

VARIJABILITET TAKSACIONIH ELEMENATA STABLA I PLANIRANJE VELIČINE UZORKA ZA INVENTURU ČISTIH SASTOJINA HRASTA KITNJAKA

VARIABILITY OF TREE CHARACTERISTICS AND SAMPLE SIZE PLANNING FOR FOREST INVENTORY IN PURE SESSILE OAK STANDS

Vojislav Dukić¹, Branko Stajić²

¹ Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Stepe Stepanovića 75a, 78 000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

² Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11 000 Beograd, Srbija

* e-mail: vojislav.dukic@sfbf.org

Izvod

Šumske sastojine kao specifični skupovi, sa aspekta statistike i dendrometrije posmatraju se kao skupovi stabala ili kao skupovi elementarnih površina različitog oblika i veličine. Problem planiranja veličine uzorka za taksacionu procjenu šuma, svodi se prvenstveno na istraživanje varijabiliteta važnijih taksacionih elemenata u našim šumama. Kada su u pitanju zrele sastojine hrasta kitnjaka odnosno sastojine u kojima je potrebno započeti sa procesom obnove, za potrebe planiranja gazdovanja neophodna je visoka tačnost procjene zapremine. Potrebna je znatno veća tačnost procjene zapremine u odnosu na srednjedobne i mlade sastojine. Polazeći od podataka za 20 čistih sastojina hrasta kitnjaka, metodom višestruke regresije dobijen je model za procjenu koeficijenta varijacije zapremine stabla na osnovu broja stabala i temeljnice sastojine. Dobijeni model omogućava da se za traženu preciznost procjene u zrelim sastojinama hrasta kitnjaka planira potrebna veličina uzorka za inventuru sastojine.

Ključne riječi: hrast kitnjak, inventura šuma, preciznost, uzorak, varijabilitet

1. UVOD / INTRODUCTION

Na osnovu podataka Druge inventure šuma na velikim površinama provedene u Bosni i Hercegovini, u periodu od 2006. do 2009. godine, površina visokih šuma hrasta kitnjaka u Republici Srpskoj je 76 900 ha, a površina izdanačkih šuma hrasta kitnjaka je 180 700 ha. Površina izdanačkih šuma je znatno veća od površine visokih šuma. Udio visokih hrastovih šuma u ukupnoj površini visokih šuma u Republici Srpskoj je oko 10%, a izdanačkih u ukupnoj površini izdanačkih šuma oko 30%. U

državnom vlasništvu, prosječna zaliha ukupne drvene mase po hektaru u visokim šumama je 231,13 m³ a u privatnom 265,62 m³ odnosno prosječna zaliha u visokim šumama hrasta kitnjaka u Republici Srpskoj je 242,60 m³ po hektaru (Dukić, 2014).

Sa aspekta statistike i dendrometrije šumske sastojine kao specifični skupovi se posmatraju kao skupovi stabala ili kao skupovi elementarnih površina (različitog oblika i veličine),

odnosno preciznije rečeno kao skupovi veličina taksacionih elemenata (npr. broj stabala, temeljnica, zapremina itd.) na tim elementarnim površinama (Koprivica, 1999).

Istraživanje varijabiliteta taksacionih elemenata stabla (prečnik, visina, zapremina) i sastojine (broj stabala, temeljnica, zapremina i zapreminski prirast) značajan je pokazatelj homogenosti strukture sastojina. Rezultati istraživanja o veličini i strukturi taksacionih elemenata i prvenstveno o varijabilitetu (veličina i tok varijabiliteta) su od velikog značaja za planiranje veličine i tipa uzorka u inventuri šuma. Planiranje veličine uzorka je kompleksan problem jer su za postizanje iste preciznosti procjene moguća različita rješenja. U prilog tome idu brojna istraživanja (Stojanović, 1964; Matić, 1965, 1977; Stojanović & Drinić, 1974; Koprivica, 1984, 1999, 2004; Vedriš et al., 2009; Imdir & Novotny, 2011; Koprivica et al., 2012).

Kako navodi Koprivica (1984) problem planiranja veličine uzorka za taksacionu procjenu šuma, u ovo vrijeme, svodi se na istraživanje varijabiliteta važnijih taksacionih elemenata

u našim šumama. Istarajivanja varijabiliteta taksacionih elemenata u našim prilikama su veoma skupa i treba ih provoditi uz redovne inventarizacije šuma. Sljedeći korak se odnosi na studiju vremena potrebnog za izvođenje pojedinih planova uzoraka. Do optimalnog rješenja u pogledu potrebnog obima mjerenja za postizanje željene tačnosti, dolazi se kombinovanjem rezultata studije varijabiliteta i preciznosti procjene taksacionih elemenata sa studijom vremena.

Kada su u pitanju zrele sastojine hrasta kitnjaka (VII dobnog razreda) odnosno sastojine u kojima je potrebno započeti sa procesom obnovom, za potrebe planiranja gazdovanja neophodna je visoka tačnost procjene zapremine. Potrebna je znatno veća tačnost procjene zapremine u odnosu na srednjedobne i mlade sastojine.

Cilj ovog rada je utvrditi varijabilitet taksacionih elemenata stabla hrasta kitnjaka u zrelih čistim sastojinama i polazeći od toga odrediti veličinu uzorka za procjenu zapremine po hektaru i drugih taksacionih elemenata sastojine, s određenom tačnošću i sigurnošću.

