



Производња биомасе из шума и остатака из дрвопрерађивачке индустрије

Зоран Говедар, Милун Крстић, Милан Матаруга

Сажетак: *Анализа односа између технолошког и друштвеног развоја у историји човјечанства показује да су промјенега увијек биле везане за коришћење енергије. Ограничене могућности и негативни еколошки ефекти коришћења фосилних горива све више утичу на потребу коришћења обновљивих извора енергије. Данас се све већа пажња посвећује смањењу негативних утицаја енергије на животну средину, а наглашен је значај обновљивих извора енергије из шума. Биомаса је жива материја чије се резерве стално попуњавају дјеловањем сунчеве енергије. Дрвна биомаса је обновљив извор енергије који обухвата дрвну масу из шуме, споредну (некомерцијалну) дрвну масу, дрвне остатке и коришћено дрво. Шумска биомаса с енергетског аспекта обухвата дрвенасту вегетацију и њене остатке погодне за производњу енергената. Посебан значај, нарочито у државама са значајним шумским фондом, има шумска биомаса, као обновљиви извор енергије. Иако постоје објективна ограничења која отежавају коришћење шумске биомасе за енергију, она не представљају непрелазне препреке, али подразумевају њихово постепено,*

Цитирање: Говедар З, Крстић М, Матаруга М (2023) Производња биомасе из шума и остатака дрвопрерађивачке индустрије. У: Тркуља В, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Управљање ресурсима у производњи и преради биомасе. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LII:249–295

Cite as: Govedar Z, Krstić M, Mataruga M (2023) Production of biomass from forests and residues of the wood processing industry. In: Trkulja V, Govedar Z, Pržulj N (eds) Resource management in biomass production and processing. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LII:249–295

систематско и дугорочно отклањање. Претпоставља се да ће проблеми недостатка енергије у скорој будућности бити међу првим изазовима савременог друштва. Због тога је потребно ускладити производњу биомасе (узгојно шумарство), уз претходно развијену расадничку производњу (количина, квалитет и врста садног материјала), природну регенерацију и његу шума (системи газдовања шумама) са капацитетима и могућностима за коришћење шумске биомасе за енергију. Интензивирање коришћења шумске биомасе подразумејева увођење модерних технолошких рјешења и машина (харвестери, форвардери и др.), за шта не постоје адекватни људски ресурси за руковање овим машинама, а путна мрежа је незадовољавајућа за њихову интензивну примјену. Знатне количине биомасе (нарочито огревног дрвета) традиционално се користе у бројним домаћинствима широм Републике Српске, па је потребно испитати ефикасност и алтернативе оваквог вида коришћења биомасе.

*Коришћење шумске биомасе за енергију мора бити засновано на одрживости, децентрализованом приступу и заштити животне средине, односно мора се водити рачуна о емисији штетних гасова, утицају на биодиверзитет и нивоу ремећења природних процеса који могу угрозити животну средину. У том циљу, у Европи се развијају специјализоване енергетске плантаже у којима се узгајају разне врсте дрвећа, а највећи приноси постижу се тополама и врбама на којима су извршени значајни генетски захвати. Оплемењивање врста које чине енергетске културе ријетка је појава, мада се неки варијетети врста из рода *Salix* (врба) интензивно користе за производњу биомасе са циклусом сјече сваких 2–5 година, а генетски су оплемењени ради повећања њихове отпорности према фитопатолошким обољењима, која имају негативан утицај на принос биомасе. Стратешке смјернице за употребу шумске биомасе у енергетске сврхе везане су за промоцију коришћења шумске биомасе у енергетске сврхе на начин који не угрожава животну средину.*

Кључне ријечи: Шума, биомаса, енергија, Република Српска

6.1. Увод

Енергија представља основу не само за опстанак већ и за развој људског друштва. Основни показатељ живота на Земљи огледа се у сталном кружењу материје и енергије, њиховом накупљању, искориштавању, трансформацији и ослобађању. Захваљујући енергији, створена су сва материјална добра, а њено обиље омогућило је демографски раст, као и

економски, научни и културни просперитет у свијету (Kastori et al. 1995). Претпоставља се да ће проблеми недостатка енергије у скорој будућности бити међу првим изазовима савременог друштва (Nikolić 1992). С друге стране, током производње енергије која се добија из фосилних горива, стварају се загађивачи ваздуха (*Greenhouse Gases*, GHG) који изазивају ефекте стаклене баште (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs и SF_6). Повећана концентрација ових гасова у атмосфери узрокује отопљавање климата, које представља велику опасност за биљни и животињски свијет, али и човјечанство. Концентрација угљен-диоксида у ваздуху порасла је за 31% у односу на 1750. годину, а око 98% емисије угљен-диоксида потиче од сагоријевања фосилних горива (Bhattacharya et al. 2002a).

Посљедице су очигледне након катастрофалних шумских пожара током 2018. и 2019. године у Шведској, Аустралији и Русији (Сибир). Сличне појаве у прошлости указују на глобално значајан ризик који је покренуо низ иницијатива на свјетском нивоу (Кјото протокол 1992, UNFCCC четврте конференције – *Conference Of the Parties*, COP 1998, Париски споразум 2016). Механизам чистог развоја (*Clean Development Mechanism*, CDM) кључна је компонента протокола из Кјота, и представља правно обавезујући глобални споразум у борби против климатских промјена, кроз смањење емисије гасова који доприносе ефекту стаклене баште (Neunes et al. 2019). Рачуна се да је оптерећење атмосфере са CO_2 при изгарању шумске биомасе као горива занемарљиво (Bhattacharya et al. 2002b), будући да је количина емитованог CO_2 приликом изгарања приближно једнака количини апсорбованог CO_2 (Nunes et al. 2020). Дрво као гориво садржи минималне количине сумпора и тешких метала (Bhattacharya et al. 2002b), па се његовим сагоријевањем смањује опасност од загађивања киселим кишама и штетним честицама. Поред тога, сагоријевањем биомасе не ствара се велика количина азотних оксида (Ceulemans et al. 2013). Енергија се из биомасе добија путем двије групе процеса: биохемијским процесима, при чему се добијају биогорива (алкохол, биодизел и биогаз) и термохемијским процесима, као што је спаљивање, при чему се директно производи енергија (топлота и струја). Европска унија се обавезала да ће редуковати емисију CO_2 за 8% до 2012. године у односу на референтну 1990. годину (EC/COM 2004), а до 2020. за 20% (Olivier and Peters 2020).

