

КОМПАРАЦИЈА ТАЧНОСТИ РАЗЛИЧИТИХ МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ЗАПРЕМИНСКОГ ПРИРАСТА ВИСОКИХ РАЗНОДОБНИХ САСТОЈИНА БУКВЕ

МИЛОШ КОПРИВИЦА¹
БРАТИСЛАВ МАТОВИЋ²

Извод: У раду је истраживана тачност пет различитих метода за одређивање запреминског прираста високих разнодобних састојина букве у Србији. Четири метода су заснована на претходном одређивању дебљинског прираста стабала у састојини, а један метод на претходној процени процента запреминског прираста састојине на бази познавања четири релевантна таксациона елемента састојине. Коришћен је репрезентативни узорак од једанаест високих разнодобних састојина букве, одабраних у шест шумских подручја. У раду су кратко описани и илустровани сви примењени методи одређивања запреминског прираста састојине. За тестирање разлика у просечним вредностима запреминског прираста по хектару добијених за све састојине заједно по различитим методама примењен је метод анализе варијансе, а за сагласност између просечног запреминског прираста по хектару појединачних састојина одређеног по различитим методама, метод линеарне корелације. Методом анализе варијансе утврђено је да је разлика између метода на нивоу свих састојина заједно статистички случајна. Међутим, методом линеарне корелације утврђено је да на нивоу појединачних састојина постоји велика сагласност само између метода заснованих на дебљинском прирасту док метод процента запреминског прираста по тачности значајно одступа. Закључено је да метод процента запреминског прираста не би требало даље користити при одређивању запреминског прираста високих састојина букве у Србији, јер даје непоуздане податке за планирање газдовања. Метод се може евентуално применити само за грубу процену запреминског прираста газдинских класа или ширих категорија букових шума довољно велике површине.

Кључне речи: састојина букве, запремински прираст, методе прираста, анализа варијансе, линеарна корелација.

A COMPARISON OF THE ACCURACY OF DIFFERENT METHODS OF DETERMINING VOLUME INCREMENT OF HIGH UNEVEN-AGED BEECH STANDS

Abstract: This paper examines the accuracy of five different methods of determining the volume increment of high uneven-aged beech stands in Serbia. Four methods are based on the previous determination of diameter increment of the stand trees and one method on the previous estimate of volume increment percentage based on the values of four relevant forest estimation elements. We used a representative sample of eleven high uneven-aged beech stands, selected in six forest areas. This paper briefly describes and illustrates all the applied methods of determining the volume increment. The analysis of variance was used to test the difference in the mean increment per hectare obtained for all stands together using various methods and linear correlation was applied to test the correlation between the mean volume increment per hectare of individual stands by various methods. The analysis of variance

1 др Милош Копривица, ред. проф. у пензији, Београд

2 др Братислав Матовић, научни сарадник, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад

showed that the difference between the methods used for all stands together was statistically random. However, the method of linear correlation found that at the level of individual stands there was a strong correlation only between the methods based on diameter increment while the method of volume increment percentage showed significant differences in accuracy. It can be concluded that the method of volume increment percentage should no longer be used in determining the volume increment of high beech stands in Serbia, because it provides unreliable data for management planning. The method can be possibly applied for rougher volume increment estimates of management classes or broader categories of beech forests of larger area .

Keywords: beech stand, volume increment, increment methods, analysis of variance, linear correlation.

1. УВОД

За одређивање запреминског прираста састојине постоје бројне методе. Циљ сваког метода је да буде ефикасан, што значи да буде истовремено прецизан и економичан. Све методе могу се поделити с различитих аспеката, али су кључни састојински облик односно структурна изграђеност састојине (једнодобне, разnodобне или пребирне) и узгојни облик састојине (високе, изданачке, културе). За одређивање запреминског прираста састојина у нашој пракси уређивања шума најчешће се користио само један премер (на бази пречника стабала у моменту мерења и њиховог дебљинског прираста за последњих десет година).

Клерас, D. (1961) све директне методе за одређивање запреминског прираста састојине разврстава у четири групе: (1) прирасно-приходне таблице, (2) методе извртака, (3) контролни метод и (4) остале методе. Као најчешће коришћене, методе извртака даље дели на: (а) методе апсолутног прираста, (б) методе процента прираста и (в) методе прелажења стабала из једног дебљинског степена у други. Прва група метода даље је подељена на две подгрупе: (а₁) методе које оперишу са дебљинским прирастом и (а₂) методе које оперишу са временом прелаза.

Велики значај запреминског прираста састојине у шумарству јасно потврђује следећи навод „Зайремински йрираси сасйојине је један од њених најважнијих сйрукйурних елеменайа. Истйовремено је индикайор виийалности сасйојине и елементй йреко чије величине се рефлекйује усйешности већине йаздинских йосйууака сйроведених у сасйојини. Истйо йако, заједно са зайремином сасйојине йредсйавља основ за калкулисање йриноса йо бројним методима“ (Банковић, С. et al. 2000, стр. 22). У цитираном раду аутори су за подручје Србије утврдили регресионе моделе за одређивање процента запреминског прираста састојина букве и храста китњака, које су предложили за примену у пракси уређивања шума. У другим радовима то је урађено и за остале економски најважније врсте дрвећа. Тако је метод дебљинског прираста који се дуго користио у пракси уређивања шума у Србији замењен методом процента запреминског прираста. За метод процента запреминског прираста цитирани аутори наводе и следеће: „Један од методу који у себи садржи минимум йоменууиых недосйауака (изузетйно је економичан, даје резулйауе задовољавајуће йачносйи, а и моуће йа је йримениуи у

различитим састојинским ситуацијама) је метод процена зајреминског прираста“ (Банковић, С. et al. 2000, стр. 22).