2. MATERIJAL I METOD / MATERIAL AND METHOD

Potrebni podaci su prikupljeni postavljanjem privremenih oglednih površina na lokalitetima sa različitim stanišnim uslovima koji su odabrani tako da reprezentuju stanišne uslove zrelih čistih sastojina hrasta kitnjaka u Republici Srpskoj. Istraživanje je obavljeno na pet lokaliteta:

- Katunište (KA) se nalazi na Crnom Vrh u teritoriji opštine Banja Luka. Šuma kitnjaka i vrijesa (*Calluno-Quercetum petraeae* R.St. 1963) na luvisolu (duboko) i pseudogleju (duboko) na serpentinitu.
- Bandera (BA) se nalazi na Crnom Vrh u teritoriji opštine Čelinac. Tipična šuma kitnjaka (*Quercetum montanum illyricum* Stef. 1966) na distričnom kambisolu (srednje duboko, izražena skeletnost) na rožnjacima.
- Kozara Vrbaška (KV) se nalazi na sjevernim padinama planine Kozare (978 m n.v.) na teritoriji opštine Gradiška. Šuma kitnjaka sa vijukom šumskim (*Festuco drymeiae-Quercetum montanum* Jank. 1968) na distričnom kambisolu (srednje duboko/duboko) na pješčarima.
- Motajica (MO) se nalazi na južnim padinama planine Motajice (652 m n.v.) na teritoriji opštine Srbac. Šuma kitnjaka sa bekicom (*Luzulo-Quercetum montanum* /Knapp 1942/ Oberd. 1967) na luvisolu (srednje duboko/duboko) na granitu.
- Mala Ukrina (MU) nalazi se na planini Javorova (605 m n.v.) na teritoriji opštine Teslić. Šuma kitnjaka sa facijesima crnjuše (*Quercetum montanum serpenticum*

ericosum Čer. et Jov. 1951) na smeđem zemljištu (plitko/srednje duboko) na ser-pentinitu.

Na svakom lokalitetu, u četiri sastojine su postavljene ogledne površine (0,25 ha). Ukupno je postavljeno dvadeset oglednih površina odnosno uzorak za ovo istraživanje čine podaci za 20 sastojina. Utvrđena prosječna starost sastojina po lokalitetima odnosno ekološkim jedinicama je u intervalu od 122 godine na lokalitetu Bandera do 138 godina na lokalitetu Kozara Vrbaška, a prosječna starost istraživanih sastojina na svim lokalitetima je oko 130 godina, odnosno sastojine se nalaze u VII dobnom razredu (120–140 godina).

Na svakoj oglednoj površini izvršen je premer prečnika i visine stabala. Debljinski prirast utvrđen je na osnovu izvrtaka dobijenih postupkom bušenja svih stabala Preslerovim svrdlom na prsnoj visini. Zapremina i zapreminski prirast svakog stabla individualno utvrđen je primjenom dvoulaznih zapreminskih tablica u formi funkcija za drvenu masu iznad 3 cm (Špiranec 1975). Za obradu podataka primjenjene su statističke metode: deskriptivna statistika, metod regresije i korelacije i metod jednos-

tavnog uzorka (Hadživuković, 1991; Koprivica, 2015).

U ovom istraživanju korišten je pristup po kome se sastojina definiše kao skup stabala, odnosno korišten je pristup sličan pristupu koji su u svojim istraživanjima koristili Hlavček (1965) te Koprivica (1999).

Polazeći od formula za jednostavni slučajni uzorak (1) i (2) utvrđene su greške aritmetičke sredine osnovnih taksacionih elemenata stabla i sastojine (apsolutna i relativna):

$$m = \frac{SD}{\sqrt{n}} \cdot t \quad (1)$$

$$m_{\%} = \frac{CV}{\sqrt{n}} \cdot t \quad (2)$$

gdje je:

- t tablična veličina za broj grešaka sredine ($n - 1$ i $P = 95\%$),
- m apsolutna greška aritmetičke sredine (\pm , u mjernoj jedinici posmatranog obilježja),
- $m_{\%}$ relativna greška aritmetičke sredine (\pm , u %).

3. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

Po ekološkim jedinicama zapremine sastojina su u intervalu od 287,37 m³/ha na lokalitetu Mala Ukrina do 493,36 m³/ha na lokalitetu Motajica. Prosječna zapremina drvene mase u istraživanim sastojinama je 387,80 m³/ha. Prema koeficijentu varijacije zapremine po hektaru, određenom na bazi oglednih površina, najhomogenija je ekološka jedinica na lokalitetu Motajica (9,44%) a najheterogenije su ekološke jedinice na lokalitetima Kozara Vrbaška (15,96%) i Mala Ukrina (16,51%). Relativna greška procjene zapremine istraživanih sastojina, pri vjerovatnoći 95%, je $\pm 12,4\%$. Po ekološkim jedinicama relativne greške procjene zapremine sastojina su u intervalu od $\pm 15,0\%$ do $\pm 26,3\%$ (Tabela 1).

