

UDK: 630*228.7:582.475

Оригинални научни рад

<https://doi.org/10.2298/GSF2327007B>

ЕЛЕМЕНТИ РАСТА И СТРУКТУРА ВЕШТАЧКИ ПОДИГНУТЕ САСТОЈИНЕ СМРЧЕ У СТАРОСТИ 37 И 62 ГОДИНЕ НА СТАНИШТУ БАЛКАНСКОГ КИТЊАКА НА ГОЧУ

др Мартин Бобинац, редовни професор, Универзитет у Београду, Шумарски факултет,
martin.bobinac@sfb.bg.ac.rs

др Синиша Андрашев, научни саветник, Универзитет у Новом Саду, Институт за низијско шумарство и
животну средину

МSc Никола Шушић, истраживач сарадник, Универзитет у Београду, Институт за мултидисциплинарна
истраживања

Извод: На једној трајној огледној површини у вештачки подигнутој састојини смрче на станишту балканског китњака на Гочу приказани су елементи раста и састојинска структура у старости 37 и 62 године и анализирана је њихова промена. Састојина је подигнута са 4500 садница по хектару. У старости 37 година на трајној огледној површини утврђено је 2600 стабала по хектару, са темељницом $43,52 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ и запремином $319,97 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, а у старости 62 године утврђено је 878 стабала по хектару са темељницом $42,61 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ и запремином $454,48 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Прва селективна прореда, спроведена при средњој висини аспираната (500 по хектару) 17,6 м у старости 37 година је била ниска ($q_d = 0,88$) и умерене јачине по броју стабала (28,3%) и запремини (23,5%). Од преосталог броја стабала (1823 по хектару) у периоду од 38. до 62. године из састојине је претежно санитарном сечом излучено 956 стабала (52,4%), са показатељем ниске прореде ($q_d = 0,68$). Од почетно издвојених аспираната у 37. години до 62. године, под утицајем биолошког диференцирања стабала и под утицајем неповољних егзогених фактора, а у поступку неге који карактерише ниска прореда, у састојини је издвојено 220 стабала будућности по хектару. У 62. години у састојини су присутни елементи неповољне изграђености и статичке нестабилности јер је степен виткости повећан у односу на стање у 37. години, па се може закључити да је повећан и ризик за остваривање њене потенцијалне производне и мелиоративне улоге, а што је примарно последица изостанка адекватне неге у периоду од 38. до 62. године.

Кључне речи: *Picea abies* (L.) H.Karst., монокултура, трајни оглед, прореде, степен виткости

GROWTH ELEMENTS AND STAND STRUCTURE OF ARTIFICIALLY ESTABLISHED NORWAY SPRUCE STAND AT 37 AND 62 YEARS OF AGE ON DALECHAMPS OAK SITE AT GOČ

Abstract: Growth elements and stand structure of an artificially established Norway spruce stand were presented at age 37 and 62-yr on the basis of a single permanent sample plot and their changes analyzed. The stand was established with 4500 seedlings per hectare. At age 37-yr on the permanent sample plot, 2600 trees per hectare were recorded with basal area of $43.52 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ and standing volume of $319,97 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. At stand age 62-yr, 878 trees per hectare were recorded with basal area of $42.61 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ and standing volume of $454,48 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. First

selective thinning, conducted at mean aspirant's height of 17.6 m (500 trees per hectare) at age 37-yr was characterized as a moderate (28.3% trees per hectare and 23.5% volume thinned) thinning from below ($q_d = 0.88$). Out of the remaining number of trees (1823 per hectare), in the following period between 38–62-yr, 956 trees per hectare (52.4%) were removed, mostly through sanitary cutting that can be characterized as thinning from below ($q_d = 0.68$). Out of the initially selected aspirants at age 37-yr, 220 elite trees were selected at age 62-yr due to the effects of self-thinning in the stand and unfavorable exogenous factors as well as the thinning from below regime. At age 62-yr, the stand structure is unfavorable and statically unstable as the slenderness coefficient is increased compared to the condition at 37-yr. Thus, it can be concluded that the risk for achieving the productive and meliorative potentials of the stand is increased, primarily due to absence of adequate maintenance of the stand between age 38 and 62-yr.

Keywords: *Picea abies* (L.) H.Karst., monoculture, permanent plot, thinning, slenderness coefficient

1. УВОД

У Србији, без територије Косова и Метохије, културе и вештачки подигнуте састојине смрче (*Picea abies* (L.) H.Karst.) су заступљене на површини 32.400 ха, односно 26,0% од укупне површине под засадама четинара (Banković *et al.*, 2009). Културе смрче су претежно подизане у Србији на станишту планинске букве, а на Гочу у мелиоративној јединици „Б” експериментално су подизане на станишту балканског китњака (*Quercetum dalechampii serpentinum* Свј. 1999), где имају приоритетну мелиоративну функцију. Смрча не улази у састав природних шумских заједница на подручју Гоча, па засади смрче на станишту балканског китњака представљају експеримент на основу кога се данас могу донети закључци о оправданости њиховог подизања. Међутим, засади су били изложени неповољним егзогеним утицајима снега, ветра и поледице и развијали су се под утицајем екстензивне неге, па извођење наведених закључака представља сложен поступак и захтева дугорочна истраживања на трајним огледним површинама.

Штете од природних непогода у шумама Србије су у порасту и могу се везивати за глобалне климатске промене (Ranković *et al.*, 2016). Како активности у газдовању шумама могу имати значајан утицај на осетљивост шумских екосистема на природне непогоде, а поједина истраживања указују да газдовање шумама може допринети повећању штета од

природних непогода као и климатске промене (Schuck, Schelhaas, 2013), фитотехничке мере за смањивање штета у постојећим засадама треба усмеравати тако да се повећава њихова отпорност. Досадашњи резултати у том смислу, у вештачки подигнутим смрчевим састојинама у Србији, указују да верификовани ефекти фитотехничких мера на трајним огледима опредељују узгојни третман са састојинама на одређеном подручју, а посебно су значајни када се дугорочни огледи налазе на подручјима на којима се манифестују неповољни егзогени утицаји (Bobinac, 2004; Bobinac *et al.*, 2017; 2018).

Састојине смрче су највише угрожене од снеголома у II и III добном разреду (Mráček, Ražez, 1986), управо у фази развоја када су најчешће и препуштене спонтаном развоју или су неадекватно неговане, јер се прве прореде спроводе у старости када је могуће добити економски исплативе сортименте (Valsta, 1992; Slodičak *et al.*, 2005). Генерална упуства за газдовање састојинама смрче у Србији (2023а), усмерена на рационализацију неге, препоручују почетак интензивне неге према техничким карактеристикама циљних стабала (висина стабала 12-14 m) које се постижу у фази када су састојине угрожене од снеголома и ветролома. Према истраживањима Valinger, Petersson (1996) највећи утицај на повећан ризик од оштећења услед снега и ветра има неповољан положај и одржавање густих култура. Према наведеним ауторима у културама смрче ста-

рим 24-45 година највеће учешће оштећених стабала услед снега и ветра констатовано је на контролним (ненегованим) површинама, а на проређеним површинама у почетном периоду после екстремно јаких прореда (са јачином преко 40% темељнице). Истраживања у вештачки подигнутим састојинама смрче у Србији, везано за подручје на коме су евидентирани неповољни егзогени утицаји снега, ветра и поледице, указују да јаке селективне прореде, почетно усмерене на већи број кандидата за негу, у старости састојина која значајније не одступа од периода када се изводе прве „комерцијалне” прореде, односно у фази када су састојине највише угрожене на утицај природних непогода, доприносе унапређењу њиховог прирасног потенцијала у „осетљивој” фази развоја, а у чијем оквиру је рационално вршити избор стабала за главни принос у случају оштећивања једног броја кандидата (Vobinas *et al.*, 2017).

Због недостатка дугорочних истраживања на трајним огледним површинама приступи проредама у вештачки подигнутим састојинама смрче у Србији до сада су разматрани на основу анализе структуре ненегованих или екстензивно негованих састојина, односно резултата истраживања почетног премера на огледним површинама (Marković, Petrović, 1960; Vučković *et al.*, 1990; Dražić, 1994; Vjelanović, Vukin, 2010), а краткорочне ефекте прореда, на основу истраживања на трајним огледним површинама, разматрао је мали број аутора (Stojanović, Krstić, 1984; Vobinas, 2004). Дугорочнија истраживања указала су да јаке селективне прореде, у старости састојине која значајније не одступа од периода када се изводе прве „комерцијалне” прореде, доприносе унапређењу прирасног потенцијала и стабилности стабала у „осетљивој” фази развоја на утицај природних непогода (Vobinas *et al.*, 2017; 2018). Међутим, за дефинисање комплексних упутстава за негу вештачки подигнутих састојина смрче у Србији недостају резултати дугорочних истраживања из различитих еколошких услова у којима су засади подизани.

За монокултуре смрче подигнуте на нижим надморским висинама, истраживања показују да би убудуће требало избегавати њихово успостављање у вегетацијском појасу хрста

китњака, због неповољних еколошких услова и све израженијих климатских промена при којима се манифестују губици у газдовању (Tijardović *et al.*, 2016). Због комплексних утицаја на развој састојина смрче на нижим надморским висинама, генерални закључци о ефектима газдовања морају се доносити на основу комплексне анализе затеченог стања састојина на одређеном подручју и утицаја неповољних еколошких фактора.