Европска комисија указује на то да је до 2018. смањена емисија гасова стаклене баште у ЕУ за 23% у односу на 1990. годину те да се обавезала да ће до 2030. постићи смањење од 40%. Европски зелени план (*European Green Deal*, EGD) обухвата пакет мјера међу којима посебан значај има унапређење ефикасности коришћења ресурса преласком на чисту кружну економију,

обнову биодиверзитета и смањење загађености. У оквиру мјера које се односе на улагање у технологије прихватљиве за очување животне средине и декарбонизацију енергетског сектора, посебно мјесто заузима коришћење дрвета као обновљивог извора енергије (Siddi 2020). Циљ зеленог плана јесте постићи већи ниво смањења емисија GHG до 2030. године и постепено укинути фосилна горива у привреди до 2050. године, у складу с Париским споразумом (ЕС 2019). Како би се Европска унија усмјерила на уравнотежен пут према постизању угљичне неутралности до 2050. године, Европска комисија сматра да циљ смањења емисија GHG до 2030. треба да износи 55% у односу на ниво емисије GHG из 1990. године. У складу са Директивом 2009/28/ЕС, шумска биомаса се може успјешно користити за производњу топлотне енергије, као и за производњу електричне енергије у когенерацијским постројењима. Из циљева Националних акционих планова за обновљиву енергију произлази да је 2020. године на нивоу ЕУ-27 биомаса учествовала са 19,1% у укупној производњи свих обновљивих извора електричне енергије и са 77,6% укупне обновљиве енергије за гријање. Поред тога, од укупне енергије добијене из обновљивих извора која је коришћена у транспорту, чак 90,5% енергије добијено је из биодизела, биоетанола и осталих биогорива (Beurskens and Hekkenberg 2011).

Већина међународних иницијатива наглашава веома значајну потребу да се, када је ријеч о шумарству, повећа шумовитост и користи дрво као обновљиви извор енергије. Наиме, дрво, током сагоријевања, у циљу производње, у првом реду, топлотне, али и електричне енергије у когенерацијским постројењима, у атмосферу емитује веома мале количине гасова који могу изазвати негативне посљедице по животну средину (Risović i Domac 2001). Биомаса представља биоразградиви дио производа, отпада и остатака у пољопривреди (укључујући биљне и животињске супстанце), у шумарству и припадајућој индустрији, као и биоразградиви дио индустријског и градског отпада (Directive 2001/77/ЕС). Шумска биомаса сматра се обновљивим енергетским извором, карбон неутралним, због тога што се приликом сагоријевања ослобођени CO_2 опет апсорбује приликом физиолошких процеса у шумским биљкама, преваасходно дрвећу, приликом чега се ствара нова биомаса. У основи, шумска биомаса представља акумулирану сунчеву енергију коју је дрвеће првобитно усвојило у процесу фотосинтезе, при чему је CO_2 апсорбован и претворен у биљни материјал који углавном егзистира у облику целулозе, хемицелулозе и лигнина. Према томе, термин „шумска биомаса“ обухвата низ органских материја које је, прије свега, дрвеће произвело, а основни показатељ расположиве енергије из дрвне биомасе јесте учешће влаге у дрвној биомаси, па се због тога горива вриједност дрвета креће од 8,2 до 18,7 MJ kg⁻¹. Удио пепела у дрвету износи углавном око 1%,

док је удио угљеника око 50% (Granić et al. 2009). Из шумске биомасе емитује се током њеног сагоријевања, у зависности од врсте дрвећа, 10–82 gCO₂ kWh⁻¹. Уколико би се 100.000 тона дрвне биомасе искористило у термоелектранама, емисија гасова са ефектом стаклене баште била би за 200.000 тона мања него када се користи само угаљ (UNDP 2014б).

Енергијом се морају обезбиједити све веће потребе човјечанства, док екологија мора рјешавати проблеме равнотеже у биосфери, чији је главни протагонист човјек, који треба да усагласи своју активност у смислу одржавања природне равнотеже (Žeželj 1995). Енергетски потенцијал неискоришћене дрвне биомасе у свијету 1987. године износио је 1,2 милијарде тона еквивалената нафте годишње (Nakkila 1989). Процијењена количина само дрвне биомасе у Србији која се може користити као гориво износи око 1,65 милиона м³ годишње (Јовановић и Паровић 2009). Република Српска има за циљ остварење те равнотеже и економски напредак, уз истовремену реализацију принципа одрживог развоја, што свакако укључује иницирање и провођење пројеката у вези са производњом, коришћењем и прерадом биомасе у сврху добијања различитих облика енергије. Један од начина сагледавања одрживог коришћења шумских ресурса представља анализа односа достигнутог нивоа коришћења постојећих шумских потенцијала и потрошње дрвне биомасе. Шумска биомаса, као и остаци дрвета у дрвопрерађивачкој индустрији и сви облици енергије који се од те биомасе могу добити треба да дају допринос у глобалној, па тиме и локалној испоруци енергије у предстојећим деценијама. Знатне количине биомасе (нарочито огревног дрвета) традиционално се користе у бројним домаћинствима широм Републике Српске, па је потребно испитати ефикасност и алтернативе оваквог вида коришћења биомасе. Коришћење шумске биомасе за енергију мора бити засновано на одрживости, децентрализованом приступу и заштити животне средине, односно мора се водити рачуна о емисији штетних гасова, утицају на биодиверзитет, нивоу ремећења природних процеса и др.

Институционални и организациони оквир шумарског сектора Републике Српске практично је комплетиран и он одговара сличним моделима у Европи. Са гледишта енергетског сектора, најзначајнији међународни уговори којима је приступила БиХ, а тиме и Република Српска, јесу СЕФТА споразум, Уговор о Енергетској повељи, Уговор о успостави енергетске заједнице, Споразум о стабилизацији и придруживању и међународни споразуми о заштити околине (LRTAP, UNFCCC, биолошка разноликост, процјена утицаја на околину, и др.). Шумарство (са 2,6%) и прерада дрвета (са 3,9%) ангажују око 6,5% радноактивног становништва у Републици Српској, а са око 4,0% учествују у бруто националном доходу Републике Српске (Статистички годишњак Републике Српске 2019). У Републици

Српској постоје површине које представљају потенцијал за производњу биомасе за енергију. Ипак, мора се имати на уму да нерационална производња биомасе за енергију може постати фактор ризика за очување животне средине и квалитета живота (Barbir and Ulgati 2008), што је везано за сигурност хране и очување биодиверзитета (Ceulemans et al. 2014).

6.2. Стање и потенцијали биомасе из шума и остатака дрвопрерађивачке индустрије

Укупна површина шума и шумског земљишта у Републици Српској износи 1.352.031 ха или 54,3% од укупне површине Републике Српске (Републички завод за статистику 2020). У власништву Републике налази се 1.044.939 ха (77,3%), а у приватном 307.092 ха или 22,7%. Категорија високих шума у укупном шумском фонду Републике Српске (државне и приватне шуме) има највеће учешће – 652.178 ха или 48,2%, док категорија изданачких шума има учешће 411.079 ха или 30,4% (Говедар и сар. 2018). Заступљеност површина под културама је 6,26%, а најзаступљеније су шумске културе бора, са учешћем од 51,25%, и културе смрче, са заступљеношћу од 37,69% (Mataruga et al. 2019). Просјечна дрвна залиха по хектару варира у зависности од категорије шума. У високим шумама са природном обновом износи 302,1 м³ ха⁻¹, у изданачким шумама 116,3 м³ ха⁻¹, а у шумским културама дрвна залиха је 119 м³ ха⁻¹. Годишњи запремински прираст у високим састојинама које се обнављају природним путем износи 8,4 м³ ха⁻¹, изданачким шумама 3,69 м³ ха⁻¹, шумским културама 8 м³ ха⁻¹.

