

Станиша Банковић
Душан Јовић
Милан Медаревић
Дамјан Пантић

UDK: 623*562(083.5)
Оригинални научни рад

ТАБЛИЦЕ ПРОЦЕНТА ЗАПРЕМИНСКОГ ПРИРАСТА ЗА ХРАСТ ЛУЖЊАК, ПОЉСКИ ЈАСЕН, ЦЕР И ГРАБ У ШУМАМА РАВНОГ СРЕМА

Извод: Применом статистичких метода (регресионе и корелационе анализе) истраживана је зависност између процента запреминског прираста, с једне стране, и броја стабала, средњег састојинског пречника по пресеку, средње састојинске висине по пресеку и процентуалног учешћа у смеси, са друге, за храст лужњак, пољ. јасен, цер и граб у чистим и мешовитим шумама Равног Срема. Базиран на релевантним статистичким показатељима, модел је био основа за израду таблица процента запреминског прираста за даге врсте дрвећа.

Кључне речи: таблице процента запреминског прираста, храст лужњак, пољски јасен, цер, граб, Равни Срем

TABLES OF VOLUME INCREMENT PERCENTAGE FOR PEDUNCULATE OAK, NARROW-LEAVED ASH, TURKEY OAK AND HORNBEAM IN THE FORESTS OF RAVNI SREM

Abstract: The dependence of volume increment percentage on the one hand, and tree number, mean stand diameter per cross section, mean stand height per cross section and the percentage in the mixture, on the other hand, for pedunculate oak, narrow-leaved ash, Turkey oak and hornbeam in pure and mixed forests of Ravni Srem were researched. The applied statistic methods were regression and correlation analysis. Based on the relevant statistic parameters, the selected model was the base for the construction of Tables of volume increment percentage for the above tree species.

Key words: tables of volume increment percentage, pedunculate oak, narrow-leaved ash, Turkey oak, hornbeam, Ravni Srem

др Станиша Банковић, редовни професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду
др Душан Јовић, редовни професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду
др Милан Медаревић, ванредни професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду
мр Дамјан Пантић, асистент, Шумарски факултет Универзитета у Београду

1. УВОД

Запремински прираст је један од најважнијих таксационих елемената при планирању газдовања шумама - успешност извођења бројних газдинских мера рефлектује се кроз његову величину (изражену у апсолутној или релативној мери). Поред тога што указује на производност стабала и састојина, он служи и као један од битних параметара при калкулацији приноса по бројним методима који се користе у шумарству. Према Вучковићу и Стаменковићу (1995) запремински прираст је један од изузетно значајних биоиндикатора виталности стабала и састојина, као и њихове зависности од бројних еколошких и антропогених деловања.

С обзиром на веома велики значај који запремински прираст има за шумарску науку и струку, разумљиво је што су се током времена развиле бројне директне и индиректне методе за његово одређивање. Неки од директних метода, као што су то контролни метод и метод диференције, одређују величину запреминског прираста састојине из података два узастопна периодична премера. Друга група директних метода користи податке једног премера и одређује величину овог таксационог елемента преко прираста преставника (средњег састојинског стабкла по пресеку, Хоенадлових средњих стабала, Анучинов метод и други) или на основу статистичке зависности између разних таксационих елемената (Мајеров диференцијални метод, метод дебљинског прираста, метод времена прелаза и времена задржавања). За одређивање величине запреминског прираста, у шумарској пракси доста се користе и индиректни методи помоћу Таблице приноса и прираста, Таблице запреминског прираста и Таблице процента запреминског прираста.

2. ПРОБЛЕМ РАДА

Примена неког од бројних метода за одређивање запреминског прираста састојине првенствено је повезана са траженом тачношћу добијених резултата и обимом радова на његовом одређивању, те могућношћу њихове примене у различитим састојинским ситуацијама.

Примена контролног метода условљена је, пре свега, употребом потпуног (тоталног) премера при инвентури шума, обележавањем места мерења пречника при првој инвентури, тачном евиденцијом посечених стабала између две инвентуре и употребом истих запреминских таблица или тарифа при обрачуну запременине две узастопне инвентуре шума. Ограничавајући фактор употреби овог метода у једнодобним састојинама је и у периодичном померању висинских крива што доводи до велике грешке при одређивању величине запреминског прираста.