На основу расположива два дендрометријска премера стабала на трајној огледној површини у вештачки подигнутој састојини смрче у Наставној бази „Гоч”, на станишту шуме балканског китњака, омогућена је анализа елемента раста и структуре састојине у старости 37 и 62 године и карактер њихове промене под утицајем примењеног третмана неге, што представља основу за употпуњавање сазнања о развоју смрче на нижим надморским висинама.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

2.1. Објекат истраживања

Истраживања су извршена у Наставној бази „Гоч” Шумарског факултета Универзитета у Београду у централној Србији, на једној трајној огледној површини у вештачки подигнутој састојини смрче у мелиоративној Газдинској јединици „Б”. Наставна база „Гоч” представља изузетно шумовито планинско подручје, које је као карактеристичан шумски мозаик аутохтоних врста дрвећа Србије проглашено за наставно научни истраживачки центар Србије и за Специјални резерват природе II категорије на површини 3957 хектара. Према важећој шумској подели Наставна база „Гоч” је подељена на газдинску јединицу „А” (бивше државне шуме) и газдинску јединицу „Б” (бивше комуналне шуме). Шумски комплекс чини 25 врста дрвећа, а најзаступљеније врсте дрвећа су буква, која у укупној запремини учествује са 52,4%, јела са 39,7% и црни бор са 5,8% (2023б). Цео комплекс Гоча са ближом околином има по Thorntweit-u (1948) хумидну климу (од субхумидне до перхумидне). За газдинску јединицу „Б” средња годишња температура ваздуха износи 11,0°C, а

просечна годишња количина падавина износи 761 mm (2021).

Смрча не улази у састав природних шумских заједница на истраживаном подручју, а истраживана састојина је вештачки подигнута у микросливу водотока Равнине I, на огољеној површини, која је представљала деградациону фазу зоналне шуме балканског китњака (*Quercetum dalechampii serpenticum* Свј. 1999) на Гочу на надморским висинама до 1000 m (Свјетићанин, 1999). Шума балканског китњака прво је описана као посебна еколошка варијанта шуме *Quercetum montanum* на серпентиниту (*Quercetum montanum serpenticum* Ћерњавски и Јовановић 1953), (Јовановић, 1959), а према новијим ценоеколошким проучавањима представља зоналну вегетацију на Гочу на надморским висинама до 1000 m (Свјетићанин, 1999). Шума балканског китњака на Гочу, на серији земљишта на серпентиниту, заступљена је са низом деградационих фаза, све до жбунасте

и ливадске вегетације *Juniperus oxycedrus-Chrysopogon gryllus* (Томић и Јовић, 2000). Голети, као деградационе фазе шуме балканског китњака, на Гочу су претежно пошумљаване са црним бором (Масап, 1985).

У мелиоративној јединици "Б", микросливу Равнине I, II и III, пошумљавања су вршена у више фаза, почев од 1950. године, па до 1968 године. На истраживаном објекту на Гочу (Микрослив Равнине I, одељење 8), због мезофилнијих услова заклоњених положаја станишта балканског китњака (блага падине при водотоку, са формираним смеђим земљиштем различите дубине на серпентиниту), поред пошумљавања са црним бором, вршено је експериментално пошумљавање и са белим бором и смрчом (Масап, 1985). Истраживана састојина смрче је подигнута на падини при водотоку, на надморској висини 850–870 m, на умерено стрмом нагибу (16–20°) експонираном југоистоку (Слика 1).



Слика 1. Вештачки подигнуте састојине смрче и црног бора на станишту шуме балканског китњака (*Quercetum dalechampii serpenticum* Свј. 1999) у микросливу Равнине I, одељење 8. У предњем плану на падини до водотока је трајна огледна површина у састојини смрче у старости 62 године (југоисточна експозиција), а у задњем плану десно је састојина црног бора (југозападна експозиција). Фото: М. Бобинац (2019)

Photo 1. Artificially established Norway spruce and Austrian pine stands on a site of Dalechamps oak (*Quercus dalechampii serpenticum* Свј. 1999) in a micro-basin Ravnine I, compartment 8. Foreground, on a slope close to the watercourse — permanent sample plot in the Norway spruce stand at age 62-yr (southwestern exposure). Photo: M. Bobinac (2019)

У мелиоративној јединици "Б", на шумом обраслој површини 651,74 хектара, вештачки подигнуте састојине смрче заступљене су на површини 10,18 хектара (2021). То су по саставу чисте или мешовите састојине са црним и белним бором. У микросливу Равнине I пошумљавање са смрчом је вишестрано спровођено, па се може сматрати да је старост стабала у истраживаној састојини у 2019. години у распону 60-65 година. На основу старости анализираних доминантних стабала старост састојине на крају 2019. године је 62 године.

Састојина је подигнута са 4500 трогодишњих (3 + 0) садница по хектару (1,5 × 1,5 m) и у њој су до оснивања трајне огледне површине вршене мере неге слабог интензитета. У старости 15 година вршено је чишћење, а у старости 25 и 30 година и слабе ниске прореди. Крајем 1994. године (старост састојине 37 година), у добро склопљеном делу формирана је трајна огледна површина ($P = 0,09$ ha) на којој је премерено 234 стабала (2600 по хектару) и експериментално је спроведена прва селективна прореда (Mason, 1995). У периоду од 1995. до 2019. године, услед дисконтинуитета истраживања започетог експерименталног третмана селективне прореди, а у условима неповољних утицаја природних фактора и недовољно искустава на нези смрчевих култура, на огледној површини као и састојини у целини оперативно особље Наставне базе „Гоч” је спроводило претежно санитарне сече. Крајем 2019. године (старост састојине 62 године) реконструисана је огледна површина и премерено је укупно 79 стабала (878 по хектару), (Miletić, 2020).

2.2. Узгојни третман

На огледној површини, крајем 1994. године, спроведена је прва селективна прореда у поступку који описује Schädelin (1942). На огледној површини су била заступљена претежно стабла доброг квалитета дебла и претходно је извршен избор 500 кандидата за негу по хектару у горњем спрату (аспиранти) и примарно им је посечен један најјачи конкурент из категорије доминантних стабала. У циљу унапређења узгојне хигијене у састојини су посечена полу-

сува и оштећена стабла, а делом и стабла великог степена виткости. Почетни број аспираната приближно је у сагласности са бројем стабала за негу (512-616 по хектару) који наводи и Diaci (1994) при првој или другој селективној прореди, у старости смрчевих састојина 33-44 године. Поступак избора почетно већег броја стабала за негу у 37. години спроведен је из разлога умањивања последица присутних снеголома и ветролома у осетљивој фази развоја састојине на истраживаном објекту, а у циљу остваривања дугорочних циљева селективне прореди, усмерене на циљна стабла чије се одржање није могло предвидети. Од иницијалних 500 аспираната у 37. години извршен је избор 222 стабала будућности по хектару (44,4%) у 62. години.

Генерално истраживана састојина је у старости 37 година имала велико учешће квалитетних стабала и високу производност, па се производња пиланске обловине, у краћој опходњи, могла поставити као циљ газдовања. Опходња за смрчу на истраживаном подручју планирана је у висини 100 година (2021).

2.3. Премер и анализа података

На трајној огледној површини, на крају 1994. и 2019. године (у старости састојине 37 и 62 године) свим стаблима су мерена два унакрсна прсна пречника, са тачношћу од 1 mm, а за конструкцију висинске криве премерене су висине стабала са висиномером Blume Leiss и Vertex III (Haglöf, Sweden). Приликом премера стабала у 37. години извршено је разврставање стабала по биолошком положају, а у 62. години стаблима је процењен и степен стешњености крошње и квалитет дебла на основу тростепенне класификације (модификована класификација по Assmann-у, 1970):

- Биолошки положај (БП): 1 – надстојно стабло (по Kraft-у (1884) 1. и 2. категорија), 2 – међустојеће стабло (по Kraft-у (1884) 3. категорија), 3 – подстојно стабло (по Kraft-у (1884) 4. и 5. категорија);
- Степен стешњености крошње (СК): 1 – слободно стојећа крошња – без додиривања са крошњама суседних стабала или је додиривање у зони крошње светлости

до 25% обима крошње, 2 – једнострано стешњена, односно редукована крошња – додиривање са крошњама суседних стабала у зони крошње светлости 25-50% обима крошње, 3 – вишестрано стешњена крошња – додиривање са крошњама суседних стабала у зони светлости преко 50% обима крошње;

- Квалитет дебла (КД): 1 – дебло доброг квалитета, 2 – дебло средњег квалитета, 3 – дебло лошег квалитета.

Због присуства сувих стабала приликом премера у 62. години стаблима је процењен и степен оштећености (осутости крошњи), при чему су коришћене класе дефолијације (0-4) у односу на локално референтно стабло према методологији која се користила у оквиру програма ICP Forest (1994). Због присутних класа оштећености крошње стабала, на огледној површини у даљој анализи сва стабла су диференцирана у две групе: 1 – неоштећена стабла (степен оштећења 0 и 1) и 2 – сува стабла (степен оштећења 4).

Висинске криве су изравнате функцијом Michailoff-а (1943), $h = a \cdot e^{-b/d} + 1,30$. Запремина стабала је одређена по запреминским таблицама Ваг-а (1890) за смрчу, чији је аналитички облик: $V = 0,00007 \cdot d_{1,3}^{2,05363} \cdot h^{0,70952}$ (1971). Елементи раста стабала и састојине по хектару приказани су на огледној површини за старост 37 и 62 године. Елементи раста одумрлих и посечених стабала у периоду између два премера приказани су на основу њиховог пречника и висине на почетку посматраног периода.

За нумеричко дефинисање карактера прореде коришћен је однос средњег пречника по темељници дозначених стабала и средњег пречника преосталих стабала после прореде, коефицијент q_g (Pretzsch, 2005). За дефинисање стабилности стабала и састојине коришћен је степен виткости (однос h_g/d_g), по класификацији коју користе Slodičák, Novák (2006).

Статистичка обрада података састојала се у израчунавању стандардних нумеричких параметара дебљинске структуре: аритметичка средина (d_g), стандардна девијација (s_g), коефицијент варијације (c_v), варијациона ширина (v_s), минимум (d_{min}), максимум (d_{max}), коефицијент асиметрије ($skew$) и коефицијент спљоштености

($kurt$). Показатељи дескриптивне статистике добијени су по познатим формулама из теорије статистике (Field *et al.* 2012).

У циљу исказивања вероватноће уклањања стабала проредом у односу на њихов прсни пречник, сваком стаблу је додељен број 1 ако је оно уклоњено проредом и број 0 ако је преостало у састојини након сече. Коришћена је логистичка регресија (Kleinbaum, Klein, 2010) да се прикаже однос наведеног бинарног скор стабла и његовог прсног пречника као независно променљиве:

$$p = \frac{e^x}{1 + e^x}$$

и

$$x = \text{logit}(p) = \ln \left[\frac{p}{1-p} \right] = a + bDBH$$

где су DBH прсни пречник стабла и a и b параметри модела.

