

Одрживи развој и управљање високим буковим шумама

Николчо Велковски, Зоран Говедар,
Славчо Христовски, Борис Најдовски

Сажетак. Буква је веома распрострањена врста на читавом евроазијском континенту. Расте и развија се у различитим еколошким и станишним условима, у широкој хоризонталној и вертикалној амплитуди. Може се срести на надморским висинама испод 100 и изнад 2.000 м. Букове шуме развијају се у састојинама од младих до веома старих (прашуме). Могу да буду чисте или мјешовите са другим врстама или пак могу да буду врло различите у односу на поријекло (генеративно или вегетативно). Развијају се као једнодобне или разnodобне састојине, а неке од букових шума имају карактеристике шума са високим природним вриједностима и врло су важне за очување биодиверзитета. Од суштинског значаја за опстанак и одрживи развој букових шума јесте њихов процес природног обнављања. Обнављање букових шума може се постићи природним или вјештачким путем. У савременој шумарској науци и пракси увијек се даје предност природном обнављању шума. Природно обнављање шума букве има различит ток у зависности од тога да ли се одвија под заштитом склопа стабала матичне састојине или се одвија у условима отвореног склопа. Са повећањем склопа матичне састојине током природне обнове опада број јединки подмлатка у свим развојним фазама. Током природне обнове у

Цитирање: Велковски Н, Говедар З, Христовски С, Најдовски Б (2023) Одрживи развој и управљање буковим шумама. У: Говедар З, Матаруга М, Пржуљ Н (уредници) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LI:537–576

Cite as: Velkovski N, Govedar Z, Hristovski S, Najdovski B (2023) Sustainable development and management of beech forests. In: Govedar Z, Mataruga M, Pržulj N (eds) Sustainable development and management of forest ecosystems. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LI:537–576

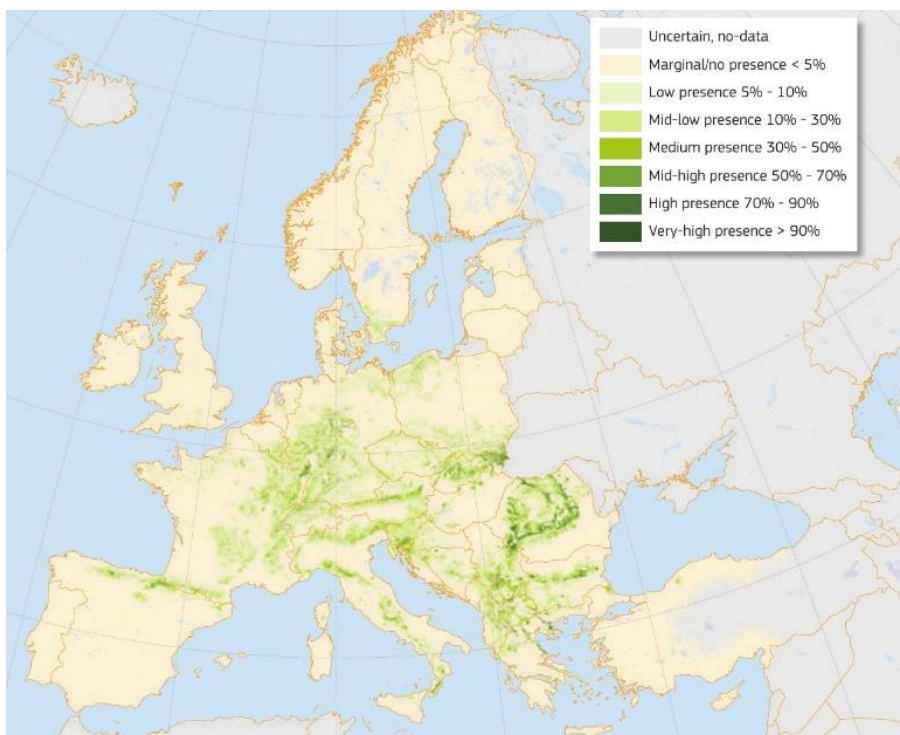
различитим условима склопа састојине и величине отвора у склопу шуме, уочава се да је најбоља обновљеност код отвора величине до 500 м², затим при отворима у склопу величине 500 и 1.000 м², а најмања у отворима величине између 1.000 и 1.500 м². То јасно указује да велики отвори у склопу шуме нису погодни за природно обнављање букве јер се континуирано смањује бројност јединки подмлатка, које су у млађим развојним фазама веома потребне. Природна обнова која се развија у условима кружних отвора у склопу величине до 500 м² има и најбољу квалитетну структуру подмлатка. У таквим отворима, око 60% подмлатка је доброг квалитета, око 25% осредњег, а око 15% лошег квалитета. У отворима величине између 500 и 1.000 м², бројност подмлатка са добрим квалитетом смањује се на 41%, а повећава се бројност подмлатка средњег квалитета на 38% и лошег квалитета на 21%. Квалитетна структура природне обнове још више се смањује у отворима величине између 1.000 и 1.500 м², гдје је само око 20% подмлатка доброг квалитета, око 30% је средњег и око 50% лошег квалитета. Код отвора већих од 500 м² веома су чести случајеви закоровљавања терена. Букове састојине на различитим стаништима имају велике разлике у производности, што је узроковано широким ареалом распрострањености букових шума на различитим станишним условима и у различитим узгојним облицима. Надземна биомаса у буковим шумама варира у зависности од старости шума, начина управљања и коришћења, као и од бројних еколошких фактора. Познате су велике вриједности надземне биомасе у старим и очуваним буковим шумама изнад 750 т ха⁻¹. Умјерене вриједности у привредним шумама крећу се у распону између 200 и 400 т ха⁻¹. Код доминантних стабала, највећа биомаса налази се у крунама дрвећа, док је код субдоминантних и супресираних стабала највећа биомаса у деблу, што је резултат мање круне због недостатка сунчевог зрачења. Генерално, 1/3 или нешто мање надземне биомасе отпада на грађевину, листови захватају око 1%–2%, док је највећа биомаса (60%–70%) концентрисана у стаблу. Мртва биомаса у буковим шумама састоји се од мртве биомасе акумулиране у шумској простирци, као и код стајаће и лежеће мртве биомасе. Биомаса шумске простирке варира у буковим шумама Европе: букове шуме на сјеверу имају мању биомасу од 3–12 т ха⁻¹, док су високе вриједности (25–75 т ха⁻¹) регистроване за југоисточне дијелове. Дубећа мртва биомаса у шумама износи 1,2%–6,0% од живе надземне биомасе, односно 2–5 т ха⁻¹. Лежећа мртва биомаса у европским буковим шумама варира у врло великом опсегу у зависности од очувања букових шума и њихове развојне фазе. Европски опсег износи 32–310 м³ ха⁻¹, а вриједности изнад 130 м³ ха⁻¹ припадају очуваним буковим шумским резерватима. При избору метода управљања буковим шумама увијек треба имати у виду биолошке карактеристике

букве у односу на еколошке услове на подручју гдје се буква развија. Велики значај букове шуме у данашње вријеме тражи и различите стручно подржане начине управљања шумама у циљу њиховог одрживог развоја.

Кључне ријечи: Буква, одрживи развој, природно обнављање, гајење шума

14.1. Увод

Буква је врста која је широко распрострањена у умјереним и хладним подручјима сјеверне хемисфере. Распрострањена је на готово цијелом европском континенту, осим крајњих сјеверних, јужних и западних дијелова. У средњој и сјеверозападној Европи насељава равничарске терене, а у јужној Европи насељава брдско-планинске терене. У свијету је издвојено 10 врста букве (Јовановић 2000), која се природно налази у Европи, Малој Азији, Криму и Кавказу (Сл. 14.1). Све до 1838. године сматрало се да на читавом евроазијском континенту живи само једна врста букве, која је била детерминисана као *Fagus sylvatica* L. (Мишић 1957).



Сл. 14.1. Распрострањеност букве у Европи

Fig. 14.1. Distribution of beech in Europe

Међутим, касније су утврђене морфолошке и биолошке разлике па су тако издвојене *Fagus orientalis* Lipsky – источна буква, *Fagus taurica* Popl. – кримска буква и *Fagus moesiaca* Domin Maly/Czeczott – мезијска (балканска) буква (Џеков 1988). Средња годишња релативна влажност ваздуха за мезијску букву је између 65% и 80%, за европску 75% и 85% и за источну букву 70% и 80% (Lakušić 1980). Према средњој годишњој релативној влажности, мезијска буква има ширу амплитуду од европске и источне букве. Сматра се да у средњој Европи буква још не ужива температурни оптимум и да би се максимум прираста постигао у случају повећања температуре за приближно 2,0 °C (Houston, 2016; Pretzsch and Dursky 2002). Ипак, примијећено је да у сушним годинама често одумире подстојни дио састојине, а штете у случају великих суша у вегетационом периоду могу бити изражене и код доминантних стабала (поготово старијих). Иако је дефинитивно закључивање о укупним ефектима повећања температуре ваздуха отежано, с обзиром на веома сложене међусобне односе између појединих егзогених фактора и комплексну реакцију појединих врста дрвећа, може се закључити да је буква врста са солидном толеранцијом према присутном тренду смањења падавина и повећања температуре, у сваком случају већом од врста које са њом граде мјешовите састојине, као што су смрча и јела (Peters 1992). Буква је врста која за свој оптималан развој тражи умјерено влажна станишта, у којима се не јављају сушни периоди, и велику количину релативне влажности ваздуха. Она има плитак и разгранат коријенов систем па, уколико се изврше сјече јачег интензитета, могућа је појава вјетроизвала или сњегоизвала.

Шуме у југоисточној Европи веома су разнолике, као и услови средине. Овај регион посједује већу вегетацијску разноликост од централне и сјеверне Европе, а заступљено је много рефугијалних заједница. Многе шуме су веома продуктивне, али постоје и такве које су слабог квалитета или деградиране због превелике експлоатације у прошлости или због развоја сточарства и пољопривреде (Matić i sar. 1996; O’Hara et al. 2018). Значајне површине букових шума имају карактеристике шума са високим природним вриједностима и оне су врло важне за очување биодиверзитета. Букове шуме пружају и значајне општекорисне функције, а посебно су значајне за процес кружења воде у природи. Букове шуме, такође, умањују температурне екстреме, чиме врше утицај на побољшавање микроклиме. Са све бржим и динамичнијим развојем у данашње доба, поред производних, све више се повећавају и потребе за заштитним, пејзажним и рекреационим функцијама шума које букове шуме свакако могу пружити. И поред многих истраживања букових шума у свијету, и данас постоје дилеме који начин управљања и које узгојне методе дају најбоље резултате за њихов одрживи развој.

14.2. Основне биоеколошке особине букве

Буква је врло распрострањена врста, која има велику прилагодљивост на различите природне услове. Има широку хоризонталну и вертикалну амплитуду распрострањења у односу на климатске, едафске и орографске услове и гради један широк, типичан буков појас, у коме је доминантна врста. Може се наћи на надморским висинама испод 100 м и изнад 2.000 м, у зависности од еколошких услова. Буква расте у врло различитим еколошким условима, те се појављује у различитим биолошким видовима, који нису и не могу бити јединствени, прије свега у узгојном, па ни у привредном и другом коришћењу тих шума (Fukarek 1965). Размножава се успјешно генеративним и вегетативним путем.

Почетак плодоношења у склопу састојине је око шездесете године старости, а код стабала на осами и изданачког поријекла око 20 година раније. Обилан урод сјемења јавља се периодично, тако да је учесталост плодоношења, у зависности од услова средине и надморске висине, сваких 5–10 година. Цвјета у априлу и мају, сјеме сазријева у септембру и октобру, а опада од септембра до новембра, када треба планирати извођење обновних сјеча. Приближна клијавост сјемења је до 65% (Вунишевац 1951; Ђајев и Манчић 2001). Осим генеративно, из сјемења, балканска буква веома успјешно се обнавља и одржава вегетативним путем зато што има значајну изданачку снагу. То је важно биолошко својство по којем се балканска буква разликује од европске букве (*Fagus sylvatica*). Захваљући тој изданачкој снази, балканска буква се успјела одржати на значајним просторима иако је била подложна јаким сјечима и деградацији, тако да се данас на подручју Балкана налазе простране букове изданачке шуме различитог квалитета и степена деградације (Џеков 1988).

Истраживања потврђују особине букве као изразито сциофилне врсте, одмах иза јеле (Стојановић и Крстић 2000), која често гради састојине са густим склопом. Као таква, убраја се у врсте спорог раста, са годишњим висинским прирастом око 0,4 м и одликује се касном кулминацијом дебљинског и висинског прираста. У састојинским условима, кулминација текућег висинског прираста је око 30–50. године старости, а дебљинског око 60–80. године. Код стабала на осами и стабала вегетативног поријекла кулминација прираста јавља се 10–20 година раније.