Методи који за одређивање величине запреминског прираста користе једно или више стабала (представника) имају ограничену примену, јер се могу употребити само у једнодобним (изузетно хомогеним) састојинама. Међутим, и у таквим условима се не добијају резултатаи задовољавајуће тачности, те се ови методи могу

користити само за процену величине овог таксационог елемента у напред наведеним састојинским ситуацијама.

Одређивање запреминског прираста помоћу метода дебљинског прираста, времена прелаза или времена задржавања, који као основ имају бушење стабала ради узимања извртака на којима се читавају њихове вредности, имају данас веома велику примену у шумарској пракси. Иако ови методи дају резултате задовољавајуће тачности, они су доста неекономични због велике варијабилности наведених таксационих елемената на којима се заснивају (условљене великом разноликошћу станишних и састојинских ситуација) и тражене тачности од (8% захтевају сразмерно велики број извртака. Поред тога, бушењем стабала и вађењем извртака стабла се оштећују, физиолошки слабе и тако постају погодан супстрат за дејство различитих штетних утицаја ентомолошког и фитопатолошког порекла.

Примена Таблице приноса и прираста за одређивање запреминског прираста је доста економична јер захтева одређивање само два параметра - старост и средњу (или горњу) састојинску висину - таксациони елементи који се релативно лако и брзо могу одредити при инвентури шума. Употреба им је ограничена само на једнодобне састојине, а посебан проблем је и у одређивању обраста (односа стварне и табличне темељнице) конкретне састојине ради прилагођавања табличних података стварним, што повећава обим радова при инвентури шума.

Метод који се може примењивати у различитим станишним и састојинским условима, који је уз то и доста економичан јер захтева минимални додатни обим радова при инвентури шума ради приближавања табличних података стварном стању конкретне састојине, је метод Таблица процента запреминског прираста. Полазећи од ове констатације, као и од наведених проблема везаних за примену напред наведених метода за одређивање запреминског прираста, на Катедри планирања и организације газдовања шумама Шумарског факултета у Београду је дефинисан задатак да се за економски важне врсте дрвећа у Србији израде Таблице процента запреминског прираста. На основу досадашњих истраживања израђене су таблице за 28 врста дрвећа, а у овом раду биће презентиране Таблице процента запреминског прираста за хрост лужњак, пољски јасен, цер и граб у шумама Равног Срема.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Материјал за ова истраживања је изузетно обиман и чине га подаци добијени редовним уређивањем шума Равног Срема, смештених у бази података „Информационог система о шумама Србије“. Истраживањем су обухваћене све чисте и мешовите састојине хроста лужњака (5.134 састојина), пољског јасена (4.366 састојина), цера (4.301 састојина) и граба (6.916 састојина) на подрчју Равног Срема.

За израду Таблица процента запреминског прираста коришћен је директни метод, при чему су подаци изравнати аналитичким путем уз употребу функција наведених у табели 1.

Табела 1. Тестиране функције
Table 1. Tested functions

$$f-1 \quad p_{iv} = a \cdot N^b \cdot h_g^c \cdot d_g^e \cdot s^f$$

$$f-2 \quad p_{iv} = a_0 + a_1 \cdot N + a_2 \cdot h_g + a_3 \cdot d_g + a_4 \cdot s$$

$$f-3 \quad p_{iv} = a_0 + a_1 \cdot N + a_2 \cdot h_g^2 + a_3 \cdot d_g^3 + a_4 \cdot s^4$$

$$f-4 \quad p_{iv} = a_0 + a_1 \cdot d_g^2 + a_2 \cdot d_g^2 \cdot h_g + a_3 \cdot d_g \cdot h_g^2 + a_4 \cdot h_g^2 + a_5 \cdot d_g^2 \cdot N + a_6 \cdot d_g \cdot h_g \cdot s$$

Легенда:

p_{iv} - проценат запреминског прираста N - број стабала по хектару
 d_g - средњи састојински пречник по пресеку s - учешће у смеси у %
 h_g - средња састојинска висина по пресеку
 $a, b, c, d, e, f, a_0-a_6$ } - параметри функција

На основу статистичких показатеља регресионе и корелационе анализе извршен је дефинитивни избор модела који је даље коришћен за израду Таблица процента запреминског прираста.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

4.1. Храст лужњак

Резултати тестирања зависности између процента запреминског прираста, са једне, и броја стабала по хектару, средњег састојинског пречника по пресеку, средње састојинске висине по пресеку и процентуалног учешћа у смеси, са друге стране, код храста лужњака дати су за сваку функцију у нередним табелама у којима је: R^2 - коефицијент детерминације, $R^2_{\text{кор}}$ - кориговани коефицијент детерминације, R - коефицијент корелације, m_x - стандардна грешка регресије и N - број података.