Непараметарски Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling и Wilcoх тестови су коришћени за тестирање промене стања дистрибуција степена виткости (h/d) у периоду од 37. до 62. године.

Све статистичке анализе су извршене у R програмском језику (вер. 4.0.0, R Core Team, 2022), а сви графикони израђени коришћењем *ggplot2* пакета у R окружењу (Wickham, 2016).

У раду се приказује структура састојине у 37. и 62. години и њене промене у периоду од 25 година кроз приказ следећих стања:

- Стање 1: Почетно стање у 37. години;
- Стање 2а: Стање после селективне прореде у 37. години;
- Стање 2б: Стање колектива стабала у 37. години који је преживео до 62. године
- Стање 3: Почетно стање у 62. години

3. РЕЗУЛТАТИ

3.1 Елементи раста стабала и састојине и дебљинска структура у 37. и 62. години

У старости 37 година, у укупном броју стабала, темељници и запремини састојине, смрча

Табела 1. Елементи раста стабала и састојине у 37. и 62. години
Table 1. Growth elements of trees and the stand at age 37 and 62-yr

Старост [год.]	Колектив	Стање	N [$stabala \cdot ha^{-1}$]	G [$m^2 \cdot ha^{-1}$]	V [$m^3 \cdot ha^{-1}$]	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	q_d
37	Почетно стање	Стање 1	2600	43,52	319,97	14,6	15,9	1,09	
	Аспиранти		500	14,83	118,69	19,4	17,6	0,91	
	Стабла будућности		222	7,65	62,42	20,6	18,0	0,86	
	Селективна прореда		767	10,72	75,62	13,3	15,1	1,13	0,88
	После селективне прореде	Стање 2а	1833	32,80	244,35	15,1	16,1	1,04	
	Санитарна сеча (морталитет)		956	11,08	75,18	12,1	14,4	1,19	0,68
	После санитарне сече	Стање 2б	878	21,72	169,17	17,8	17,0	0,96	
62	Почетно стање	Стање 3	878	42,61	454,48	24,9	25,8	1,04	
	Стабла будућности		222	17,75	206,01	31,9	28,6	0,90	

је имала учешће око 91%, а црни бор око 9%. У старости 62 године, учешће смрче је било око 94%, а црног бора око 6%. Имајући у виду сличне величине елемената раста стабала смрче и црног бора по стаблу, као и мало учешће црног бора у састојини, подаци о елементима раста стабала и структури састојине у старости 37 и 62 године приказани су збирно за присутне врсте (Табеле 1 и 2).

У 37. години на огледној површини је евидентирано 2600 стабла по хектару, са темељницом $43,52 m^2 \cdot ha^{-1}$ и запремином $319,97 m^3 \cdot ha^{-1}$. Стабла су била заступљена у распону дебљина 5,1-25,4 cm, средњи пречник по темељници је износио 14,6 cm, средња састојинска висина по Лорају је износила 15,9 m, а степен виткости 1,09. Варијабилност дебљинске структуре износила је 32,6%, са слабо израженом десном асиметријом и платикуртичном спљоштеношћу. Средњи пречник по темељници аспираната (500 по хектару) износио је 19,4 cm ($1,33 \cdot d_g^{-1}$), а средња висина 17,6 m ($1,11 \cdot h_L$). Аспиранте је карактерисала мала варијабилност пречника ($c_v = 13,7\%$) и степен виткости 0,91.

¹ У заградама се d_g и h_L односе на средње вредности на састојинском нивоу.

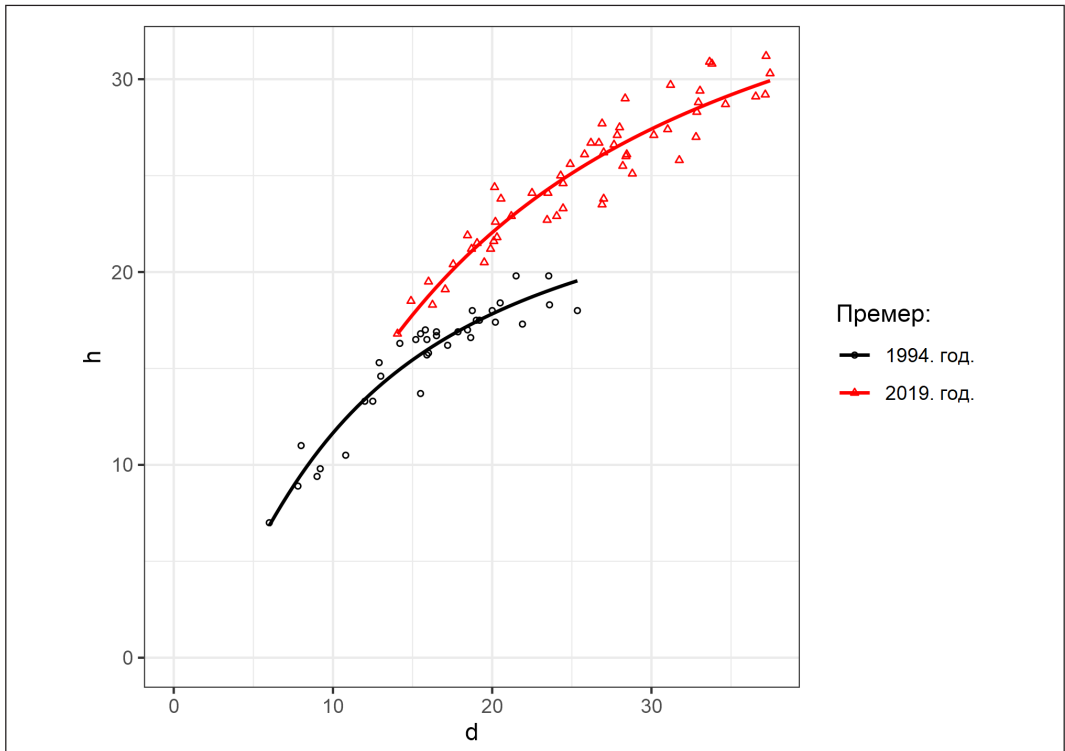
У 62. години у састојини је евидентирано 878 стабала по хектару, са темељницом $42,61 m^2 \cdot ha^{-1}$ и запремином $454,48 m^3 \cdot ha^{-1}$. Стабла су била заступљена у распону дебљина 11,4-37,5 cm, са средњим пречником по темељници 24,9 cm, средњом висином по Лорају 25,8 m и степеном виткости 1,04. Дебљинску структуру карактерише коефицијент варијабилности 28,3%, са слабо израженом десном асиметријом и платикуртичном спљоштеношћу. Средњи пречник по темељници и средња висина стабала будућности (222 по хектару), која су изабрана у 62. години у оквиру колектива аспираната, износили су у старости 37 година 20,6 cm ($1,41 \cdot d_g$) и 18,0 m ($1,13 \cdot h_L$), а у старости 62 године 31,9 cm ($1,28 \cdot d_g$) и 28,6 m ($1,11 \cdot h_L$). Стабла будућности је карактерисала мала варијабилност пречника ($c_v = 10,1\%$) и степен виткости 0,86 у старости 37 година, а у 62. години варијабилност пречника и степен виткости су повећани ($c_v = 12,1\%$; $h_L/d_g = 0,90$).

Преостала стабла у састојини у 62. години (878 стабала по хектару) у периоду од 38. до 62. године укупно су прирасла $258,31 m^3 \cdot ha^{-1}$, односно просечно годишње $11,0 m^3 \cdot ha^{-1}$, а стабла будућности (222 стабала по хектару) $143,59 m^3 \cdot ha^{-1}$, односно просечно годишње $5,5 m^3 \cdot ha^{-1}$.

Табела 2. Нумерички показатељи дебљинске структуре стабала на огледној површини у старости састојине 37 и 62 године

Table 2. Numerical indicators of diameter structure of trees on the permanent sample plot at stand age 37 and 62-yr

Старост [год.]	Колектив		<i>n</i>	\bar{x} [cm]	<i>min</i> [cm]	<i>max</i> [cm]	<i>s_d</i> [cm]	<i>c_v</i> [%]	<i>skew</i>	<i>kurt</i>
37	Почетно стање	Стање 1	234	13,9	5,1	25,4	4,53	32,6	0,124	-0,567
	Аспиранти		45	19,3	14,7	25,4	2,63	13,7	0,322	-0,624
	Стабла будућности		20	20,8	17,4	25,4	2,11	10,1	0,416	-0,231
	Селективна прореда		69	12,8	5,1	21,5	3,89	30,5	-0,417	-0,768
	После селективне прореде	Стање 2а	165	14,3	5,1	25,4	4,70	32,8	0,162	-0,761
	Санитарна сеча (морталитет)		86	11,5	5,1	23,6	3,87	33,6	0,927	0,983
	После санитарне сече	Стање 2б	79	17,4	10,2	25,4	3,43	19,7	0,087	-0,516
62	Почетно стање	Стање 3	79	23,9	11,4	37,5	6,78	28,3	0,161	-0,928
	Стабла будућности		20	31,7	25,8	37,5	3,83	12,1	0,037	-1,221



Графикон 1. Висинске криве у старости састојине 37. и 62. године

Figure 1. Height curves at stand age 37 and 62-yr

Табела 3. Параметри модела висинских кривих и елементи оцене модела
Table 3. Parameters of the height curve model and the elements of the model assessment

Старост (god.)	Модел	Параметри модела		Оцена модела	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²	<i>s_e</i>
37	$h = a \cdot e^{-b/d} + 1,3$	26,39351	9,35737	0,9156	0,9288
62		41,38786	13,81147	0,8923	1,1613

h – висина, *d* – прсни пречник, *a*, *b* – параметри модела

Оцена модела висинских кривих (Графикон 1), исказана преко коефицијента детерминације (*R*²) и стандардне грешке регресије (*s_e*), показује задовољавајуће слагање емпиријских мерених висина са добијеним моделима (Табела 3).