Po ekološkim jedinicama zapreminski prirast sastojina je u intervalu od 4,28 m³/ha na lokalitetu Bandera do 7,44 m³/ha na lokalitetu Motajica. Prosječni prirast oglednih površina je 5,60 m³/ha. Najveće variranje prirasta po oglednim površinama, izraženo koeficijentom varijacije je na lokalitetu Mala Ukrina (22,32%), a najmanje na lokalitetu Motajica (11,84%). Relativna greška procjene zapreminskog prirasta istraživanih sastojina, pri vjerovatnoći 95%, je $\pm 12,7\%$. Po ekološkim jedinicama relativne greške procjene zapreminskog prirasta sastojina su u intervalu od $\pm 18,8\%$ do $\pm 35,6\%$ (Tabela 1)¹.

¹ Razvojno-proizvodne karakteristike istraživanih sastojina, uključujući zapreminu i zapreminski prirast prikazane su u monografiji Kitnjakove šume Republike Srpske – stanje i modeli sastojina (Dukić, 2014).

Tabela 1. Mjere centralne tendencije i varijabiliteta zapremine i zapreminskog prirasta sastojina po ekološkim jedinicama / **Table 1.** The measures of central tendency and variability of volume and volume increment of stands according ecological units

| Statistički pokazatelji | Ekološka jedinica | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | KA | BA | KV | MO | MU | Sve | |
| n | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | |
| Zapremina sastojine | | | | | | | |
| As | (m ³ /ha) | 371,65 | 298,50 | 488,12 | 493,36 | 287,37 | 387,80 |
| CV | (%) | 12,69 | 13,97 | 15,96 | 9,44 | 16,51 | 26,55 |
| m | (m ³ /ha) | 75,00 | 66,30 | 124,00 | 74,10 | 75,50 | 48,20 |
| m _% | (%) | 20,20 | 22,20 | 25,40 | 15,00 | 26,30 | 12,40 |
| Zapreminski prirast sastojine | | | | | | | |
| As | (m ³ /ha) | 5,08 | 4,28 | 6,83 | 7,44 | 4,38 | 5,60 |
| CV | (%) | 15,36 | 14,68 | 13,18 | 11,84 | 22,32 | 27,14 |
| m | (m ³ /ha) | 1,20 | 1,00 | 1,40 | 1,40 | 1,60 | 0,70 |
| m _% | (%) | 24,40 | 23,4 | 21,0 | 18,80 | 35,60 | 12,70 |

Napomena. n - broj elemenata uzorka (sastojina); As - aritmetička sredina; CV - koeficijent varijacije; m - apsolutna greška aritmetičke sredine (\pm , u mjernoj jedinici posmatranog obilježja); m_% - relativna greška aritmetičke sredine (\pm , u %) / **Note.** n - number of sample elements (stands); As - arithmetic mean; CV - coefficient of variation; m - absolute error of arithmetic mean (\pm , in an observed character's unit of measure); m_% - relative error of arithmetic mean (\pm , u %)

Aritmetički srednji prečnik stabala u zrelih sastojinama hrasta kitnjaka je 35,45 cm, najveći je na lokalitetu Katunište 43,98 cm a najmanji na lokalitetu Bandera 29,42 cm. Srednja temeljnica stabala hrasta kitnjaka je 0,11 m², a po ekološkim jedinicama je u intervalu od 0,07 m² na lokalitetu Bandera do 0,16 m² na lokalitetu Katunište. Prosječna visina stabala je 23,3 m, po ekološkim jedinicama u intervalu od 18,48 m (Bandera) do 28,30 m (Katunište). Prosječna zapremina stabla je 1,41 m³, najveća prosječna zapremina stabla je na lokalitetu Katunište 2,4 m³, a najmanja na lokalitetu Bandera sa 0,77 m³. Prosječni zapreminski prirast stabla je 0,021 m³, najveći je na lokalitetu Katunište 0,033 m³ a najmanji na lokalitetu Bandera 0,011 m³ (Tabela 2).

U zrelih sastojinama hrasta kitnjaka najviše varira zapreminski prirast stabla sa koeficijentom varijacije 67,60%. Varijabilitet zapremine stabla izražena koeficijentom varijacije je 62,25%, a temeljnica stabla je 48,79%. Varijabilitet prečnika stabala iznosi 26,07%. Na-

jmanji je varijabilitet visine i iznosi 22,41%. Po ekološkim jedinicama, za posmatrane elemente rasta, najveći varijabilitet je na lokalitetu Bandera i Mala Ukrina a najmanji na lokalitetu Katunište (Tabela 2).

Dobijeni odnos varijabiliteta pojedinih elemenata rasta stabala je u skladu sa rezultatima istraživanja u visokim sastojinama bukve na području Sjevernog Kučaja i Boranje (Koprivica & Matović, 2006) osim kada je u pitanju odnos zapremine i zapreminskog prirasta. Za razliku od rezultata ovog istraživanja, u navedenom istraživanju u bukovim sastojinama, veće je variranje zapremine od zapreminskog prirasta.

Ranijim istraživanjima (Prodan, 1958; citirano kod Hlavaček, 1965) je utvrđeno da je koeficijent varijacije zapremine stabala, približno 2,5 puta veći od koeficijenta varijacije prečnika stabala u sastojini. Rezultati ovog istraživanja su to potvrdili. Utvrđeno je da je koeficijent varijacije zapremine veći za 2,4 puta (n = 1373).

