старости од 70 до 90 година односно старост 41% стабала је у наведеном интервалу. Расподелу карактерише позитивна средња асиметрија ($\alpha_3 = 0,28$) односно дужи крак са десне стране мода.



Графикон 4. Старосна структура стабала јеле
Graph 4 Age structure of fir trees

Полазећи од утврђених просјечних старости по биолошким разредима и расподеле броја стабала по биолошким разредима у састојини, пондерисаном средином утврђена је просјечна старост стабала у састојини односно просјечна старост састојина, тачније речено јеловог дијела састојине када су у питању мјешовите састојине и приказана на графикону 5. Евидентна је значајна разлика између огледних површина у погледу просјечне старости стабала, од 63 (ОП 1) до 110 година (ОП 3).



Графикон 5. Просјечна старост стабала јеле по огледним површинама
Graph 5 The average age of fir trees by sample plots

Да би се утврдио однос огледних површина у погледу старости стабала првог биолошког разреда, приступило се анализи варијансе. Анализа варијансе (табела 4), показала је да постоји статистички значајна разлика, па је примијењен и Duncan-ов тест (табела 5) који показује да се могу формирати двије хомогене групе у погледу старости, прву групу чине огледне површине 1, 5 и 10 а другу 3 и 13. Састојине прве и друге групе се разликују у погледу бонитета станишта (табела 1), што се може довести у везу са оваквим групирањем састојина у погледу старости стабала првог биолошког разреда.

Табела 4. Анализа варијансе – старост стабала јеле I биолошког разреда.
Table 4 Analysis of variance – age of fir trees of canopy class I

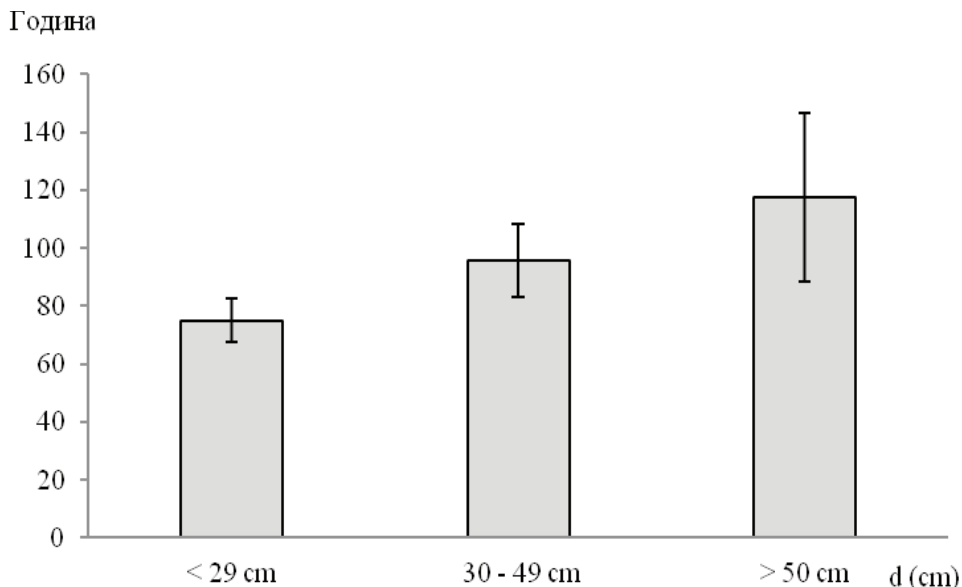
| Извори варирања/ Sources of variation | Степени слободе/ Degree of freedom | Сума квадрата/ Sum of squares | Средина квадрата/ Mean square | F | p |
|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------|
| Између састојина Between stands | 4 | 10970 | 2743 | 18,37 | 0,0000 |
| Унутар састојина Within stands | 45 | 6720 | 149 | | |
| Укупно Total | 49 | 17690 | | | |

Табела 5. Duncan тест - старост стабала јеле I биолошког разреда.
Table 5 Duncan test – age of fir trees of canopy class I

| Огледна површина/ Sample plot | Аритметичка. сред./ Arithmetic mean (година) (year) | Хомогене групе/ Homogeneous stands | |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------|
| | | 1 | 2 |
| 5 | 74 | **** | |
| 1 | 80 | **** | |
| 10 | 93 | **** | |
| 3 | 122 | | **** |
| 13 | 124 | | **** |

На графикону 6 приказане су просјечне старости стабала јеле по дебљинским класама и интервали процјене при вјероватноћи од 95%. Просјечна старост танких стабала је 75 година, средње дебелих стабала 96 и дебелих стабала 117 година. Са повећањем дебљине, повећава се и ширина интервала процјене (-95%, +95%).