Средња висина преосталог колектива стабала у периоду од 38. до 62. године повећала се за 8,8 m (од 17,0 m до 25,8 m), односно просечно годишње повећање износило је 0,34 m. Средња висина стабала будућности повећала се за 10,6 m (од 18,0 m до 28,6 m), односно просечно годишње повећање износило је 0,41 m.

У посматраним старостима највеће учешће у укупном броју стабала у састојини имала су надстојна стабла (БП1). У старости 37 година надстојна стабла имала су учешће 45,3% по броју стабала, 69,1% по темељници и 73,5% по запремини. Учешће потиштених стабала (БП3) било је веће од учешћа међустојећих стабала и износило је 38,5% по броју стабала, 16,6% по темељници, а за 0,5% је било мање по запреми-

ни од учешћа међустојећих стабала и износило је 13,0%. У старости 62 године надстојна стабла имала су учешће 60,8% у укупном броју стабала, а у укупној темељници и запремини 81,0% и 84,4%. Учешће потиштених стабала, такође, је било веће од учешћа међустојећих стабала и износило је 27,8% у укупном броју стабала, а у укупној темељници и запремини износило је 11,3% и 8,8% (Табела 4).

Сва стабла у састојини имају дебло доброг квалитета. У старости састојине 62 године, стабла са једнострано (СК2) и вишестрано (СК3) редукованом крошњом била су заступљена са 77,3% од укупног броја стабала. Неоштећена стабла (степен оштећења 0 и 1) у старости 62 године имају учешће 81,0% у укупном броју стабала, 91,4% у укупној темељници и 92,8% у укупној запремини. Сува стабла (степен оштећења 4) заступљена су са 19,0% у укупном броју стабала, 8,6% у укупној темељници и 7,2% у укупној запремини (Табела 5).

Табела 4. Елементи раста стабала по биолошком положају
Table 4. Growth elements of the trees expressed per social class

Старост [god.]	Биолошки положај	<i>d_g</i> [cm]	<i>h_L</i> [m]	<i>h_L/d_g</i>	<i>N</i> [stabala·ha ⁻¹]	%	<i>G</i> [m ² ·ha ⁻¹]	%	<i>V</i> [m ³ ·ha ⁻¹]	%
37	1	18,0	17,1	0,95	1178	45,3	30,08	69,1	235,28	73,5
	2	13,7	14,8	1,08	422	16,2	6,23	14,3	43,21	13,5
	3	9,6	11,7	1,22	1000	38,5	7,20	16,6	41,49	13,0
	Сва стабла	14,6	15,9	1,09	2600	100	43,52	100	319,97	100
62	1	28,7	27,1	0,95	533	60,8	34,53	81,0	383,62	84,4
	2	20,4	22,2	1,09	100	11,4	3,27	7,7	30,93	6,8
	3	15,8	18,8	1,19	244	27,8	4,81	11,3	39,93	8,8
	Сва стабла	24,9	25,8	1,04	878	100	42,61	100	454,48	100

Табела 5. Елементи раста стабала и састојине по степену стешњености крошње и степену сушења у старости 62 године

Table 5. Elements of growth of trees and the stand expressed per crown isolation class and defoliation class

Колектив	Оцена	d_g [cm]	h_L [m]	h_L/d_g	N [ha ⁻¹]	%	G [m ² ·ha ⁻¹]	%	V [m ³ ·ha ⁻¹]	%
Степен стешњености крошње	1	32,7	28,7	0,88	200	22,8	16,78	39,4	195,40	43,0
	2	27,0	26,0	0,97	256	29,2	14,59	34,2	156,78	34,5
	3	18,4	21,2	1,13	422	48,1	11,24	26,4	102,29	22,5
Степен сушења	0 и 1	26,4	26,3	1,00	711	81,0	38,93	91,4	421,89	92,8
	4	16,8	20,5	1,16	167	19,0	3,68	8,6	32,58	7,2
Сва стабла		24,9	25,8	1,03	878	100,0	42,61	100,0	454,48	100,0

3.2 Карактеристике узгојних третмана од 37. до 62. године – Characteristics of silvicultural treatments at age 37 and 62-yr

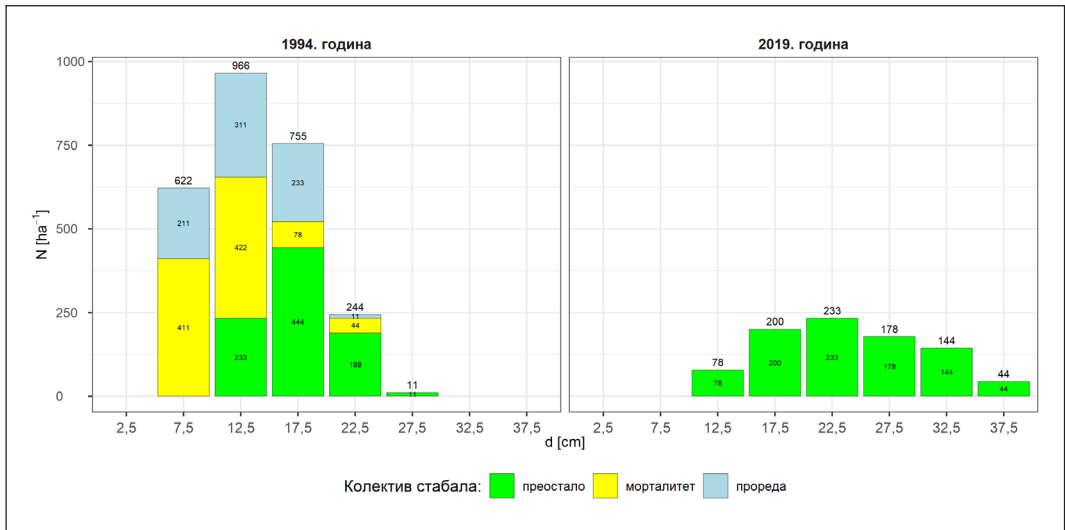
Прва, селективна, прореда на огледној површини је спроведена у старости 37 година, када су кандидовани аспиранти, 500 по хектару или 19,2% од укупног броја стабала, имали средњи пречник по темељници 19,4 cm и средњу висину по Логају 17,6 m, а стабла будућности у оквиру њих (222 стабла по хектару издвојена у старости 62 године) су имала средњи пречник по темељници 20,6 cm и средњу висину по Логају 18,0 m. На састојинском нивоу прореда је била ниска ($q_d = 0,88$), а у периоду после 37. године на огледној површини су спровођене претежно санитарне сече, односно повремено је вршено уклањање оштећених стабла услед снеголома, ледолома и ветролома, као и девитализованих и сувих стабла, као пратећих последица наведених активности и појава.

Према премеру стабала у 37. години селективном проредом посечено је 767 стабала по хектару (29,5%), а у периоду од 38. до 62. године санитарном сечом излучено је још 956 стабала по хектару (36,8%), односно, до старости 62 године укупно је посечено 1722 стабала (66,2%). Према премеру стабала у 37. години посечена стабла у селективној прореди су

имала прсне пречнике у распону од 5,1 cm до 21,5 cm и средњи пречник по темељници 13,3 cm ($0,91 \cdot d_g$), а излучена стабла у периоду од 38. до 62. године су имала пречнике у распону 5,1-23,6 cm и средњи пречник по темељници 12,1 cm ($0,83 \cdot d_g$). Према односу средњег пречника по темељници посечених стабала у прореди и излучених стабала у периоду од 38. до 62. године, са средњим пречником преосталих стабала, према премеру у 37. години, проистиче да узгојне захвате карактеришу показатељи ниске прореде ($q_d = 0,88$ и $q_d = 0,68$). На основу процента смањења темељнице (24,6-25,5%) и запремине (23,6-23,5%) захвати су били умерени.

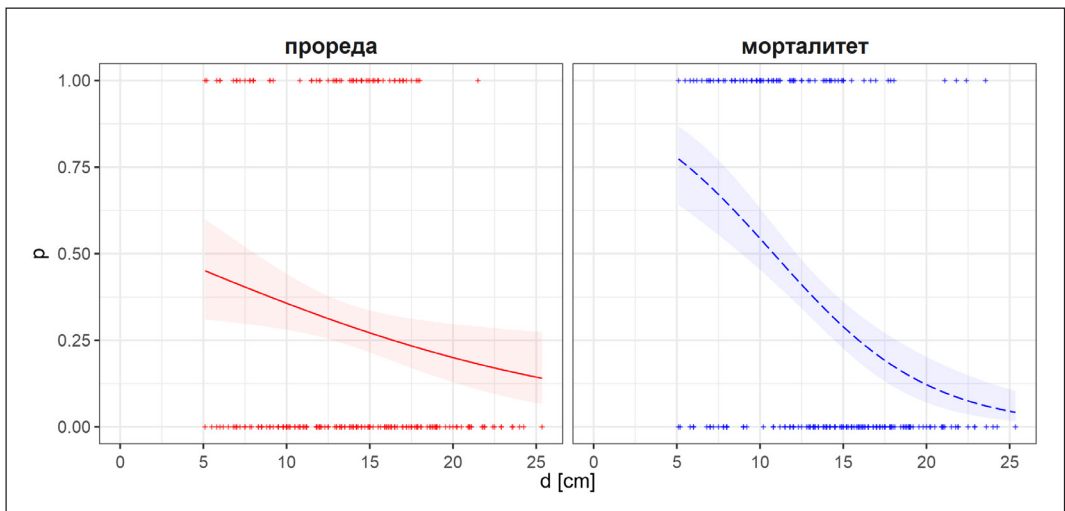
Дебљинска структура посечених стабала и преосталих стабала, на основу премера стабала у 37. и преосталих стабала у 62. години, приказана је у Табели 2 и на Графикону 2.