Таб. 6.1. Учешће дрвне биомасе у државним високим шумама Републике Српске за период од 10 година

Tab. 6.1. Participation of wood biomass in state high forests of Republika Srpska for a period of 10 years

Високе шуме	Техничко обло дрво (м ³)	Просторно дрво (м ³)	Шумски остатак (м ³)	Просторно дрво + дрвни остатак (м ³)
Лишћарске	5.956.655	5.165.643	3.873.394	9.039.037
Четинарске	7.016.440	1.465.741	3.359.977	4.825.718
Укупно	12.973.095	6.631.384	7.233.371	13.864.755

Процентуално учешће огревног дрвета у укупној маси крупног дрвета из лишћарских шума најчешће је одређено грешкама дрвета и, што је већи број

грешака, утолико се дрвни сортимент чешће класификује као огревно дрво. У десетогодишњем уређајном периоду, према важећим шумскопривредним основама у Републици Српској, за високе државне шуме код производње количине дрвних сортимената на дрвни остатак који би могао да се користи као биомаса за енергију из лишћарских шума отпада око 3.873.394 м³ или 25,8% (Таб. 6.1).

Процентуално запреминско учешће техничког облог дрвета износи 39,7% или 5.956.655 м³. Од ове количине, око 45% или 2.680.495 м³ односи се на дрвни остатак из примарне прераде дрвета. Од укупне количине сортимената из четинарских шума на просторно дрво отпада 12,4% и шумски остатак 28,4%. Учешће шумског остатка заступљено је у великом проценту. Ова количина је од изузетног значаја као сировина за енергетску употребу. Процентуално запреминско учешће техничког облог дрвета износи 59,2% или 7.016.440 м³. Од ове количине, око 40% или 2.806.576 м³ односи се на дрвни остатак и примарне прераде дрвета. Дакле, укупна количина дрвне биомасе из дрвопрерађивачких капацитета за примарну прераду дрвета процјењује се на око 5.487.071 м³ у десетогодишњем периоду. Поред високих шума и у осталим категоријама шума у државном власништву налазе се значајне количине дрвне биомасе, нарочито просторног дрвета и дрвног остатка, које би могле да се користе као сировина за производњу енергије (Таб. 6.2). Карактеристично је да је у тим категоријама шума количина дрвног остатка приближно уједначена и износи око 30% (Граф. 6.1).

Таб. 6.2. Количине дрвне биомасе за енергију из државних шума за десетогодишњи период по осталим категоријама шума

Tab. 6.2. Quantities of wood biomass for energy from state forests for the 10-year period by other forest categories

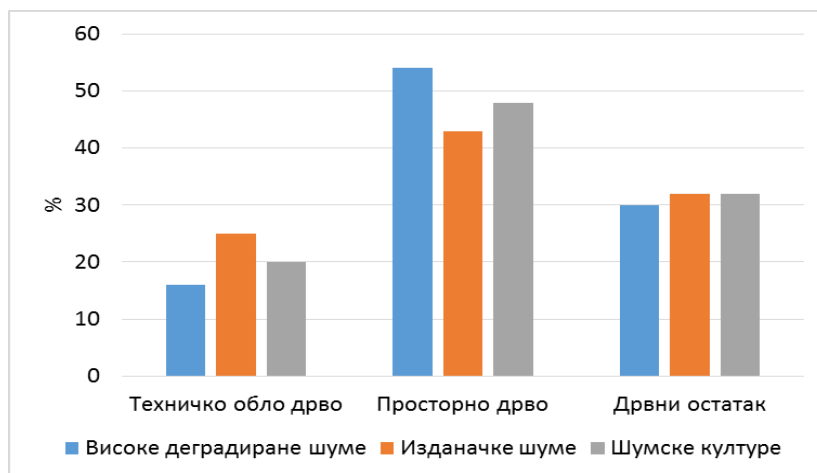
Врста биомасе	Високе деградирание шуме	Шумске културе	Изданачке шуме
Просторно дрво	202.549	459.786	1.592.377
Дрвни остатак	107.050	393.313	793.110

Међутим, овакво категорисање дрвне биомасе односи се на надземни дио стабала дрвенастих врста у шуми, и то изнад таксационе границе која обично износи 5 цм, а начини утврђивања, премјер и коришћење биомасе стабла и састојине су различити (Cannell 1983; Kauppi et al. 1992; Nabuurs et al. 2003; Liski et al. 2006; Raupach et al. 2005; Vanclay and Skovsgard 1997; Widlowski et al. 2003; Thurig and Schelhas 2006). Поред регресионих једначина за биомасу стабала, истраживане су и регресионе једначине за процјену угљеника у тој

биомаси (Joosten et al. 2004). На бази прелиминарних истраживања процјене биомасе (m) и угљеника (C) више стабала букве, различитих димензија, одабране су двије регресионе једначине за које је потребно познавати прсни пречник (d) и висину (h) стабла. Једначина (1) намијењена је за процјену укупне апсолутно суве надземне биомасе стабла букве (Wutzler et al. 2008), а једначина (2) за процјену угљеника у тој биомаси (Joosten et al. 2004).

$$m = 0,0523d^{2,12} h^{0,655} \quad (1)$$

$$C = 0,023806419d^{2,1596} h^{0,6338} \quad (2)$$



Граф. 6.1. Учешће шумске биомасе по категоријама државних шума
Graph. 6.1. Share of forest biomass by categories of state forests

Удио угљеника у укупној надземној сувој биомаси стабла (на 105 °C) износи око 50%. Међутим, стварни удио угљеника у биомаси стабла није константан, већ варира у уским границама, најчешће од 47% до 52%. Према истраживањима у западној Њемачкој, удио угљеника у надземној биомаси стабала букве за четири региона био је статистички значајно различит и варирао је у просјеку од 48,9% до 50,7% (Joosten et al. 2004). Највећи утицај на садржај угљеника у укупној надземној биомаси стабла има прсни пречник, чак и до 99% (Nakkila 1989). Истраживања у високим састојинама букве у Србији показују да просјечна биомаса састојине, процијењена по оригиналној једначини, износи 337,69 т ха⁻¹, а према регресионим једначинама на основу узорка стабала букве из високих шума у Србији износи 335,66 т ха⁻¹ (Копривица и Матовић 2011). Залиха угљеника у сувој биомаси, процијењена по оригиналној једначини (Joosten et al. 2004) износи 167,03 т ха⁻¹, а према регресионим једначинама 166,16 т ха⁻¹. Удио угљеника у сувој надземној

биомаси стабала букве варира у просјеку од 47,5% до 51,5%. Са повећањем пречника и висине стабала букве, истовремено се повећава удио угљеника у њиховој надземној биомаси на свим бонитетима станишта. При истом пречнику стабала, са смањењем њихове висине, односно погоршањем бонитета станишта, повећава се удио угљеника у надземној биомаси стабала. Карактеристичан је однос надземне шумске биомасе у зависности од узгојног облика и дебљинске структуре. За стабла уједначених пречника од 26 до 34 цм и висине од 21 до 25 м у високим шумама букве, количина надземне биомасе по стаблу је 800,65 кг, у изданаčким буковим шумама 464,95 кг, а у мјешовитим буково-јеловим шумама просјечна тежина биомасе надземног дијела стабла имала је највећу вриједност и износила је 909,28 кг. Посебан потенцијал представљају сортименти чији је пречник мањи од 7 цм, чији удио у одређеним састојинским условима може досећи и преко 10% укупне надземне биомасе код стабала већих прсних пречника (укључујући и лисну биомасу), а преко 20% код стабала мањих прсних пречника (Stankić i sar. 2014).