Tabela 2: Varijabilitet taksacionih elemenata stabla hrasta kitnjaka / **Table 2.** Variability of sessile oak tree characteristics

| Ekološka jedinica | Statistički pokazatelji | Taksacioni elementi stabla | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|---------------------|-------|---------------------|----------------------------------|
| | | d (cm) | g (m ²) | h (m) | v (m ³) | i _v (m ³) |
| KA n = 155 | As | 43,98 | 0,16 | 28,30 | 2,40 | 0,033 |
| | Min | 27,40 | 0,06 | 14,30 | 0,46 | 0,007 |
| | Max | 61,95 | 0,30 | 39,00 | 5,66 | 0,129 |
| | SD | 6,69 | 0,05 | 3,56 | 0,89 | 0,017 |
| | CV (%) | 15,21 | 29,92 | 12,58 | 37,24 | 53,46 |
| MU n = 261 | As | 32,89 | 0,09 | 22,00 | 1,11 | 0,017 |
| | Min | 13,30 | 0,01 | 5,70 | 0,05 | 0,002 |
| | Max | 55,20 | 0,24 | 29,60 | 3,25 | 0,055 |
| | SD | 7,98 | 0,04 | 3,40 | 0,59 | 0,010 |
| | CV (%) | 24,27 | 45,78 | 15,47 | 53,43 | 55,86 |
| KV n = 284 | As | 38,82 | 0,12 | 24,61 | 1,72 | 0,024 |
| | Min | 5,50 | 0,00 | 4,50 | 0,01 | 0,001 |
| | Max | 63,00 | 0,31 | 32,00 | 4,67 | 0,072 |
| | SD | 8,73 | 0,05 | 4,16 | 0,85 | 0,013 |
| | CV (%) | 22,49 | 41,46 | 16,92 | 49,47 | 52,96 |
| MO n = 283 | As | 38,07 | 0,12 | 26,60 | 1,75 | 0,027 |
| | Min | 13,00 | 0,01 | 8,00 | 0,07 | 0,002 |
| | Max | 62,50 | 0,31 | 33,50 | 4,59 | 0,085 |
| | SD | 8,03 | 0,05 | 4,00 | 0,79 | 0,015 |
| | CV (%) | 21,10 | 39,20 | 15,03 | 44,88 | 54,46 |
| BA n = 390 | As | 29,42 | 0,07 | 18,48 | 0,77 | 0,011 |
| | Min | 9,50 | 0,01 | 5,00 | 0,02 | 0,001 |
| | Max | 47,00 | 0,17 | 26,00 | 2,17 | 0,040 |
| | SD | 7,45 | 0,03 | 3,83 | 0,43 | 0,006 |
| | CV (%) | 25,34 | 47,18 | 20,71 | 56,26 | 56,48 |
| Sastojine hrasta kitnjaka n = 1373 | As | 35,45 | 0,11 | 23,30 | 1,41 | 0,021 |
| | Min | 5,50 | 0,00 | 4,50 | 0,01 | 0,001 |
| | Max | 63,00 | 0,31 | 39,00 | 5,66 | 0,129 |
| | SD | 9,24 | 0,05 | 5,20 | 0,88 | 0,014 |
| | CV (%) | 26,07 | 48,79 | 22,41 | 62,25 | 67,60 |

Napomena. n - broj elemenata uzorka (stabala); As - aritmetička sredina; Min - minimalna vrijednost; Max - maksimalna vrijednost; CV - koeficijent varijacije / **Note.** n - number of sample elements (trees); As - arithmetic mean; Min - minimum; Max - maximum; CV - coefficient of variation

U Tabeli 3 prikazane su apsolutne i relativne greške procjene taksacionih elemenata stabla. U prosjeku najveća je greška procjene zapreminskog prirasta 6,73% (od 5,66% do 8,50%), potom slijede greške procjene zapremine 5,84% (od 5,28% do 6,55%), temeljnice 4,92% (od 4,61% do 5,61%) i prečnika 2,61% (od 2,42% do 2,97%). Najmanja je greška procjene visine stabla sa 1,95% (od 1,77% do 2,08%). Po ekološkim jedinicama najveće greške procjene prečnika, temeljnice i zapremine stabla su u ekološkoj jedinici na lokalitetu Mala Ukrina, a najmanje greške procjene temeljnice, visine i zapremine na lokalitetu Motajica. Najveća greška procjene zapreminskog prirasta je na lokalitetu Katunište, a najmanje na lokalitetu Bandera.

Ako relativnu grešku procjene prečnika stabla (najlakše mjerljivog taksacionog elemen-

ta stabla) uzmemo za bazu 1, tada se za ostale taksacione elemente dobivaju sljedeće veličine indeksa: za visinu 0,7, za temeljnicu 1,9, za zapreminu 2,2 i za zapreminski prirast 2,6.

Dobijeni odnos grešaka procjene pojedinih elemenata rasta stabala je u skladu sa rezultatima prethodnih istraživanja u visokim sastojinama bukve na području Sjevernog Kučaja i Boranje (Koprivica & Matović, 2006), osim kada je u pitanju odnos zapremine i zapreminskog prirasta, kao i kod koeficijenta varijacije. Dobijene greške procjene su znatno veće od grešaka koje su dobijene u ovom istraživanju i pored približno istog uzorka, što je i za očekivati jer su za razliku od jednodobnih sastojina u ovom istraživanju bile u pitanju raznodobne sastojine bukve.