Параметри модела логистичке регресије и њихова статистичка оцена показују да је излучивање стабала тањих пречника интензивније од стабала већих пречника код обе промене стања састојине (прореда, морталитет), односно потврђује да је у питању ниска прореда. Промена је интензивнија код санитарне сече (морталитет) у периоду од 37 до 62 године, у поређењу са селективном проредом извршеном у 37. години. Оцена модела, (AIC, BIC и deviance критеријуми), је нешто боља код санитарне сече у поређењу са селективном проредом (Графикон 3, Табела 6).



Графикон 2. Дебљинска структура посечених (селективна прореда у 37. години и санитарна сеча периоду од 38. до 62. године) и преосталих стабала стабала у 37. години (лево) и дебљинска структура преосталих стабала у 62. години (десно)

Figure 2. Diameter structure of removed (selective thinning at age 37-yr and sanitary cutting between age 38 and 62-yr) and remaining trees at age 37-yr (left) and diameter structure of remaining trees at age 62-yr (right)



Графикон 3. Модел логистичке регресије зависности вероватноће излучивања стабала од њихових пр-них пречника у различитим стањима истраживане састојине смрче (селективна прореда у 37. години — лево и санитарна сеча периоду од 38. до 62. године — десно). Осенчена површина представља 95% confidence interval

Figure 3. The logistic regression model showing the dependance of probability of tree removal on their diameters at breast height at different stages of the investigated Norway spruce stand (selective thinning at age 37-yr — left and sanitary cutting in the period between age 38 and 62-yr — right). The shaded area represents the 95% confidence interval

Табела 6. Параметри и оцена модела логистичке регресије зависности вероватноће излучивања стабала од њихових прских пречника при промени стања састојине

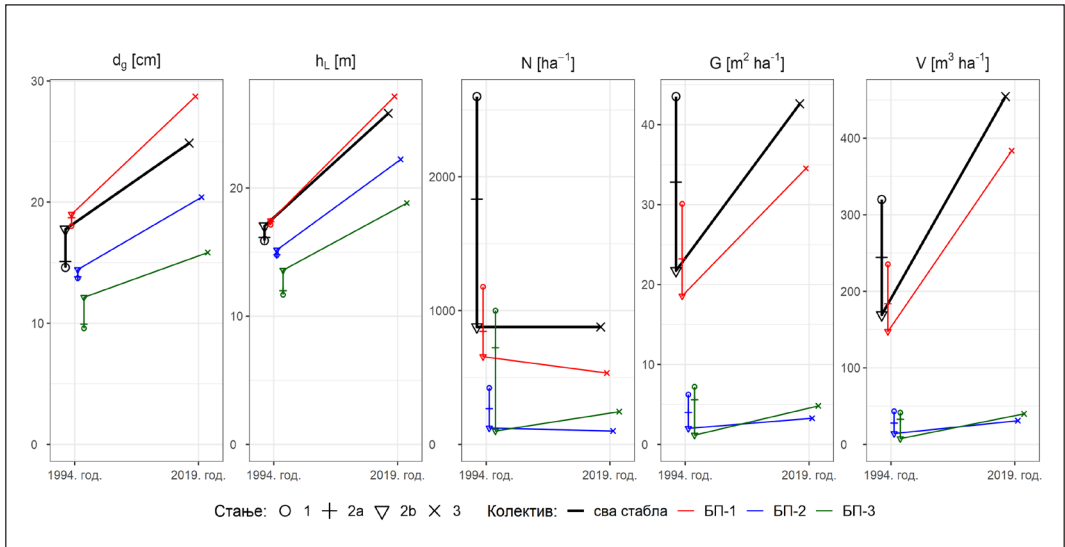
Table 6. The parameters and model assessment of the logistic regression model of tree removal on their diameters at breast height

Промена стања	Опис промене	Параметри модела					Оцена модела		
		Coefficient	Estimate	SE	Statistic	p value	AIC	BIC	deviance
1→2a	Прореда	a	0,208	0,462	0,452	0,651	281,8	288,7	277,8
		b	-0,078	0,033	-2,407	0,016			
2a→2б	морталитет	a	2,327	0,510	4,563	5,05E-06	271,5	278,4	267,5
		b	-0,215	0,038	-5,685	1,31E-08			

3.3 Карактеристике промене елемената раста и структуре састојине у периоду од 37. до 62. године

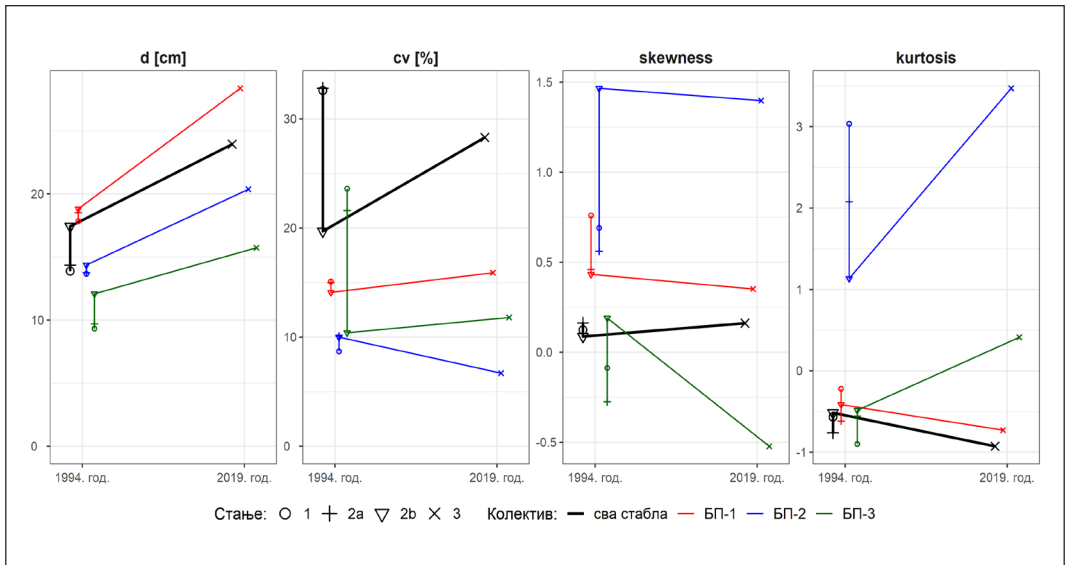
У односу на почетно стање у 37. години на огледној површини је до 62. године, укупно излучено 1722 стабла по хектару или 66,3%. Узгојним интервенцијама смањује се број стабала свих биолошких положаја. Међутим, у оквиру колектива стабала у 37. години који је прежи-

вео до 62. године, смањивање броја стабала присутно је код надстојних и међустојећих стабала, а код категорије подстојних стабала констатован је већи број стабала у односу на 37. годину. То указује да процес биолошког диференцирања стабала резултира само преслијавањем стабала из вишег ка нижем положају. Непосредно после наведених узгојних захвата повећава се средњи пречник и висина стабала услед рачунског померања, што указује да уз-



Графикон 4. Промене елемената раста стабала и састојине за различита стања у годинама премера и за различите колективе стабала (сва стабла и стабла различитог биолошког положаја)

Figure 4. Changes of tree and stand growth elements for different stages in measurement years and for different tree collectives (all trees and trees from different social classes)



Графикон 5. Промене нумеричких показатеља дебљинске структуре стабала за различита стања у годинама премера и за различите колективе стабала (сва стабла и стабла различитих биолошког положаја)
Figure 5. Changes of numerical indicators of diameter structure of trees for different stages in the measurement years and for different tree collectives (all trees and trees from different social classes)

гојне захвате карактерише ниска прореда. Раст истог колектива стабала под утицајем наведених узгојних захвата, у периоду од 38. до 62. године условљава повећање димензија стабала у укупне запремине по хектару. (Графикон 4).

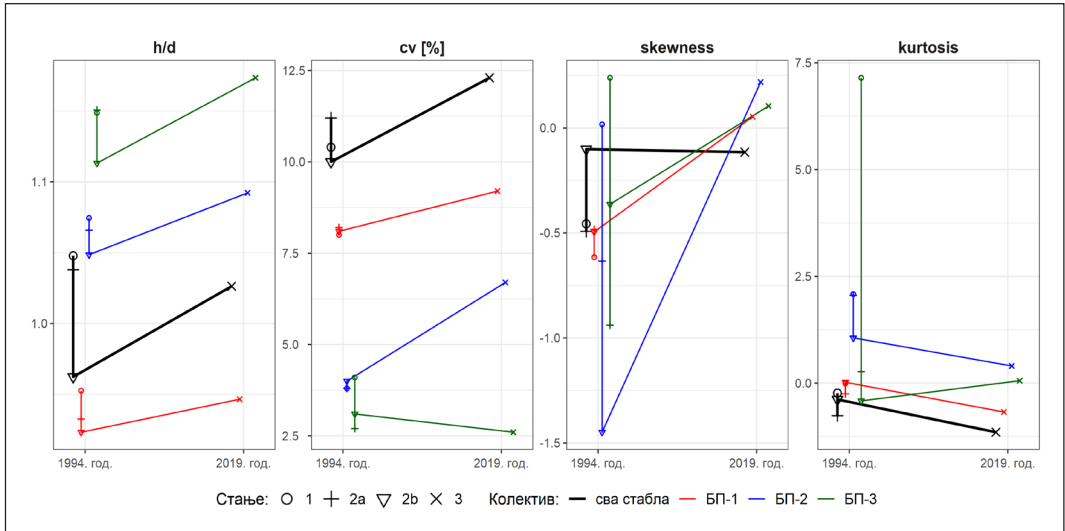
Излучивање стабала у посматраним стањима, према премеру у 37. години, карактерише промена у дебљинској структури. На састојинском нивоу, непосредно после наведених узгојних интервенција, повећава се средњи пречник услед рачунског померања састојине, смањује се варијабилност дебљинске структуре, а задржава слабо изражена десна асиметрија и платикуртична спљоштеност. Услед процеса раста до 62. године, на састојинском нивоу и код надстојних стабала повећава се варијабилност дебљинске структуре, а задржава слабо изражена десна асиметрија и платикуртична спљоштеност (Графикон 5).