Укупна шумска биомаса знатно је већа јер укључује и стабла која су тања од таксационе границе, затим жбуње, приземну флору и подземни дио (коријење) свих стабала. Од ефективне укупне количине биомасе као извора енергије, на шумску биомасу (цјепанице, окорци, цијепано дрво, сјечка и пиљевина) отпада око 40%. Пањевина, ситна грањевина и други дрвни остаци остају у шуми послѣ сјече и израде шумских дрвних сортимената (ШДС), те се не прикупљају. Ови остаци су највећи извор потенцијала дрвне биомасе и комбиноване количине износе више од 1,9 милиона м³. Процент отпатка при сјечи и изради ШДС код четинара износи 16,3%, код лишћара 11,7%, а у шуми након коришћења сортимената остане отпада и ситне грањевине око 15% код четинара и око 18% код лишћара (Јовановић i sar. 2008; Матић i sar. 1990). Те количине потребне су како би се земљиште снабдјело минералним материјама. Пањевина је веома важна за стабилност шумских екосистема и не смије се потпуно одстранити из шуме. Утврђено је да учешће пањевине у доба сјечиве зрелости у чистим буковим шумама износи 5%–13% од укупне дрвне запремине стабала (Köstler et al. 1968), док ранија истраживања указују на то да је њено учешће у просјеку око 15% од укупне количине крупног дрвета (Anatoljak i sar. 1949). Карактеристично је да проценат остатака и отпада при производњи резане грађе, фурнира и намјештаја износи 30% код четинара, и 35% код лишћара (Јовановић i sar. 2008). Буква је најзаступљенија врста у Републици Српској па се највећи дио шумске биомасе односи на њену дрвну запремину, прираст и етат. У структури дрвних сортимената лишћарских шума, нарочито букових, највеће учешће има крупно дрво (целулозно дрво и огревно дрво). Огревно дрво заступљено је са око 60%, док су највреднији технички сортименти (фурнирски трупци, пилански трупци)

заступљени са око 40,1%. Учешће осталих дрвних сортимената (рудно дрво и остале обловине) јесте око 0,5% и готово је занемарљиво. Огривно дрво је најзаступљеније, па оно представља највећи потенцијал за обновљиве изворе енергије из букових шума. Поред државних шума, значајне количине дрвне биомасе налазе се и у приватним шумама (Таб. 6.3). Планирани обим сјеча (етат) на годишњем нивоу према ШПО у приватним шумама креће се од 15% до 20% по запремини или од 60% до 80% у односу на запремински прираст и у просјеку износи око 650.000 м³ (Говедар и сар. 2017).

Таб. 6.3. Површина шума и шумског земљишта у Републици Српској
 Tab. 6.3. Area of forests and forest land in the Republic of Srpska

Категорија шума	Састав	Приватне шуме	
		Р (ха)	%
Високе шуме са природном обновом	Буква	41.079	13,6
	ЈС и БЈС	19.721	6,6
	Борови	4.126	1,4
	Храстови	23.244	7,7
	Остало	17.621	5,9
	Укупно	105.791	35,1
Високе деградиране шуме	Буква	416	0,1
	ЈС и БЈС	0	0,0
	Борови	0	0,0
	Храстови	250	0,1
	Остало	0	0,0
	Укупно	666	0,2
Шумске културе	Смрча и јела	340	0,1
	Борови	718	0,2
	Остало четинари	24	0,0
	Храст китњак	5	0,0
	Остало	6	0,0
	Укупно	1.093	0,4
Укупно високе шуме		107.608	
Изданачке шуме	Буква	41.610	1,4
	Храстови	51.125	17,0
	Мјешовите	61.416	20,4
	Остало	39.283	13,0
	Укупно	193.434	64,3
УКУПНО		301.042	100,0

ЈС – мјешовите шуме јеле и смрче; БЈС – мјешовите шуме букве, јеле и смрче

Ако би се планирани етат реализовао у потпуности, остварени укупни приход од продаје добијених шумских дрвних сортимената износио би у просјеку око 30 милиона евра. Међутим, реализација етата у односу на планирани знатно је мања и креће се од 30% до 50% у зависности од категорија шума у катастарској општини, броја власника, степена рјешавања имовинских односа и др. Укупна запремина реализованог етата у приватним шумама кретала се у просјеку око 259.000 м³ годишње (мин. 2001. године 154.986 м³, а макс. 392.508 м³ 2006. године). Основни разлози знатно мање реализације етата од планираног јесу неријешени имовинскоправни односи и уситњеност посједа, што значајно поскупљује реализацију сјече и израде шумских дрвних сортимената. У високим шумама, сјечама се реализује у просјеку око 126.000 м³ укупне запремине, а у изданачним у просјеку око 130.000 м³. Карактеристично је циклично (периодично) повећање запремине реализованог етата у десетогодишњим временским интервалима.

Шумски потенцијал у БиХ за енергетске сврхе према процјенама износи 23,3 ПЈ годишње, од чега у Републици Српској 8,4 ПЈ, Федерацији БиХ 14,9 ПЈ, те Дистрикту Брчко 0,03 ПЈ. Највећа густина потенцијала дрвне биомасе је у регији средње Босне, са око 1 ТЈ км². Према доступним подацима процијењеним на основу анализа и студија, годишња сјеча у БиХ износи око 4,5 милиона м³, од чега око 85% иде на тржиште, а 15% остане неискоришћено. На основу тих података, процијењени потенцијал дрвне биомасе у БиХ износи око 1,3 милиона м³ дрвног остатка искористивог у енергетске сврхе. У дрвопрерађивачкој индустрији БиХ постоје значајне количине дрвног остатка од производње фурнира, резане грађе и намјештаја. Дрвни остаци износе скоро 0,7 милиона м³ годишње. Међутим, већина дрвопрерађивачких фирми у БиХ користи дрвне остатке за загријавање својих просторија и/или за сушење дрвета. Ако остане имало дрвних остатака, исти се продају фирмама које производе пелет и брикете (Крајнс 2001). Умјесто коришћења ових остатака само за загријавање, или за пелете и брикете, они се могу користити у когенеративним постројењима за производњу потребне топлоте за процес производње, а такође и за производњу електричне енергије. Процјењује се да се 80% постојећих остатака може искористити у когенеративним постројењима.