За сваку испитивану функцију тестиран је и степен употребљивости таблица (степен прилагођавања табличних вредности стварним вредностима процента запреминског прираста) по поступку који је приказан у табели 6.

Како су израчунате вредности $t < t_{(0,05; 8)}$, може се констатовати да би таблице, евентуално израђене по све 4 функције, биле употребљиве. Узимајући ову констатацију у обзир, а ценећи при томе релевантне статистичке показатеље (вредности коефицијента детерминације, коефицијента корелације, стандардне грешке регресије и вредности F -теста за испитиване функције, као и степен њихове компликованости) за израду таблица изабран је модел број 1 који у дефинитивном облику гласи:

$$(1) \quad p_{iv} = 0,76668 \cdot N^{-0,09215} \cdot h_g^{0,11519} \cdot d_g^{-1,03374} \cdot s^{0,1005}$$

Табела 2. Функција број 1

Table 2. Function 1

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------|----------------------|
| 0,76668 | 1,12838 | 0,67949 | 1,96 | $R^2= 0,42108$ |
| -0,09215 | 0,01305 | -7,06426 | 1,96 | $R^2_{cor}= 0,42062$ |
| 0,11519 | 0,02965 | 3,88530 | 1,96 | $R= 0,649$ |
| -1,03374 | 0,02850 | -36,32170 | 1,96 | $m_x= 0,34165$ |
| 0,10050 | 0,01327 | 7,5728 | 1,96 | $N= 5134$ |

Анализа варијансе - ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Регресија | 435,438 | 4 | 108,86 | | |
| Око регресије | 598,671 | 5129 | 0,11672 | | |
| Укупно - Total | 1034,11 | 5133 | | 932,63 | 2,37 |

Табела 3. Функција број 2

Table 3. Function 2

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------|----------------------|
| 4,22841 | 0,09580 | 44,13790 | 1,96 | $R^2= 0,29283$ |
| 0,00095 | 0,00015 | 6,38091 | 1,96 | $R^2_{cor}= 0,29228$ |
| -0,02259 | 0,00396 | -5,70546 | 1,96 | $R= 0,541$ |
| -4,00751 | 0,16267 | -24,63580 | 1,96 | $m_x= 1,02919$ |
| -0,25411 | 0,06399 | -3,97113 | 1,96 | $N= 5134$ |

Анализа варијансе - ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Регресија | 2149,62 | 4 | 562,405 | | |
| Око регресије | 5432,80 | 5129 | 1,05923 | | |
| Укупно - Total | 7682,42 | 5133 | | 530,96 | 2,37 |

Табела 4. Функција број 3

Table 4. Function 3

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------|----------------------|
| 2,88063 | 0,05625 | 52,2147 | 1,96 | $R^2= 0,22954$ |
| 0,00160 | 0,00013 | 12,4716 | 1,96 | $R^2_{cor}= 0,22894$ |
| -0,00096 | 0,00008 | -12,2188 | 1,96 | $R= 0,47910$ |
| -4,21068 | 0,24319 | -17,3147 | 1,96 | $m_x= 1,07425$ |
| -0,22388 | 0,04671 | -4,7929 | 1,96 | $N= 5134$ |

Анализа варијансе - ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Регресија | 1763,44 | 4 | 440,86 | | |
| Око регресије | 5918,98 | 5129 | 1,15402 | | |
| Укупно - Total | 7682,42 | 5133 | | 382,02 | 2,37 |

Табела 5. Функција број 4
Table 5. Function 4

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05, N-k)}$ | | |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------|
| 3,95325 | 0,07482 | 52,83740 | 1,96 | $R^2= 0,30018$ | |
| -26,14300 | 1,06539 | -24,53830 | 1,96 | $R^2_{cor}= 0,29936$ | |
| 1,33072 | 0,07090 | 18,76810 | 1,96 | $R= 0,548$ | |
| -0,01657 | 0,00126 | -13,18390 | 1,96 | $m_x= 1,02402$ | |
| 0,00182 | 0,00034 | 5,41274 | 1,96 | $N= 5134$ | |
| -0,00582 | 0,00211 | -2,75109 | 1,96 | | |
| 0,00009 | 0,00746 | 0,02207 | 1,96 | | |
| Анализа варијансе - ANOVA | | | | | |
| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05, k-1, N-k)}$ |
| Регресија | 2306,13 | 6 | 384,355 | | |
| Око регресије | 5376,28 | 5127 | 1,04862 | | |
| Укупно - Total | 7682,42 | 5133 | | 366,53 | 2,09 |