Непосредно после наведених узгојних интервенција у 37. години и у периоду од 38. до 62. године (према премеру стабала у 37. години) смањује се степен виткости код преосталих колектива стабала (сва стабла и стабла различитог биолошког положаја), али услед процеса

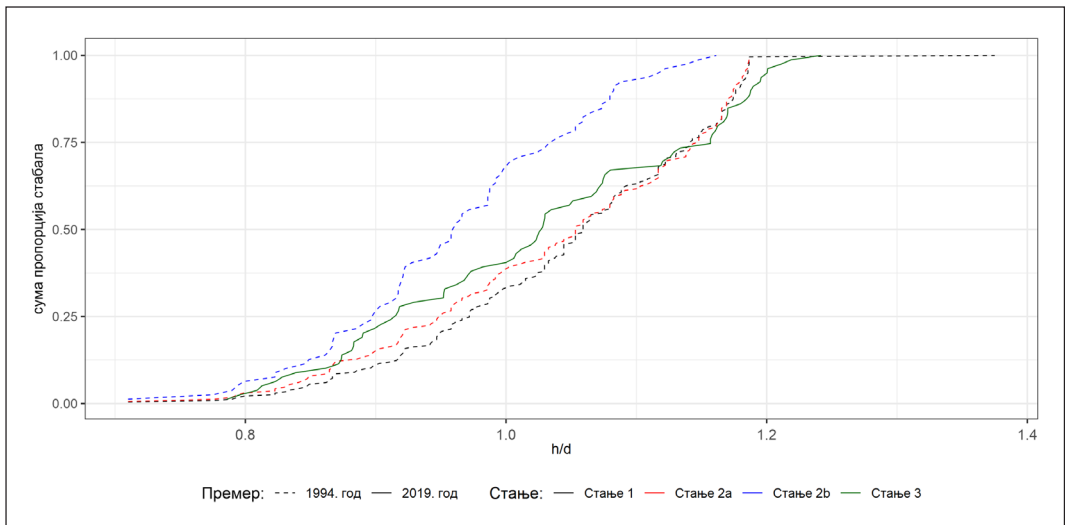
раста до 62. године степен виткости се повећава у односу на стање у 37. години код свих колектива и категорија биолошког положаја стабала (Графикон 6).

Сумарне криве степена виткости стабала за различита стања у годинама премера показују да у 37. години степен виткости испод 0,90 има мање од 12% стабала, а да услед процеса излучивања стабала (селективна прореда и санитарна сеча) код преосталог колектива стабала који је преживео до 62. године (33,8% стабала) степен виткости испод 0,90 има мање од 25% стабала (Графикон 7).

Резултати непараметарских Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling и Wilcoxon тестова указују на различит утицај узгојних захвата на промене стања дистрибуција степена виткости. Под утицајем селективне прореде у 37. години не постоје статистички значајне разлике, а под утицајем санитарне сече у периоду од 38. до 62. године промене су значајне у дистрибуцији степена виткости. У поређењу са стањем после селективне прореде, санитарне сече значајно повећавају нестабилност стабала. Услед раста стабала у периоду од 38. до 62. године (проме-



Графикон 6. Промене нумеричких показатеља степена виткости стабала за различита стања у годинама премера и за различите колективе стабала (сва стабла и стабла различитих биолошких положаја)
Figure 6. Changes of numerical indicators of slenderness coefficient of trees for different stages in the measurement years and for different tree collectives (all trees and trees from different social classes)



Графикон 7. Сумарне криве дистрибуција степена виткости стабала за различита стања у годинама премера
Figure 7. Cumulative curves of slenderness coefficient distributions of trees for different stages in the measurement years

на стања од 2b до 3) непараметарски тестови су потврдили значајне разлике, указујући на повећање степена виткости, односно смањење

стабилности састојине на неповољне утицаје снега и ветра (Табела 7).

Табела 7. Резултати непараметарских Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling и Wilcox тестова промене стања дистрибуција степена виткости (h/d) у периоду од 37. до 62. године

Table 7. Results of nonparametric Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling and Wilcox tests of change of slenderness coefficient (h/d) distributions in the period between age 37 and 62-yr

Поређење стања	Kolmogorov-Smirnov тест		Anderson-Darling тест		Wilcox тест	
	D statistika	p value	AD statistika	p value	W statistika	p value
Стање 1 ~ Стање 2а	0,059441	0,883848	0,59809	0,6506700	20060	0,5059644
Стање 2а ~ Стање 2б	0,317990	0,000041	12,819	0,0000002	9039	0,0000010
Стање 2б ~ Стање 3	0,291139	0,002233	6,7487	0,0003734	2206	0,0014805

4. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧЦИ – DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Смрча не улази у састав природних шумских заједница на подручју Наставне базе „Гоч“, а на подручје газдинске јединице "Б", у микросливу Равнине I, је унета врста пошумљавањем огољених површина које су представљале деградационе фазе шуме балканског китњака (*Quercetum dalechampii serpenticum* Свј. 1999). Истраживана састојина смрче у микросливу Равнине I је подигнута у еколошки повољним условима, које ствара увала и дубље земљиште при водотоку. Састојина је основана густом садњом, са 4500 садница по хектару, а на трајној огледној површини у старости 37 година је евидентирано 2600 стабла по хектару. На основу наведеног проистиче да је, услед спровођених мера неге и морталитета стабала, из састојине до старости 37 година излучено 58% стабала.

Резултати истраживања на трајној огледној површини у наведеној састојини, поред значаја за разумевање мелиоративне улоге смрче на истраживаном станишту, могу допринети при дефинисању поступка неге вештачки подигнутих састојина смрче, јер је до 37. године развој састојине био у складу са данас препоручиваним начином газдовања, који подразумева изостанак прореда или примену ниских прореда слабог интензитета у почетној фази развоја, а затим примену селективне прореде. У фази примене селективне прореде у 37. години и у периоду од 38. до 62. године састојина је била под неповољним утицајима природних фактора (ветра, снега и поледице), а тиме и подложна структурној разградњи. Међутим, услед дис-

континуитета истраживања започетог експерименталног третмана селективне прореде у 37. години огледна површина, као и састојина у целини, је била под третманом изнуђених узгојних интервенција шумарске оперативе у Наставној бази „Гоч“ у периоду од 38. до 62. године и само делом омогућава адекватне ефекте неге.

Приказани елементи раста стабала и састојине, као и њихов квалитет у старости 37 и 62 године, указују да се значај смрче на истраживаном станишту може оценити као позитиван са више аспеката.

На основу поређења елемената раста стабала у истраживаној састојини смрче на станишту балканског китњака, са елементима раста стабала у најбоље формираним средњедобним вештачки подигнутим састојинама смрче на стаништима планинске букве у централној Србији, на лесивираном смеђем земљишту на кречњаку – у старости 32, 37 и 42 године (Stojanović, Krstić, 1984) и у источној Србији на пролувијуму – у старости 32, 40 и 50 година (Bobinaс, 2004; Bobinaс *et al.*, 2018) може се закључити да смрча на станишту балканског китњака у старости 37 година постиже незнатно мање ефекте у расту стабала у дебљину и висину, у односу на станишта планинске букве. Имајући у виду да наведена вештачки подигнута састојина смрче на станишту планинске букве у источној Србији на пролувијуму, у поређењу са другим средњедобним вештачки подигнутим састојинама смрче у Србији, припада категорији најбољих састојина (Bobinaс, 2004; Bobinaс *et al.*, 2018), индиректно се може закључити да је и смеђе земљиште на серпентиниту, повољне еколошке вредности на станишту шуме балканског китња-

ка на Гочу, погодно за развој смрче. Такође, на основу поређења елемената раста истраживане састојине са елементима раста у културама смрче на другим подручјима (Assmann, 1970; Maunaga, 2001; Orlić, 1994; 1999; Orlić *et al.*, 1997, Oršanić, 1995; Pretzsch, 2005; Slodičák, Novák, 2003) може се закључити да истраживана састојина има високу производност, односно добар бонитет (Halaj *et al.*, 1987; Maunaga, 1998).

Међутим, поред високих производних ефеката у истраживаној састојини су у 37. и 62. години присутни елементи неповољне изграђености и статичке нестабилности, што је примарно последица антропогеног утицаја на развој састојине, проистеклог услед изостанка адекватних мера неге. На основу затеченог стања састојине у 37. години, које карактерише биолошко диференцирање стабала у састојини

и присуство преко 50% стабала у подстојном и међустојећем положају, неповољних егзогених утицаја (снега, ветра и поледнице) на развој састојине у периоду од 38. до 62. године и дисконтинуитета третмана селективне прореди, узгојне мере у састојини до 62. године карактерише ниска прореда санитарног карактера.

У старости 37 година највећу варијабилност дебљинске структуре имала су потиштена стабла (23,6%), а у старости 62 године надстојна стабла (15,9%), што указује да се у састојини перманентно одвијао интензиван процес биолошког диференцирања стабала (Табела 4). На континуитет тог процеса индиректно указује степен стешњености крошње стабала у 62. години, јер су стабала са једнострано (СК2) и вишестрано (СК3) стешњеном, односно редукованом, крошњом била заступљена са 77,3% у укупном броју стабала (Табела 5). Мала и неправилна развијеност крошње стабла будућности у 62. години, односно потврђеног аспиранта у 37. години, под перманентним утицајем крошњи конкурентских стабала у периоду од 38. до 62. године илустративно је приказана на Слици 2.

Степен виткости (h_t/d_g) почетног колектива стабала у 37. години је износио 1,09, а у 62. години 1,04. Из разлога нестабилности састојине и појаве снеголома и ветролома на истраживаном подручју, у старости 37. година прва селективна прореда је била усмерена на већи број аспираната (500 по хектару), са степеном виткости 0,91. Према Abetz, Klädtke (2002) оптимална виткост стабала у смрчевим културама износи 0,80-0,90, а изнад те величине стабла су врло подложна преломима од мокрог снега и ветра, па се може закључити да су у састојини у 37. години само стабла будућности (222 стабла по хектару), као део колектива у оквиру издвојених аспираната, задовољавала критеријум оптималне виткости ($h_t/d_g = 86$), а да су аспиранти у целини, а посебно састојина, били подложни преломима од мокрог снега и ветра.