У састојинама прашумског типа значајно повећање дебљинског прираста констатовано је око 230–240. године старости и износи 2,5–3,0 мм (Бунушевац 1951; Стојановић et al. 1999). За разлику од осталих домаћих врста дрвећа, буква има способност регенерисања прирасне снаге и постизања високих вриједности дебљинског прираста при великој старости, преко 230

година (Govedar 2000). Буква је врста која за свој оптималан развој тражи велике количине влаге ваздуха и свјежа земљишта. Расте на свим геолошким подлогама (силикатним и карбонатним). Добро се развија на дубоким земљиштима која су богата хумусом, са повољним водно-ваздушним особинама. На таквим земљиштима образује густ и разгранат коријенов систем, који ефикасно користи хранљиве састојке из земљишта. Љетне суше и високе температуре умањују њену виталност. Гради густе састојине и на повољним стаништима може произвести велику количину дрвне запремине. Са повећањем учешћа букве, повећава се стабилност шума према негативним абиотичким факторима. За оптималан раст захтијева мање влаге у односу на јелу (Pintarić 1991; Saniga 2007).

Буква у раним развојним фазама има прилично спор развој. До 10. године старости, средњи годишњи прираст у висину износи од 5,6 до 13,0 цм. Након 10. године, средњи годишњи прираст значајно се повећава, тако да је у 15. години између 36,5 и 42,3 цм. Тренд повећавања годишњег прираста у висину траје све до 40, а у неким случајевима и до 60. године, а након тога се смањује (Гарелков и Турлаков 1978). Ток развоја подмлатка букве зависи од доступности директне и дифузне свјетлости. Круне подмлатка букве веома су варијабилног облика и могу се лако прилагођавати станишним и свјетлосним условима због хелиотропних особина. Ова особина букви помаже да се успјешно бори са другим конкурентским врстама, посебно четинарима (Сл. 14.2). У дужем временском периоду, ако се мјерама њега не помажу друге жељене врсте, мјешовите састојине са буквом природно се претварају у чисте букве састојине.



Сл. 14.2. Подмладак букве изложен директној свјетлости (а) и подмладак смрче у конкуренцији са буквом (б) (Фото Велковски Н 2017)

Fig. 14.2. Beech seedling exposed to direct light (a) and The young spruce competes with the beech (b) (Photo Velkovski N 2017)

14.3. Гајење букових шума

Теоретске основе о природној обнови чистих састојина букве развиле су се у прошлом вијеку, у вријеме подизања монокултура у Њемачкој. Нагло прогаљивање састојина јачим захватима (до 50% по запремини) у циљу регенерације букових шума у Њемачкој (Солинген), у старости 70–80 година, показало се успјешним. Међутим, са аспекта прираста (производности), ефекти су били неповољни, јер је запремински прираст био мањи за 28% од нормалног, у односу на састојине које су постепено два пута проређиване и код којих је прираст био мањи за 10%–15% (Assman 1961). Биеколошке карактеристике букве, посебно ријетке године пуног уroda сјемена, и настојања да се правилним узгојним мјерама произведе што већа количина квалитетне дрвне запремине, имале су одлучујући утицај за прихватање опходне сјече на великим површинама као најбољег начина природне обнове букових шума. Касније је овај начин природне обнове нашао широку примјену у цијелој Европи, а најбољи резултати остварени су у Данској (Madsen and Larsen 1997).

Када је констатовано да су једнодобне састојине, настале опходним сјечама на великим површинама, нестабилне према разним биотичким и абиотичким факторима, крајем XIX вијека (1886. године), од стране Гајера (Karl Gayer, 1822–1907), потенцирана је идеја да се почне газдовати на малим површинама (Pintarić 1980), према принципима постепене опходне сјече (*femelschlag*). Касније је овај начин газдовања постао доминантан у Европи (Wagner et al. 2010). Овим начинима газдовања формирају се стабилне разходне састојине, земљиште се штити од неповољних атмосферичких, шуме имају већу туристичко-рекреативну вриједност, а знатно боље се користи производни потенцијал станишта. Након прве инвентуре шума у БиХ (1964–1968), констатовано је да су високе шуме букве узгојно лошег квалитета (54% стабала је III узгојно-техничке класе) и да имају ниску запремину ($240,2 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$) па је у њима потребно газдовати стабилнично-пребирно још 2–3 уређајна периода како би се њихова структура по квалитету побољшала (Matić 1969). Међутим, резултати инвентуре шума у Републици Српској / БиХ (2006–2009) показују да је и даље лоша квалитетна структура састојина, а да се на свега 9,8% површине ових шума примјењује систем опходних сјеча (Matić et al. 1971).

У државним високим буковим шумама узгојног облика разходних шума доминантан је пребирни систем газдовања на површини око 75% ових шума, што је у складу са утврђеним површинама структурних и узгојних облика у обје категорије власништва. Карактеристике букових шума и њихов развој у циљу одрживости и очувања природних особина букових шума биле су тема

проучавања многих истраживача (Šafar 1963; Гарелков и Турлаков 1978; Јурџа 1988; Стојановић и Крстић 2000; Велковски 2007; Велковски и сар. 2008, Вишковић и Стајић 2005; Nicolescu 2018 и др.). Од суштинског значаја за опстанак и одрживи развој букових шума јесте њихов процес природног обнављања (Bunuševac et al. 1974). Основни предуслов за појаву природне обнове јесте производња квалитетног сјемена од стране матичних стабала у шумским састојинама. Даљи развој условљен је клијањем сјемена, ницањем и развојем поника и подмлатка на квалитетном земљишту. Овај процес је под јаким утицајем услова станишта, од чега зависи и успјех природног обнављања. Познавање овог процеса од посебне је важности јер од тога зависи и примјена различитих метода обнове (Велковски и сар. 2007). Обнављање букових шума може се постићи природним или вјештачким путем. Вјештачким путем врши се обнављање букових шума тамо гдје су природни услови изразито неповољни, гдје природни потенцијал матичне састојине за плодоношење није повољан, због неповољних биотичких и абиотичких фактора или уопште гдје процес природног обнављања није успјешан. У таквим случајевима може се примијенити вјештачко обнављање букових шума сјетвом сјемена или садњом садница. У савременој шумарској науци и пракси увијек се даје предност природном обнављању шума, о чему говоре бројна научна истраживања (Milin 1965; Jovanović 1966; Bunuševac et al. 1974; Dobrev et al. 1974; Vyskot et al. 1978; Dakov i Vlasev 1979; Mraček 1989; Krstić 1982; Pintarić 1991; Stojanović et al. 1983, 1994, 1995; Krstić et al. 1994; Stojanović i Krstić 2000; Govedar 2000; Велковски 2007; Велковски и сар. 2008; Anić i Mikas 2011 и др.).

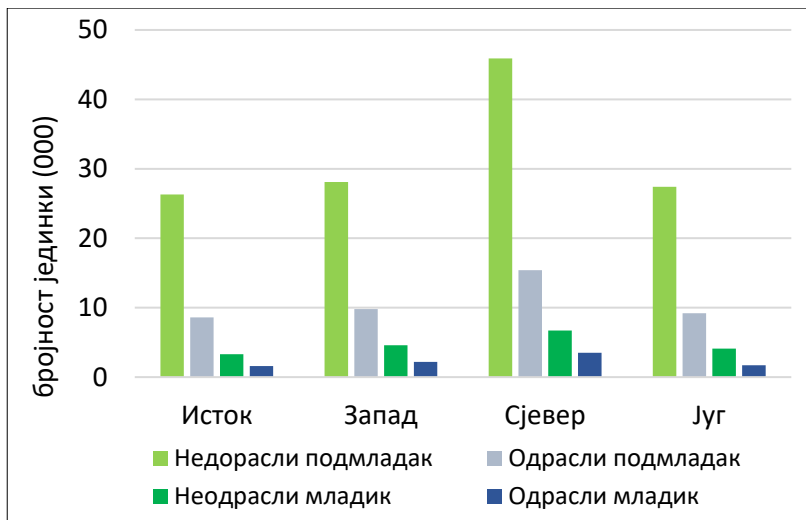
Природно обнављање у високим буковим шумама углавном је поријеклом из сјемена матичних стабала. Притом се увијек при избору сјече обнове морају имати у виду карактеристике буковог сјемена, које је тешко и углавном се не може преносити на велике удаљености од матичних стабала. Зато обнови букве не одговарају јачи захвати којима се јако прекида склоп састојине. Буква се у повољним станишним условима веома добро подмлађује и последице извршених обновних сјеча појављује се поник „густ као четка“, често са преко 100 биљака по м². На закоровљеним површинама, или гдје је нагомилана неразложена шумска простирка, лоше се обнавља јер је отежано и смањено клијање сјемена, закорјењавање и преживљавање поника (Krstić i Cvjetičanin 2005). Склоп састојине има велику улогу не само за појаву и развој природне обнове букве већ и за њену бројност, квалитет и опстанак. У условима велике склопљености, до треће године угине 55%–60% подмлатка, а од треће до пете године угине 90%–95%. Након пете године остане само мали дио, и то на мјестима гдје има довољно количине дифузне свјетлости (Гарелков и Турлаков 1978). Код букових шума на Малешевским планинама у Сјеверној Македонији код склопа 30% утврђена је бројност

подмлатка од 210.000 јединки по ха. Са повећањем густине склопа, та бројност се смањује до 15.000 јединки подмлатка по хектару код склопа 90% (Велковски 2007). Повећањем склопа матичне састојине долази до смањења броја јединки подмлатка и младика, што је узроковано недостатком простора за раст (конкуренција биљака) и недостатком довољне количине свјетлости.

Таб. 14.1. Утицај густине склопа на бројност младих јединки (Велковски 2007)
Tab. 14.1. Canopy density impact on the number of young individuals (Velkovski 2007)

Јединки по хектару				Укупно	Склоп (%)
Подмладак		Младик			
Неодрасли	Одрасли	Неодрасли	Одрасли		
138.600	41.400	20.500	9.500	210.000	30
70.000	35.000	11.800	6.200	123.000	40
59.100	31.500	9.300	5.400	105.300	50
53.200	26.300	8.200	4.600	92.300	60
42.700	21.300	7.100	3.900	75.000	70
18.900	10.900	5.200	2.100	37.100	80
6.800	4.700	3.500	900	15.900	90

Са растом младих јединки повећава се и њихова потреба за већом количином свјетлости, па подмладак који нема довољно свјетлости заостаје у развоју, а касније и изумире. Одумирање подмлатка старости од 7 до 10 година повећањем склопа састојине констатовано је и на Шипченској планини у Бугарској, гдје бројност подмлатка при склопу 40%–50% опада од 32.000 на 6.200 јединки подмлатка по хектару и при склопу од 60% и 70% бројност јединки се смањује од 29.500 на 2.000 јединки по хектару (Ефремов 1987). Овај процес интензивнији је код хелиофилних врста, па је у састојинама бијелог бора при склопу 20% број јединки износио 28.070 јединки по хектару, а затим се континуирано смањивао до 714 јединки по хектару код склопа 90% (Баткоски 1986). Поред склопа, код подмлатка букве састојине велики утицај има и изложеност терена (Граф. 14.1). Највећа бројност младих јединки букве налази се на сјеверној експозицији, гдје владају такви свјетлосни и еколошки услови који одговарају биолошким карактеристикама букве и њеној потреби за свјежим и влажним земљиштем (Таб. 14.2). Највећа бројност младих јединки налази се код величине отвора у склопу до 500 м², затим у отворима величине између 500 и 1.000 м², а најмање у условима отвора склопа између 1.000 и 1.500 м². Тако укупан број јединки букве у развојним фазама подмлатка и младика на сјеверној експозицији износи 144.000 јединки по хектару, у отворима од 500 до 1.000 м² смањује се на 80.000 јединки по хектару, а код отвора између 1.000 и 1.500 м² опада на 21.500 јединки по хектару.



Граф. 14.1. Бројност младих јединки по развојним фазама и експозицији (Велковски 2007)

Graph. 14.1. Number of young individuals by developmental stages and exposure (Velkovski 2007)

Истраживања о утицају режима свјетлости на природно обнављање букве и карактеристике подмлатка у чистим састојинама секундарног карактера на подручју Кнежева у Републици Српској показују да су најбољи услови за појаву максималне бројности подмлатака букве када је састојина експонирана сјевероистоку и када дневни интензитет освијетљености износи 9,5% од пуног дневног освјетљења (Govedar 2000). Највећа бројност подмлатка букве (21.000 јединки по ха) јавља се при степену склопа 82%.

У мезофилнијим станишним условима дужина љетораста одраслог подмлатка достиже кулминацију при мањој пропустљивости свјетлости, за разлику од ксеротермнијих станишних услова, гдје кулминација дужине љетораста настаје при већим вриједностима пропустљивости свјетлости. На повећање пропустљивости свјетлости најповољније реагује одрасли подмладак букве на прелазној сјевероисточној експозицији, гдје су екстремне температуре и влаге ваздуха мање изражени (Govedar 2000). Неодрасли подмладак букве при 8,1% пропустљивости свјетлости достиже кулминацију дужине љетораста, док је одраслом подмлатку букве потребно континуирано повећање пропустљивости свјетлости у састојину. Овакви услови могу се постићи формирањем иницијалних подмладних језгара елиптичног облика чија дужа оса износи око 1,5 средње састојинске висине у условима примјене оплодних сјеча на малим површинама.