Tabela 3. Greška procjene taksacionih elemenata stabla / **Table 3.** Error of assessment of tree characteristics

| Ekološka jedinica | Greška aritmetičke sredine | Taksacioni elementi stabla | | | | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|-------|---------------------|----------------------------------|
| | | d (cm) | g (m ²) | h (m) | v (m ³) | i _v (m ³) |
| KA | m | 1,064 | 0,007 | 0,566 | 0,142 | 0,003 |
| | m% | 2,42 | 4,76 | 2,00 | 5,92 | 8,50 |
| MU | m | 0,978 | 0,005 | 0,417 | 0,072 | 0,001 |
| | m% | 2,97 | 5,61 | 1,90 | 6,55 | 6,85 |
| KV | m | 1,026 | 0,006 | 0,489 | 0,100 | 0,002 |
| | m% | 2,64 | 4,87 | 1,99 | 5,81 | 6,22 |
| MO | m | 0,945 | 0,005 | 0,471 | 0,092 | 0,002 |
| | m% | 2,48 | 4,61 | 1,77 | 5,28 | 6,41 |
| BA | m | 0,747 | 0,003 | 0,384 | 0,043 | 0,001 |
| | m% | 2,54 | 4,73 | 2,08 | 5,64 | 5,66 |
| Prosjek | m | 0,952 | 0,005 | 0,465 | 0,090 | 0,002 |
| | m% | 2,61 | 4,92 | 1,95 | 5,84 | 6,73 |

Da bi se doveo u vezu varijabilitet zapremine stabla i struktura sastojine utvrđen je, metodom višestruke regresione analize, uticaj broja stabala i veličine temeljnice sastojine po hektaru na koeficijent varijacije zapremine stabla u sastojini. Primijenjen je model (3).

$$CV_v = a + bN + cN^2 + dG + eG^2 \quad (3)$$

Utvrđeni parametri jednačine regresije prikazani u Tabeli 4, pokazuju da postoji značajan uticaj odabranih taksacionih elemenata sastojine na varijabilitet zapremine stabla.

Koeficijent korelacije (0,86) odnosno koeficijent determinacije (0,74) pokazuju da postoji značajna zavisnost i dobijeni model višestruke regresije može se upotrijebiti za procjenu var-

ijabiliteta zapremine stabla. Regresija u cjelini kao i svi koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou rizika $p < 0,01$ odnosno $p < 0,05$.

Tabela 4. Parametri regresije (zapremina stabla) / **Table 4.** Regression parameters (tree volume)

| Koeficijenti regresije | Vrijednost koeficijenta | Standardna greška koeficijenta | t | p | R | R ² | S _e | p | n |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|----------|------|----------------|----------------|--------|----|
| a | 83,99319 | 34,47240 | 2,43653 | 0,027766 | | | | | |
| b | 0,32916 | 0,10336 | 3,18467 | 0,006154 | | | | | |
| c | -0,00039 | 0,00018 | -2,14631 | 0,048614 | 0,86 | 0,74 | 5,57 | 0,0003 | 20 |
| d | -5,94236 | 2,27939 | -2,60699 | 0,019821 | | | | | |
| e | 0,08679 | 0,03775 | 2,29875 | 0,036312 | | | | | |

Napomena. R - koeficijent korelacije; R² - koeficijent determinacije; S_e - standardna greška procjene; p - nivo pouzdanosti / **Note.** R - coefficient of correlation; R² - coefficient of determination; S_e - standard error of the estimate; p - confidence level

Polazeći od dobijenog modela višestruke regresije i prosječnog broja stabala i temeljnice po hektaru u uzorku (274,6 i 29,06), formirane su jednačine neto regresije (4) i (5), odnosno neto uticaja posmatranih taksacionih elemenata na varijabilitet zapremine stabla.

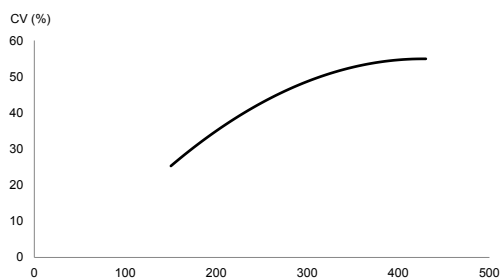
$$CV_v = -15,4038 + 0,32916N - 0,00039N^2 \quad (4)$$

$$CV_v = 145,3408 - 5,94236G + 0,08679G^2 \quad (5)$$

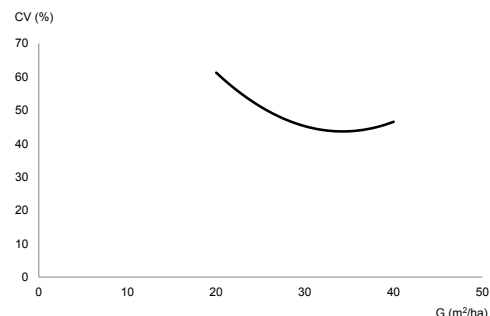
Dobijeni uticaj prikazan je na Slikama 1 i 2. Uticaj broja stabala na varijabilitet zapremine stabla je vrlo izražen. Sa povećanjem broja stabala (uz nepromjenjenu temeljnicu) povećava

se i koeficijent varijacije zapremine. Uticaj temeljnice je takođe izražen ali za razliku od broja stabala sa povećanjem temeljnice, uz nepromjenjeni broj stabala, opada koeficijent varijacije zapremine stabla do vrijednosti temeljnice 34 m²/ha, a dalje povećanje temeljnice prati povećanje koeficijenta varijacije zapremine stabala.