Прва селективна прореда спроведена је у 37. години, при висини аспираната 17,6 м. То је старост састојине која значајније не одступа од периода када се изводе прве „комерцијалне“ прореди у Европи (Slodičák, Novák, 2003). Односно, до 37. године развој састојине је био у складу са начином газдовања, који подразуме-



Слика 2. Стабло будућности у 62. години са стешњеном крошњом на трајној огледној површини (Микрослив Равнине I, одељење 8, фото: М. Бобинац, 2019)

Photo 2. Elite tree at age 62-yr with isolated crown on a permanent sample plot (Micro-basin Ravnine I, compartment 7: Photo: M. Bobinac, 2019)

мева примену ниских прореда слабог интензитета. У складу са постојећим сазнањима да се стабилност састојина постиже раним проредама јачег интензитета (Mäkinen, Isomäki, 2004), може се претпоставити да је наведена селективна прореда краткорочно допринела повећању стабилности колектива аспираната, односно стабала будућности. У погледу механичке стабилности састојине, најбољи резултати у смрчевим културама постижу се раним селективним проредама (од 20. године старости) усмереним на колектив стабла будућности (Štefančík, 2012). Међутим, услед дисконтинуитета у примени третмана селективне прореде на трајној огледној површини и последица повремених неповољних деловања егзогених фактора (снега, поледице и ветра), као и недостатака искустава у нези вештачки подигнутих састојина смрче од стране шумарске оперативе на истраживаном подручју, у периоду од 38. до 62. године су се спроводиле изнуђене узгојне интервенције, са карактером ниске прореде. Повећање степена виткости стабала будућности у периоду од 38. до 62. године управо указује на ту чињеницу, јер ниске прореде доприносе смањењу стабилности састојина, а селективне прореде доприносе повећању стабилности састојина (Vobinac *et al.*, 2018; Štefančík *et al.*, 2018; Šušić *et al.*, 2022). Према резултатима истраживања Vobinac *et al.* (2018) у вештачки подигнутој састојини смрче на станишту планинске букве у Србији, селективна прореда у 40. години условила је већи дебљински прираст у наредном периоду у односу на селективну прореду изведену у 32. години и тиме, уз опадајући тренд висинског прираста и мањи степен виткости, допринела већој стабилности састојине.

Промену структуре састојине, условљену селективном проредом у 37. години (која је по нумеричким показатељима била ниска, пошто је захтевала да се у проредни етат укључе и заостала стабла) и претежно санитарним сечама у периоду од 38. до 62. године, карактерише непосредно после узгојног захвата повећање средњег пречника и висине, смањење темељнице, запремине и варијабилности дебљинске структуре, а асиметрија и спљоштеност се врло мало мењају. Степен виткости стабала након интервенција је смањен, као и његова варија-

билност. Насупрот томе, раст истог колектива стабала под утицајем наведених узгојних захвата, у периоду од 38. до 62. године условљава повећање димензија стабала у укупне темељнице и запремине по хектару, али повећава и степен виткости стабала, као и његову варијабилност. Стабла различитих биолошких положаја пратила су промене димензија целог колектива стабала, али су промене најизраженије код стабала БПЗ. Степен виткости стабала, као један од битних елемената структуре који указује на осетљивост састојина смрче на неповољне утицаје снега и ветра, код колектива стабала БПЗ прелази 1,10, а код стабала БП2 1,05, што је значајно изнад граничног степена виткости 0,80-0,90 који наводе Abetz, Klädtke (2002). Просечан степен виткости стабала БП1 варира у интервалу од 0,90-0,95, што је такође изнад наведеног критичног прага за смрчеве састојине, када се састојине сматрају угроженим на неповољне утицаје снега и ветра.

Главни циљ селективне прореде је унапређење ефикасности преосталих стабала у састојини, што подразумева концентрацију раста на одабраном колективу квалитетних и стабилних стабала (Nicolescu, 2001). Апроксимативно одређен почетни број аспираната (500 по хектару) у 37. години је у сагласности са бројем стабала за негу (512-616 по хектару) који наводи Diaсі (1994) при првој или другој селективној прореди, у старости смрчевих састојина 33-44. године. При таквом поступку од почетно издвојених аспираната у 37. години до 62. године, а у поступку неге који карактерише ниска прореда и утицај непољних егзогених фактора, издвојено је 220 стабала будућности по хектару. Према генералним упуштвима за гадовање састојинама смрче у Србији (2023а), на добрим и средње добрим стаништима, максимални број стабала будућности износи 200-270 по хектару. На оптималним стаништима за смрчу циљни број стабала препоручује се 250 по хектару (Schütz, 1996). Имајући у виду да је у истраживаној састојини у 62. години издвојено 220 стабала будућности по хектару и да је њихова средња висина 28,6 m, може се закључити да је састојина потенцијално добро изграђена и да је раст стабала будућности у висину у складу са фазом дозревања (висина стабала 24-30



Слика 3. Почетак разградње састојине у 62. години у граничној зони огледа (Микрослив Равнине I, одељење 8, фото: М. Бобинац, 9 2019)

Figure 3. Initial stand structure decomposition at age 62-yr in the border zone of the sample plot (Microbasin Ravnine I, compartment 8: Photo: M. Bobinac, 2019)

m), према наведеном моделу раста за састојине смрче на добром станишту у Србији. При спроведеном поступку неге састојине средњи пречник по темељници стабала будућности у 62. години је 31,9 cm, а дебљински прираст у периоду од 38. до 62. године просечно годишње је износио 0,45 cm, па се за постизање циљног пречника 50 cm на добром станишту, а са идентичном величином дебљинског прираста и у наредном периоду, може претпоставити дужина производног циклуса 100 година, што је у сагласности са плански предвиђеном опходњом за вештачки подигнуте састојине смрче на Гочу.

Ограничења за остваривање наведеног циља до краја опходње могу се објективно претпоставити због неповољне изграђености састојине (77,3% стабала је са једнострано и вишестрано стешњеном крошњом) и нестабил-

ности састојине у целини услед великог степена виткости ($h_g/d_g = 1,04$) и 62. години. Стабала будућности у 62. години у састојини немају оптимално развијену крошњу, а у оквиру те категорије стабала налазе се стабала са једнострано стешњеном, односно редукованом крошњом, а тиме и са очекивано умањеним прирасним потенцијалом у односу на стабала са правилно развијеном крошњом у оквиру расположивог простора за раст (Слика 2). Неповољна изграђеност и статичка нестабилност састојине је последица изостанка адекватне неге, примарно у периоду од 38. до 62. године и у састојини, претежно изван зоне огледа, услед неповољних егзогених утицаја снега, ветра и поледнице присутни су процеси разградње састојине (Слика 3).

Од узгојних интервенција у фази дозревања састојине, односно од успостављања континуитета примене селективне прореди, али и нужног континуитета претежно изнуђених санитарних сеча, само се хипотетички могу очекивати задовољавајући ефекти на повећању стабилности стабала будућности и састојине у целини, правилно формирање крошњи стабала будућности, а посебно ревитализација стабала будућности са редукованом крошњом. Генерално то се може сматрати веома сложеним поступком газдовања у условима неправилне изграђености састојине, где степен виткости испод 0,90 има мање од 25% стабала (претежно само стабала будућности), и све израженијих климатских промена, да би се омогућило постизање претпостављеног газдинског циља са издвојеним колективом стабала будућности у висини опходње 100 година. Хипотетичка примена селективне прореди у фази дозревања састојине, према генералним упустима (2023а) да се у уређајном периоду врши уклањање једног до два најјача конкурента стаблима будућности, у приказаној структури састојине у оквиру трајне огледне површине, је нереална генерална препорука, јер би подразумевала јаку прореду у условима нестабилне састојине. Таква прореди могла би бити само огледно препоручена у оквиру трајне огледне површине, а у циљу стицања недостајућих искустава у примени закаснеле селективне прореди у фази дозревања састојине.

Анализа елемената раста и структуре стабла на трајној огледној површини у вештачки подигнутој састојини смрче на станишту балканског китњака на Гочу, у старости 37 и 62 године, указује на објективну претпоставку: да је у периоду од 38. до 62. године одржан континуитет селективне прореди, са већом сигурношћу би се могло очекивати постизање претпостављеног газдинског циља са издвојеним колективом стабала будућности у условима у којима су до сада манифестоване и саниране последице неповољних егзогенних утицаја (снега, ветра и поледице) на огледној површини, на заклоњеном положају на станишту балканског китњака.

Напомена: Истраживање је финансирано од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, на основу Уговора о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2023. години, евиденциони број: (Уговор: 451-03-47/2023-01/200169; Но. 451-03-9/2022-14/200169; 451-03-47/2023-01/200053).