Таб. 14.2. Утицај експозиције и величине отвора у склопу састојине на бројност младих јединки (Велковски 2007)

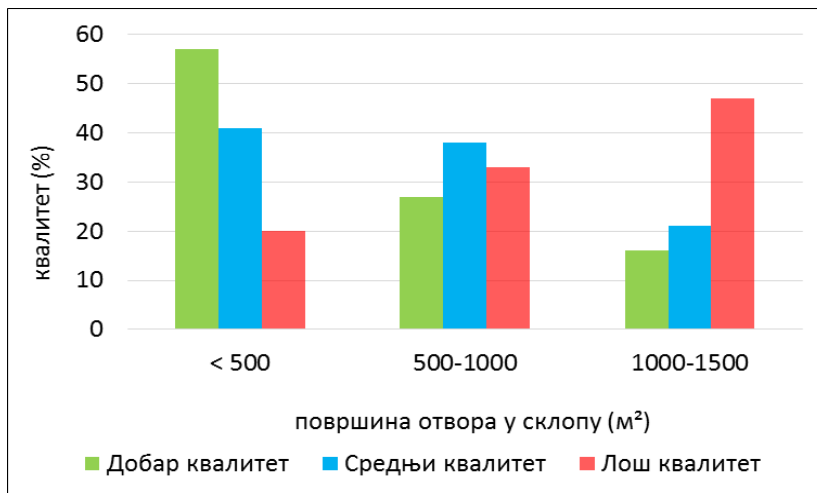
Tab. 14.2. Influence of exposure and size of openings within a stand on the number of young individuals (Velkovski 2007)

			Експозиција				
			Исток	Запад	Сјевер	Југ	
Површина отвора у склопу (м ²)	До 500	Подмладак	Неодрасли	41.300	54.700	69.700	42.900
			Одрасли	18.500	39.000	42.500	39.000
		Младик	Неодрасли	12.300	16.300	19.300	15.100
			Одрасли	5.400	7.500	12.500	8.000
		Укупно		77.500	117.500	144.000	105.000
		500–1.000	Подмладак	Неодрасли	20.300	31.200	35.500
	Одрасли			13.500	18.400	20.200	18.700
	Младик		Неодрасли	8.200	10.300	14.500	10.700
			Одрасли	4.500	5.100	9.800	6.100
	Укупно		46.500	65.000	80.000	65.000	
	1.000–1.500		Подмладак	Неодрасли	7.100	8.800	8.200
		Одрасли		5.800	6.900	6.700	7.100
Младик		Неодрасли	2.500	2.700	4.400	4.900	
		Одрасли	1.100	1.600	2.200	2.700	
Укупно		16.500	20.000	21500	25.000		

Поред бројности природне обнове, за успјешно природно обнављање важан показатељ је и квалитет подмлатка у различитим условима склопа (Граф. 14.2). Најбољу квалитетну структуру имају младе јединке букве које се развијају при отвору склопа величине до 500 м² (60% јединки има добар квалитет, око 25% је осредњег квалитета, а око 15% је лошег квалитета). У отворима величине између 500 и 1.000 м², бројност природне обнове са добрим квалитетом смањује се на 41%, а повећава се бројност природне обнове средњег квалитета на 38%, и лошег квалитета на 21%.

Истраживањима о природном обнављању и карактеристикама подмлатка букве у чистим састојинама секундарног карактера на подручју Кнежева у Републици Српској утврђено је да се највећа бројност подмлатка (око 21.000 јединки по хектару) јавља при степену склопа 82% (Govedar 2000). У мезофилнијим станишним условима, дужина љетораста одраслог подмлатка достиже кулминацију при мањој пропустљивости свјетлости, за разлику од ксеротермнијих станишних услова, гдје кулминација дужине љетораста настаје при већим вриједностима пропустљивости свјетлости. На повећање пропустљивости свјетлости најповољније реагује одрасли подмладак букве у састојини на прелазној сјевероисточној експозицији, гдје су екстремне температуре и влаге ваздуха мање изражени.

Повољни услови за прирашћивање неодраслог подмлатка букве у висину остварују се при пропустљивости свјетлости између 8,3% и 11,5%, од пуне дневне свјетлости на отвореном простору (Govedar 2000).



Граф. 14.2. Квалитетна структура подмлатка у различитим отворима склопа (Велковски 2007)

Graph. 14.2. Quality structure of beech offsprings in canopy openings of different sizes (Velkovski 2007)

Квалитет подмлатка букве увелико зависи од режима свјетлости, величине и облика отвора у склопу састојине због изражених хелиотропних особина (Govedar 2011). Те особине букве утичу на развој уздужне осовине подмлатка, положај и једностранни развој круне у правцу свјетлости. Квалитетна структура младих јединки букве смањује се у отворима величине између 1.000 и 1.500 м², гдје је само 20% јединки доброг квалитета, око 30% је средњег и око 50% лошег квалитета. Ови показатељи јасно указују на то да се буква најбоље обнавља у отворима величине до 500 м², а како се отвор у шуми повећава, тако се смањује квалитет природне обнове. То треба имати у виду при извођењу сјеча обнове, као и, уопште, мјера гајења у буковим шумама. Код отвора већих од 500 м² у шуми често су могућа закоровљавања, што ствара неповољне услове за природну обнову (Сл. 14.3). У овако великим отворима, веома брзо се насељавају малина, купина и друга коровска вегетација која умањује бројност и квалитет подмлатка букве. Буква је врста која има добар потенцијал природног обнављања. Иако је сциофилна врста, на повољним стаништима она се успијева обнављати и на голетима, чистинама и пашњацима (Сл. 14.3).



Сл. 14.3. Заковрљавање у условима великих отвора у склопу (а) и природно обнављање букве изван шуме (б) (Фото Велковски Н)
Fig. 14.3. *Weeding in conditions of large canopy openings (a) and Natural restoration of beech outside the forest (b) (Photo Velkovski N)*

Природно обнављање зависи и од удаљености матичних стабала па је квалитетна структура подмлатка на необраслим теренима највише лошег квалитета, што је у директној корелацији са повећавањем удаљености од матичне састојине. На удаљености 5,0 м од ивице шуме, 12% подмлатка је доброг квалитета, 42% је средњег и 46% је лошег квалитета. Бројност подмлатка доброг и средњег квалитета смањује се са повећањем удаљености од ивице шуме, па је на удаљености од 20,0 м само 1,0% подмлатка доброг квалитета, 11% средњег и 88% лошег квалитета.

Методe природног обнављања високих букових шума у великој мјери зависе, поред услова средине, и од структуре односно затеченог стања букових шума. Начин односно методe обнављања различити су код једнодобних и код разnodобних или чак шума чија је структура блиска пребирној. За једнодобне високе букове шуме и на бољим бонитетима станишта, најповољнији начин природног обнављања су оплодне сјече које се изводе у три или четири сјека: припремни, оплодни (према потреби – накнадни сјек) и завршни сјек. Оплодним сјечама могу се постићи добри резултати и код обнављања разnodобних букових шума, али се тада примјењује дуго опште подмладно раздобље (30 и више година).

Системи газдовања високим буковим шумама засновани на природном обнављању на малим површинама, као што је швајцарски побољшани фемелшлаг, међу најбољим су начинима успјешног одржавања структуре која одговара биоeкологији букве (Commarmot et al. 2005). Шуме са континуираним прекривањем на великим површинама („Dauerwald“) могу најбоље испунити захтјеве постављене за мултифункционално управљање шумама које подразумева поред производних и општекорисне функције.

Стварање разнодобних букових шума од група различите старости остварује једнаке или боље економске ефекте од класичних једнодобних шума букве на великим површинама (Biehl 1991; Schütz 2001). Ипак, за разнодобне шуме најбоље је примјењивати групимичне сјече природног обнављања (Milin 1988), али и разне комбиноване методе, као што су: Гајерова групимично-оплодна сјеча у виду кругова са подмладним раздобљем 20–40 година, Вагнерова ивична сјеча, Еберхардова сјеча у облику клина, слободна техника гајања шума, швајцарски побољшани групимични систем, групимично-поступни систем, комбинована метода Бонемана и др. (Стојановић и Крстић 2005). У пребирним буковим шумама, као начин природног обнављања примјењује се пребирна сјеча, која је погодна у шумама на лошијим стаништима и на већим надморским висинама. Може се примјењивати стаблимичан или групимичан начин обнове, са понављањем обновних сјеча у зависности од учесталости плодоношења, а најчешће је то период од 10 година. Без обзира на структурни облик високих шума букве (осим прашума), потребно је редовно примјењивати мјере њега састојина (Trifković and Govedar 2017).

Њега букових шума мора бити интензивнија од јелових и смрчевих, јер буква у младости, због хелиотропности и фототропизма, знатно деформише круну и дебло, чиме се развијају стабла лошије техничке вриједности (Стојановић и Крстић 2005). Имајући у виду биоekoлошке карактеристике букве, чиста сјеча није повољан начин обнављања високих шума букве ни са еколошког аспекта гајења шума. Чиста сјеча у буковим шумама може се примијенити у изузетним случајевима, у повољним условима средине и у нископродуктивним, разријеђеним и необновљеним састојинама, склопа испод 40,0%, гдје се комбинује природно и вјештачко обнављање букових шума (Стојановић и Крстић 2005). За успјешно природно обнављање високих шума букве, треба имати у виду да је за развој поника и подмлатка букве потребна засјена матичних стабала, а велики интензитет свјетлости, нарочито директна сунчева свјетлост, није погодан за развој подмлатка. Због њене еколошке пластичности и успјешног развоја подмлатка при малој дифузној свјетлости (Говедар и Станивуковић 2008), процеси обнављања, нарочито у повољним условима средине, воде ка стварању чистих букових шума.

Правилним регулисањем режима свјетлости у буковим састојинама (Стојановић и Колић 1988), односно мјерама њега од најранијих развојних фаза, бројност, квалитет и развој стабала букве може водити ка жељеном циљу газдовања и формирању младе шумске састојине која испуњава услове одрживости (Стојановић 1984; Стојановић и Крстић 1997).

Према старости, у буковим шумама изводе се сљедеће сјече као мјере његе:

- сјече освјетљавања подмлатка, до 10. године старости;
- сјече чишћења, од 11. до 20. године старости;
- прореде, од 21. до 40. године старости;
- пребирне прореде, од 41. до 60. године старости;
- прогалне сјече, од 61. до 80. године старости.

Сјече освјетљавања подмлатка букве значајне су када је подмладак висине од 1,0 до 1,5 м и када је бројност 10–15 јединки по м² (Добрев и сар. 1974), и тада се обично могу разликовати три групе јединки подмлатка: нормалне, потиснуте и надрасле. Сјече се изводе у вријеме мировања вегетације, а склоп састојине не смије бити испод 0,8–0,9. Сјечом се обухватају надрасла, лоша стабала, као и дио изумрлих и оштећених стабала, а захват се понавља за 3–5 година. Сјече чишћења почињу од 11. године старости младе састојине у којој нису вршене сјече освјетљавања, а ако су те сјече вршене, са сјечама чишћења почиње се око 15–16. године, када подмладак има висину 1–2 м и када је веома интензивна диференцијација јединки. Буква развија широку круну још у доба младика, што јој повећава конкурентску способност над сциофилним четинарима, а поготово над хелиофилним лишћарима (Peters 1992). У том периоду појављују се и стабла предроста, која развијају веома широке и гранате круне, што представља велику сметњу правилном развоју млађих стабала (Krstić 2005). Зато је потребно сјечом обухватити надрасла стабла лошег фенотипа, као и оштећена стабла. Склоп састојине треба и даље да буде густ, јачина захвата по броју стабала треба да износи 10%–15%, са понављањем након 3–5 година.

Прореде се изводе у периоду када је стаблима потребно више простора за раст и развој и када је интензитет самопроређивања већи. Оптимално је у овом периоду извести два проредна захвата, и то на добрим стаништима први проредни захват при старости 20–25 година, а на лошим 25–30 година. У овом периоду, стабла су добро издиференцирана по квалитету па се могу издвојити кандидати за стабла будућности. Око 40. године, у састојини се од кандидата бирају стабла будућности. Њихов број може бити различит: 180–200 стабала по хектару (Jurča et al. 1973; Мрачек 1989), 160–280 стабала по хектару (Костадинов и сар. 1995), 200–300 стабала по хектару (Стојановић и сар. 1994; Алексић 1994), 300 стабала по хектару (Баткоски 2006). Стабла будућности издвајају се из доминантног спрата и препоручује се да имају 25%–50% већи пречник од пречника средњег састојинског стабла (Гарелков и сар. 1995), односно да имају коефицијент виткости 80–120, што им обезбјеђује већу отпорност према вјетру (Костадинов и Сталев 1995).

Циљ прореда је, између осталог, да се стаблима будућности обезбиједи довољно простора за развој круна и да се обликује пунодрвно и цилиндрично дебло, а захватом се склоп састојине не треба смањивати испод 0,8. Прореде се изводе у средњодобним и дозријевајућим састојинама (40–60 година старости), када је кулминација прираста у висину већ прошла, а циљ је да се повећа дебљински прираст најбољих стабала. То се постиже уклањањем стабала која ометају раст и развој квалитетних и одабраних стабала у циљу обезбјеђивања већег простора за доток свјетлости, што позитивно дјелује на њихов дебљински прираст. Овим захватом уклањају се предоминантна граната стабла, болесна и стабла која заостају у развоју. Јачина захвата креће се од 15% до 20% по запремини састојине, сваких 5–10 година, а склоп састојине не смије бити мањи од потпуног склопа. У буковим шумама на подручју сјевероисточне Србије, оптимални проредни захвати постижу се високим (или мјешовитим) селективним проредама, са умјереном јачином захвата (око 20% по броју стабала односно запремини) и са интензитетом прореда од 6 до 10 година, уз издвајање 200–300 стабала будућности по хектару (Милин и сар. 1994).