Генерално, у дендрометрији су познати недостаци и предности различитих метода за одређивање запреминског прираста састојине. Сматра се да је метод дебљинског прираста један од најтачнијих док метод процента запреминског прираста спада у мање тачне методе. Међутим, чињеница је да се применом метода процента прираста избегава бушење (оштећивање) стабала што је неопходно код метода дебљинског прираста. Према томе, метод процента прираста је економичнији од метода дебљинског прираста, али је истовремено и мање прецизан, јер је претходно потребно довољно тачно утврдити запремину састојине по хектару и, наравно, проценат запреминског прираста. Због тога, увек је оправдано питање да ли је постигнута прецизност процене запреминског прираста применом метода процента запреминског прираста довољна, односно да ли овај метод заиста „*даје резултате задовољавајуће тачности*“ као што тврде аутори у раду Банковић, С. et al. (2000).

У шумама букве, због њиховог еколошког и привредног значаја, као и изузетно хетерогеног стања у погледу станишних и састојинских карактеристика и специфичних узгојних потреба, информације о прирасту су од посебног значаја (Вучковић, М., Стајић, Б., 2003).

У овом истраживању извршена је компарација тачности пет метода за одређивање запреминског прираста високих разнодобних састојина букве на подручју Србије. Прва четири метода су заснована на дебљинском прирасту стабала, а пети метод на проценту запреминског прираста састојине.

Задатак овог истраживања је да се упореди тачност (прецизност) различитих метода за одређивање запреминског прираста састојине, а циљ рада да се добије поуздан одговор на питање да ли је примена метода процента запреминског прираста на нивоу састојине оправдана.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Материјал за ово истраживање прикупљан је од 2005. до 2007. године за потребе пројекта „*Метод процене квалитетна и сортиментне структуре високих састојина букве у Србији*“ који је реализовао Институт за шумарство у Београду. Објекат истраживања чинило је једанаест високих састојина букве које су изабране стручно у шест шумских подручја, односно у девет газдинских јединица. Циљ је био да узорак изабраних састојина што боље репрезентује високе букове шуме у Србији. Карактеристике истраживаних састојина наведене су детаљно у више радова (Корџица, М. et al., 2010а, 2010б, 2012, 2013а, 2013б., Матовић, Б., 2012).

Опште карактеристике истраживаних састојина букве и величина коришћених узорака дате су у табели 1, а њихове таксационе карактеристике у табели 2.

У раду Матовић, Б. (2012) детаљно је истраживана дебљинска, висинска, старосна и просторна структура свих једанаест састојина букве. Закључено је да су све састојине хетерогене структуре и да су разнодобне.

Историјски посматрано, то су природне букове шуме настале превођењем некадашњих прашума у привредни облик шуме, применом стаблмичног и групимичног пребирања (Miletić, Ž., 1950; Milin, Ž., 1954, 1965, 1988). Стојановић, Љ., Крстић, М. (2003) наводе да природно обнављање у буковим шумама се најчешће одвија стихијски и случајно, пре свега благодарећи повољним условима средине подручја Србије.

Табела 1. Опште карактеристике истраживаних високих састојина букве
Table 1. General characteristics of the studied high beech stands

Локалитет	Састојина	Површина састојине (ha)	Надмор. висина (m)	Склоп састојине	Бонитет	Број пробних површина	Број премерених стабала
Хомољске планине	33a	22,7	400-540	0,90	II	23	315
Кучајске планине	42a	17,9	920-990	0,87	III	18	289
Кучајске планине	42b	10,4	980-1040	0,84	III/IV	10	154
Источна Борања	122a	29,5	690-830	0,86	I/II	29	310
Западна Борања	27a	20,2	480-630	0,85	II	20	259
Чемерник-Острозуб	31a	31,6	880-1060	0,69	II	32	482
Кукавица	46a	28,3	780-1030	0,87	II/III	28	419
Јавор	8a	16,5	1270-1380	0,75	II/III	16	282
Јавор	8b	9,8	1250-1330	0,91	II/III	10	241
Жељин	44a	22,6	1000-1170	0,94	I/II	23	340
Јастребац	116a	32,3	530-670	0,83	II/III	33	520

Табела 2: Таксациони елементи истраживаних високих састојина букве
Table 2. Forest estimation elements of the studied high beech stands

Таксациони елемент	Састојина										
	33a	42a	42b	122a	27a	31a	46a	8a	8b	44a	116a
N (kom/ha)	274	321	308	214	259	301	298	353	482	294	314
G (m ² /ha)	33,4	31,7	31,5	29,0	23,1	21,5	23,2	30,8	29,4	31,1	22,2
V (m ³ /ha)	522,5	379,6	333,2	503,6	353,7	290,9	316,0	385,1	360,9	502,0	289,8
Iv (m ³ /ha)	8,60	6,61	4,96	10,49	8,03	6,36	10,07	8,92	6,70	9,23	8,03
Dg (cm)	39,4	35,4	36,1	41,6	33,7	30,2	31,5	33,3	27,9	36,7	30,0
HL (m)	31,0	24,5	21,7	33,7	30,2	28,0	27,5	25,9	24,6	32,1	26,7

Напомена: У истраживаним састојинама букве удео осталих врста дрвећа је јако мали и исказан је заједно са буквом. Запремина (V) и запремински прираст (I_v) састојина букве утврђени су по најтачнијем методу (Метод 1).

За одређивање текућег запреминског прираста истраживаних састојина букве у овом раду примењено је пет метода:

Метод 1. Овај метод се већ дуго примењује у БиХ и описан је у литератури као метод професора Матића. Матићев метод (Matić, V., 1964) се заснива на одређивању запреминског прираста појединачних стабала по једном сантиметру њиховог дебљинског прираста. По овом методу на бази двоулазних запреминских таблица професора Мирковића (Mirković, D., 1969) утврђене су регресионе једначине за одређивање запреминског прираста стабла букве у Србији (Koprivica, M., Matović, B., 2005). С обзиром да је за примену ових регресионих једначина, поред дебљинског прираста, потребно и познавање бонитета станишта, бонитет је одређен одвојено за сваку пробну површину постављену у састојини.

Метод 2. Ради се исто о Матићевом методу само што се бонитет станишта за букву одређује не појединачно за сваку пробну површину у састојини, већ за састојину у целини (као просечни бонитет).