Резултати истраживања у разнодобним састојинама, као што је истраживање у мјешовитим шумама букве, јеле и смрче у језгру резервата Лом (Motta, R. *et al.*, 2011), истраживања разнодобних букових састојина у јужним дијеловима Шведске (Churski, M., 2006) те истраживања старе букове шуме у средишњим Апенинима (Piovesan, G. *et al.*, 2005) показали су да постоји слаба веза између старости и пречника стабала. У овом истраживању, корелациона анализа је показала да је веза између пречника и старости стабала статистички значајна ($R = 0,48$; $R^2 = 0,23$; $p = 0,0000$), али се на основу утврђене вриједности коефицијента детерминације само 23% варирања старости стабала, може објаснити варирањем пречника стабала.



Графикон 6. Просјечне старости стабала јеле по дебљинским класама
Graph 6 The average age of fir trees by diameter class

На основу корелационе анализе односа старости и пречника стабала евидентно је да се не може добити регресиони модел за поуздану процјену старости на основу пречника стабла, па је анализирана зависност старости стабала јеле у састојини и од осталих елемената раста стабла и састојине (биолошки положај, висина, површина пројекције крошње стабла, бонитет станишта, омјер смјесе – удјел јеле и темељница састојине). Анализа је показала да је најизраженија зависност старости стабла јеле од бонитета станишта састојине и пречника стабла, па је вишеструком регресионом једначином обухваћена зависност старости стабла јеле од од наведених елеманата (функција 1). Изражена зависност од бонитета станишта је очекивана, с обзиром на резултате анализе варијансе и Duncan-овог теста, који показују значајну разлику у погледу старости доминантних стабала у састојинама и карактеришу различити бонитети станишта.

$$t_{\text{jеле}} = a + b \cdot \text{Бонитет} + c \cdot d_{13} \quad (1)$$

Регресија у цјелини и коефицијенти регресије статистички су значајни на нивоу $p < 0,01$. На основу коефицијента детерминације 56% варирања старости стабала јеле може се објаснити зависношћу од бонитета станишта састојине и пречника стабла. Преостали дио варирања старости стабала је условљен дјеловањем других фактора. На основу добијеног модела може се извршити процјена старости стабла уз стандардну грешку регресије од 19,9 година (табела 6).

Табела 6. Карактеристике регресије (функција 1)**Table 6** Characteristics of regression (Function 1)

| Коефицијенти регресије/ Coefficients of regression | Стандардна грешка коефицијента/ Standard error of the coefficient | t | p | S_t (god.) | R | R ² | F | p | n | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----------------|------|----------------|------|-------|--------|-----|
| A | 22.021 | 6,906 | 3,19 | 0,00 | | | | | | |
| B | 26.960 | 3,646 | 7,40 | 0,00 | 19,9 | 0,75 | 0,56 | 45,95 | 0,0000 | 150 |
| C | 0.853 | 0,160 | 5,35 | 0,00 | | | | | | |

Легенда: p – вриједност; S_t - стандардна грешка регресије; R – коефицијент корелације, R² – коефицијент детерминације; n – број стабала у узорку

Legend: p - value; S_t - standard regression error; R - coefficient of correlation, R² - coefficient of determination; n - the number of trees in the sample

Према приносним таблицама (Hausser, K., 1956), у једнодобим састојинама јеле третираним умјереном проредом, средњи пречник састојине од 30 cm на првом бонитету станишта достиже се у старости од 78 година, а на трећем бонитету у старости од 116 година, односно потребан је временски период дужи за 38 година. Према добијеном моделу (функција 1), за постижање истог пречника у састојини на трећем бонитету у односу на састојину на првом бонитету станишта, потребан је, у просјеку, временски период дужи за 54 године.