Прогалне сјече у буковим шумама изводе се у периоду дозријевања састојине и њихов циљ је да се повећањем простора за раст и развој стабала још више повећа дебљински прираст најквалитетнијих стабала у састојини. Поред тога, стабла која остају након ових сјеча треба да оформе јаке, освијетљене и правилно развијене круне које могу обилно плодоносити квалитетним сјеменом у условима рјеђег склопа 0,6–0,7, који настаје при јачини захвата 40%–50% по запремини састојине. Да би састојина била стабилна, са правилно развијеним стаблима, букове састојине „идеалне структуре“ треба да имају сљедеће морфолошке карактеристике стабала у одговарајућој развојној фази (Јурџа 1988): степен виткости при висини доминантних стабала 3–4 м мора бити испод 200, у средњедобној састојини нешто изнад 100, а касније испод 100; степен крошњатости (релативна дужина круне) у стадијуму подмлатка и раног младика треба да буде око 0,6, односно да круна захвата 60% висине стабла, а касније око 50%; дужина круне треба да је око два пута већа од њене ширине; у подмлатку и младик, ширина круне треба да буде око пет пута мања од висине стабла, а касније четири пута.

У буковим шумама прашумског типа, дужина круне износи око 50% од висине стабла, а у средњим дебљинским разредима, однос прсног пречника и ширине круне је од 1 : 14 до 1 : 16 (Милин 1954). У поређењу са најзначајнијим врстама са којима гради мјешовите састојине, буква у младости расте брже од јеле, а спорије од китњака, смрче, бијелог јасена, јавора мљеча, бијелог и црног бора. Након неколико деценија, буква, углавном, у погледу димензија

достиге и надмашује врсте од којих је у младости расла спорије. Карактеристике раста букве у висину у условима мјешовитих састојина значајне су због снажне диспропорције у расту па често настају конфликтне ситуације, које се ублажавају адекватним узгојним мјерама. Превелики простор за раст није повољан и посљедица је недовољног броја стабала по јединици површине, што умањује продукцију, док превелики број стабала са недовољним простором за раст има за посљедицу угрожавање стабилности састојине, смањује се продукција и квалитет дрвних сортимената.

14.4. Производност високих букових шума

Раст и производност букве зависе од узгојног облика, станишних и састојинских карактеристика. На оптималним стаништима стабла букве могу да порасту у висину и преко 45,0 м, а у дебљину преко 1,5 м. Дебла без грана могу бити и преко 30,0 м, док у субалпском појасу буква постиже мале висине, што омогућује вегетативно размножавање закорјењивањем доњих грана које се наслањају на земљу. Најчешће се производност букових састојина односи на продукцију надземног дијела стабала и представља се запремином и запреминским прирастом укупне биомасе. На томе се темеље многе одлуке значајне за одређивање приноса и узгојне потребе за остварење утврђених циљева газдовања (Milin 1988; Stojanović i Jozović 1987; Stojanović et al. 1989).

У многим истраживањима букових састојина на различитим стаништима утврђене су велике разлике у њиховој производности, што је и нормално, имајући у виду широку распрострањеност букових шума у различитим станишним условима и у различитим узгојним облицима. Производност букве на горњој граници висинског распрострањења у Европи (око 2.000 м надморске висине) знатно је мања, јер су израженији температурни екстреми и краћи је вегетациони период, него у брдском и претпланинском појасу (500–800 м надморске висине).

Разлике у производности изражене су у буковим шумама југоисточне Европе код састојина прашумског типа и привредних шума. У чистим буковим састојинама карактера прашуме на Беласици утврђена је запремина $1.000 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Ивановски 1971). За букове састојине прашумског карактера, које су имале пребирну структуру, у Доњој Дриначи, констатован је текући запремински прираст у границама од 3,8 до $5,9 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ и запремина у границама од 322 до $662 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Drinić 1957). У основном газдинском типу чистих пребирних букових шума, просјечни годишњи прираст по хектару износио је $4,38 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Matić 1980). На Осоговским планинама запремина је $782 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Ивановски 1978), у резервату прашумске букве Винатовача утврђена је запремина од $891 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, са текућим

прирастом запремине од $10,2 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Стаменковић и сар. 1988), у прашумама Малиник $1.000 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ и Фељешана у Србији $828 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Стојановић и др. 1995; Стојановић и др. 1999), на подручју Дубичке горе у Републици Српској у састојини прашумског типа утврђена је запремина од $570 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ и запремински прираст од $7,7 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Govedar 2002).

У привредним високим чистим шумама букве, разлике у производности узроковане су бонитетом станишта (Матић 1980). Текући запремински прираст на првом бонитету износио је $8,2 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, на трећем $6,0 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а на петом $3,9 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$. Основни показатељи продуктивности привредних шума букве имају мање вриједности, па је на Малешевским планинама утврђена запремина $487 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, са текућим запреминским прирастом $5,0 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Велковски 2007), а на планини Кожуф, у чистим буковим привредним састојинама, запремина је износила $558 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Ристевски 1984). У доњем буковом потпојасу, запремина састојина износила је $401 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, у средњем $390 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а у горњем $330 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Гарелков и Турлаков 1978). Карактеристично је да се са повећањем запремине букових стабала континуирано повећава и запремински прираст „буковог дијела” састојине, при константним осталим таксационим елементима, па је са становишта континуитета (одрживости, трајности) продукције потребно у састојини имати што већу залиху (Бозало 1980).

У Србији су вршена веома обимна истраживања производности букових састојина пребирне структуре, карактера прашуме (Острозуб), и утврђен је прираст у износу од $9,32 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, са високом запремином од $675 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а тако висок прираст последица је високе запремине састојине (Mirковић 1951). На Јужном Кучају утврђен је текући запремински прираст од $5,1$ до $7,8 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а запремина по хектару кретала се од 302 до $683 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Milin 1954). На Гочу, у састојинама букве које су имале структуру приближну пребирној, текући запремински прираст износио је око $4,5 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а на Тари, у састојинама са структуром карактеристичном за високе правилне (једнодобне) шуме, констатована је већа производност и она се кретала од $5,08$ до $7,31 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Milojković 1959).

У оквиру истраживања чистих букових састојина на Руднику у Србији, код различитих структурних облика (једнодобне, састојине блиске пребирним и двоспратне састојине), највећу производност имале су састојине које су по структури блиске пребирним (Панић 1964). На огледном добру у Дебелом Лугу, састојине букве, које су по структурном облику блиске једнодобним, односно пребирним састојинама, имале су прираст у широким границама од $2,1$ до $9,8 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а запремина им се кретала од 391 до $740 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Мишчевић 1973). У младим буковим састојинама старости 35 година, на станишту *Asperulo-Fagetum montanum*, на средње дубоком, скелетном, смеђем киселом земљишту на пјешчару, утврђена је запремина око $200 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ и

текући запремински прираст од $7,3 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Стојановић и Милин 1987). На неколико локалитета у Србији (Прибој, Пријепоље, Ариље и Ужице), у младим буковим састојинама старости 40–60 година, утврђен је прираст од 9 до $12,6 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$ и запремина од 237 до $377 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$ (Stojanović i dr. 1989). Буква је врста која у великој старости има изразит дебљински прираст. У привредним разнодобним састојинама букве секундарног карактера на подручју Кнежева у Републици Српској утврђено је интензивирање текућег дебљинског прираста доминантних стабала при старости од 100 до 120 година, када је текући дебљински прираст износио 0,3 цм (Govedar 2000). То показује да буква у великој старости може имати високу производну снагу, што је карактеристично и у једнодобним састојинама (Matić 1980).

У састојинама прашумског типа, буква у веома великој старости (230–240 година) има способност регенерисања прирасне снаге и постизања високих вриједности дебљинског прираста (Стојановић и сар. 1999). Наиме, у буковој прашуми Фељешана констатована је појава да буква испољава ова биолошка својства на која се раније није обраћала пажња, тј. да буква може и при крају продукционог периода имати веома велике вриједности дебљинског прираста, па се у старијим буковим састојинама узгојним мјерама може интензивирати продуктивност. Ова особина упућује на планирање дужих опходњи код газдовања високим чистим буковим шумама, наравно, у условима доброг здравственог стања. Савремена истраживања показала су да изузетно значајну улогу у производности имају величине круна, односно простор за раст којим стабла располажу. Величине темељнице, запремине и запреминског прираста стабала појединих биолошких класа директно су пропорционалне површинама застирања њихових крошања (Matić 1980).

Већ почетком XIX вијека, истицан је значај оптимализације броја стабала у циљу постизања максималног прираста, па је зато потребно за свако стање шуме дати сигурне границе за број стабала која треба да остану у састојини и образују главнину прираста (Wenk et al. 1990). Буква веома брзо реагује на узгојне захвате ширењем круне и повећањем прираста. Правилним његовањем букових састојина, сјечача умјерене јачине захвата, може се повећати учешће крупног дрвета, а производни циљ може се постићи до 20 година раније (Krstić i Cvjetičanin 2005). Продуктивност букових састојина у уској је вези и са њиховим квалитетом. На површинама гдје су спровођене чисте или бесправне сјече, највећи дио састојине је изданачког поријекла, што утиче и на опадање квалитета и продуктивности шума. Квалитет и продуктивност букових шума може се побољшати ако се у доњи појас букве, гдје су мање продуктивне састојине, унесу лишћари, а у горњи висински појас, такође мање продуктивних састојина (IV и V бонитет), унесу четинари. Тиме би се повећала не само продуктивност него би такве мјешовите шуме имале и јаче изражене заштитне

функције (Гарелков и Турлаков 1978). Такви поступци посебно су значајни у високим шумама букве секундарног карактера када је потребно уносити јелу као изразиту сциофиту која може издржати засјену старих матичних стабала букве.

14.4.1 Биомаса и продукција високих букових шума

Производност укупне биомасе обухвата, поред надземног дијела стабла, који се односи на утврђивање укупне запремине састојине, и количине осталих дијелова (подземну биомасу, сјеме, лишће и друге дијелове који се мање користе), што је ипак знатно мање истраживано. Ови подаци веома су важни за валоризацију укупног значаја букових шума, очување шумског биодиверзитета и природности шума. Тако је нпр. утврђено да учешће пањевине у доба сјечиве зрелости у чистим буковим шумама износи 5%–13% од укупне дрвне запремине стабала (Köstler et al. 1968). Што се тиче укупне биљне биомасе (фитомаса) букових шума, она је збир биомаса у различитим спратовима: дрвеће, грмље и приземни спрат. По својој биомаси, апсолутно је доминантан спрат дрвећа. Тако у планинској буковој шуми у Националном парку „Маврово“ (Сјеверна Македонија) спрат дрвећа заузима чак 99,95%, док грмље и приземни спрат сачињавају само 0,05% (Христовски 2007). Просјечно, подземна биомаса сачињава 16,2% од укупне биомасе (Таб. 14.3).

Таб. 14.3. Укупна биомаса (kg ha^{-1}) у буковом екосистему у Националном парку „Маврово“, Сјеверна Македонија (Христовски 2007)

Tab. 14.3. Total biomass (kg ha^{-1}) in the beech ecosystem in the National Park „Mavrovo“, North Macedonia (Hristovski 2007)

Спратови	Надземна биомаса	Подземна биомаса	Укупна биомаса	Подземна биомаса (%)
Спрат дрвећа	297.618,14	57.650,77	355.268,91	16,2
Спрат грмља	83,90	83,14	167,04	49,8
Приземни спрат	8,79	16,60	25,39	65,4
Укупно	297.710,83	57.750,50	355.461,33	16,2

Надземна биомаса букових шума у научним радовима обично се процјењује коришћењем алометријских регресијских једначина:

$$B = aD^b$$

B – биомаса (m^3),

D – прсни пречник стабла (цм),

a – регресијска константа,

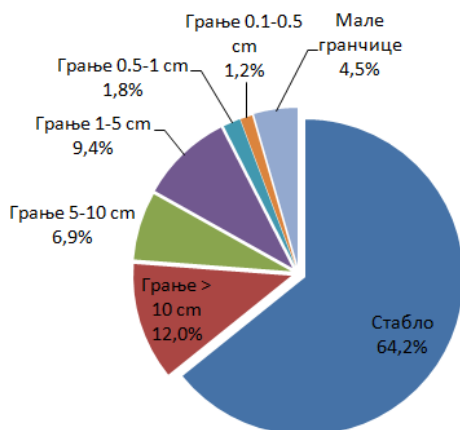
b – регресијски коефицијент.

У зависности од добијених модела, користе се и друге једначине, у којима су, као независни параметри, D^2H , HD^2 , итд., гдје је H – висина стабла у метрима (Nihlgård 1972; Duvigneaud et al. 1977; Bartelink 1997; Pretzsch 2000; Le Goff and Ottorini 2000; Santa Regina and Tarazona 2001; Cienciala et al. 2005; Calamini and Gregori 2013). Регресијски коефицијент тежи вриједности 2,67, док регресијска константа варира у зависности од еколошких услова (Zianis and Mencuccini 2004). Мањи је број развијених алометријских модела за подземну биомасу (Nihlgård 1972; Duvigneaud et al. 1977; Bartelink 1997; Pretzsch 2000; Le Goff and Ottorini 2000; Huet et al. 2004; Hristovski et al. 2012). Ови су модели развијени у Централној и Западној Европи, а на Балкану су једино познати модели за једну букову шуму у Националном парку „Маврово“ у Сјеверној Македонији (Hristovski et al. 2012). Однос надземне и подземне биомасе (R/S) у европским буковим шумама је низак и обично варира између 0,1 и 0,2 (Le Goff and Ottorini 2001; Barbaroux et al. 2003; Bolte et al. 2004; Христовски 2007). Ниске вриједности показују мезофилни карактер букових шума и релативно слабу развијеност коријенових система у односу на аридне шумске екосистеме.