Метод 3. Овај метод је примењиван у Србији и описан је у литератури као метод професора Мирковића (Mirković, D., 1969). Мирковићев метод се примењује на груписане податке. Стабла се по дебљини групишу у дебљинске степене ширине 5 cm, а потребно је познавати и изравнати дебљински прираст стабала чији пречник одговара средини дебљинског степена. Користе се уређајне тарифе за букву у Србији (Mirković, D., 1969) и разлика у запремини стабла два суседна дебљинска степена (ширине 5 cm).

Метод 4. Овај метод је развијен за пребирне састојине и описан је у литератури као Мајеров метод диференције (Клерас, D. 1961; Mirković, D., 1972; Pranjić, A., Lukić, N., 1997). Претходно описани Мирковићев метод је уствари модификација Мајеровог метода. Разлика је само у томе што Мајер за утврђивање диференције у запремини користи запремину стабала у два суседна дебљинска степена (непосредно вишег и непосредно нижег степена - укупне ширине 10 cm) у односу на дебљински степен за који се утврђује запремински прираст стабала.

Метод 5. Овај метод је описан у литератури као метод Катедре за уређивање шума Шумарског факултета у Београду (Банковић, С. *et al.*, 2000). Заснован је на регресионим једначинама за одређивање процента запреминског прираста састојине (p_{iv}) на бази познавања таксационих елемената састојине: N - број стабала по хектару одговарајуће врсте дрвећа, d - пречник средњег састојинског стабла по пресеку, h - висина средњег састојинског стабла по пресеку и s - учешће врсте дрвећа у смеси (по запремини).

У даљем излагању сви методи (1-5) илустровани су на примеру за једну састојину букве.

По свим претходним методама утврђује се само запремински прираст дрвета, без запреминског прираста коре. Да би се укључио и запремински прираст коре треба утврђени запремински прираст дрвета множити са одговарајућим коефицијентом. Међутим, у пракси уређивања шума текући запремински прираст коре се најчешће и не рачуна, односно занемарује се на рачун коефицијента сигурности у обрачуна прираста (Клерас, D., 1961).

Применом наведених метода за одређивање запреминског прираста

ка била је исто 315 стабала, а примењена је парабола другог реда. Добијени су следећи резултати:

$$i_d = -0,000174d^2 + 0,020096d - 0,160926$$

$$s_e = 0,13 \text{ cm}, r^2 = 0,445$$

Метод 1 илустрован је на подацима за пробну површину 1, за коју је утврђен тарифни низ 4, односно бонитет станишта II/III (табела 4).

Табела 4. Поступак рачунања запремине и запреминског прираста букве за пробну површину 1

Table 4. Calculation of beech volume and volume increment for sample area 1

d_i	h_i	v_i	$v_i \times 20$	i_v (по 1 cm i_d)	i_d	$i_v \times i_d$	$i_v \times i_d \times 20$
39,9	29,4	1,657226	33,144519	0,099543	0,37	0,036831	0,736620
60,1	29,6	4,315311	86,306224	0,160192	0,13	0,020825	0,416498
36,2	26,4	1,299838	25,996765	0,087954	0,39	0,034302	0,686041
15,2	21,3	0,120876	2,417524	0,020569	0,09	0,001851	0,037025
79,5	31,2	7,989851	159,797020	0,216525	0,40	0,086610	1,732200
28,1	26,6	0,677446	13,548910	0,062471	0,27	0,016867	0,337342
39,8	28,5	1,642099	32,841971	0,099082	0,37	0,036660	0,733206
13,4	11,3	0,086260	1,725208	0,014536	0,02	0,000291	0,005815
62,9	28,9	4,779482	95,589638	0,168416	0,58	0,097681	1,953628
53,7	30,4	3,333978	66,679554	0,141103	0,61	0,086073	1,721457
11,1	7,8	0,057868	1,157354	0,006764	0,03	0,000203	0,004058
52,5	29,7	3,171966	63,439318	0,137676	0,16	0,022028	0,440563
492,2	301,1	29,132200	582,644006	1,214831	3,42	0,440223	8,804452

На исти начин израчуната је запремина и запремински прираст за остале 22 пробне површине, а затим добијен просек по хектару за састојину на бази 23 пробне површине (табела 6).

Метод 2 илустрован је на подацима за састојину 33а. За састојину је примењен исти поступак као у Методу 1, с том разликом што је овде за сваку пробну површину узет исти - просечни тарифни низ (3), односно просечни бонитет станишта (II). Резултати су приказани опет за пробну површину 1 (табела 5).

На исти начин израчуната је запремина и запремински прираст за остале 22 пробне површине, а затим добијен просек по хектару за састојину на бази 23 пробне површине (табела 6).

Табела 5. Поступак рачунања запремине и запреминског прираста букве за пробну површину 1

Table 5. Calculation of beech volume and volume increment for sample area 1

d_i	h_i	v_i	$v_i \times 20$	i_v (по 1 cm i_d)	i_d	$i_v \times i_d$	$i_v \times i_d \times 20$
39,9	29,4	1,814936	36,298719	0,109138	0,37	0,040381	0,807622
60,1	29,6	4,730211	94,604218	0,175675	0,13	0,022838	0,456755
36,2	26,4	1,423166	28,463317	0,096380	0,39	0,037588	0,751766
15,2	21,3	0,137291	2,745811	0,021795	0,09	0,001962	0,039231
79,5	31,2	8,758767	175,175338	0,237346	0,40	0,094938	1,898766
28,1	26,6	0,741770	14,835405	0,068261	0,27	0,018430	0,368608
39,8	28,5	1,798350	35,966994	0,108631	0,37	0,040193	0,803867
13,4	11,3	0,100740	2,014805	0,015079	0,02	0,000302	0,006032
62,9	28,9	5,239217	104,784350	0,184679	0,58	0,107114	2,142282
53,7	30,4	3,653953	73,079055	0,154765	0,61	0,094407	1,888131
11,1	7,8	0,071674	1,433486	0,006417	0,03	0,000193	0,003850
52,5	29,7	3,476255	69,525094	0,151008	0,16	0,024161	0,483226
492,2	301,1	31,946330	638,926590	1,329174	3,42	0,482507	9,650136