Koprivica (1999) je za potrebe planiranja veličine uzorka za procjenu zapremine vještački podignutih sastojina crnog bora, utvrdio zavisnost koeficijenta varijacije zapremine stabala od srednjeg prečnika i broj stabala po hektaru.



Slika 1. Neto uticaj broja stabala po hektaru na koeficijent varijacije zapremine stabla hrasta kitnjaka / **Figure 1.** The influence of the number of trees per hectare on the coefficient of variation of volume of sessile oak trees



Slika 2. Neto uticaj temeljnice sastojine na koeficijent varijacije zapremine stabla hrasta kitnjaka / **Figure 2.** The influence of the basal area of stands on the coefficient of variation of volume of sessile oak trees

Koeficijent varijacije zapremine stabla, u zavisnosti od prosječnog broja stabala i prosječne temeljnice sastojine po hektaru prikazan je u Tabeli 5.

Tabela 5. Zavisnost koeficijenta varijacije zapremine stabla (%) od broj stabala po hektaru i temeljnice sastojine / **Table 5.** The dependence of the coefficient of variation of tree volume (%) of the number of trees per hectare and basal area of the stand

| N (stabala/ha) | G (m ² /ha) | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 |
| 120 | 34 | 29 | 25 | 22 | 20 | 18 | | | | | |
| 130 | 36 | 31 | 28 | 24 | 22 | 20 | | | | | |
| 140 | 38 | 34 | 30 | 27 | 24 | 22 | | | | | |
| 150 | 40 | 36 | 32 | 29 | 26 | 24 | | | | | |
| 160 | 43 | 38 | 34 | 31 | 28 | 27 | 25 | 25 | | | |
| 170 | 45 | 40 | 36 | 33 | 30 | 29 | 27 | 27 | | | |
| 180 | 46 | 42 | 38 | 35 | 32 | 30 | 29 | 29 | | | |
| 190 | 48 | 44 | 40 | 37 | 34 | 32 | 31 | 31 | | | |
| 200 | 50 | 45 | 42 | 38 | 36 | 34 | 33 | 33 | | | |
| 210 | 52 | 47 | 43 | 40 | 38 | 36 | 35 | 34 | 34 | | |
| 220 | 53 | 49 | 45 | 42 | 39 | 37 | 36 | 36 | 36 | | |
| 230 | 55 | 50 | 46 | 43 | 41 | 39 | 38 | 37 | 38 | | |
| 240 | 56 | 52 | 48 | 45 | 42 | 40 | 39 | 39 | 39 | | |
| 250 | 58 | 53 | 49 | 46 | 44 | 42 | 41 | 40 | 40 | | |
| 260 | 59 | 54 | 51 | 47 | 45 | 43 | 42 | 41 | 42 | 43 | |
| 270 | 60 | 56 | 52 | 49 | 46 | 44 | 43 | 43 | 43 | 44 | |
| 280 | 61 | 57 | 53 | 50 | 47 | 45 | 44 | 44 | 44 | 45 | |
| 290 | 63 | 58 | 54 | 51 | 48 | 46 | 45 | 45 | 45 | 46 | |
| 300 | | 59 | 55 | 52 | 49 | 47 | 46 | 46 | 46 | 47 | |
| 310 | | 60 | 56 | 53 | 50 | 48 | 47 | 47 | 47 | 48 | |
| 320 | | 61 | 57 | 54 | 51 | 49 | 48 | 48 | 48 | 49 | |
| 330 | | 61 | 58 | 54 | 52 | 50 | 49 | 48 | 49 | 50 | |
| 340 | | 62 | 58 | 55 | 52 | 51 | 50 | 49 | 49 | 50 | 52 |
| 350 | | | | 56 | 53 | 51 | 50 | 50 | 50 | 51 | 53 |
| 360 | | | | 56 | 54 | 52 | 51 | 50 | 51 | 51 | 53 |
| 370 | | | | 57 | 54 | 52 | 51 | 51 | 51 | 52 | 54 |
| 380 | | | | 57 | 54 | 53 | 51 | 51 | 51 | 52 | 54 |
| 390 | | | | 57 | 55 | 53 | 52 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| 400 | | | | | | 53 | 52 | 52 | 52 | 53 | 54 |
| 410 | | | | | | 53 | 52 | 52 | 52 | 53 | 55 |
| 420 | | | | | | 53 | 52 | 52 | 52 | 53 | 55 |
| 430 | | | | | | 53 | 52 | 52 | 52 | 53 | 55 |

Takođe je posmatran i uticaj taksacionih elemenata sastojine na varijabilitet zapreminskog prirasta stabla. Za razliku od izraženog uticaja posmatranih taksacionih elemenata na varijabilitet zapremine stabala, uticaj na varijabilitet zapreminskog prirasta stabla je znatno slabije izražen što pokazuju i parametri

regresije prikazani u Tabeli 6. Za utvrđivanje uticaja nezavisno promjenjivih, kao i u prethodnom slučaju korišćen je isti model. Uticaj faktora u modelu je izražen parabolom drugog reda (6).

$$CV_{lv} = a + bN + cN^2 + dG + eG^2 \quad (6)$$

Tabela 6. Parametri regresije (zapreminski prirast stabla) / **Table 6.** Regression parameters (tree volume increment)

| Koeficijenti regresije | Vrijednost koeficijenta | Standardna greška koeficijenta | t | P | R | R ² | S _e | p | n |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------|----------|------|----------------|----------------|-------|----|
| a | 43,34560 | 50,62414 | 0,856224 | 0,405345 | | | | | |
| b | 0,14617 | 0,15179 | 0,962974 | 0,350829 | | | | | |
| c | -0,00016 | 0,00026 | -0,621094 | 0,543862 | 0,51 | 0,26 | 8,2 | 0,312 | 20 |
| d | -1,09909 | 3,34738 | -0,328343 | 0,747191 | | | | | |
| e | 0,01607 | 0,05544 | 0,289806 | 0,775932 | | | | | |

Evidentno je da se dobijeni model ne može uspješno koristiti za procjenu varijabiliteta zapreminskog prirasta stabla na osnovu taksacionih elemenata sastojine.