4. ЗАКЉУЧЦИ

На планини Борја, смјештеној у сјеверном дијелу средње Босне, између ријека Велике и Мале Усоре, јављају се мјешовите састојине јеле и букве и чисте састојине јеле, које су представљале предмет овог истраживања. Број стабала по хектару у истраживаним разнодобним састојина креће се у интервалу од 392 до 732, односно број стабала јеле је у интервалу од 200 до 604. Пречник аритметички средњег стабла по пресеку за јелу је у интервалу 22,8 cm до 39,3 cm. Дебљинска структура значајно одступа од дебљинске структуре карактеристичне за преборне састојине, а такође и од дебљинске структуре карактеристичне за једнодобне састојине. На свим огледним површинама недовољан је број стабала у најтањем дебљинском степену, а евидентно је и да изостају и најдебља стабла, с обзиром на дефинисане пречнике сјечиве зрелости, што се одражава и на старосну структуру састојина. Просјечна старост избушених стабала јеле (стабала у узорку) је у интервалу од 62 до 110 година (старост утврђена на висини од 1,3 m – „развојна старост“). Просјечна старост стабала првог биолошког разреда налази се у интервалу од 74 до 124 године, другог у интервалу од 56 до 102, а трећег у интервалу од 47 до 108 година. Варирање старости стабала, по огледним површинама, креће се у интервалу од 11% до 34%.

Најхомогенија састојина у погледу старости стабала је на огледној површини 10 (11%), а најхетерогенија на огледној површини 13 (34%). Варирање старости стабала првог биолошког разреда, по огледним површинама је у интервалу од 4% (ОП 10) до 28% (ОП 13). Овај однос у погледу старости стабала може се довести у везу са диференцирањем стабала у погледу дебљине.

На огледној површини 10 је најмање, а на огледној површини 13 највише изражено диференцирање стабала у погледу дебљине.

Полазећи од утврђених старости по биолошким разредима и расподјеле броја стабала по биолошким разредима у састојини, пондерисаном средњом утврђена просјечна старост стабала је у састојинама креће се у интервалу од 63 до 110 година. Анализа варијансе показала је да постоји статистички значајна разлика између огледних површина у погледу старости стабала је првог биолошког разреда па је примијењен и Duncan-ов тест који показује да се могу формирати двије хомогене групе. Састојине двије формиране групе се разликују у погледу бонитета станишта, што се може довести у везу са оваквим груписањем састојина у погледу старости стабала је првог биолошког разреда. Анализа зависности старости стабала је у састојини од осталих елемената раста стабла и састојине показала је да је најизраженија зависност старости стабла је од бонитета станишта састојине и пречника стабла, па је вишеструком регресионом једначином обухваћена зависност старости стабла је од наведених елемената. Регресија у цјелини и коефицијенти регресије статистички су значајни на нивоу $p < 0,01$. На основу добијеног модела може се извршити процјена старости стабла уз стандардну грешку регресије од 19,9 година.

ЛИТЕРАТУРА

- Beus, V. (1984): Vertikalno raščlanjenje šuma u svijetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji, Radovi LXXVI knjiga 23, Odjeljenje Prirodnih i matematičkih nauka ANUBiH (23-32)
- Božić, M., Čavlović, J., Goršić, E., Teslak, K. (2011): Dinamika uspostave preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku. Croatian Journal of Forest Engineering, 32 (1), Zagreb. (287-298)
- Bončina, A., Čavlović, J., Ćurović, M., Govedar, Z., Klopčić, M., Medarević, M. (2014) A comparative analysis of recent changes in Dinaric uneven-aged forests of the NW Balkans. Forestry, 87(1), (71-84)
- Бунушевац, Т. (1951): Гајење шума И, Научна књига, Београд. (419)
- Churski, M. (2006): Age structure and diameter distribution in a southern Swedish beech dominated landscape, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. (40)
- Dietz, H., Ullmann, I. (1997): Age determination of dicotyledonous perennials by means of annual rings: exception or rule? Annals of Botany 80: 377-379.
- Drinić, P., Matić, V., Pavlič, J., Prolić, N., Stojanović, O., Vukmirović, V., Koprivica, M. (1990): Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini, Šumarski fakultet, Sarajevo. (327)
- Hausser, K. (1956): Tannen-Ertragstafel. In: Schober, R. (ed) (1975): Ertragstafeln wichtiger Baumarten. J. D. Sauerländer's Verlag. (154)
- Korpeš, Š. (1996): Razvoj i struktura bukovo-jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom. Šumarski list, CXX, 3-4 (203-208)
- Kotar, M. (1987): Vrsta i kakvoća nekih važnijih informacija o staništima i sastojinama za potrebe uređivanja šuma, Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje br. 3; Zagreb. (177-194)
- Lukić, N., (1990): Utjecaj strukturnih promjena jednodobnih bukovih sastojina na visinski i debļinski prirast. Doktorska disertacija u rukopisu. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Matić, V. (1963): Osnovi i metod utvrđivanja normalnog sastava za preborne sastojine jele, smrče,