Табела 6. Запремина и запремински прираст за пробне површине и састојину букве 33а

Table 6. Volume and volume increment for sample areas and beech stand 33a

Број пробне површине	Метод 1			Метод 2		
	Тарифни низ	Запремина (m ³ /ha)	Запремински прираст (m ³ /ha)	Тарифни низ	Запремина (m ³ /ha)	Запремински прираст (m ³ /ha)
1	4	582,644006	8,804452	3	638,926590	9,650136
2	5	483,830219	9,760344	3	593,565680	11,711695
3	1	336,890018	6,959509	3	286,865149	5,949432
4	4	631,633665	8,405496	3	692,354518	9,217484
5	4	302,865289	7,410294	3	332,777423	8,095079
6	2	660,172882	12,317149	3	607,468659	11,336888
7	3	711,757626	10,941448	3	711,757626	10,941448
8	5	401,170398	7,461539	3	487,511636	8,939094
9	3	662,506598	11,367757	3	662,506598	11,367757
10	1	810,837672	11,244273	3	690,851864	9,601336
11	3	516,579070	8,518564	3	516,579070	8,518564
12	2	453,184165	7,367654	3	416,579001	6,792097
13	3	434,514437	8,066442	3	434,514437	8,066442
14	4	373,441726	6,849881	3	409,513835	7,504370
15	2	298,680465	8,698566	3	275,731071	8,014260
16	2	309,619659	2,108633	3	285,196358	1,947255
17	2	477,318453	7,401364	3	439,993975	6,807688
18	3	469,613609	5,388818	3	469,613609	5,388816
19	2	745,539472	14,412001	3	686,825638	13,277152
20	1	505,850943	8,375808	3	431,006971	7,141750
21	2	875,002611	7,296201	3	806,020454	6,731427
22	3	438,135700	7,885571	3	438,135700	7,885571
23	2	536,263279	10,661622	3	493,781516	9,807069
-	2,74	522,523998	8,595795	3	513,394669	8,464905

По *Методу 1* просечна запремина састојине букве је процењена са грешком узорка +/- 70,75 m³/ha или 13,54% , а запремински прираст са грешком +/- 1,09 m³/ha или 12,68%. По *Методу 2* запремина састојине је процењена са грешком узорка +/- 65,92 m³/ha или 12,84% , а запремински прираст са грешком +/- 1,06 m³/ha или 12,52%. Истовремено, коефицијенти асиметрије и заобљености показали су да распореди елемената у узорцима по величини запремине и запреминског прираста не одступају значајно од нормалног распореда.

Метод 3 и *Метод 4* илустровани су на груписаним подацима по дебелинским степенима ширине 5 cm за састојину 33a (табела 7).

За *Метод 3* и *Метод 4* није могуће утврдити статистичку грешку узорка, јер су подаци груписани и може се само претпоставити да је грешка нешто већа од грешке утврђене за *Метод 1* и *Метод 2*. Ради се о истим подацима узорка, али се овде јавља и грешка од груписања података.

Табела 7. Запремина и запремински прираст састојине букве 33a, одређених по *Методу 3* и *Методу 4*

Table 7. Volume and volume increment of beech stand 33a, determined by using *Method 3* and *Method 4*

d_i (cm)	h_i (m)	v_i (m ³)	i_d (cm)	n_i (po ha)	v_i (m ³ /ha)	I_{vi} Metod 3	I_{vi} Metod 4
7,5	10,12	0,000780	-	-	-	-	-
12,5	16,53	0,087000	0,063	31,3	2,723	0,034	0,040
17,5	21,03	0,201463	0,137	46,1	9,285	0,145	0,203
22,5	24,14	0,407697	0,203	23,5	9,572	0,197	0,240
27,5	26,35	0,703791	0,260	30,4	21,420	0,469	0,539
32,5	27,97	1,087990	0,308	28,7	31,221	0,680	0,757
37,5	29,91	1,558698	0,348	19,1	29,819	0,627	0,683
42,5	30,17	2,114473	0,379	18,3	38,612	0,769	0,827
47,5	30,94	2,754034	0,401	10,4	28,738	0,535	0,570
52,5	31,57	3,476255	0,415	20,9	72,548	1,250	1,320
57,5	32,09	4,280167	0,419	13,9	59,550	0,938	0,965
62,5	32,53	5,164961	0,415	12,2	62,878	0,895	0,935
67,5	32,91	6,129981	0,403	7,8	47,974	0,608	0,633
72,5	33,23	7,174733	0,381	4,3	31,194	0,347	0,360
77,5	33,51	8,298876	0,351	2,6	21,649	0,206	0,213
82,5	33,76	9,502230	0,313	0,9	8,236	0,065	0,068
87,5	33,98	10,784770	0,265	2,6	28,134	0,177	0,183
92,5	34,17	12,146630	0,209	0,9	10,562	0,050	0,051
97,5	34,34	13,588000	-	-	-	-	-
-	-	-	-	273,9	514,142	7,991	8,606

Метод 5 илустрован је такође за састојину 33a. Примењен је регресиони модел процента запреминског прираста за букву у чистим и мешовитим састојинама (Банковић, С. *et al.*, 2000).

Коришћени регресиони модел је:

$$P_{iv} = 1,00757 N^{-0,11558} h^{0,08838} d^{-0,90925} s^{0,07056}$$

где је:

- P_{iv} - проценат запреминског прираста састојине,
- N - број стабала по хектару одговарајуће врсте дрвећа у састојини,
- d - пречник средњег састојинског стабла по пресеку,
- h - висина средњег састојинског стабла по пресеку, и
- s - учешће врсте дрвећа у смеси састојине (по запремини)

Таксациони елементи потребни за примену регресионог модела на састојину букве 33а су: $N = 274$, $d = 0,3942$ m, $h = 29,6$ m, $s = 1,00$. Израчунати проценат запреминског прираста је 1,656%.