Даљи развој потенцијала обновљивих извора енергије у БиХ, укључујући и дрвну биомасу, у комбинацији са повећаним улагањима у енергетску ефикасност, може имати пресудну улогу у смањењу новчаног износа који се годишње издвоји за трошкове енергије, а који сада достиже око 20% бруто друштвеног производа (БДП-а) БиХ (UNDP 2014а). У БиХ, енергија из

дрвне биомасе има значајну улогу углавном када се ради о огревном дрвету за добијање топлотне енергије. Дрвна биомаса у облику огревног дрвета и дрвеног угља тренутно је растући извор енергије у БиХ. У неким дијеловима БиХ, као што су средња и источна Босна, удио дрвне биомасе у гријању домаћинства достиже и 60%. Међутим, степен ефикасности традиционалних пећи и котлова веома је низак, те би се повећањем степена искориштења кроз уградњу нових, ефикасних котлова могла смањити потрошња дрвне биомасе, али и трошкови за тај енергент. Једно од водећих мјеста у тражењу рјешења заузима биомаса као потенцијални извор обновљиве енергије, а притом доминантно мјесто заузима шума са својим потенцијалима шумске биомасе као извором енергије (Јовановић i dr. 2005). Правни и институционални оквир чине Устав БиХ, Дејтонски споразум, Бијела књига ЕУ (White Paper), Европска енергетска повеља (ЕСТ), Директива ЕУ 2003/30 и низ закона који регулишу питања енергије и животне средине. Закони о животној средини у Републици Српској / БиХ углавном се базирају на законима бивше Југославије. Законски прописи односе се на заштиту ваздуха, заштиту вода, заштиту природе, рударство и енергетику и отпад. Израђена је стратегија развоја енергетике у ФБиХ за наредних 20 година, гдје се очекује: повећање енергетске ефикасности, расположивост енергије и сигурност снабдијевања, осигурање одговарајућег степена независности кад је ријеч о увозној енергији (домаћи извори енергије), диверзификација енергената и извора, коришћење чистијих фосилиних горива и обновљивих извора енергије, отварање енергетског тржишта, либерализација и економска ефикасност, заштита животне средине, реалне цијене енергије и развој предузетништва, јачање конкурентске позиције енергетике БиХ на глобалном тржишту, осигурање атрактивности у енергетском сектору за нова инострана и друга улагања, подржавање истраживања, развитак и демонстрација нових, чистих и ефикасних технологија итд. Може се рећи да се БиХ налази на самом почетку рјешавања свих питања везаних за кориштење биомасе (посебно шумске биомасе), што је један од предуслова њеног укључивања у ЕУ са аспекта енергетске политике.

6.3. Класификација шумске биомасе

Горива на дрвој основи, поред природних шума, могу се добити из различитих шумских ресурса који имају посебну намјену и функцију (Asikainen and Anttila 2008), а настали су вјештачким путем, као што су енергетске шуме (Схема 6.1).



Схема 6.1. Класификација горива на дрвној основи (Asikainen and Anttila 2008)
Scheme 6.1. Classification of wood-based fuels (Asikainen and Anttila 2008)

Биомаса се може подијелити на надземну (*Aboveground biomass*, AGB) и подземну биомасу (*Belowground biomass*, BGB), а обје ове категорије даље се дијеле на живу (*Live biomass*, LB) и мртву биомасу (*Dead biomass*, DB). (Herold et al. 2019). BGB је типично дефинисана као биомаса крупног живог коријења, мада понекад у састав ове биомасе буде укључено и фино коријење (на примјер, < 2 мм). AGB се дефинише као сва жива биомаса изнад земљишта (IPCC 2003). Биомаса се мјери у јединицама суве масе или садржајем угљеника (Herold et al. 2019), која се конвенционално прерачунава из суве масе са фактором 0,47–0,5 (IPCC 2006). Основни облици дрвне биомасе јесу огревно дрво, сјечка, кора, пиљевина и блањевина, а најзначајнији производи су брикети и пелети. Огревно дрво производи се у дугом облом стању (вишеметарско), једнометарско и цијепано огревно дрво. Влажност свјежег дрвета обично износи око 50%, али након сушења знатно се смањује, нарочито током љета, до око 18%. Удио пепела у дрвету, укључујући и кору, обично износи мање од 2%. Овај облик сировине за производњу енергије у Републици Српској учествује са око 20%, а нарочито је значајан за производњу топлотне енергије у домаћинствима, што је истакнуто у Стратегији развоја шумарства Републике Српске (Караџић и сар. 2011).



Схема 6.2. Класификациона шема биомасе у шумским екосистемима (прилагођено према GlobBiomass 2017) (Herold et al. 2019)

Scheme 6.2. Classification scheme for biomass in forest ecosystems (adapted from GlobBiomass 2017) (Herold et al. 2019)

Уситњавањем трупца лошег квалитета, грањевине и других дрвних остатака добија се сјечка (дрвни елементи величине 5–50 мм). Њена влажност, ако се произведе из тек посјеченог сировог дрвета, износи око 50%, али се сушењем током љета влажност може смањити на 30%–40%. Кора има већу влажност од ксилема и она износи 60%, па се због тога морају користити посебне пећи за њено сагоријевање. Поред тога, кора садржи више земље и пијеска па тиме током сагоријевања производи више пепела (око 3%). Просјечна горња огревна вриједност за кору нешто је нижа од огревне вриједности за дрво те износи око 18 MJ kg^{-1} .

Према дефиницији међународне организације за храну и пољопривреду (*Food and agriculture organization, FAO*), потенцијални извори горива на бази дрвета у Републици Српској могу се сврстати у сљедеће групе (FAO 2002): 1) огревно дрво, односно просторно дрво за енергију; 2) остац иза сјече (ситна грањевина); 3) отпадак (разлика бруто и нето крупног дрва); 4) пилански остац и отпад; 5) остац и отпад индустрије за производњу фурнира; 6) остац настали одржавањем парковних површина у градовима; 7) остали дрвни отпад (сломљене палете, сандуци, отпад грађевинске индустрије итд.) (Схема 6.2).

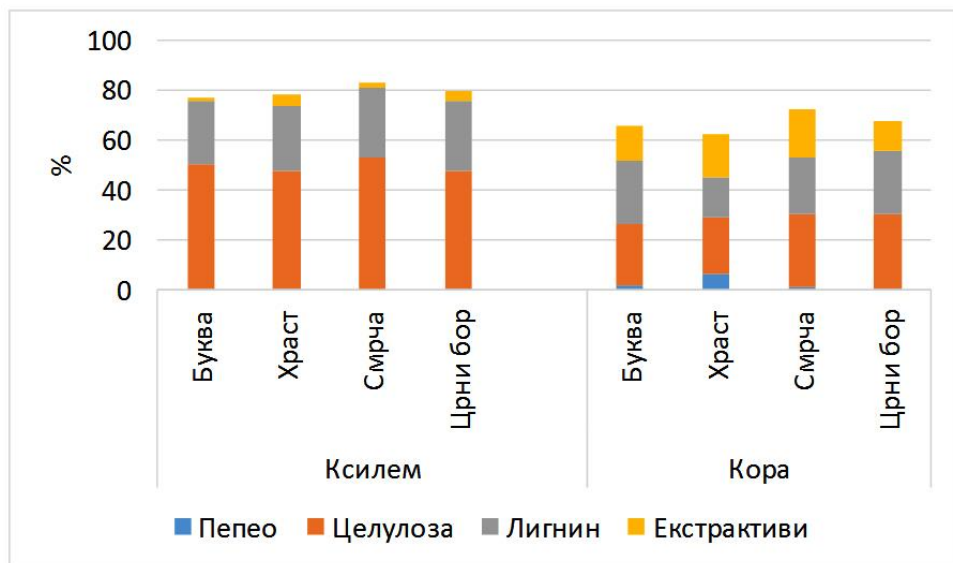
Приликом обраде дрвета настају нуспроизводи пиљевина и блањевина, чије величине честица износе 1–5 мм. Садржај воде у овим облицима биомасе

креће се у широким границама (6%–65%), у зависности од сувоће дрвета. Ови облици биомасе посебно су значајни за производњу пелета јер су најчешће у сувом стању и при сагоријевању не производе много пепела (мање од 0,5%). Брикети и пелети производе се од сувог, уситњеног дрвета, примарно од компресоване блањевине и пиљевине. Брикети су квадратног или цилиндричног облика дужине 10–30 цм и ширине 6–12 цм. Пелети су цилиндричног облика дужине 0,5–4 цм те ширине 0,8–1,2 цм. Величина брикета и пелета врло је уједначена, што олакшава њихово коришћење (Крајнс 2001). Приликом производње пелета и брикета могу се користити природни везујући агенти, нпр. кукурузни скроб, за боље повезивање честица. У случају да се овакав агенс додаје, та информација мора бити доступна купцима јер се тиме повећава и удио пепела у сировини. Влажност пелета и брикета врло је ниска и износи 7%–15%. Проблеми узроковани таложењем пепела су минимални, јер пелети и брикети имају мали удио пепела, отприлике 0,5%–1%, из разлога што се за њихову производњу не користи кора. Брикети се углавном користе умјесто огревног дрвета у кућним пећима с ручним пуњењем, док се пелети могу користити у пећима и котловима с аутоматизованом допремом горива због њихове мање и стандардизоване величине односно добре проточности.