U nastavku dajemo dva primjera za određivanje veličine uzorka potrebnog za procjenu zapremine zrelih sastojina hrasta kitnjaka, polazeći od procijenjenog koeficijenta zapremine stable po modelu (3) i željene tačnosti procjene. U zrelijim sastojinama hrasta kitnjaka Republike Srpske može se relativno jednostavno odrediti temeljnica i broj stabala po hektaru metodom relaskopije.

Primjer 1: Potrebno je odrediti veličinu uzorka (broj probnih površina) za premjer sastojine. Polazeći od toga da je $t = 2$, maksimalna relativna greška procjene zapremine $\pm 10\%$, površina sastojine 10 ha i veličina elementarne probne površine za inventuru sastojine 300 m², te da je u sastojini preliminarno procijenjeno da ima 250 stabala po ha i da je temeljnica 30 m²/ha. U Tabeli 5 očitava se koeficijent varijacije zapremine stabala:

$$CV = 42\%$$

Veličina uzorka, odnosno broj stabala koje treba premjeriti je²:

$$n = \frac{(t \cdot CV)^2}{100\%} = \frac{(2 \cdot 42)^2}{100\%} = 71$$

Intenzitet izbora je

$$i\% = \frac{n}{N \cdot P} \cdot 100 = \frac{71}{250 \cdot 10} \cdot 100 = 2,84\%$$

Površina koju treba premjeriti je

$$P = 10 \text{ ha} \cdot 0,0284 = 0,284 \text{ ha}$$

Pri veličini elementarne površine (kruga) $P_k = 300 \text{ m}^2$ ($r = 9,8 \text{ m}$) u sastojini treba postaviti sljedeći broj krugova (k):

$$k = P/P_k = 2840 \text{ m}^2/300 \text{ m}^2 = 9,5 \approx 10 \text{ krugova}$$

Kružne površine treba rasporediti u sastojini u kvadratnom rasporedu na rastojanju:

$$X = 100 \cdot \sqrt{\frac{P}{k}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{10}{10}} = 100 \text{ m}$$

Primjer 2: Potrebno je odrediti veličinu uzorka za premjer sastojine. Polazeći od toga da je $t = 2$, maksimalna relativna greška procjene zapremine $\pm 10\%$, površina sastojine 10 ha i veličina elementarne probne površine za inventuru sastojine 300 m², te da je u sastojini preliminarno procijenjeno da ima 270 stabala po ha i da je temeljnica 20 m²/ha.

² Dobijeni broj se odnosi na cijelu sastojinu.

U Tabeli 5 očita se koeficijent varijacije za-
premine stabala:

$$CV = 60\%$$

Veličina uzorka, odnosno broj stabala koje tre-
ba premjeriti je³:

$$n = \frac{(t \cdot CV)^2}{100\%} = \frac{(2 \cdot 60)^2}{100\%} = 144$$

Intenzitet izbora je

$$i\% = \frac{n}{N \cdot P} \cdot 100 = \frac{144}{270 \cdot 10} \cdot 100 = 5,33\%$$

4. ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Provedeno istraživanje varijabiliteta i pre-
ciznosti (tačnosti) procjene taksacionih ele-
menata stabla u čistim zrelim sastojina hrasta
kitnjaka (VII dobni razred), pokazalo je da od
osnovnih taksacionih elemenata stabla, na-
jviše varira zapreminski prirast stabla sa koeffi-
cijentom varijacije 67,60%. Varijabilitet za-
premine stabla izražen koeficijentom varijacije
je 62,25%, temeljnice stabla 48,79% i prečnika
26,07%. Najmanji je varijabilitet visine i iznosi
22,41%.

Metodom višestruke i neto regresije, anali-
ziran je uticaj broja stabala i temeljnice sas-
tojine na koeficijent varijacije zapremine sta-
bla u sastojini. Uticaj broja stabala sastojine
i temeljnice sastojine na varijabilitet zapremi-
ne stabla je značajan. Sa povećanjem broja
stabala varijabilitet se konstantno povećava,
dok sa povećanjem temeljnice do 34 m²/ha
naglo opada, dalje povećanje temeljnice pra-

Površina koju treba premjeriti je

$$P = 10 \text{ ha} \cdot 0,0533 = 0,533 \text{ ha}$$

Pri veličini elementarne površine (kruga) $P_k =$
300 m² ($r = 9,8 \text{ m}$) treba u sastojini postaviti
sljedeći broj krugova (k):

$$k = P/P_k = 5330 \text{ m}^2/300 \text{ m}^2 = 17,8 \approx 18 \text{ krugova}$$

Kružne površine treba rasporediti u sastojini u
kvadratnom rasporedu na rastojanju:

$$X = 100 \cdot \sqrt{\frac{P}{k}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{10}{18}} = 74,5 \text{ m} \approx 74 \text{ m}$$

ti i povećanje koeficijenta varijacije zapremi-
ne stabla.