Просечна запремина састојине 33а одређена по *Методу 1* као најтачнијем је 522,52 m³/ha, а запремински прираст 8,60 m³/ha. Према томе, запремински прираст састојине одређен помоћу процента запреминског прираста је 522,52 x 0,01656 = 8,65 m³/ha. Разлика у величини текућег запреминског прираста по *Методу 1* и *Методу 5* је у овом случају јако мала и износи + 0,58%.

Да је коришћена запремина састојине добијена по *Методу 2* или *Методу 3*, која је око 514 m³/ha, тада би запремински прираст састојине био 514 x 0,01656 = 8,51 m³/ha.

У оба случаја може се закључити да је *Метод 5* за тестирану састојину 33а дао довољно прецизну процену апсолутне величине текућег запреминског прираста. На жалост, ово није потврђено и у многим другим тестираним састојинама за које су одступања у односу на најтачнији метод била најчешће јако велика (табела 8).

Табела 8. Текући запремински прираст високих састојина букве одређен по Методу 5

Table 8. Current volume increment of beech high stands determined by using Method 5

Састојина	n	V	I_{vs}	P_s	N	h	d	S	P_p	I_{vp}	Разлика
		(m ³ /ha)	(m ³ /ha)	(%)	(ком.)	(m)	(m)	-	(%)	(m ³ /ha)	(%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
27a	20	350,00	7,92	2,263	259	27,20	0,3369	1,00	1,909	6,68	-15,66
122a	29	503,68	10,50	2,084	214	32,07	0,4157	1,00	1,630	8,21	-21,81
8a	16	385,19	8,92	2,317	353	24,90	0,3330	1,00	1,844	7,11	-20,29
8б	10	360,83	6,70	1,857	482	23,51	0,2789	1,00	2,082	7,51	+12,09
44a	23	502,25	9,24	1,840	296	28,68	0,3656	1,00	1,753	8,80	-4,76
116a	33	289,90	8,03	2,770	315	24,78	0,3462	1,00	1,806	5,24	-34,74
33a	23	522,52	8,60	1,645	274	29,60	0,3942	1,00	1,656	8,65	+0,58
42a	18	379,57	6,61	1,741	321	23,95	0,3545	1,00	1,758	6,67	+0,91
42б	10	333,22	4,96	1,488	308	20,25	0,3611	1,00	1,711	5,70	+14,92
31a	32	290,89	6,34	2,180	301	23,78	0,3020	1,00	2,047	5,95	-6,15
46a	28	316,03	10,06	3,184	299	24,01	0,3144	1,00	1,977	6,24	-37,97
Просек	22	383,65	8,27	2,155	298	26,50	0,3482	1,00	1,818	6,97	-15,72

Напомена: Подаци у колонама (3) - (9) одређени су по најтачнијем методу (Метод 1).

Резултати истраживања запреминског прираста високих састојина букве, који су изнети у табели 8, несумњиво потврђују да је регресиони модел процента запреминског прираста само формално прихватљив. Интересантно је упоређење основних статистичких показатеља за стварни (*Метод 1*) и процењени проценат запреминског прираста по *Методу 5* (регресионом моделу). За једанаест састојина стварни просечни проценат запреминског прираста је 2,12%, стандардна девијација 0,50%, коефицијент варијације 23,70% и распон варирања 1,49% – 3,18%, а просечни процењени проценат запреминског прираста по регресионом моделу је 1,83%, стандардна девијација 0,15%, коефицијент варијације 8,35% и распон варирања 1,63% – 2,08%. Поређењем добијених вредности види се да регресиони модел даје ниже вредности процента запреминског прираста од стварних вредности и да је варирање добијених процената за различите састојине приближно за три пута мање. Другим речима, процењени проценат запреминског прираста по регресионом моделу јавља се приближно као констатна вредност, без обзира на варирање одабраних независно променљивих у регресионом моделу. Коефицијент корелације између стварних и процењених вредности процента запреминског прираста у овом истраживању је само 0,41 и није статистички значајан ($p = 0,2118$).

Провера регресионог модела за процену процента запреминског прираста, односно касније и апсолутне величине прираста, извршена је на бази прецизно измерених података за 11 високих састојина букве, које су изабране у 6 шумаких подручја. Појединачна одступања по састојинама су негативног и позитивног предзнака, а крећу се максимално од -37,97% (састојина 46а) до +14,92% (састојина 42б). У 7 од 11 истраживаних састојина букве грешка је већа од +/- 10 %. Просечно одступање за све састојине букве заједно је -15,72% (табела 8).

3.2 Тестирање статистичког значаја разлике између текућег запреминског прираста састојина букве одређеног по различитим методама

Подаци за статистичку обраду и анализу дати су у табели 9.

Табела 9. Текући запремински прираст истраживаних састојина букве (m³/ha)
Table 9. Current volume increment of the studied stands (m³/ha)

Састојина	Узорак (n)	Метод 1	Метод 2	Метод 3	Метод 4	Метод 5
27а	20	7,92	7,70	7,31	8,01	6,68
122а	29	10,49	10,34	9,89	10,58	8,21
8а	16	8,92	9,01	8,33	9,18	7,11
8б	10	6,70	6,54	6,01	6,73	7,51
44а	23	9,24	9,50	9,02	9,80	8,80
116а	33	8,03	7,91	7,25	8,09	5,24
33а	23	8,60	8,46	7,99	8,61	8,65
42а	18	6,61	6,51	5,91	6,50	6,67
42б	10	4,96	5,16	4,87	5,38	5,70
31а	32	6,34	6,43	6,03	6,67	5,95
46а	28	10,06	9,82	9,25	10,24	6,24

Резлтати анализе варијансе дати су у табели 10.