6.4. Хемијски састав и енергетске особине дрвне биомасе

Вриједност шума као спремишта угљеника далеко надмашује вриједност дрвене грађе и пољопривредног земљишта које се добија крчењем шума (Dourojeanni et al. 2009). Биомаса представља акумулирану сунчеву енергију коју су биљке првобитно усвојиле у процесу фотосинтезе, при чему је угљендиоксид апсорбован и претворен у целулозу (41%–43%), хемицелулозу (20%–30%) и лигнин (23%–27%). Споредне компоненте су разни екстракти (масне киселине, смоле, воскови и сл.) и други спојеви, чији је масени удио врло мали. Ове три компоненте међусобно су испреpletене, а директна ковалентна веза постоји између хемицелулозе и лигнина (велики фокус индустрије папира управо је одвајање лигнина од целулозе). Такође, у просјеку, у дрвету се од хемијских елемената налази највише угљеника (50%), затим кисеоника (42%), водоника (6%), азота (1%) и осталих елемената (Ca, K, Na, Fe, Mg, S, Cl, Si, P) око 1% (Pettersen 1984). Код различитих дрвенстих врста постоји разлика између ксилема и коре у садржају појединих компоненти. Приближно исти садржај целулозе у ксилему налази се код смрче и букве (око 50%), а такође приближно једнак садржај целулозе (око 47%) као и лигнина (око 27%) налази се у ксилему код

храста и црног бора. Кора код свих врста дрвећа има већи садржај пепела за 2 до 20 пута од садржаја у ксилему (Граф. 6.2).



Граф. 6.2. Садржај хемијских компоненти у ксилему и флоему различитих врста дрвећа (Barette et al. 1996)

Graph. 6.2. Content of chemical components in xylem and phloem of different tree species (Barette et al. 1996)

Природни удио пепела у четинама и лишћу прелази и 5%, у грањевини и кори износи око 3%, док у деблу износи око 0,6%. У циљу повећања густоће биомасе која такође, поред влажности, има важну улогу за енергетску снагу, користе се методе претходне термомеханичке обраде јер дрвна биомаса има густоћу која варира у врло широким границама, од 150 до 600 кг м⁻³. У зависности од тврдоће дрвета, поступка сушења и учешћа воде, огревна и енергетска вриједност су различите (Таб. 6.4). Ако дрвна биомаса има мањи садржај воде и ако је сушена на ваздуху, огревна и енергетска вриједност је већа.

Дрво је, иако има релативно малу расположиву енергију у односу на друга конвенционална горива по јединици запремине, знатно јефтиније у условима сировинских односа у Републици Српској. Због тога, али и великих транспортних трошкова, развиле су се технологије брикетирања и пелетирања дрвета. Дрво има мањи садржај корисних горивих елемената угљеника и водоника у односу на фосилна горива. Мањи садржај горивих елемената у биомаси у односу на конвенционалне енергенте посљедица је

већег садржаја кисеоника, што је карактеристично код свих горива која су млађа по времену настајања. Дрво веће тврдоће и старости у свом саставу има више корисних горивих елемената (угљеника и водоника).

Таб. 6.4. Огревна и енергетска вриједност тврдог и меког дрвета (Sterling 2005)
Tab. 6.4. Heating and energy value of hard and soft wood (Sterling 2005)

Врста дрвне биомасе	Поступак сушења	Удио воде (%)	Огревна вриједност (МЈкг ⁻¹)	Садржај енергије (кWh кг ⁻¹)
Тврдо дрво	На	18	14,6	4,1
	Природно	35	11,1	3,1
	Сирово	50	7,9	2,2
Меко дрво	На	18	14,9	4,1
	Природно	35	11,3	3,1
	Сирово	50	8,1	2,3

Дрво има велики садржај кисеоника, чиме се смањује његова топлотна моћ, што је нарочито изражено код млађих дијелова дрвета. У дрвној маси удио азота и сумпора (којег има само у траговима) јесте мали, што дрво као биогориво у великој мјери чини еколошким, јер његово сагоријевање не доводи до појаве киселих киша, а постројења у којима дрво сагоријева имају дужи вијек експлоатације. Дрво има осредњу вриједност доње топлотне моћи (Таб. 6.5) у односу на суву основу, чија вриједност износи у просјеку око 18.600 кЈ кг⁻¹ и налази се између топлотне моћи сламе од уљане репице (19.670 кЈ кг⁻¹) и мрког угља (22.500 кЈ кг⁻¹).

Таб. 6.5. Границе топлотне моћи (кЈ кг⁻¹) врста дрвећа (Kosanić 2015)
Tab. 6.5. Thermal limits (кЈ кг⁻¹) of tree species (Kosanić 2015)

Врста дрвећа	Доња топлотна моћ	Горња топлотна моћ		
		Кора	Стабло	Срж
Буква	18.820	17.900	19.300	20.600
Храст	18.360	19.700	21.300	19.700
Црна топола	17.260	18.200	18.000	–
Смрча	19.660	21.200	–	–
Бор	21.210	22.200	20.000	20.700

Током сагоријевања горива, ослобађа се и емитује у атмосферу одређена количина CO₂ који представља један од главних гасова који узрокују ефекте

стаклене баште. Коефицијент емисије угљен-диоксида (K_{CO_2}) зависи од масеног учешћа горивог угљеника и топлотне моћи горива (ЕМЕР/ЕЕА 2016):

$$K_{CO_2} = (3,67 \times g_c) / h_d$$

3,67 – стехиометријски коефицијент,

g_c – масени удио горивог угљеника у гориву (кг/кг),

h_d – топлотна моћ горива (MJ/кг).