Надземна биомаса у буковим шумама варира у зависности од старости шума, начина управљања и коришћења, као и од бројних еколошких фактора: клима, надморска висина, рељеф, експозиција, квалитет земљишта итд. Познате су велике вриједности надземне биомасе у старим и очуваним буковим шумама изнад 750 т ха^{-1} (Huet et al. 2004). Умјерене вриједности у привредним шумама вјероватно се крећу у распону између 200 и 400 т ха^{-1} (Bascietto et al. 2004; Joosten et al. 2004; Христовски 2007). Код доминантних стабала, највећа биомаса налази се у крошњама дрвећа, док је код субдоминантних и супресираних највећа биомаса у надземном дијелу стабла, што је резултат доступности сунчевог зрачења (Grote and Reiter 2004). Генерално, $1/3$ или нешто мање надзмене биомасе отпада на грање, листови захватају око $1,0\%$ – $2,0\%$ (Христовски 2007), док се највећа биомаса (60% – 70%) налази у деблу (Граф. 14.3). Лисна површина дрвећа је централни параметар за одређивање трансфера биомасе и енергије, укључујући функционални статус и продуктивност шумских екосистема (Harrington et al. 2002). Генерално, индекс лисне површине (*Leaf Area Index*, LAI) опада са надморском висином, што би значило да се смањује и нето продукција (Zianis and Mencuccini 2005). Вриједност LAI у буковим шумама Европе варира између 1,9 и 8,2. Сматра се да се LAI у буковим шумама Европе стабилизује изнад вриједности од 6,7 (Zianis and Mencuccini 2005).

Специфична лисна маса варира око $4\text{--}5 \text{ мг цм}^{-2}$, с тим да листови на врховима круна дрвећа имају веће вриједности (Христовски 2007). Подземна биомаса у буковим шумама мање је позната у односу на надземни дио. Проблеми одређивања подземне биомасе произлазе из мукотрпности физичког откопавања коријеновог система, присутности ситних корјенчића и

разноврсности коријења због различитог развоја (у зависности од генетских фактора, али и еколошких фактора, као што су текстура и специфична густина земљишта, температура, влажност, доступност хранљивих материја, конкуренција, густина дрвећа).



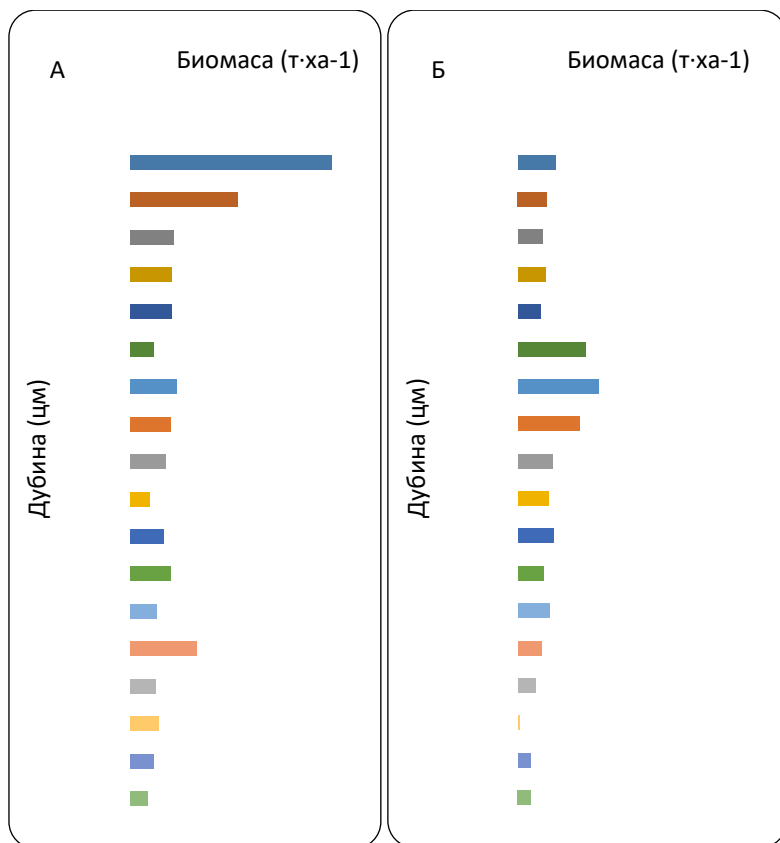
Граф. 14.3. Процентуално учешће различитих фракција у надземној биомаси буковог дрвећа (Маврово, Сјев. Македонија) (Христовски 2007)

Graph. 14.3. Percentage share of different fractions in aboveground biomass of beech trees (Mavrovo, North Macedonia) (Hristovski 2007)

Као и код осталог дрвећа, коријење код букве дијели се на крупно/структурно (пречника већег од 2,0 мм) и ситнотрофичко (пречника мањег од 2 мм). Вриједности за укупну подземну биомасу у буковим шумама Европе варирају између 15 и 74 т ха⁻¹ (Le Goff and Ottorini 2001; Kodrik and Kodrik 2002; Bascietto et al. 2004; Hristovski et al. 2012). Крупно коријење је доминантно и оно се повећава са старењем шумског екосистема, највише због развоја коријења са пречником већим од 10 цм (Kodrik and Kodrik 2002). Коријење са пречником већим од 10 цм у буковој шуми у Националном парку „Маврово“ било је заступљено са 54,3%, а пањеви са 33,6% од укупне биомасе крупног коријења од 44,9–53,3 т ха⁻¹ у периоду 1997–2005. (Hristovski et al. 2012).

Процјене биомасе ситног коријења варирају у научној литератури због еколошких одлика истраживаних шума, али и због различитих методологија, дубине земљишта које је узорковано, сезона мјерења, одвајања живих и мртвих фракција итд. Процјенује се да ситно коријење износи око 20% од укупне подземне биомасе, мада се вриједности крећу у широком распону од 10% до 50% (Jackson et al. 1997; Curt and Prévosto 2003; Bolte et al. 2004). Ситно коријење у буковим шумама највише је заступљено у површинским педолошким хоризонтима, гдје је њихова физиолошка функција наизраженија.

Биомаса ситног коријења у дубљим педохоризонтима веома је значајна (Граф. 14.4), али је њихова физиолошка функција у апсорпцији воде и хранљивих материја мања, што се види и у њиховој мањој разгранатости.



Граф. 14.4. Подземна биомаса ситног коријења, живо (А) и мртво (Б)
(Христовски и др. 2012)

Graph. 14.4. Underground biomass of small roots, living (A) and dead (B)
(Hristovski et. al. 2012)

Нето примарна продукција (НПП) (*Net primary production, NPP*), као и биомаса, може да се анализира по спратовима и као надземна и подземна продукција. У суштини, нето примарна продукција представља збир годишњег прираста, губитка и биомасе коју користе конзументи. Као и у случају биомасе, највећи дио нето примарне продукције даје спрат дрвећа. Надземна нето примарна продукција у буковим шумама зависи од статуса очуваности и бројних еколошких фактора.

Познато је да се продукција букових шума смањује са повећањем надморске висине (Zianis and Mencuccini 2005), а у грчким буковим шумама варира између 1,87 и 15,71 т ха⁻¹ год.⁻¹. Македонска букова шума у Националном парку „Маврово“ има вриједности од 13,7 за надземну и 5,9 т ха⁻¹ год.⁻¹ за подземну нето примарну продукцију у спрату дрвећа. Остали спратови имају веома малу нето примарну продукцију у поређењу са спратом дрвећа (Таб. 14.4). У овом екосистему, нето примарна продукција дрвећа састављена је од годишњег прираста који износи 7,84 т ха⁻¹ год.⁻¹, док је губитак 5,62 т ха⁻¹ год.⁻¹, а око 0,25 т ха⁻¹ год.⁻¹ је биомаса коју користе конзументи (углавном филофагни инсекти).

Таб. 14.4. Вриједности за НПП у буковом екосистему у Националном парку „Маврово“, Сјеверна Македонија (Христовски 2007)

Tab. 14.4. Values for the net primary production in the beech ecosystem in the „Mavrovo“ National Park, North Macedonia (Hristovski 2007)

Спрат	Надземна НПП	Подземна НПП	Укупна НПП
Спрат дрвећа	13.713,33	5.925,01	19.634,34
Спрат грмља	16,91	19,77	36,68
Приземни спрат	21,36	6,36	27,72
Укупно	13.751,6	5.951,14	19.702,74

Мртва биомаса у буковим шумама њихова је важна карактеристика, посебно за очување биодиверзитета, педогенезе и процјене капацитета шума за секвестрацију угљеника. Она се састоји од мртве биомасе акумулиране у шумској стељи (шумска простирка), као и од стајаће и лежеће мртве биомасе. Биомаса шумске простирке варира у буковим шумама Европе. У шумама на сјеверу утврђена је мања количина биомасе (3–12 т ха⁻¹), док су високе вриједности (25–75 т ха⁻¹) регистроване за југоисточне дијелове Европе (Towrasz 1976; Nihlgård and Lindgren 1977; Joergensen and Meyer 1990; Kavvadias et al. 2001; Melovski et al. 2004). Стајаћа мртва биомаса у шумама износи 1,2%–6,0% од живе надземне биомасе, односно 2–5 т ха⁻¹. У буковој шуми у Националном парку „Маврово“ утврђена је вриједност од 1,58 т ха⁻¹ за мртво грање на живим стаблима и 0,54 т ха⁻¹ за мртво дрвеће или укупно 2,12 т ха⁻¹. Лежећа мртва биомаса у европским буковим шумама варира у врло великом опсегу у зависности од очувања букових шума и њихове развојне фазе. Европски опсег износи 32–310 м³ ха⁻¹ (Saniga and Schütz 2001), а вриједности изнад 130 м³ ха⁻¹ припадају очуваним буковим шумским резерватима (Hahn and Christensen 2004; Christensen et al. 2005; Ódor et al. 2006). Процјена мртве биомасе у бугарским шумама показала је вриједности од 3,4 до 26,5 м³ ха⁻¹ (Dimitrova 2018), док је у шумама Србије констатовано да вриједности варирају од 1,24 до 24,53 м³ ха⁻¹ (Koprivica et al. 2013).

Варирање количина мртве шумске биомасе углавном зависи од интензитета газдовања. У привредним шумама те количине су знатно мање него у прашумама, а након пребирних сјеча у мјешовитим шумама те количине су веће него након оплодних сјеча.

14.5. Управљање високим буковим шумама

Према међународно усвојеној дефиницији, одрживо (трајно) газдовање шумама подразумева управљање и коришћење шума и шумског земљишта на такав начин и у таквом степену да се очува биодиверзитет, а продуктивност, обнављање, виталност и потенцијал шума да буду на нивоу којим би се задовољиле одговарајуће еколошке, економске и социјалне потребе данашње и будућих генерација, како на локалном тако и на националном нивоу, а да се притом не угрозе и не оштете неки други екосистеми (*The Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, MCPFE, 1993*). Актуелни сет ажурираних паневропских показатеља за одрживо газдовање шумама подржали су министри на 7. министарској конференцији у Мадриду 2015. године као Анекс 1 Мадридске министарске декларације. Основни критеријуми за паневропско одрживо газдовање шумама потенцирају повећање шумовитости, здравље и виталност шума, развој производних функција шума, очување и развој биодиверзитета, увећање заштитних функција шума и одржавање и развој социоекономских функција шума.

Код управљања буковим шумама треба имати у виду које циљеве желимо постићи, односно која је намјена шуме. На погодним стаништима буква може бити идеална подстојна врста за његу дебла високовриједних стабала китњака, јеле или смрче, при чему се формирају изузетно квалитетне, високопроизводне састојине. У случају природног насељавања или пошумљавања букових станишта врстама свјетлости (бијели и црни бор), које не користе у потпуности потенцијал букових станишта, буква се спонтано враћа као подстојна врста, која већ након неколико деценија крунама продире у први спрат. У таквим састојинама буква има изузетну еколошку, узгојну и производну функцију (Peters 1992). Велики привредни и еколошки значај букових шума у данашње вријеме тражи различите и стручно подржане начине управљања у циљу њиховог одрживог развоја.