- bukve i hrasta na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu. (4 – 80)
- Motta, R., Berretti, R., Castagneri, D., Dukić, V., Garbarino, M., Govedar, Z., Lingua, E., Maunaga, Z., Meloni, F. (2011): Toward a definition of the range of variability of central European mixed Fagus–Abies–Picea forests: the nearly steady-state forest of Lom (Bosnia and Herzegovina), *Can. J. For. Res.* Vol. 41, Published by NRC Research Press, (1871 – 1884)
- Oliver, C.D., Larson, B.C., (1996): *Forest Stand Dynamics*. Wiley, New York, (520)
- Piovesan, G., Di Filippo, A., Alessandrini, A., Biondi, F., Schirone, B. (2005): Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth Fagus forest in the Apennines. *Journal of Vegetation Science* 16. (13-28)
- Pretzsch, H. (1997): Analysis of modeling of spatial stand structures: Methodological considerations based on mixed beech-larch in Lower Saxony. *Forest Ecology and Management* 97, (237-253)
- Stefanović, V. (1977): *Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije*. Zavod za udžbenike Sarajevo, Sarajevo (283)
- Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): *Ekološko vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine*, Sarajevo, Šumarski fakultet, Posebna izdanja br. 17, Sarajevo (1-51)
- Stokes, M.A., Smiley, T.L. (1968): *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago. (73)
- Svensson, J.S., Jøglum, J.K. (2001): Structure and dynamics of an undisturbed old-growth Norway spruce forest on the rising Bothnian coastline. *Forest Ecology and Management* 151. (67–79).

AGE STRUCTURE AND DIAMETER DISTRIBUTION OF FIR TREES (*Abies alba* Mill.)
IN UNEVEN-AGED STANDS IN THE BORJA MOUNTAIN AREA

Goran Jović
Vojislav Dukić
Zoran Govedar

Summary

The paper presents the research results on the age structure and diameter distribution of fir trees in Borja Mountain, Bosnia and Herzegovina. The required data were collected on five sample plots in uneven-aged stands. One sample plot is located in a pure fir stand and the other four in mixed stands of fir and beech dominated by fir. The number of trees per hectare in the investigated stands is in the range from 392 to 732, and the number of fir trees is in the range from 200 to 604. The quadratic mean diameter for the fir is in the range from 22.8 cm to 39.3 cm. The diameter distribution of the stands significantly deviates from the diameter distribution typical of selection stands, as well as from the diameter distribution typical of even-aged stands. In all sample plots, the number of trees in the smallest diameter classes is insufficient, and it is evident that the thickest trees are missing considering the defined diameter of crop maturity, which also affects the age structure of the stands. The sample is dominated by fir trees aged 70 to 90 years (the age at a height of 1.3 m - 'developmental age'), that is, the age of 41% of trees is in the specified range. The average age of fir trees in the sample plots is in the range from 63 to 110 years. The average age of fir trees by sample plots is in the range from 63 to 110 years. The analysis showed that the age of fir tree has the most pronounced dependence on the site quality class of the stand and the diameter of trees. Therefore, the multiple regression equation covered the dependence of the age of fir trees on the elements stated above. On the basis of the obtained model, an estimate of the age of trees can be made with a standard error of regression of 19.9 years.