U zrelim sastojinama hrasta kitnjaka Republike
Srpske može se relativno jednostavno odrediti
temeljnica i broj stabala po hektaru metodom
relaskopije, a na osnovu broja stabala i temel-
jnice primjenom dobijenog modela (3):

$$CV_r = 83,99319 + 0,32916N - 0,00039N^2 - 5,94236G + 0,08679G^2$$

može se procijeniti koeficijent varijacije za-
premine stabla.

Dobijeni model omogućava da se za traženu
preciznost procjene u zrelim sastojinama
hrasta kitnjaka planira potrebna veličina
uzorka za inventuru sastojine. Kada su u pi-
tanju zrele sastojine hrasta kitnjaka (VII dob-
nog razreda) odnosno sastojine u kojima je
potrebno započeti sa procesom obnove, za
potrebe planiranja gazdovanja neophodna je
visoka tačnost procjene zapremine.

Literatura / References

- Dukić V. (2014). *Kitnjakove šume Republike Srpske – Stanje i modeli sastojina*. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci: 285 str.
- Hadživuković S. (1991). *Statistički metodi*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad: 583 str.
- Hlavaček S. (1965). Odhad rozsahu nahodueho vyberu pri stanoveni hmot smrkovych

porostu. *Sbornik Vedeckeho Lesnickeho Ustovu Visoke Školy Zemedelske v Praze* 8: 135–150.

- Indir K., Novotny V. (2011). Utjecaj veličine kružnih primjernih ploha na procjenu strukturnih elemenata odabranih lužnjakovih sastojina. *Šumarski list* 135(13): 211–221.

³ Dobijeni broj se odnosi na cijelu sastojinu.

- Koprivica M. (1984). Planiranje veličine uzorka za taksacionu procjenu šuma. *Šumarstvo i prerada drveta* 38(1–3): 55–64.
- Koprivica M. (1999). Planiranje veličine uzorka za procjenu zapremine vještački podignutih sastojina crnog bora. *Šumarstvo* 51(43–55).
- Koprivica M. (2004). Varijabilitet taksacionih elemenata i planiranje veličine uzorka za taksacionu procjenu šuma u Bosni i Hercegovini, Šumarski fakultet, Banja Luka: 196 str.
- Koprivica M. (2015). *Šumarska statistika*. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci: 382 str.
- Koprivica M., Matović B. (2006). Varijabilitet i preciznost procjene taksacionih elemenata stabla u visokim sastojinama bukve na području Severnog Kučaja i Boranje. *Zbornik radova Instituta za Šumarstvo u Beogradu* 54–55: 37–47.
- Koprivica M., Maunaga Z., Dukić V. (2012). Regression equations for planning and control sample for forest inventory in Bosnia and Herzegovina. U: *Proceeding of International Scientific Conference „Forestry science and practice for the purpose of sustainable development of forestry – 20 years of the Faculty of forestry in Banja Luka“*. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet: 403–414.
- Matić V. (1965). O planiranju i o snimanju u okviru uređivanja šuma. *Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo*, Posebno izdanje 4: 156 str.
- Matić V. (1977). Metodika izrade šumskoprivrednih osnova za šume u društvenoj svojini na području SR Bosne i Hercegovine. *Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo*, Posebno izdanje 12: 254 str.
- Stojanović O. (1964). Primjena reprezentativnog metoda pri taksacionoj procjeni šuma. *Narodni šumar* 18(11–12): 539–550.
- Stojanović O., Drinić P. (1974). Istraživanje veličine koncentričnih kružnih površina za taksacionu procjenu šuma. *Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu* 17(4–6): 5–34.
- Špiranec M. (1975). *Drvno gromadne tablice*. Radovi šumarskog instituta u Jastrebarskom 22: 262 str.
- Vedriš M., Jazbec A., Frntić M., Božić M., Goršić E. (2009). Preciznost procjene strukturnih elemenata bukovo-jelove sastojine ovisno o veličini kružnih primjernih ploha. *Šumarski list* 133(7–8): 369–379.

Summary

From the aspect of statistics and dendrometry, forest stands, as specific sets, are observed as sets of trees or sets of elementary areas of different shapes and sizes. Planning the sampling size for measurement of forest estimation elements is based on the variability study of major estimation elements in our forests.

Research variability of tree characteristics in pure mature sessile oak stands, showed that out of the basic tree characteristics, volume increment of trees has the highest variability. The height variability is the lowest.

In the mature sessile oak stands, i.e., stands where it is necessary to begin the process of re-establishment of forest cover, high accuracy of volume assessment is necessary. Greater accuracy of the estimate of mature stands volume is much more necessary than the estimate in the middle and young stands.

Starting from the data for 20 pure sessile oak stands (age class VII) and using the multiple regressions, the model for evaluating the coefficient of variation of tree volume was obtained. Based on the number of trees and the basal area of the stands, the coefficient of variation of tree volume is obtained. Starting from the regression model, it is possible to determine the necessary sample size for forest inventory, for the required accuracy of the estimate.

Keywords: forest inventory, precision, sample, sessile oak, variability