У циљу унапређења газдовања високим чистим шумама букве, посебно на добрим и квалитетним стаништима (бољим бонитетима), као доминантни систем газдовања потребно је примјењивати систем газдовања оплодним сјечама са краћим (20–40 година), а у лошијим станишним условима са

дужим (40–60 година) општим подмладним раздобљем (Pintarić et al. 1986; Anić 2011). У чистим буковим шумама са становишта континуитета продукције треба тежити за њеном што већом залихом (Bozalo 1984). Ипак, велике димензије стабала на добрим стаништима могу представљати проблем због неправог срца (керна), чија се појава понекад користи и као граница трајања продукционог периода или чак пречника при којем стабла треба да се сијеку (обично са пречником изнад 40 цм или при старости од 80 до 90 година). Наиме, његова појава код разних врста оплодних сјекова може се очекивати код 55%–85% дозначених стабала, док је код проредних захвата знатно мања (до 15% дозначених стабала). Дужина продукционог периода у чистим буковим састојинама често је и мања од физиолошки могућег, али се у привредним шумама обично смањује на 100 до 120 година јер потражња за јако дебелим сортиментима букве није велика, и јер се у старијој доби, нарочито у земљиштима богатим хранљивим материјама појавом црвеног срца и разних врста трулежи смањује вриједност дрвне запремине (Pintarić 1974; Govedar 2011). Примјена стаблимично-пребирног система не доводи до стварања пребирне структуре у високим буковим шумама, већ су то шуме које су сличне неуредном оплодном газдовању па је због тога потребно примјењивати групимично газдовање са издвајањем узгојних група и провођењем различитих узгојних мјера у зависности од стања и услова средине (Milin 1988). Од мјера његе у буковим састојинама, од посебног значаја су прореди, које се изводе у периоду старијег младика и у средњој доби (Stojanović i sar. 1991, 1994; Milin i sar. 1994). Висока селективна Шеделинова прореда утиче на повећање квалитета производње, за разлику од изданаčkih шума (Schaädelin 1956; Stojanović 1980; Stojanović i Milin 1986; Stojanović i Krstić 1996; Крстић и Стојановић 2003). Високе селективне и мјешовите прореди са умјереном јачином захвата (до 20% по запремини), проредним интервалом 6–10 година и издвајањем 200–300 стабала будућности по хектару сматрају се најповољнијим начином проређивања средњедобних састојина букве (Milin i sar. 1994; Stojanović i Krstić 1997).

Сјечом четинара, вриједне мјешовите буково-јелове шуме претворене су у чисте букове шуме секундарног карактера (Beus 2017). Задржавање садашњег стања у газдовању буковим шумама на принципима стаблимичног пребирања са честим претхватом на квалитет води даљој деградацији ових шума са веома лошим посљедицама. Прије свега, долази до деградације високих шума са природном обновом у категорију високих деградираних шума, па чак и претварања у ниски узгојни облик. Антропогени утицаји довели су и до таквих промјена у саставу састојина гдје су, умјесто типичних букових шума, у одређеним условима настале мјешовите шуме букве и обичног граба, шуме букве и храста китњака, букве и црног граба, шуме букве, јасике и брезе и друге.

Провенијенције букве у БиХ не могу се оштро разграничити, па се код вјештачког обнављања шума препоручује употреба садница и сјемена аутохтоних састојина у сличним подручјима и истим надморским висинама (Pintarić 2002). Сматра се да је обична буква будућа потенцијална врста која ће доминирати на маргиналним стаништима у јужној и централној Европи која су сиромашна храњивим материјама, јер буква омогућава да се велика количина азота, као важног елемента органске продукције, из листинца и коријења уграђује у микробиолошку биомасу (Rennenberg 2004). Пожељни циљ гајења шума букве је висока производња, а са генетског аспекта развој позитивних особина, правност дебла, фина гранатост и изражен врх круне стабла, што се може одржати трајном природном селекцијом која омогућава побољшање наследних својстава. Наиме, у средњој Европи је утврђено да се током провођења прореда и гајењем шума оплодним сјечачама генетски губитак може смањити на минимум и унаприједити квалитет стабала и састојина (Hussendörfer and Konnert 2000; Janssen and Nowack 2001; Westergren et al. 2015). У високим шумама букве секундарног карактера, подржавање четинара треба да буде у групама (гнијездима) пречника 10–30 метара, а за лишћаре 20–30 метара, како би се изборили са јаком конкурентском снагом букве. Циљни пречник за изабрана стабла будућности, у зависности од квалитета станишта, може износити од 50 до 70 цм. Правовременим и по јачини захвата адекватним проредама, утемељеним на јасно дефинисаним и обиљеженим одабраним стаблима будућности, значајно се повећава вриједност дрвне запремине која остане на крају производног процеса (Šoškić i Stojanović 2002). Као економски највредније у циљу трансформације секундарних букових шума могу се идентификовати шуме букве, јеле и смрче, као и шуме са различитим племенитим лишћарима.

Оптималан начин газдовања једнодобним буковим састојинама, нарочито на квалитетним стаништима, јесте оплодно газдовање примјеном оплодне или постепене сјече. Овај начин газдовања назива се још и састојинско газдовање, јер се све узгојне мјере планирају и изводе у цјелини, на површини читаве састојине. Одређивање приноса и регулисање трајности коришћења (уређајна компонента оплодног газдовања) обезбјеђује се за газдинску класу шумског подручја (или газдинске јединице). Принос се исказује најприје површином у хектарима (отуда и површинско газдовање), а са изразом основе сјеча и уношењем одређених састојина, утврђује се и принос по запремини. Регулисање трајности приноса обезбјеђује се помоћу старости, добних разреда (класа старости) и опходње (Medarević i Banković 2005). Редовно и добро гајене једнодобне високе букове шуме могу бити и високопродуктивне, са великим учешћем техничког дрвета.

Разнодобне састојине букве код којих је разлика у старости стабала већа од једне класе старости за високе шуме, карактеришу се узгојним групама односно узгојном хомогеношћу и ситуацијама на површинама различите величине, основном узгојном потребом и њој одговарајућим основним узгојним захватом, који најповољније рјешава те потребе (Milin 1988). Уређајна компонента групимичног газдовања синтетизује предности и добре особине уређајних компоненти оплодног и пребирног газдовања. Као битне детерминанте уређајне компоненте групимичног газдовања дефинисане су сљедеће: газдинска класа представља јединицу трајности приноса, запремина састојине је мјера приноса и показатељ стања састојине, прираст је регулатор трајности приноса и показатељ степена коришћења производних могућности станишта, а узгојне групе су основни елемент групимичног газдовања и комбинованог метода за одређивање приноса. У условима групимично разнодобних структурних облика букових шума, опходња је у мањој или већој мјери оријентационог карактера (Medarević i Banković 2005).

Оптималан начин газдовања буковим шумама пребирне структуре јесте пребирно (стаблимично и групимично) газдовање. Током извођења захвата, у састојини се истовремено остварује неколико функција дознаке (обнављање, њега, одржавање и побољшање пребирне структуре, санитарно-хигијенска функција и коришћење). У оваквом газдовању састојина се појављује као уређајна јединица (уређајна компонента пребирног газдовања) за коју се одређује принос и обезбјеђује трајност приноса и производње упоређивањем оптималне (уравнотежене, нормалне) запремине са стварном просјечном запремином. У зависности од разлика у показатељима основних елемената структуре конкретних састојина и „нормалних“ састојина одређује се етат, при чему се запремински прираст појављује као најважнији елемент за регулисање трајности (одрживости) коришћења. Контролни метод користи прираст за калкулацију приноса, а експерименталним путем настоји се утврдити оптимално стање представљено износом запремине по хектару и њеном структуром (Medarević i Banković 2005). У циљу одрживог развоја букових шума, потребно је подржавати жива стабла док се на њима не примијете знаци пропадања, или док не ометају раст и развој бољих стабала, поника и подмлатка. Наиме, здравствено стање букових стабала, као помоћно средство за оцјену зрелости за сјечу, веома се добро комбинује са осталим показатељима (Milin 1988). Опходњица у пребирним шумама букве у просјеку треба да износи 10 година. Интензитет захвата и инвентар пребирне састојине треба да је умјерен и да не прелази границе које се у одређеним приликама сматрају као могуће са гледишта заштите земљишта, гајења, побољшања структуре и увећања њене производне снаге. Тежња савременог газдовања буковим шумама односи се на потребу да се при већој старости састојина одржи већа количина дрвне запремине, са очуваним старим, али здравим и доминантним стаблима ради

стабилности, биодиверзитета и акумулације квалитетне дрвне запремине. Коришћење шума у првом реду је потребно ускладити са њиховим потенцијалом, заштитном и еколошком функцијом у циљу одрживог развоја.

14.6. Закључак

Природно обнављање букових шума најважнији је процес од којег зависи опстанак, очување и одрживост развоја тих шума у датим природним условима. Тај процес има различит ток јер може да се одвија под склопом састојине, у отворима састојинског склопа различите величине или на голим теренима. Основни показатељи природног обнављања односе се, између осталог, на бројност, квалитет и просторни распоред подмлатка, а од тих показатеља много зависе будуће мјере његе састојине. При гајењу високих букових шума не можемо примјењивати шаблонски приступ, већ технике које одговарају природним станишним условима у конкретном затеченом стању састојине, имајући у виду структуру састојине и биоэколошке особине букве. Буква се најбоље обнавља под застором круна старих матичних стабала, у отворима склопа састојине величине до 500 м², а повећањем отвора у склопу састојине смањује се и квалитет подмлатка и веома брзо се насељава коровска вегетација, која отежава или потпуно онемогућава регенерацију. Буква је врста која има добар потенцијал природног обнављања. Иако је сциофилна врста на повољним стаништима, она се успијева обнављати и на теренима који нису обрасли шумом, на чистинама и површинама гдје су раније били пашњаци, али тада бројност подмлатка и квалитет природне обнове зависи од удаљености матичних стабала. Без обзира на то да ли се буква гаји у једнодобним, разнодобним или пребирним састојинама, потребно је редовно примјењивати мјере његе састојине.

Савремени трендови газдовања буковим шумама траже дуже продукционе периоде са већом количином дрвне запремине, очување старих доминантних стабала ради стабилности и очувања биодиверзитета. Посебно се истиче потреба одрживости осталих еколошких и социјалних функција шума, као и усклађеност коришћења шума са њиховим потенцијалом. Буква је врста која има велике производне, заштитне и еколошке потенцијале па јој је због тога потребно посветити знатно више пажње у погледу избора оптималних мјера његе још у младим састојинама. При већој старости састојина, треба да се одржи већа количина дрвне запремине, са очуваним старим, али здравим и доминантним стаблима ради стабилности, биодиверзитета и акумулације квалитетне дрвне запремине. Коришћење шума у првом реду је потребно ускладити са потенцијалом шума, заштитном и еколошком функцијом у циљу њиховог одрживог развоја.

Литература

- Алексић П (1994) Истраживање утицаја еколошко-производних особина букових састојина мешовитог порекла на начин газдовање на Малом Јастребцу, докторска дисертација у рукопису, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд
- Anić I, Mikas S (2011) Prirodno pomlađivanje sastojina obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) oplodnim sječama na malim površinama. Croatian Journal of Forest Engineering 32(1):19–29
- Баткоски Д (1986) Влијание на биолошката положба и густината на склопот врз растежот и прирастот на стаблата во височина во белборовите шуми на планината Ниџе. ШП, 7–12, Скопје
- Баткоски Д (2006) Одгледување на шумите. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“–Скопје, Шумарски факултет, Скопје
- Barbaroux C, Bréda N, Dufrêne E (2003) Distribution of above-ground and below-ground carbohydrate reserves in adult trees of two contrasting broad-leaved species (*Quercus petraea* and *Fagus sylvatica*). New Phytologist 157(3):605–615
- Bartelink HH (1997) Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.). Annals of Forest Science 54:39–50
- Bascietto M, Cherubini P, Scarascia-Mugnozza G (2004) Tree rings from a European beech forest chronosequence are useful for detecting growth trends and carbon sequestration. Canadian Journal of Forest Research 34(2):481–492
- Biehl R (1991) Buchenplenterwirtschaft, dargestellt am Beispiel des Forstreviers Langula. Diplomarbeit, Inst. Waldwachstumskunde forstl. Informatik der TU Dresden, Tharandt, pp 37
- Bolte A, Rahmann T, Kuhr M, Pogoda P, Murach D, Gadow K (2004) Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* L). Plant and soil 264(1–2):1–11
- Bozalo G (1984) Indikatorska vrijednost krivulja visina stabala bukovih sastojina pri produkcionom diferenciranju staništa bukve. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet u Sarajevu
- Bunuševac T (1951) Gajenje šuma I, Naučna knjiga, Beograd, str 419
- Bunuševac T, Jovanović B, Stojanović LJ (1974) Istraživanje uticaja sastojinskog oblika na način prirodnog obnavljanja čiste bukove šume (Fagetum montanum serbicum luzuleto sum Jov.) u uslovima Majdanpečke Domene. Simpozijum o uzgoju šuma u okviru proslave 25-godišnjice Šumarskog fakulteta u Sarajevu, str 5–31
- Велковски Н (1999) Структура и производност на чистите букови насади на „Малешевските Планини“. (магистерски труд), УКИМ Шумарски факултет, Скопје, стр 95