ЛИТЕРАТУРА

- Abetz P., Klädtke, J. (2002): The Target Tree Management System, *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 121(2) (73–82) <https://doi.org/10.1046/j.1439-0337.2002.00073.x>
- Assmann, E. (Ed.). (1970): *The Principles of Forest Yield Study, Studies in the Organic Production, Structure, Increment and Yield of Forest Stands*, Pergamon, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-006658-5.50001-7>
- Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N. (2009): *Nacionalna inventura šuma Srbije, Šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Uprava za šume*. <https://www.google.com/search?q=Nacionalna+inventura+%C5%A1uma+Srbije%2C+%C5%A0umski+fond+Republike+Srbije.&oq=Nacionalna+inventura+%C5%A1uma+Srbije%2C+%C5%A0umski+fond+Republike+Srbije.&aqs=chrome..69i57.719j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Bobinac, M. (2004): Development of artificially established spruce stand at the site of mountain beech after intensive selection thinning, *Bulletin of the Faculty of Forestry* 89 (63–75) <https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0353-4537/2004/0353-45370489063B.pdf>
- Bobinac M., Andrašev S., Bauer-Živković A., Šušić N. (2017): Effects of heavy thinnings on the increment and selection of trees for tending in Norway spruce monoculture in natural hazard conditions, *Bulletin of the Faculty of Forestry* 115 (31–54) <https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0353-4537/2017/0353-45371715031B.pdf>
- Bobinac, M., Andrašev, S., Bauer-Živković, A., Šušić, N. (2018): Effects of heavy thinnings on the increment and stability of a norway spruce stand and its trees between the ages of 32 and 50, *Šumarski List* 142(1–2) (33–46) <https://doi.org/10.31298/sl.142.1-2.3>
- Bjelanović I., Vukin M. (2010): *Prorede u veštački podignutim sastojinama duglazije, smrče, crnog i belog bora na području Majdanpečke domene, Šumarstvo 1–2, UŠITS, Beograd* (79–93) http://www.srpskosumarskoudruzenje.org.rs/index.php?option=com_content&task=view&id=265&Itemid=30
- Cvjetičanin, R. (1999): *Taksonomija i cenoekologija balkanskog hrasta kitnjaka (Quercus dalechampii Ten.) na serpentinitima centralne i zapadne Srbije, Doktorska disertacija u rukopisu, Univerzitet u Beogradu — Šumarski fakultet, Beograd*
- Diaci J. (1994): *Daueruntersuchungen der Auslese-durchforstung von künstlichen Fichtenbeständen in den Savinja Alpen. Deutscher Verband forstlicher Forschungsanstalten. Forstliche Biometrie und Informatik, 7, Tagung, Ljubljana-Grosuplje* (105–121)
- Dražić M. (1994): *Uzgojno-biološki i ekonomski značaj proreda u šumskim kulturama, U: M. Dražić (ur.), Uzgojno-biološki i ekonomski značaj proreda u šumskim kulturama i mladim šumama, Zbornik radova sa zaključcima savetovanja, JP Srbijašume, Beograd* (9–38)
- Field A.P., Miles J., Field Z. (2012): *Discovering statistics using R*. SAGE Publications Ltd, London, UK.
- Halaj, J. et al. (1987): *Rastove tabulky hlavných drevin ČSSR. Priroda, Bratislava*
- ICP Forest (1994): *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air*

- pollution on forests. UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, 3rd edition, Hamburg, Germany, Zbraslav, Czech Republic https://www.icp-forests.org/pdf/manual/1994/ICPForests_Manual_1994.pdf
- Kraft, G. (1884): Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen Schlagstellungen und Lichtungshieben.
- Kleinbaum D.G., Klein M., (2010): Logistic Regression — A Self-Learning Text, Third Edition, Springer-Verlag New York, USA <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1742-3>
- Macan, G. (1985): Uperedna istraživanja oticanja i kvaliteta vode slivova pod šumskim rasadima, travnim pokrivačem i goletima Goča, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd.
- Macan, I. (1995): Izbor najpovoljnijih prorednih seča u veštački podignutoj sastojini smrče na području Goča, Diplomski rad, Šumarski fakultet, 1–43, Beograd.
- Marković, Lj., Petrović, D. (1960): Nega šuma u Srbiji, Poljoprivredno šumarska komora NR Srbije, Zadržna knjiga, Beograd
- Maunaga Z., (1998): Strukturne i proizvodne karakteristike veštački podignutih sastojina smrče u Republici Srpskoj, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd
- Maunaga Z. (2001): Prinosne tablice za jednodobne sastojine smrče u Bosni (Yield tables for even aged spruce stands in Bosna), Šuma 2, Sokolac, 5–24
- Mäkinen, H., Isomäki, A. (2004): Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Norway spruce trees, Forest Ecology and Management 201 (295-309)
- Michailoff, I. (1943): Zahlenmäßiges Verfahren für die Ausführung der Bestandeshöhenkurven, Forstwissenschaftliches Centralblatt Und Tharandter Forstliches Jahrbuch 6, 273–279
- Miletić N. (2020): Izgrađenost veštački podignute srednjedobne sastojine smrče i njen meliorativni značaj u mikroslivu Ravnine I na području NB Goč, Master rad, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd
- Mráček, Z., J. Pařez (1986): Pěstování smrku, Státní zemědělské nakladatelství, Praha
- Nicolescu, V. N. (2001): The concept of crop (elite) trees and its use in the management of stands designated to the production of high-value timber, Bulletin of the Transilvania University of Brasov 8(43) (141–148)
- Orlić S. (1994): Razmak sadnje i razvoj obične smreke u kulturama, Radovi 29(I) (59–70)
- Orlić S. (1999): Drugi proredni zahvat, produkcija biomase i njezin kemizam u kulturi obične smreke „Velika buna“, Radovi 34(2) (39–51)
- Orlić S., Rastovski P., Ocvirek M. (1997): Proreda i mineralna prehrana kao mjere njege u kulturi obične smreke, Radovi 32 (1) (55–66)
- Oršanić M. (1995): Uspijevanje šumskih kultura obične smreke (*Picea abies* Karst.), crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) i europskog ariša (*Larix decidua* Mill.) na Zagrebačkoj gori, Glasnik za šumske pokuse 32 (1–90) <https://repositorij.sumfak.unizg.hr/en/islandora/object/sumfak%3A2571>
- Pretzsch H. (2005): Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. European Journal of Forest Research 124 (193–205) <https://doi.org/10.1007/s10342-005-0068-4>
- Ranković N., Nedeljković J., Zlatić M., Stanišić M., Nonić D. (2016): Trends in the extent of damages from natural hazards in forests in Serbia and the influence of temperature and precipitation. Bulletin of the Faculty of Forestry 89 (201–218) <http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0353-45371614201R>
- Schuck A., Schelhaas M.J. (2013): Storm damage in Europe — an overview, In: Gardiner B., Schuck A., Schelhaas M.J., Orazio C., Blennow K., Nicoll B. (Eds.), Living with Storm: Damage to Forests, EFI Series What Science Can Tell Us 3, European Forest Institute, Joensuu (15–23) <https://efi.int/publications-bank/living-storm-damage-forests>
- Schütz, J.P. (1996): Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. Schweiz. Z. Forstwes., 147 (6) (315–349)
- Stojanović LJ., Krstić M. (1984): Rezultati istraživanja najpovoljnijih mera nege putem seča proreda na razvoj kultura smrče na Maglešu, Šumarstvo 1–2, UŠITS, Beograd (3–20)
- Schädelin, W. (1942): Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung (3rd edition). Verlag Paul Haupt.

- Slodičák, M., Novák, J. (2003): Thinning experiments in Norway spruce stands after 40 years of investigation—1st series, *Journal of Forest Science* 49(2) (45–73)
<https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?volume=49&firstPage=45&type=publishedArticle>
- Slodičák, M., Novák, J., Skovsgaard J.P. (2005): Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), *Forest Ecology and Management*, 209 (157–166) <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.011>
- Slodičák, M., Novák, J. (2006): Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion, *Forest Ecology and Management*, 224(3) (252–257) <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.037>
- Štefančík, I. (2012): Development of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) target (crop) trees in pole-stage stand with different initial spacing and tending regime, *Journal of Forest Science* 58(10) (456–464) <https://jfs.agriculturejournals.cz/pdfs/jfs/2012/10/04.pdf>
- Štefančík, I., Vacek, Z., Sharma, R. P., Vacek, S., Rösslová, M. (2018): Effect of thinning regimes on growth and development of crop trees in *Fagus sylvatica* stands of Central Europe over fifty years, *Dendrobiology* 79 (141–155) <https://doi.org/10.12657/dendro.079.013>
- Šušić, N., Bobinac, M., Andrašev, S. (2022): Effects of two different thinning methods on the diameter and basal area increments of silver lime (*Tilia tomentosa* Moench) target trees in Fruška Gora (Serbia), *Annals of Forest Research* 65(2), 3–14
<https://www.afrjournal.org/index.php/afr/article/view/2392>
- Thorntwaite, C. W. (1948): An Approach toward a Rational Classification of Climate, *Geographical Review* 38(1) (55–94) <https://doi.org/10.2307/210739>
- Tijardović, M., Perić, S., Dubravac, T. (2016): Conversion of spruce monocultures to climax sessile oak stands in the central part of the Republic of Croatia, *Natural resources, green technology and sustainable development*, 5–7 October, 2016, Zagreb, Croatia, *Proceedings*
- Tomić, Z., Jović N. (2000): Typological classification and dynamism of forest ecosystems in the Faculty of Forestry experimental forest estate on mt. Goč, *Bulletin of the Faculty of Forestry* 82 (191–214), <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0353-45370082191T&lang=en>
- Valsta, L. (1992): An optimization model for Norway spruce management based on individual-tree growth models, *Acta Forestalia Fennica* 232 (3–20) <https://doi.org/10.14214/aff.7678>
- Valinger, E., N. Pettersson (1996): Wind and Snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Picea abies* in southern Sweden, *Forestry* 69 (25–33) <https://doi.org/10.1093/forestry/69.1.25>
- Vučković, M., V. Stamenković, L.J. Stojanović, M. Krstić, M. Tošić (1990): Razvojno proizvodne karakteristike i predlog mera nege veštački podignutih sastojina moliike, crnog bora i smrče na staništu planinske bukve (*Fagetum montanum silicicolum*), U: V. Stamenković (ured.), Unapređenje šuma i šumarstva regiona Titovo Užice, 2, *Šumarski fakultet*: 103–120, Beograd.
- Wickham, H. (2016): ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, Springer-Verlag NewYork
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-98141-3>
- (1971): *Tablice iz dendrometrije i uređivanja šuma*, D. Belić (ured.), treće prošireno izdanje, Beograd
- (2021): *Osnova gazdovanja šumama za GJ. „Goč-Gvozdac B” (2022–2031)*, Šumarski fakultet, Beograd
- (2022): R core Team, A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria <http://www.R-project.org>
- (2023a): Uputstva za gazdovanje šumama – Nacrt - <https://upravazasume.gov.rs/wp-content/uploads/2022/04/Uputstva-za-gazdovanje-sumama.docx>
- (2023b): <https://www.sfb.bg.ac.rs/fakultet/zastice-na-prirodna-dobra/goc-gvozdac/>