Табела 6. Тест употребљивости таблица
Table 6. Test of table usability

| N | h_g | d_g | s | p_{ivs} | p_{ivt1} | p_{ivt2} | p_{ivt3} | p_{ivt4} | t |
|----------------|-------|-------|------|-----------|------------|------------|------------|------------|--|
| 52,19 | 17,9 | 0,26 | 0,03 | 1,300 | 2,101 | 2,824 | 2,583 | 2,978 | t_1 0,146 |
| 108,19 | 22,9 | 0,35 | 0,48 | 1,797 | 1,964 | 2,289 | 2,358 | 2,320 | t_2 0,192 |
| 150,47 | 22,7 | 0,45 | 1,00 | 1,202 | 1,580 | 1,801 | 2,019 | 1,695 | t_3 0,176 |
| 205,38 | 32,2 | 0,35 | 0,81 | 2,200 | 2,029 | 2,088 | 1,937 | 1,728 | t_4 0,159 |
| 250,18 | 23,1 | 0,32 | 1,00 | 2,600 | 2,149 | 2,408 | 2,407 | 2,417 | $t_{(0,05, 8)}$ |
| 308,33 | 14,1 | 0,18 | 0,33 | 2,776 | 3,229 | 3,398 | 3,156 | 3,425 | 2,306 |
| 358,33 | 14,1 | 0,25 | 0,48 | 1,088 | 2,335 | 3,126 | 3,185 | 2,900 | |
| 400,00 | 12,7 | 0,25 | 0,58 | 3,665 | 2,347 | 3,172 | 2,275 | 2,856 | |
| \bar{p}_{iv} | | | | 2,079 | 2,219 | 2,638 | 2,615 | 2,540 | $t = \frac{\Delta \bar{p}_{iv}}{m \cdot x \cdot \sqrt{n}}$ |

Легенда:

p_{ivs} - стварне вредности процента запреминског прираста;

p_{ivt} - табличне вредности процента запреминског прираста добијене по моделима од 1-4;

\bar{p}_{iv} - аритметички средње вредности процента запреминског прираста.

4.2. Пољски јасен

Резултати тестирања анализирани зависности код ове врсте дрвећа дати су у наредним табеларним прегледима (табела 7-10) за сваку функцију посебно. Као и код претходне врсте дрвећа, за сваку испитивану функцију тестиран је и степен употребљивости таблица по већ изнетом поступку (табела 11).

Након анализе статистичких показатеља тестираних функција, за израду таблица процента запреминског прираста изабран је модел број 1 који гласи:

$$(2) \quad p_{iv} = 1,38542 \cdot N^{-0,09217} \cdot h_g^{-0,01726} \cdot d_g^{-0,88234} \cdot s^{0,16193}.$$

4.3. Цер

По истом методолошком поступку извршено је тестирање конкретне зависности и код ове врсте дрвећа. Резултати су дати у наредним табеларним прегледима (табела 12-15).

Као и код претходних врста дрвећа, за сваку испитивану функцију тестиран је и степен употребљивости таблица по већ изнетом поступку (табела 16).

За израду таблица процента запреминског прираста, као и код претходних врста дрвећа, изабрана је функција број 1:

Табела 7. Функција број 1

Table 7. Function 1

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|
| 1,38542 | 1,15680 | 1,19763 | 1,96 | $R^2 = 0,38443$ |
| -0,09217 | 0,01190 | -7,74490 | 1,96 | $R^2_{\text{cor}} = 0,38387$ |
| -0,01726 | 0,03433 | -0,50288 | 1,96 | $R = 0,620$ |
| -0,88234 | 0,03092 | -28,53650 | 1,96 | $m_x = 0,37687$ |
| 0,16193 | 0,01191 | 13,59650 | 1,96 | $N = 4366$ |

Анализа варијансе- ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободе Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Регресија | 386,826 | 4 | 97,70660 | | |
| Око регресије | 619,408 | 4361 | 0,14203 | | |
| Укупно - Total | 1006,23 | 4365 | | 680,87 | 2,37 |