- Велковски Н, Василевски К, Баткоски Д (2008) Биоeколошки карактеристики на природната обнова од бука *Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Chezott. Конгрес на еколозите на Македонија со меѓународно учество, Струга, 06–09-ти Октомври, 2007. Македонско еколошко друштво, Скопје, 2008. Зборник на трудови, стр 92–101
- Велковски Н, Василевски К, Баткоски Д, Ефремов Р (2007) Влијание на некои еколошки фактори врз процесот на природно обновување во букови шуми. Меѓународен симпозиум Одржливо шумарство-проблеми и предизвици, перспективи и предизвици во дрвната индустрија, Охрид, 24–26-ти Октомври, 2007. Шумарски факултет, Скопје. Зборник на трудови, стр 319-329
- Велковски Н, Василевски К, Блинков И, Трендафилов А (2008) Природна обнова на некои автохтони шумски видови дрвја на локалитети необраснати со шума. Конгрес на еколозите на Македонија со меѓународно учество, Струга, 06–09. Октомври, 2007. Македонско еколошко друштво, Скопје, 2008. Зборник на трудови, стр 101–109
- Велковски Н (2007) Биоeколошка карактеристика и природно обновување на буковите шуми на Малешевските Планини. Зборник на трудови од III Конгрес на еколозите од Македонија, стр 92–100
- Vasić V (2018) Planski pristup gazdovanju bukovim šumama u Srbiji. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerzitet u Beogradu, str 269
- Vučković M, Stajić B (2005) Razvojno-proizvodne karakteristike bukve. Monografija Bukva (*Fagus moesiaca* /Domin, Mally/ Czeczott.) u Srbiji, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 352–365
- Vučković M, Stamenković V (1991) Uticaj klimatskih ekstrema na prirast i vitalnost stabala, Glasnik Šumarskog fakulteta 73:439–448
- Vučković M, Stajić B (2003) Ocena stanja sastojina bukve na bazi osnovnih elemenata rasta, Glasnik Šumarskog fakulteta 87:95–102
- Гарелков Д, Стипцов В, Калинков В, Турлаков П, Божинов Х, Бузов Б, Неделин Г, Бобев Р (1995) Буковите гори в Българија. Земиздат, Софија, стр 200
- Гарелков Д, Турлаков П (1978) Буковите гори в Българија. Земиздат, Софија
- Говедар З, Станивуковић З (2008) Природно обновување букве у мјешовитој састојини букве и јеле са смрчком (*Piceo – Abieti – Fagetum*) у прашуми Перућица. Гласник Шумарског факултета у Београду 97:107–126
- Govedar Z (2002) Elementi strukture i izbor najpovoljnijih uzgojnih mjera u bukovim sastojinama prašumskog tipa na području „Dubičke gore“. Časopis za šumarstvo i ekologiju Ekosilva 1(1):15-45
- Govedar Z (2000) Istraživanje uticaja režima svetlosti na prirodno obnavljanje u čistim sastojinama bukve na području Kneževa. Magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 175
- Govedar Z (2011) Gajenje šuma – ekološke osnove. Šumarski fakultet u Banjoj Luci, Banja Luka, str 14–300

- Grote R, Reiter IM (2004) Competition-dependent modelling of foliage biomass in forest stands. *Trees* 18(5)
- Добрев Д, Дамянов А, Турлаков П, Арсов А, Богданов Б (1974) Нарчник по стопанисување на горите, Земиздат, Софија
- Dimitrova V (2018) Stocks of dead biomass of Beech (*Fagus sylvatica* L.) forestecosystems in West Balkan range, Bulgaria. *Šumarski list* 142(7–8):363–370
- Duvigneaud P, Kestemont P, Timperman J, Moniquet JC (1977) La hêtre aie ardennaise a Festuca altissima a Mirwart. Biomasse et productivite primaire. In: Duvigneaud P, Kestemont P (eds) Productivité biologique en Belgique pp. 107–154, SCOPE, Travaux de la section belge du programme biologique international, Duclot, Paris-Gembloux
- Ефремов Р (1987) Естественият възобновителен процес в буковите гори на Булуджанскиот комплекс. ГСГП–5, Софија
- Ефремов Р (1996) Влияние на релефните условиа вџу количеството на подраста под прореден склоп и в прозорци в зрели букови насаждения. В: Сб. Доклади на II Балканска научна конференција по проучаване, опазване и исползване на горските ресурси (3–5.06.1996.), Софија, стр 131–136
- Ефремов Р (2001) Биологичните својства и екологичните изискувания на *Fagus sylvatica* L. како предпоставки при обосноваването на изборно стопанство за чисти букови насаждения. В: Proceedings of the Third Balkan Scientific Conference "Study, Coservation and Utilisation of Forest Resources" (2–6 Oct. 2001) Academic Publishers "M. Drinov", Sofia, стр 483–490
- Zianis D, Mencuccini M (2004) On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management* 187(2):311–332
- Zianis D, Mencuccini M (2005) Aboveground net primary productivity of a beech (*Fagus moesiaca*) forest: a case study of Naousa forest, northern Greece. *Tree Physiology* 25(6):713–722
- Ивановски Ц (1971) Истраживање структуре и прираста чистих букових састојина карактера прашуме на Беласици. Шумарски факултет, Београд
- Ивановски Ц (1978) Структура и продуктивност на чистите букови насади со прашумски карактер на Осоговските планини. Шумарски факултет, Скопје
- Isajev V, Mančić A (2001) Šumsko semenarstvo. Šumarski fakultet Banja Luka – Beograd, стр 30–63
- Janssen A, Nowack S (2001) Beeinflussen Durchforstungen die genetische Struktur von Buchenbeständen. *AFZ/DerWald* 56:614–615
- Jackson R, Mooney HA, Schulze ED (1997) A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94(14):7362–7366
- Joergensen RG, Meyer B (1990) Chemical change in organic matter decomposing in and on a forest Rendzina under beech (*Fagus sylvatica* L.). *Journal of soil science* 41(1):17–21

- Joosten R, Schumacher J, Wirth C, Schulte A (2004) Evaluating tree carbon predictions for beech (*Fagus sylvatica* L.) in western Germany. *Forest Ecology and Management* 189(1–3):87–96
- Jovanović B (2000) *Dendrologija*. Univerzitetski udžbenik, Beograd
- Jurča J (1988) *Пěstění lesů*. Brno, VŠZ, pp 1–293
- Костадинов К, Сталев З (1995) Врху избора на дрветата на бдешето при извеждане на одгледните сечи в насажденијата от источен бук (*Fagus orientalis* Lipsky), Јубилејна научна сесија, „70 години лесотехническо образование в Булгарија“ (7–9. 6. 1995 год.), том I Софија
- Крстић М, Стојановић Љ (2003) Мелиорација деградираних букових шума у циљу унапређења стања. *Шумарство* 1–2:39–59
- Kavvadias VA, Alifragis D, Tsiontsis A, Brofas G, Stamatelos G (2001) Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. *Forest Ecology and Management* 144(1):113–127
- Kodrik J, Kodrik M (2002) Root biomass of beech as a factor influencing the wind tree stability. *J Forest Sci* 48:549–564
- Koprivica M, Matović B, Stajić S, Čokeša V, Jović Đ (2013) Dead wood in managed beech forests in Serbia. *Šumarski list* 137(3–4):173–183
- Köstler J, Bruckner E, Bibelrither H (1968) *Die Wurzeln der Waldbäume*, Hamburg – Berlin
- Krstić M (2002) *Melioracija degradiranih šuma*. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd
- Krstić M (2005) *Klimatske karakteristike visinskih pojaseva bukovih šuma u Srbiji*, Monografija Bukva (*Fagus moesiaca* /Domin, Mally/ Czezcott.) u Srbiji, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 8–118
- Krstić M, Babić V (2003) *Proučavanje iznanačke sposobnosti niskih bukovih šuma*. Šumarstvo 3–4, Beograd
- Krstić M, Cvjetičanin R (2005) *Bioekološke karakteristike mezijske bukve*, Monografija Bukva (*Fagus moesiaca* /Domin, Mally/ Czezcott.) u Srbiji, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 11–125
- Lakušić R (1980) *Ekologija biljaka (I dio – Idioekologija)*, IGKRO „Svjetlost“ – OOUR Zavod za udžbenike, str 1–248
- Le Goff N, Ottorini JM (2000) Biomass distributions at tree and stand levels in the beech experimental forest of Hesse (NE France). *Viterbo*
- Le Goff, N, Ottorini JM (2001) Root biomass and biomass increment in a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in North-East France. *Annals of Forest Science* 58(1):1–13
- Matić S, Oršanić M, Anić I (1996) *Bukove šume Hrvatske i njihovo mjesto u kompleksu šuma središnje i jugoistočne Europe*. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, urednik B. Mayer, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut, Jastrebarsko, Zagreb, str 113–124

- Matić V (1980) Prirast i prinos šuma. Šumarski fakultet u Sarajevu, Udžbenik, str 220
- Matić V, Drinić P, Stefanović V, Ćirić M (1971) Stanje šuma u SR BiH prema inventuri šuma na velikim površinama u 1964–1968 godini. Posebna izdanja Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, Sarajevo
- Matić V, Pintarić K, Drinić P (1969) Osnovne smjernice gazdovanja šumama u Bosni i Hercegovini za period 1971–2005. godine, Institut za šumarstvo, Sarajevo
- Medarević M, Banković S, Šljukić B (2008) Sustainable forest management in Serbia – state and potentials. Bulletin of the Faculty of Forestry 97:33–56
- Medarević i Banković (2005) Planiranje gazdovanja šumama. U Stojanović Lj Bukva u Srbiji. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Šumarski fakultet u Beogradu, Monografija, str 335–352
- Medarević M, Banković S, Pantić D, Petrović N (2004) Izdanačke šume bukve – stanje, problem gazdovanja i mogućnosti njihovog rešavanja. Šumarstvo 3:37–49
- Melovski L, Hristovski S, Šušlevska M, Grupče Lj (2004) Dynamics of the forest floor biomass in the beech ecosystem *Calamintho grandiflorae*-Fagetum in Mavrovo National Park. In: Proceedings of the 2nd Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia, 25–29. 10. 2004, Ohrid Macedonian Ecological Society, Skopje, str 6–10
- Milin Ž (1954) Istraživanje elemenata strukture u bukovoj sastojini karaktera prašume u južnom Kučaju. Glasnik Šumarskog fakulteta 7, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 37–72
- Milin Ž (1963) Istraživanja uticaja sastojinskog oblika i elemenata strukture na način obnove i produktivnost sastojina bukve na Južnom Kučaju. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Beograd str 357
- Milin Ž (1988) Grupimično gazdovanje – teorijske osnove, osobine i primena. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 229
- Milin Ž, Stojanović Lj, Krstić M (1994) Stanje šumskog fonda i prorede u bukovim šumama na području severoistočne Srbije. Posebna publikacija, Prorede u bukovim šumama, JP „Srbijašume“, Beograd, str 22–33
- Milojković D (1959) Elementi strukture na stalnim oglednim poljima na Goču i Tari. Seminar: Napredno prebirno gazdovanje na bazi uređivanja šuma, Goč, str 1–10
- Mirković (1951) Prilog proučavanju prirasta bukve u rezervatu na Ostrozubu, Zbornik radova Srpske akademije nauka, Institut za ekologiju i biogeografiju, Beograd, knjiga 2, str 231–251
- Mišić V (1957) Varijabilnost i ekologija bukve u Jugoslaviji, posebno izdanje Biološkog instituta NR Srbije (1):1–181
- Mraček Z (1989) Pestovani buki, MLVHDP ČSR, Praha, str 223
- Miščević V (1973) Produktivnost bukovih fitocenoza oglednog dobra Debeli Lug na raznim geološkim podlogama, Glasnik Šumarskog fakulteta 40, serija E, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 1–97
- Nihlgård B (1972) Plant Biomass, Primary Production and Distribution of Chemical Elements in a Beech and a Planted Spruce Forest in South Sweden. Oikos 23(1):1–69

- Nihlgård B, Lindgren L (1977) Plant biomass, primary production and bioelements of three mature beech forests in South Sweden. *Oikos* 28:95–104
- Nicolescu VN (2018) The practice of Silviculture. Faculty of Silviculture and Forest Engineering „Transylvania“ University of Braşov, pp 254
- O’Hara KL, Bončina A, Diaci J, Anic I, Boydak M, Curovic M, Govedar Z, Grigoriadis N, Ivojevic S, Keren S, Kola H, Kostov G, Medarevic M, Metaj M, Nicolescu NV, Raifailov G, Stancioiu PT, Velkovski N (2018) Culture and Silviculture: Origins and Evolution of Silviculture in Southeast Europe. *International Forestry Review* 20(1):130–143
- Ódor P, Heilmann-Clausen J, Christensen M, Aude E, Van Dort KW, Piltaver A, Siller I, Veerkamp MT, Walley R, Standovár T (2006) Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. *Biological Conservation* 131(1):58–71
- Pavlič J (1987) Sistem gazdovanja skupinastim sječama (opis i primjena). *Šumarstvo i prerada drveta, Sarajevo* (10–12):361–375
- Peters R (1992) Ecology of beech forests in the northern hemisphere. Wageningen: Landbouuniversiteit Wageninge, pp 122
- Pintarić K (1974) Kvalitet guštika bukve u čistim visokim sastojinama bukve. *Narodni šumar Sarajevo* 1–3:25–37
- Pintarić K (1991) Uzgajanje šuma – tehnika obnove i njege sastojine. *Šumarski fakultet u Sarajevu*, str 246
- Pintarić K, Alajbegović D, Bozalo G, Drinić P, Eškerica V, Gavrilović D, Izetbegović S, Jeličić V, Koprivica M, Kulušić B, Lazarev V, Luteršek D, Stefanović V, Šaković Š, Uščuplić M, Vukorep I (1986) Prilog proučavanju sistema gazdovanja po proizvodnim tipovima visokih čistih bukovih šuma na području SOUR „Šipad“. Naučno-istraživački projekat, *Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu*, str 137
- Pintarić K, Izetbegović S (1980) Proučavanje metoda obnove u bukovim šumama i mješovitim šumama bukve, jele i smrče. *Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu* 25(3):96
- Pintarić K (2002): Šumsko-uzgojna svojstva i život važnijih vrsta šumskog drveća. Sarajevo, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Federacije Bosne i Hercegovine, str 221
- Pretzsch H (2000) Die Regeln von Reineke, Yoda und das Gesetz der räumlichen Allometrie. *Allg Forst-und Jagdztg* 171:205–210
- Pretzsch H, Dursky J (2002) Growth Reaction of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) and European Beech (*Fagus sylvatica* L.) to Possible Climatic Changes in Germany. *A Sensitivity Study Forstw Cbl* 121, Supplement 1:145–154
- Ристевски П (1984) Структурни елементи и продуктивност на бучковите насади на планината Кожуф – СР Македонија. Шумарски факултет – Скопје, стр 97
- Stamenković V, Vučković M, Ratknić M (1988) Stanje i proizvodnost prašumske sastojine bukve rezervata „Vinatovača“, *Zbornik radova Instituta za šumarstvo i drvnu industriju, Beograd*, str 6