Коефицијент емисије CO_2 током сагоријевања биомасе највећи је у поређењу са другим горивима (тресет, угаљ, дизел, керозин и др.) и износи у просјеку око $109,6 \text{ kg}_{CO_2} \text{ GJ}^{-1}$. Међутим, сматра се да се током процеса фотосинтезе емитована количина CO_2 враћа у биљке и користи за производњу органске материје. Због кружења CO_2 у циклусу стварања и сагоријевања биомасе, стварни коефицијент емисије угљен-диоксида K_{CO_2} биомасе једнак је нули. Међутим, тај податак је валидан само онда када се након сагоријевања биомасе њен циклус вегетације поново покрене (пошумљавањем). Дакле, у случају да се наставља дефорестација и не врши пошумљавање, коришћење биомасе може бити контрапродуктивно, односно, ако је емисија CO_2 већа од секвестрације угљеника, штета по животну средину може бити чак и већа него ако користимо друге изворе енергије. Ипак, предност дрвној биомаси даје се и у том случају јер она емитује знатно мање количине других загађујућих гасова. Карактеристично је да највећу емисију азотних оксида при сагоријевању има огревно дрво. То је узроковано хемијским саставом дрвета јер се у њему налази азот, који је подложен процесу оксидације. Азотни оксиди који се емитују у атмосферу приликом сагоријевања из огревног дрвета по јединици произведене енергије износе у просјеку око $3,2 \text{ gNO}_x \text{ GJ}^{-1}$ и двоструко су већи од емисије из угља, а чак 30 пута од емисије из природног гаса. Највећи значај шумске биомасе и биомасе од остатака дрвопрерађивачке индустрије јесте у томе што приликом сагоријевања практично нема емисије сумпорних оксида, као и код природног гаса, за разлику од угља, који приликом сагоријевања по јединици произведене енергије емитује око $1.000 \text{ gSO}_2 \text{ GJ}^{-1}$. Сагоријевањем фосилних горива, поред штетних гасова који се том приликом емитују, долази и до емисије честица пепела. Честице пепела даље иницирају везивање других материја у атмосфери, утичући на стварање смога у нижим слојевима атмосфере. Колико ће се честица емитовати у атмосферу зависи од врсте коришћеног енергента, а затим и од сектора употребе, што условљава режим сагоријевања, постојање филтера итд. Огревно дрво у условима традиционалне примјене емитује чак 200 грама честица по GJ, док је у индустрији та емисија знатно мања (60–90 грама честица по GJ, у зависности од филтера).

6.5. Утицај производње енергије из шумске биомасе на животну средину

Употреба обновљивих извора енергије има за главни циљ смањење емисије гасова који изазивају ефекте стаклене баште, односно узрокују отопљавање климата. Угљен-диоксид који се емитује у атмосферу због употребе дрвета односно шумске биомасе не приписује се ефекту стаклене баште, за разлику од фосилних горива. Предност природног процеса кружења материје и енергије у шумским екосистемима омогућава да се емисија угљеника окарактерише као карбон неутрална. У току гајења енергетских засада, производња биомасе оптерећена је емисијом угљен-диоксида због употребе фосилних горива за погон машина за обраду земљишта, примјене минералних ђубрива и средстава за заштиту биља, сушење дрвне биомасе и транспорт. Проблематично је и смањење количине органских материја у земљишту јер се из шуме износи и користи као биомаса ситна грањевина (дрво тање од 3 цм), па чак и листинац, у којем се налази највише минералних материја. Интензивна обрада земљишта утиче на ослобађање угљеника који је дугорочно везан у земљишту. Ако се шуме интензивно користе, а поготово ако се врши њихова деградација, смањиће се количина апсорбованог угљеника у шумама. У процјени уштеде емисије GHG такође треба узети у обзир промјену намјене шумског земљишта. Усљед интензивне урбанизације, посебно у близини великих градова, шумско земљиште, па чак и шума, претвара се у грађевинско, па такви индиректни ефекти на промјену намјене земљишта који би могли поништити напоре за смањење емисије GHG. Поред тога, у мање развијеним земљама, нарочито ако је изражен пораст броја становника у њима, значајне површине шума претварају се у пољопривредна обрадива земљишта у циљу производње хране. Индиректна промјена намјене земљишта, према Европској агенцији за животну средину (*European Environment Agency, EEA*), смањује утицај употребе биомасе на емисију GHG (EEA 2011). Очекује се да се промјена намјене шумског земљишта у циљу гајења пољопривредних култура са већим приносом, може обезбиједити само интензивним гајењем врста које у правилу имају велике потребе за азотом и за чије гајење су потребне велике количине ђубрива, а то повећава ризик од испирања нитрата у подземне воде. Ова појава је индикативна на плитким пјесковитим земљиштима или у сушним подручјима, што може узроковати прекид или успоравање раста и азот остаје неискориштен. Шумска биомаса која се производи у екосистемима који имају функцију очувања и заштите биодиверзитета, као што су прашуме, не рачуна се за постизање циљева производње биомасе за енергију. То је енергија из прашума и других

шумских екосистема са аутохтоним врстама код којих нема видљивих знакова људског дјеловања. Исто важи и за подручја која су законом дефинисана као подручја заштите природе или су намијењена заштити ријетких и угрожених екосистема и врста (Drešković et al. 2011). Република Српска има 27 заштићених природних добара (48.822,63 ха) у којима шуме и појединачно дрвеће имају веома значајну улогу, а чак 47.781,91 ха или 98% (Govedar i Krstić 2017) у којима се не може вршити коришћење биомасе за производњу енергије.

6.6. Гајење биоенергетских плантажа

Често се функције шума не исказују објективно, јер се поготово енергетски значај дрвета, као еколошки најчистијег енергента, не урачунава у укупну вриједност производних, али и еколошких функција шума. У неким развијеним земљама сматра се да дрво у енергетском билансу земље учествује са око 10%, док је у економски мање развијеним земљама, несумњиво, вишеструко веће, јер је дрво енергетска сировина за велики дио становништва. Први документи који обухватају и коришћење дрвне биомасе јесу стратегије развоја шумарства. Један од основних циљева тих стратегија, између осталог, јесте значај интензивних шумских засада, као одрживих и еколошки исправних извора обновљиве енергије и сировине за индустрију, чиме ће се ублажити притисак на природне шумске ресурсе. Такве културе посебне намјене, специјалне културе, представљају културе и плантаже високопроизводних и брзорастућих врста дрвећа, лигникултуре и енергетске плантаже (Poleno et al. 2009). Такође, постоји могућност да се одређене површине шумског и пољопривредног земљишта искористе за одрживи узгој енергетских култура и плантажа како би се смањило притисак на природне шуме (Крстић 2006; Govedar i Krstić 2017). Неискоришћеним или недовољно коришћеним земљиштима под управом пољопривредних и шумских газдинстава треба посветити већу пажњу, не само у погледу оснивања култура већ и у смислу професионалног праћења и газдовања по принципу „од сјетве до жетве“, што укључује стручну примјену одговарајућих шумско-узгојних мјера и радова под надзором стручњака. Главни циљ производње у шумарству садржан је у трајној производњи максималне количине највредније дрвне масе, уз очување и побољшање плодности земљишта. То подразумева компоненту органске производње биомасе која зависи од услова станишта и производности појединих врста дрвећа на датом станишту (Pintarić 2000a), што је од посебног значаја код шумских култура.

Основне специфичности њиховог гајења јесу сљедеће:

- гаје се у циљу повећања продукције дрвне масе (биомасе);
- користе се брзорастуће аутохтоне и алохтоне врста дрвећа;
- оснивају се, најчешће, селекционисаним садним материјалом на земљиштима високог производног потенцијала;
- гаје се у краткој опходњи;
- примјењују се интензивне силвикултурне мјере.