Табела 8. Функција број 2

Table 8. Function 2

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|
| 3,88155 | 0,08308 | 46,72400 | 1,96 | $R^2 = 0,32198$ |
| 0,00102 | 0,00019 | 5,36504 | 1,96 | $R^2_{\text{cor}} = 0,32136$ |
| -0,02453 | 0,00482 | -5,09169 | 1,96 | $R = 0,567$ |
| -4,36998 | 0,26454 | -16,51930 | 1,96 | $m_x = 1,07239$ |
| 0,38787 | 0,09080 | 4,27178 | 1,96 | $N = 4366$ |

Анализа варијансе- ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободе Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Регресија | 2381,6 | 4 | 595,4 | | |
| Око регресије | 5015,2 | 4361 | 1,15001 | | |
| Укупно - Total | 7396,8 | 4365 | | 517,73 | 2,37 |

Табела 9. Функција број 3
Table 9. Function 3

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------|
| 2,92034 | 0,05393 | 54,14390 | 1,96 | $R^2 = 0,28241$ |
| 0,00138 | 0,00016 | 8,72885 | 1,96 | $R^2_{cor} = 0,28175$ |
| -0,00135 | 0,00009 | -13,97650 | 1,96 | $R = 0,532$ |
| -4,38920 | 0,53952 | -8,13533 | 1,96 | $m_x = 1,10324$ |
| 0,37519 | 0,07539 | 4,97646 | 1,96 | $N = 4366$ |

Анализа варијансе - ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободе Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Регресија | 2088,9 | 4 | 522,226 | | |
| Око регресије | 5307,9 | 4361 | 1,21713 | | |
| Укупно - Total | 7396,8 | 4365 | | 429,06 | 2,37 |

Табела 10. Функција број 4
Table 10. Function 4

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------|
| 4,21369 | 0,07300 | 57,69560 | 1,96 | $R^2 = 0,31522$ |
| -37,75550 | 1,73236 | -21,79340 | 1,96 | $R^2_{cor} = 0,31428$ |
| 1,53083 | 0,11296 | 13,55200 | 1,96 | $R = 0,561$ |
| -0,00910 | 0,00186 | -4,90379 | 1,96 | $m_x = 1,07796$ |
| -0,00095 | 0,00046 | -2,23177 | 1,96 | $N = 4366$ |
| 0,01557 | 0,00337 | 4,61638 | 1,96 | |
| 0,00647 | 0,01400 | 0,46210 | 1,96 | |

Анализа варијансе - ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободе Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Регресија | 2331,61 | 6 | 388,602 | | |
| Око регресије | 5065,19 | 4359 | 1,16201 | | |
| Укупно - Total | 7396,80 | 4365 | | 334,42 | 2,09 |

$$(3) \quad p_{iv} = 0,38208 \cdot N^{0,00591} \cdot h_g^{0,22647} \cdot d_g^{-0,83401} \cdot s^{-0,0521}$$

4.4. Граб

Резултати тестирања анализирани зависности и код ове врсте дрвећа дати су у наредним табеларним прегледима (табела 17-20) за сваку функцију посебно. Као и код претходних врста дрвећа, за сваку испитивану функцију тестиран је и степен употребљивости таблица по већ изнетом поступку (табела 21).

И када је граб у питању, најквалитетније изравнавање даје функција број 1, која у коначном облику гласи:

Табела 11. Тест употребљивости таблица
Table 11. Test of Table usability

| N | h_g | d_g | s | p_{ivs} | p_{iv1} | p_{iv2} | p_{iv3} | p_{iv4} | t | |
|----------------|-------|-------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|-------|
| 51,76 | 11,3 | 0,15 | 0,02 | 1,086 | 2,614 | 3,009 | 2,805 | 3,476 | t_1 | 0,337 |
| 104,16 | 17,7 | 0,21 | 0,23 | 3,498 | 2,684 | 2,725 | 2,602 | 2,924 | t_2 | 0,056 |
| 145,00 | 16,0 | 0,25 | 0,43 | 3,500 | 2,474 | 2,711 | 2,719 | 2,711 | t_3 | 0,073 |
| 193,33 | 15,5 | 0,15 | 0,40 | 4,997 | 3,740 | 3,198 | 2,858 | 3,416 | t_4 | 0,036 |
| 252,74 | 13,8 | 0,15 | 0,32 | 4,998 | 3,526 | 3,269 | 3,001 | 3,491 | $t_{(0,05, 8)}$ | |
| 309,83 | 18,5 | 0,34 | 1,00 | 2,000 | 2,011 | 2,646 | 3,089 | 2,337 | 2,306 | |
| 358,81 | 16,8 | 0,27 | 0,82 | 3,401 | 2,359 | 2,974 | 3,118 | 2,806 | | |
| 416,66 | 21,7 | 0,22 | 0,68 | 1,997 | 2,692 | 3,077 | 2,893 | 2,939 | | |
| \bar{P}_{iv} | | | | 3,120 | 2,763 | 2,951 | 2,885 | 3,013 | $t = \frac{\Delta \bar{P}_{iv}}{m \cdot x \cdot \sqrt{n}}$ | |

Табела 12. Функција број 1
Table 12. Function 1

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t -статистика t -statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------------|
| 0,38208 | 1,14114 | 0,33480 | 1,96 | $R^2 = 0,32245$ |
| 0,00591 | 0,01001 | 0,59098 | 1,96 | $R^2_{cor} = 0,32182$ |
| 0,22647 | 0,03167 | 7,15070 | 1,96 | $R = 0,568$ |
| -0,83401 | 0,02842 | -29,35480 | 1,96 | $m_x = 0,40498$ |
| -0,05210 | 0,00951 | -2,63769 | 1,96 | $N = 4301$ |

Анализа варијансе - ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F -тест F -test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|
| Регресија | 335,311 | 4 | 83,8278 | | |
| Око регресије | 704,572 | 4296 | 0,16401 | | |
| Укупно - Total | 1039,88 | 4300 | | 511,12 | 2,37 |

Табела 13. Функција број 2
Table 13. Function 2

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t -статистика t -statistics | $t_{(0,05;N-k)}$ | |
|---|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------------|
| 4,90052 | 0,08176 | 59,93880 | 1,96 | $R^2 = 0,21684$ |
| 0,00011 | 0,00016 | 0,67529 | 1,96 | $R^2_{cor} = 0,21611$ |
| 0,00479 | 0,00640 | 0,74855 | 1,96 | $R = 0,466$ |
| -7,44261 | 0,34523 | -21,55890 | 1,96 | $m_x = 1,39555$ |
| -0,44217 | 0,11168 | -3,95930 | 1,96 | $N = 4301$ |

Анализа варијансе - ANOVA

| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F -тест F -test | $F_{(0,05;k-1,N-k)}$ |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|
| Регресија | 2316,34 | 4 | 579,084 | | |
| Око регресије | 8366,13 | 4296 | 1,94742 | | |
| Укупно - Total | 10682,5 | 4300 | | 297,36 | 2,37 |

Табела 19. Функција број 3
Table 19. Function 3

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05,N-k)}$ | | |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 3,58102 | 0,03867 | 92,59860 | 1,96 | $R^2 = 0,14778$ | |
| 0,00036 | 0,00013 | 2,85729 | 1,96 | $R^2_{cor} = 0,14729$ | |
| -0,00240 | 0,00015 | -16,12320 | 1,96 | $R = 0,38443$ | |
| -26,06790 | 1,60385 | -16,25330 | 1,96 | $m_x = 1,41543$ | |
| 0,12307 | 0,29129 | 0,42248 | 1,96 | $N = 6916$ | |
| Анализа варијансе - ANOVA | | | | | |
| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05,k-1,N-k)}$ |
| Регресија | 2400,98 | 4 | 600,245 | | |
| Око регресије | 13845,7 | 6911 | 2,00343 | | |
| Укупно - Total | 16246,7 | 6915 | | 299,61 | 2,37 |