- Стојановић Љ (1984) Истраживање најповољнијих начина обнављања и неге брдске букове шуме (*Fagetum submontanum*) са правом својине на Руднику. Шумарство 62:77–88
- Стојановић Љ, Колић Б (1988) Утицај прореда на промене микроклиматских услова у младим буковим шумама. Шумарство 2–3:7–18
- Стојановић Љ, Крстић М (2003) Основни проблеми гајења букових шума. Шумарство 1–2:25–37
- Стојановић Љ, Крстић М, Бобинац М (1994) Обнављање и нега чистих букових шума. „Прореде у буковим шумама“, Ј.П. „Србија шуме“ Београд, стр 7–21
- Стојановић Љ, Крстић М, Бобинац М (1999) Стање и развој букове прашуме „Фелешана“. Заштита природе 51:155–164
- Стојановић Љ, Крстић М, Бобинац М (1999) Стање и развојна фаза букове прашуме „Фелешана“. Заштита природе 51:155–164
- Стојановић Љ, Крстић М, Остојић Д (1995) Проучавање стања и развојне фазе букове прашуме „Винатовача“. Шумарство 3:11–18
- Saniga M (2007) Sučasne otazky pestovania lesa. Lesnicka fakulta, Zvolen, pp 247
- Saniga M, Schütz JP (2001) Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. Journal of Forest Science 47(12):557–565
- Santa Regina I, Tarazona T (2001) Organic matter and nitrogen dynamics in a mature forest of common beech in the Sierra de la Demanda, Spain. Annals of forest science 58(3):301–314
- Schaädelin W (1956) Selektivna proreda kao uzgojni metod za postizanje prinosa najveće vrijednosti. Treće prerađeno izdanje, Narodni šumar, Sarajevo, str 103
- Schütz JP (2001) Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Berlin, Parey, pp 207
- Stojanović LJ, Jozović J (1987) Proizvodnost mešovitih šuma jele, bukve i smrče u prirodnim rezervatima na Goliji. Posebno izdanje, Unapređenje šuma i šumarstva regiona Titovo Užice, Beograd, str 253–258
- Stojanović LJ, Krstić M (1997) Prirodno obnavljanje, podizanje i nega čistih bukovih šuma. Glasnik Šumarskog fakulteta 78–79:149–167
- Stojanović LJ, Krstić M (2000) Gajenje šuma III. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, str 1–230
- Stojanović LJ, Krstić M (2005) Prirodno obnavljanje, podizanje i nega bukovih šuma. Bukva u Srbiji. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Beograd, str 229–258
- Stojanović LJ, Krstić M (1996) Istraživanja na prevođenju izdanačkih u visoke bukove i hrastove šume putem konverzije. Publikacija, Zaštita i unapređenje šuma, Posebno izdanje, Fond za šume Srbije, Beograd, str 121–127
- Stojanović LJ, Krstić M, Bobinac M (1989) Istraživanje optimalnih uzgojnih mera u različitim ekološko-proizvodnim jedinicama bukovih šuma u cilju ostvarenja maksimalnog prinosa. Posebno izdanje Šumarskog fakulteta u Beogradu, str 1–68

- Stojanović Lj, Krstić M, Bobinac M (1991) Istraživanje najpovoljnijih mera nege putem seča proreda u bukovim šumama na području severoistočne Srbije. Glasnik Šumarskog fakulteta 73:201–212
- Stojanović LJ, Krstić M, Bobinac M (1994) Obnavljanje i nega čistih bukovih šuma. Posebna publikacija: Prorede u bukovim šumama, JP Srbijašume, Beograd, str 7–21
- Stojanović Lj, Milin Ž (1986) Rezultati istraživanja najpovoljnijeg načina nege bukovih šuma putem seča proreda preko naučno-proizvodnih ogleđa na području šumskih sekcija Boljevac i Bor, str 11–178
- Trifković V, Govedar Z (2017) Analysis of the connection between spatial factors with two types of forests in the Čemernica forest management unit, Bosnia and Herzegovina. Forest review Skopje, 48(2):18–20
- Towpasz K (1976) The production, composition and mineralization rate of litter in two forest associations in Western Carpathians: Tilio-Carpinetum (Pogorze Wielichie region) and Fagetum carpaticum (Gorce Mts). Bull L Acad Pol Sci Biol CI II, 5:263-270
- Fukarek P (1965) Naše listopadno drveće i grmlje. Ljubljana, str 35
- Hahn K, Christensen M (2004) Dynamics of dead wood in European beech forests in relation to natural disturbances. In: Sigurgeirsson A, Jöngiste K (eds) Natural disturbances dynamics as component of ecosystem management planning Abstracts and short papers from the workshop of the SNS network Natural Disturbance Dynamics Analysis for Forest Ecosystem Management in Geysir, Iceland, 11–15. 10. 2003, Rit Mógilsár Rannsóknastöðvar Skógræktar, pp 5–8
- Harrington TB, Gatch JA, Borders BE (2002) Seasonal dynamics in leaf area index in intensively managed loblolly pine. In: Outcalt, Kenneth W (ed) Proceedings of the Eleventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference. US Department of Agriculture, Forest Service, Gen Tech Rep pp 79–80
- Hristovski S, Melovski L, Šušlevska M, Grupče L (2012) Belowground biomass and its annual increment in a montane beech forest in Mavrovo National Park, north-west Macedonia. Journal of Forest Science 58(4):152–164
- Huet S, Forgeard F, Nys C (2004) Above and belowground distribution of dry matter and carbon biomass of Atlantic beech (*Fagus sylvatica* L.) in a time sequence. Annals of Forest Science 61(7):683–694
- Hussendörfer E, Konnerth M (2000) Untersuchungen zur Bewirtschaftung von Weisstannen- und Buchenbeständen unter dem Aspekt der Erhaltung genetischer Variation, For. Snow Landsc. Res. 75, 1/2: 187–204
- Houston DT, de Rigo D, Caudullo G (2016) *Fagus sylvatica* and other beeches in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J, de Rigo D, Caudullo G, Houston Durrant T, Mauri A (eds) European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp 12–90
- Христовски С (2007) Фитомаса и примарна продукција во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк "Маврово". Институт за биологија, Природно-математички факултет, Универзитет Св.Кирил и Методиј, Скопје, стр 1–297

- Calamini G, Gregori E (2013) Study in a beech stand of Central Italy: allometric relations for the above ground biomass estimation. *Italian Journal of Forest and Mountain Environments* 56(1):1–23
- Christensen M, Hahn K, Mountford EP, Ódor P, Standovár T, Rozenbergar D, Diaci J, Wijdeven S, Meyer P, Winter S, Vrska T (2005) Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management* 210(1–3):267–282
- Cienciala E, Apltauer J, Černý M, Exnerová Z (2005) Biomass functions applicable for European beech. *Journal of Forest Science* 51(4):147–154
- Curt T, Prévosto B (2003) Root biomass and rooting profile of naturally regenerated beech in mid-elevation Scots pine woodlands. *Plant ecology* 167(2):269–282
- Commarmot B, Bachofen H, Bundziak Y, Bürgi A, Ramp B, Shparyk Y, Sukhariuk D, Viter R, Zingg A (2005) Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. *For Snow Landsc Res* 79(1/2):45–56
- Џеков С (1988) Дендрологија. Универзитет Кирил и Методиј, Скопје, стр 230–240
- Šoškić B, Stojanović Lj (2002) Proizvodnja i prerada bukovog drveta. Prilog istraživanju kvaliteta bukovog drveta. *Drvarski glasnik Beograd* 43–44:29–37
- Šafar J (1963) Ekonomski i biološki temelji za uzgajanje šuma, Savez šumarskih društava Hrvatske, Zagreb, str 1–597
- Şahin A (2014) Oak forests in Marmara Region and implementations of their conversion to high forests 1. *Orman ve Av / July–August*, pp 1531
- Wenk G, Antanaitis V, Šmelko Š (1990) *Waldetragslehre Deutscher Landwirtschaftsverlag*, Berlin, pp 448
- Westergren M, Bozic G, Ferreira A, and Kraigher H (2015) Insignificant effect of management using irregular shelterwood system on the genetic diversity of European beech (*Fagus sylvatica* L.): A case study of managed stand and old growth forest in Slovenia. *Forest Ecology and Management* 335:51–59

Sustainable development and management of beech forests

Nikolcho Velkovski, Zoran Govedar,
Slavcho Hristovski, Boris Najdovski

Summary

Beech is a very widespread species on the entire Eurasian continent. It grows and develops in different ecological and habitat conditions in a wide horizontal and vertical amplitude. It can be found at altitudes below 100 and above 2,000 m. Beech forests develop in different age stands from young to very old (old-growth forests). They can be pure or mixed with other species or they can be very different in origin (generative or vegetative). They develop as even-aged or uneven-aged stands, and some of the beech forests have the characteristics of forests with high natural values and are very important for the conservation of biodiversity. Their natural regeneration process is of essential importance for the survival and sustainable development of beech forests. Restoration of beech forests can be achieved naturally or artificially. In modern forestry science and practice, natural forest regeneration is always preferred. The processes of natural regeneration have different development depending on whether they take place under the protection of the parent stand or take place in an open canopy in the forest or on uncultivated terrain. The density of the canopy has a great influence, so that with the increase of the canopy of the parent stand during the natural renewal, there is a decrease in the number of regeneration individuals (offsprings) in all developmental stages. During the natural regeneration in different conditions of the stand canopy and the size of the openings within the forest, the most abundant and best regeneration is observed in the openings up to 500 m², then for openings within 500 and 1,000 m², and least in openings between 1,000 and 1,500 m². This clearly indicates that large openings within the forest are not suitable for the natural regeneration of beech because the number of offsprings, which are very necessary in the younger developmental stages, is continuously decreasing. The natural renewal that develops in the conditions of circular openings within the size of up to 500 m² has the best quality structure of the offspring. In such openings, about 60% of the offspring is of good quality, about 25% is of medium quality and about 15% is of poor quality. In openings between 500 and 1,000 m², the number of good quality natural regeneration is reduced to 41%, the number of medium quality natural regeneration is increased to 38% and from poor quality to 21%. The quality structure of natural regeneration is further reduced in openings between 1,000 and 1,500 m² where only about 20% of the offsprings is of good quality, about 30% is of medium quality and about 50% is of

poor quality. With openings larger than 500 m², weeds are very common. Beech stands in different habitats have large differences in their productivity, caused by the wide range of the beech forests in different habitat conditions and in different cultivation forms. Aboveground biomass in beech forests varies depending on the age of the forest, the way it is managed and used, as well as numerous environmental factors. High values of aboveground biomass in preserved old-growth beech forests above 750 t·ha⁻¹ are known. Moderate values in commercial forests range between 200 and 400 t·ha⁻¹. In dominant trees, the largest biomass is found in tree crowns, while in subdominant and suppressed trees, the largest biomass is in the trunk, which is the result of a smaller crown due to the lack of solar radiation. Generally, 1/3 or slightly less of the aboveground biomass comes from the branches, the leaves cover about 1-2%, while the largest biomass (60-70%) is concentrated in the tree. Dead biomass in beech forests consists of dead biomass accumulated in the forest floor, as well as in standing and lying dead biomass. Forest biomass varies in European beech forests: beech forests in the north show less biomass of 3-12 t·ha⁻¹, while high values (25-75 t·ha⁻¹) are registered for the southeastern parts. Standing dead biomass in forests amounts to 1.2-6.0% of living aboveground biomass or 2-5 t·ha⁻¹. Lying dead biomass in European beech forests varies to a very large extent depending on the conservation of beech forests and their developmental stage. The European range is 32-310 m³·ha⁻¹, and values above 130 m³·ha⁻¹ belong to the preserved beech forest reserves. When choosing methods of beech forest management, one should always take into account the biological characteristics of beech in relation to the ecological conditions in the area where beech develops. Today, various and professionally supported methods of forest management with the aim of their sustainable development demand great importance for beech forests.

Keywords: Beech, sustainable development, natural regeneration, silviculture