Табела 10. Анализа варијансе текућег запреминског прираста истраживаних састојина букве

Table 10. Analysis of variance of the current volume increment of the studied beech

Извор варирања	Сума квадрата	Степен слободе	Средњи квадрат	F - количник	P -вероватноћа
Између метода	10,3858	4	2,59644	1,04	0,3975
Унутар метода	125,193	50	2,50387		
Укупно	135,579	54			

Анализа варијансе показује да је разлика између просечних величина текућег запреминског прираста (за свих једанаест састојина заједно) који је одређен по различитим методама статистички случајна, при вероватноћи 39,75%. Такође, и разлика између варијанси различитих метода је статистички случајна (вредност теста = 0,4438, вероватноћа да је разлика случајна = 0,7763), па је тако основни услов за извођење анализе варијансе (хомогеност варијанси) био испуњен. Међутим, Фридманов (Friedman) непараметарски тест анализе варијансе више зависних узорака (Ж и ж ић, М. *et al.*, 2000) који је примењен у прелиминарним истраживањима овог проблема, довео је до супротног закључка, тј. да је разлика између просечних величина текућег запреминског прираста (свих састојина заједно) који је одређен по различитим методама статистички значајна, на нивоу ризика 5%.

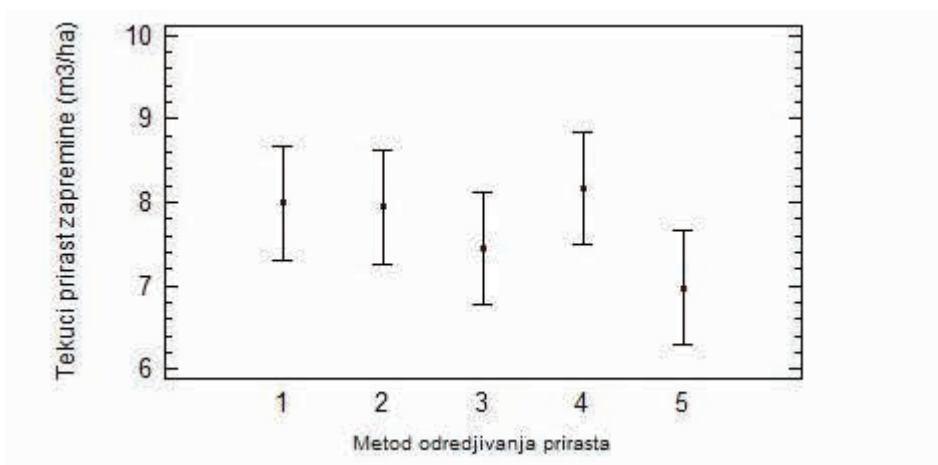
Тест најмање значајне разлике (NZR) све тестиране методе за одређивање текућег запреминског прираста састојине сврстава у једну хомогену групу (табела 11).

Табела 11. Тест најмање значајне разлике запреминског прираста састојина, при вероватноћи 95%

Table 11. Least significant difference test of the volume increment of the stands, at 95% probability

Примењени метод	Број састојина у узорку	Средња вредност прираста (m ³ /ha)	Хомогене групе
Метод 5	11	6,978	X
Метод 3	11	7,442	X
Метод 2	11	7,944	X
Метод 1	11	7,988	X
Метод 4	11	8,163	X

Подаци у табели 11. показују да *Метод 5* (метод процента запреминског прираста) даје најнижу вредност запреминског прираста свих састојина букве заједно (6,978 m³/ha), а *Метод 4* (Мајеров метод) највећу вредност запреминског прираста такође свих састојина заједно (8,163 m³/ha). Између Матићевог (*Метод 1*, *Метод 2*) и Мајеровог метода (*Метод 4*) нема битније разлике, док Мирковићев метод (*Метод 3*) даје ниже вредности од ових метода. Ови односи су јасно илустровани на графикону 1.



Графикон 1. Средње вредности запреминског прираста са 95% LSD интервалима
Graph 1. Mean values of volume increment at 95% LSD intervals

Уколико би истраживане састојине букве чиниле једну газдинску класу (површине око 240 ha) досадашње анализе показују да разлика између величина процењеног текућег запреминског прираста није статистички значајна.

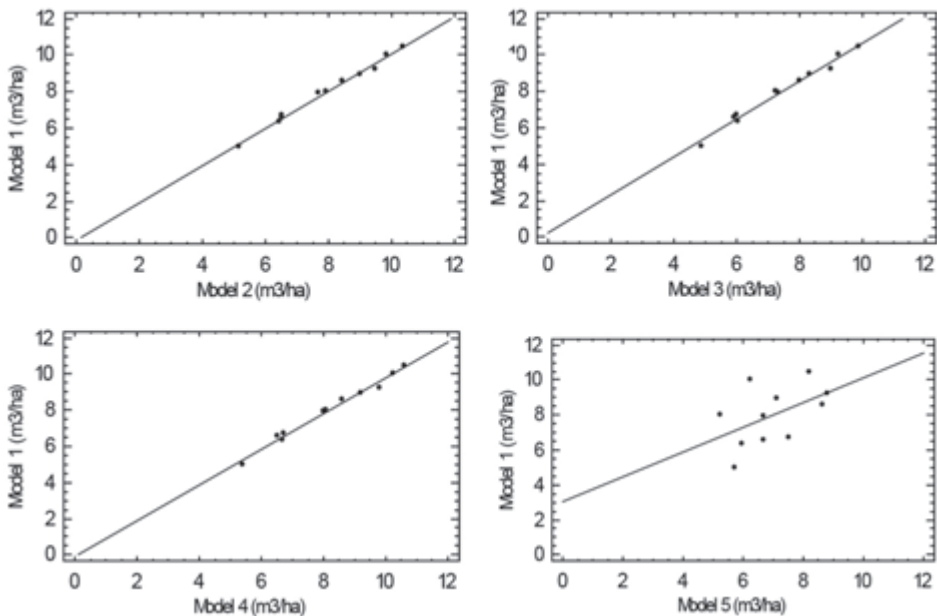
Међутим, с аспекта уређивања шума разлика између запреминског прираста газдинске класе одређеног по методу процента запреминског прираста (*Метод 5*) и најтачнијег метода (*Метод 1*) је велика и у овим случају износи око - 1,0 m³/ha или око - 15%. Може се претпоставити да би за газдинске класе високих букових шума са великом површином процена по методу процента запреминског прираста могла бити прихватљива као довољно тачна. Међутим, за појединачне састојине као што показују подаци у табели 8, метод процента запреминског прираста се не може успешно применити. Да би потврдили ову кључну констатацију за тестирање је примењен и *метод линеарне корелације* (Stojanović, O., 1974).