Табела 20. Функција број 4
Table 20. Function 4

| Параметри функције Function parameters | Стандардна грешка Standard error | t-статистика t-statistics | $t_{(0,05,N-k)}$ | | |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 4,55896 | 0,05639 | 80,8505 | 1,96 | $R^2 = 0,24770$ | |
| -76,44340 | 2,82527 | -27,0570 | 1,96 | $R^2_{cor} = 0,24704$ | |
| 4,37226 | 0,25555 | 17,1094 | 1,96 | $R = 0,498$ | |
| -0,03511 | 0,00391 | -8,9737 | 1,96 | $m_x = 1,33006$ | |
| 0,00086 | 0,00060 | 1,4514 | 1,96 | $N = 6916$ | |
| -0,03286 | 0,00687 | -4,7865 | 1,96 | | |
| 0,08765 | 0,04961 | 1,7669 | 1,96 | | |
| Анализа варијансе - ANOVA | | | | | |
| Извор варијације Source of variation | Сума квадрата Sum of squares | Степени слободe Degrees of freedom | Средина квадрата Mean square | F-тест F-test | $F_{(0,05,k-1,N-k)}$ |
| Регресија | 4024,23 | 6 | 670,705 | | |
| Око регресије | 12222,5 | 6909 | 1,76906 | | |
| Укупно - Total | 16246,7 | 6915 | | 379,13 | 2,09 |

врсте у смеси) које се могу читати из података пробне обраде прикупљених таксационих података при редовној инвентури шума, Те вредности се даље могу користити за израчунавање и апсолутне вредности запреминског прираста састојине по, већ познатој, формули да је:

$$(5) \quad I_v = V \cdot 0,0p_{iv}.$$

Примена овог метода за одређивање запреминског прираста даје резултате који се у великој мери могу примењивати при практичним радовима на инвентури шума, али под условом да се изврши додатна провера добијених резултата једним од тачнијих метода за одређивање величине овог таксационог елемента. Наиме, при редовној инвентури шума Равног Срема и Националних паркова „Фрушка Гора“ и

Табела 21. Тест употребљивости таблица
Table 21. Test of Table usability

| N | h_g | d_g | s | P_{ivs} | P_{ivt1} | P_{ivt2} | P_{ivt3} | P_{ivt4} | t |
|----------------|-------|-------|------|-----------|------------|------------|------------|------------|--|
| 52,00 | 16,7 | 0,20 | 0,03 | 2,235 | 2,219 | 2,656 | 2,722 | 2,644 | t_1 0,107 |
| 108,00 | 10,5 | 0,13 | 0,02 | 2,369 | 3,187 | 3,503 | 3,298 | 3,577 | t_2 0,146 |
| 154,66 | 13,7 | 0,14 | 0,02 | 2,048 | 3,020 | 3,363 | 3,115 | 3,377 | t_3 0,161 |
| 195,97 | 8,0 | 0,15 | 0,20 | 4,261 | 2,660 | 3,271 | 3,410 | 3,220 | t_4 0,133 |
| 261,11 | 13,3 | 0,22 | 0,29 | 1,394 | 1,937 | 2,435 | 2,974 | 2,119 | $t_{(0,05, 8)}$ |
| 290,07 | 15,9 | 0,20 | 0,37 | 1,645 | 2,103 | 2,568 | 2,872 | 2,446 | 2,306 |
| 346,00 | 13,3 | 0,18 | 0,53 | 2,380 | 2,269 | 2,751 | 3,139 | 2,743 | |
| 406,26 | 10,4 | 0,11 | 0,18 | 3,489 | 3,509 | 3,724 | 3,433 | 3,716 | |
| \bar{P}_{iv} | | | | 2,478 | 2,613 | 3,034 | 3,120 | 2,980 | $t = \frac{\Delta \bar{P}_{iv}}{m \cdot x \cdot \sqrt{n}}$ |

„Бердап“ извршена је упоредна анализа добијених вредности запреминског прираста по методу дебљинског прираста, метода који се сматра једним од најтачнијих за одређивање величине овог таксационог елемента, и по методу Таблица процента запреминског прираста.

Резултати ових упоредних анализа указују на мала одступања (са позитивним и негативним предзнаком) података добијених величина по методу Таблица процента запреминског прираста у односу на метод дебљинског прираста. Узимајући различите проценте (од 1-20%) састојина у којима је запремински прираст израчунат по методу дебљинског прираста („стварних“) и стављањем његове величине у однос са добијеним вредностима овог таксационог елемента по методу Таблица процента запреминског коефицијента („табличних“) одређена је просечна вредност корекционог фактора за приближавање „табличних“ вредности запреминског прираста „стварним“. Већ код 10% анализираних састојина добијена просечна вредност корекционог фактора је скоро у потпуности приближавала „табличне“ вредности запреминског прираста „стварним“.