Резултати овог тестирања приказани су табеларно (табела 12) и графички (графикон 2).

Табела 12. Показатељи регресије и корелације тестираних метода одређивања запреминског прираста

Table 12. Parameters of regression and correlation of the tested methods for determining volume increment

у	х	Параметри линеарне везе		r	s _e	F (p)
		a	b			
Метод 1	Метод 2	-0,144834	1,02384	0,9950	0,1778	902,14 (0,000)
Метод 1	Метод 3	0,207399	1,04555	0,9913	0,2352	511,59 (0,000)
Метод 1	Метод 4	-0,107370	0,99177	0,9931	0,2094	647,97 (0,000)
Метод 1	Метод 5	3,020740	0,71185	0,5027	1,5466	3,04 (0,115)



Графикон 2. Линеарна корелација запреминског прираста састојина по Методу 1 и Методама 2, 3, 4 и 5

Graph 2. Linear correlation between the volume increment of the stands calculated by Method 1 and by Methods 2, 3, 4 and 5

Добијени резултати метода линеарне корелације јасно показују да постоји висок степен сагласности између свих метода заснованих на претходном утврђивању дебљинског прираста стабала бдушењем помоћу Преслеровог сврдла (*Методи 1 – 4*), док метод заснован на проценту запреминског прираста (*Метод 5*) значајно одступа. У овом случају, степен сагласности у подацима је јако мали ($r = 0,5027$) а стандардна грешка регресије изузетно велика ($s_e = 1,55 \text{ m}^3/\text{ha}$). Према томе, сагласност у подацима није статистички значајна и овај метод не треба користити за одређивање запреминског прираста састојине. Ако се тражи већа тачност утврђивања запреминског прираста састојине мора се користити неки од описаних метода дебљинског прираста.

Истина, ако је интензитет премера 5% као што је био у овом истраживању било који од пет разматраних метода не даје довољно поуздане податке о запреминском прирасту састојине. На пример, за састојину 33а да би се постигла грешка процене запреминског прираста $\pm 8\%$ колико је прописано за инвентуру шума у Србији требало би повећати узорак приближно за $(13/8)^2 = 2,64$ пута, односно са 23 коришћене пробне површине на 61 пробну површину. Интензитет избора би тада износио 13,44%, а растојање између пробних површина $61 \times 61 \text{ m}$. Јасно је да за овако велики узорак на нивоу састојине нема никаквог економског оправдања. Због тога, услов за тачност процене запремине и запреминског прираста не треба постављати за поје-

диначне састојине већ за газдинске класе одређене површине (нпр. преко 300 хектара). Ово разматрање је везано за интервалну процену параметара основног скупа на бази узорка. Међутим, у пракси се често уместо интервалне процене користи тзв. тачкаста процена, где се вредности таксационих елемената добијених у једном узорку аутоматски потпуно поистовећују са вредностима тих елемената у основном скупу (састојина или газдинска класа). Наравно, да ово није статистички исправно нити стручно оправдано.

4. ЗАКЉУЧАК

На бази истраживања и тестирања тачности пет различитих метода за одређивање текућег запреминског прираста састојина букве, које је проведено у овом раду на репрезентативном узорку од једанаест разнодобних високих састојина букве, може се извести поуздан закључак.

Метод процента запреминског прираста за одређивање апсолутне величине запреминског прираста састојина букве не даје довољно тачне (прецизне) информације о запреминском прирасту као изузетно значајном таксационом елементу у планирању и контроли газдовања шумама. Због тога, и поред наглашене позитивне економске компоненте овог метода, не треба га даље користити на нивоу састојине већ га треба заменити неким од метода заснованих на дебљинском прирасту као знаћајно тачнијим. На нивоу већих газдинских класа метод процента запреминског прираста би вероватно могао дати и употребљиве резултате о запреминском прирасту по хектару или на целој површини газдинске класе, односно шире категорије високих букових шума. Тада се одступања у проценама текућег запреминског прираста по састојинама у односу на стварне вредности запреминског прираста понашају по закону великих бројева и случајних грешака мерења (на вишем нивоу и у великом узорку делимично се потиру позитивна и негативна одступања). Уосталом, зна се и искуствено да проценат запреминског прираста високих газдованих састојина букве у Србији највероватније варира у интервалу од 1,7% до 2,7% па се и проценат запреминског прираста израчунат по *Methodu 5* најчешће уклапа у овај емпиријски интервал. Према томе, тврдња аутора тестираног модела да „*добијени регресиони модел за одређивање процентића запреминског прираста има велику практичну применљивост*“ није тачна, а произашла је првенствено из потребе и намере да се избегне бушење стабала и погрешне примене коришћених статистичких метода при дефинисању регресионог модела, односно погрешног тумачења добијених резултата. Метод процента запреминског прираста не треба примењивати за састојине при редовној инвентури шума чак ни у комбинацији са методом дебљинског прираста (као што аутори предлажу за побољшање тачности метода) пошто није могуће утврдити јединствен корекциони фактор истог математичког предзнака, због тога што одступања између метода заснованих на дебљинском прирасту и метода процента запреминског прираста нису систематска (истог предзнака). Корекција је могућа само за просек запреминског прираста свих састојина заједно у једној газдинској класи по хектару, односно за укупни запремински прираст на целој површини газдинске класе. На пример, у

ове сврхе може се користити регресиона једначина добијена у овом раду (табела 12) за везу између запреминског прираста састојина букве одређеног по довољно тачном методу (*Мејџог 1*) и недовољно тачном методу (*Мејџог 5*).

Истраживање је финансирано Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру пројекта: Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину – Праћење утицаја, адаптација и ублажавање (III-43007).

ЛИТЕРАТУРА

- Банковић, С., Јовић, Д., Медаревић, М., Пантић, Д. (2000): Регресиони модели процента запреминског прираста у чистим и мешовитим састојинама букве и храста китњака у Србији. Гласник Шумарског факултета, 83: 21-31.
- Вучковић, М., Стајић, Б. (2003): Карактеристике дебљинског прираста у састојинама букве на подручју Брезовице. Шумарство, 1-2: 165-171.
- Жижић, М., Ловрић, М., Павличић, Д. (2000): Методи статистичке анализе. Универзитет у Београду – Економски факултет, Београд.
- Копривца, М., Матовић, В. (2005): Regresione jednačine zapremine i zapreminskog prirasta stabala bukve u visokim šumama na području Srbije. Zbornik radova, tom 52-53, Institut za šumarstvo, str. 5-17, Beograd.
- Копривца, М., Матовић, В., Џокеша, В., Стајић, С. (2010a): Volume models of beech high stands in the area of Serbia. International scientific conferennce “Forest ecosystems and climate changes“, march 9-10th, Institute of Forestry, Belgrade, Serbia, Proceedings, vol 1, pp 109-117.
- Копривца, М., Матовић, В., Џокеша, В., Стајић, С. (2010b): Quality and assortment structure of beech high forests in Serbia. Acta Silvatica and Lingaria Hungarica, 6:183-194.
- Копривца, М., Матовић, В., Вучковић, М., Стајић, С., Џокеша, В. (2012): Estimates of biomass and carbon stock in beech high forests in Serbia. International Scientific Conference „Forest in Future – Sustainable Use, Risk and Challenges“. Invitation papers, pp. 17-30. Belgrade, Serbia.
- Копривца, М., Матовић, В., Вучковић, М., Стајић, С. (2013a): Estimates of biomass and carbon stock in uneven-aged beech stands in Eastern Serbia. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 184 (1/2): 17-25.
- Копривца, М., Матовић, В., Стајић, С., Џокеша, В., Јовић, Д. (2013b): Deed wood in managed beech forests in Serbia. Šumarski list, 137 (3-4):7-23.
- Клеpac, Д. (1961): Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina. Nakladni zavod Znanje, Zagreb.
- Матић, В. (1964): Metod inventure šuma za velike površine. Institut za šumarstvo, Sarajevo.
- Матовић, В. (2012): Основи структуре, специјског и екосистемског диверзитета високих букових шума Србије. Докторска дисертација, Универзитет у Београду – Биолошки факултет, Београд.
- Милетић, Ж. (1950): Основи уређивања пребирне шуме (прва knjiga). Poljoprivredno izdavačko preduzeće, Beograd, str. 351.
- Мирковић, Д. (1969): Приручник за одређивање запремине и запреминског прираста у буковим састојинама SR Србије при уређивању радова. Institut za šumarstvo i drvnu industriju, Beograd.
- Мирковић, Д. (1972): Dendrometrija. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Republike Srbije. Beograd.
- Мирковић, Д., Банковић, С. (1993): Dendrometrija. Udžbenik. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Republike Srbije. Beograd.

- Милин, Ж. (1954): Истраживање елемената структуре у буковој састојини карактера прашуме у Јужном Кучају. Гласник Шумарског факултета у Београду, бр. 27, Београд.
- Милин, Ж. (1965): Истраживање утицаја састојинског облика и елемената структуре на начин обнове и продуктивности састојина букве на Јужном Кучају. Гласник Шумарског факултета у Београду, бр. 32, Београд.
- Milín, Ž. (1988): Grupimično gazdovanje, teorijske osnove, osobine i primena. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, str. 229.
- Pranjić, A., Lukić, N. (1997): Izmjera šuma. Šumarski fakultet, Zagreb, str.405.
- Стојановић, Љ., Крстић, М. (2003): Основни проблеми гајења букових шума. Шумарство, 1-2: 25-37.
- Stojanović, O. (1974): Primjena linearne korelacije pri izboru metoda mjerenja taksacionih veličina. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, Simpozijum o uređivanju šuma, knjiga 19, sveska 1, Sarajevo, str. 149-154.
- Hadživuković, S. (1991): Statistički metodi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

A COMPARISON OF THE ACCURACY OF DIFFERENT METHODS FOR DETERMINING VOLUME INCREMENT OF HIGH UNEVEN-AGED BEECH STANDS

*Miloš Koprivica
Bratislav Matović*

Summary

This paper examines the accuracy of five different methods for determining the volume increment of high uneven-aged beech stands in Serbia. Four methods (Method 1, Method 2, Method 3 and Method 4) are based on the previous determination of diameter increment of the stand trees and one method (Method 5) on the previous estimate of volume increment percentage based on the measurements of four relevant forest estimation elements (number of trees of the studied tree species per hectare, quadratic mean diameter, height of a tree that has a quadratic mean diameter, share of the tree species per volume). We used a representative sample of eleven high uneven-aged beech stands, selected in six forest areas or nine management units. This paper briefly describes and illustrates all the applied methods of determining volume increment. Method 1 and Method 2 are two versions of Matic's method, Method 3 is Mirković's method, Method 4 is Mayer's differential method, and Method 5 is the method of the Department of Forest Management, Faculty of Forestry. Data processing, *i.e.* determination of the stand volume increment was done using dendrometric methods described in the literature. The same stand was used to illustrate all five methods. The analysis of variance was used to test the difference in the mean increment per hectare obtained for all stands together by various methods and linear correlation was applied to test the correlation between the mean volume increment per hectare of individual stands by various methods. The analysis of variance showed that the difference between the five tested methods at the level of all stands together was statistically random. However, the method of linear correlation found that at the level of individual stands there is a strong correlation only between the methods based on diameter increment while the method of volume increment percentage shows significant differences in accuracy. It can be concluded that the method of volume growth percentage should no longer be used in determining the volume increment of high beech stands in Serbia, because it provides unreliable data for management planning. It should be completely replaced with one of the methods based on diameter increment of trees in the stand. This method can be possibly applied for rougher increment estimates of management classes or broader categories of beech forests of larger area.