Стога би општи закључак за практичне радове при одређивању вредности запреминског прираста при редовним инвентурама шума био да метод Таблица процента запреминског прираста треба примењивати при редовној инвентури шума али уз одређивању корекционог фактора за приближавање „табличних“ вредности „стварним“ на најмање 10% састојина исте или сличне састојинске припадности (истих или сличних врста дрвећа и састојинских облика). На тај начин би се у многоструке смањили трошкови инвентуре шума, а добијени резултати би били задовољавајуће тачности.

Овде треба још напоменути да све таблице, па и ове таблице процента запреминског прираста, имају важност од око 15-20 година, па их после тог рока треба проверити (актуелизовати) на новом материјалу. Уколико нема знатнијих одступања може се извршити само њихова корекција, а уколико су та одступања већа, треба приступити изради нових таблица процента запреминског прираста.

ЛИТЕРАТУРА

- Вучковић М., Стаменковић В. (1995): *Утицај екзогених фактора на виталност јеле у једнодобним и разнодобним састојинама*, Дрварски гласник 12-14, Београд
- Мирковић Д., Банковић С. (1993): *Дендрометрија*, Завод за издавање уџбеника и наставних средстава Србије, Београд
- Милетић Ж. (1954): *Уређивање шума*, Научна књига, Београд
- Милетић Ж. (1959): *Анализа неких метода за одређивање запреминског прираста пребирне шуме*, Гласник Шумарског факултета 16, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
- Стаменковић В., Вучковић М. (1998): *Прираст и производност стабала и шумских састојина*, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
- Стаменковић В., Вучковић М. (1992): *Развој метода одређивања и примене прираста стабала и шумских састојина у газдовању шумама*, монографија „Шумарство и прерада дрвета у Србији кроз векове“, СИТ шумарства и индустрије за прераду дрвета Србије, Београд

Staniša Banković
Dušan Jović
Milan Medarević
Damjan Pantić

TABLES OF VOLUME INCREMENT PERCENTAGE FOR PEDUNCULATE OAK, NARROW-LEAVED ASH, TURKEY OAK AND HORNBEAM IN THE FORESTS OF RAVNI SREM

Summary

Numerous methods used nowadays in the assessment of stand volume increment have certain disadvantages. The use of some methods is limited by the silvicultural form, some yield disputable results, and some are highly uneconomical although with satisfactorily accurate results, because they require an exacting forest inventory.

Starting from the above, the Department of Forest Management Planning and Organisation at the Faculty of Forestry in Belgrade defined the task to construct the Tables of volume increment percentage for economically significant tree species in Serbia. They would eliminate the disadvantages of the previously used methods of stand volume increment assessment, i.e. satisfactorily accurate results would be obtained under reduced scope of works. The Tables were constructed by the direct method, in which the dependence between volume increment percentage on the one hand and tree number, mean stand diameter per cross section, mean stand height per cross section and the percentage in the mixture, on the other hand, was fitted by analytic means using four functions. Based on relevant statistic parameters, regression and correlation analysis, and based on the degree of congruence of fitted values with actual values of volume increment percentage, we selected the function which produces the best results for the construction of Tables of volume increment percentage. The selected models for the study tree species are as follows:

$$\text{Pedunculate oak: } p_{iv} = 0,76668 \cdot N^{-0,09215} \cdot h_g^{0,11519} \cdot d_g^{-1,03374} \cdot s^{0,1005} ;$$

Таблице процента зап. прир. за храст лужњак, пољ. јасен, цер и граб у шумама Равног Срема

$$\text{Narrow-leaved ash: } p_{iv} = 1,38542 \cdot N^{-0,09217} \cdot h_g^{-0,01726} \cdot d_g^{-0,88234} \cdot s^{0,16193} ;$$

$$\text{Turkey oak: } p_{iv} = 0,38208 \cdot N^{0,00591} \cdot h_g^{0,22647} \cdot d_g^{-0,83401} \cdot s^{-0,0521} ;$$

$$\text{Hornbeam: } p_{iv} = 0,47009 \cdot N^{0,00164} \cdot h_g^{0,03375} \cdot d_g^{-0,85348} \cdot s^{-0,02188} .$$

The general conclusion for practical assessment of volume increment in the regular forest inventories is that the method of the Tables of volume increment percentage should be applied in the regular forest inventory, but the correction factor must be calculated for the approximation of „tabular“ value to „actual“ values for minimum 10% stands of the same or similar stand classification (the same or similar tree species and stand form). In this way the costs of forest inventory would be lowered, and the results would be satisfactorily accurate.