Основни предуслови за гајење биоенергетских плантажа односе се на одговарајуће услове климе, приступачност воде, отвореност шумским комуникацијама, величину површине која би требало да буде минимално 2 ха и побољшање амбијенталних особина подручја. Биоенергетске плантаже побољшавају водни режим подручја, пружају услуге шумских екосистема (лов, пчеларство, снабдијевање водом, заштита од пожара и др.), ублажавају ширење болести животиња на фармама, спречавају ерозију, смањују унос вјештачких материја (гнојива, пестицида), побољшавају амбијенталне учинке шума уз комуникације и ублажавају климатске промјене због складиштења угљен-диоксида (Dimitriou et al. 2014; Dimitriou and Rutz 2014; Dimitriou and Fištrek 2014; Матаруга 2008). Лигникултуре су вјештачки подигнуте састојине од селекционисаног садног материјала брзорастућих врста четинара или лишћара, на производним стаништима, са основном намјеном за коришћење у индустрији производње целулозе и папира (Poleno et al. 2009). Оснивање ових култура интензивиранио је у другој половини прошлог вијека, за задовољавање нарастајућих потреба за овим производом. За гајење лигникултура карактеристично је скраћивање производног процеса (опходње) на 25–40 година, у зависности од врсте дрвета и станишта. Опходња не може бити краћа од времена кулминације текућег запреминског прираста. Притом се високим степеном примјене агротехничких и биотехничких мјера стимулише повећање продукције дендромасе и сортимената жељених димензија. При гајењу је релативно мали проценат учешћа људског мануелног рада, а велика је примјена механизованог рада при оснивању, одржавању и даљем његовању. У посљедњој деценији, у Европи и неким областима Сјеверне Америке, све више се примјењује нови приступ систему гајења шума, оснивањем енергетских (биоенергетских) плантажа, односно изданачких плантажа брзорастућих врста дрвећа (Poleno et al. 2009). Гајење биоенергетских плантажа има главни циљ да се смање негативни ефекти „гасова стаклене баште“, а тиме и да се утиче и на глобалне климатске промјене у циљу спречавања отопљавања климата. Због повећања сагоријевања фосилних горива, смањења површина шума, замјене шумских површина пољопривредним и др., повећава се концентрација гасова који задржавају све више топлоте, па се као резултат тога јавља промјена климе

(Govedar 2011). Потписивањем међународних споразума државе се обавезују на предузимање мјера у циљу повећања коришћења обновљивих извора енергије. Једна од значајних мјера јесте оснивање биоенергетских плантажа и лигникултура као шума посебне намјене. Дакле, складиштење CO₂, смањивање негативних ефеката гасова стаклене баште, производња обновљивих извора енергије и у крајњем циљу смањивање отопљавања климата мора се посматрати у контексту гајења биоенергетских плантажа. Њихово гајење има за главни циљ производњу биомасе, чијим ће коришћењем у процесу сагоријевања емисија штетних гасова бити на еколошки прихватљивом нивоу, односно неће узроковати отопљавање климата. Биоенергетске плантаже оснивају се на шумском земљишту са опходњом 15–30 година, након чега се уклањају сјечом, истовремено на читавој површини. Вегетативним путем настале плантаже гаје се у веома кратком периоду од свега 3–6 година, у тзв. краткој опходњи, које се саме подмлађују без нове садње (Dimitriou and Rosenqvist 2011). Гајење брзорастућих врста у краткој опходњи зависи од (Dimitri 1987):

- површине подручја којим се располаже у ове сврхе,
- погодности терена,
- расположивости одговарајућег материјала за размножавање,
- постојања рационалних производних метода и
- производње материјала жељених карактеристика и облика.

Ако је опходња краћа и газдовање интензивније, постижу се бољи физичко-хемијски услови земљишта, али је производња скупља. Због тога је интензивно гајење брзорастућих врста у овим плантажама заступљено на земљиштима која су богата хранљивим материјама и добро снабђевена водом, са повољним свјетлосним режимом.

Врсте дрвећа које се користе за енергетске изданачке плантаже класификоване су у сљедеће групе:

- веома погодне: топола и врба (и њихови клонови);
- провјерене: пајасен, бријест, јова, бреза;
- перспективне врсте, али непровјерене: липа, врсте рода *Sorbus* L.

Репродуктивни материјал за оснивање енергетских плантажа треба да има сљедеће карактеристике (Dimitri 1987):

- високи приноси у почетној фази раста;
- једноставна репродукција помоћу резница;
- добра способност обнове;
- довољна отпорност на штете абиотичке и биотичке природе;
- добре технолошке карактеристике дрвета, нарочито велика топлотна моћ.

Високопродуктивне и брзорастуће шумске састојине у Републици Српској могу се оснивати од разних врста, као што су тополе (*Populus* sp.), врбе (*Salix* sp.), дуглазија (*Pseudotsuga mensiesii* Mirb.), боровац (*Pinus strobus* L.), црвени храст (*Quercus rubra* L.), црни орах (*Juglans nigra* L.), багрем (*Robinia pseudoacacia* L.), пауловнија (*Paulownia* S.), липа (*Tilia* sp.), црна јова (*Alnus glutinosa* Gearth.) и др. Поред тога што највећи значај имају тополе и врбе, као врсте које се традиционално гаје, велика пажња, посебно у другој половини прошлог вијека, поклањана је и другим врстама у оквиру индустријских плантажа (Bura 1960; Bura 1976; Trkulja 2011), али и за експерименталне потребе, у циљу проналажења најповољнијих клонова интродукованих врста (Pintarić 1989; Pintarić 2000b; Говедар и сар. 2003; Mataruga 2006; Stojnić et al. 2015; Mataruga i Ballian 2018). У већини случајева настоје се производити клонови или користити аутохтоне врсте које најбоље одговарају станишним условима и које имају велики принос. Тако је у оквиру развоја сарадње науке и технологије у Европи (*European Cooperation in Science and Technology*, COST) и пројекта Управљање и коришћење традиционалних изданачких шума (EuroCoppice 2014), у Италији, у области Фиренце, приказан иновативни приступ мултифункционалног коришћења изданачких шума кестена, у циљу добијања дрвне биомасе у складу са еколошким, економским и социјалним аспектом коришћења у будућности (Krstić et al. 2014). Газдује се изданачком шумом, као енергетском културом, са опходњом 24 године. Сваких осам година врши се чиста сјеча на трећини површине, ради обезбјеђивања трајности. Да би се обезбиједила рентабилност, минимална површина састојине је 10 ха. Сјеча се врши ручном моторном тестером, извлачење и уситњавање је механизовано, а транспорт преносном лаком жичаром. Биомаса се у специјалној енергани користи за загријавање базена димензија 25 x 50 м. Потрошња биомасе је 2 м³ дневно. Остварена цијена по тони уситњене биомасе износи 70 евра по тони, а укупни трошкови њене производње су 40 евра. Према Visalo et al. (2004), природних састојина питомог кестена у Републици Српској је релативно мало. Кестен има изуметну изданачку снагу, која се може користити за оснивање биоенергетских плантажа на одговарајућим стаништима (Govedar et al. 2006; Govedar et al. 2007). Ипак, шумских култура питомог кестена у Републици Српској има свега 8,84 ха.

У Републици Српској посебно су значајне биоенергетске плантаже врба и топола због потенцијалних станишта и економско-енергетских ефеката. Према Seulemans et al. (2013), оснивање тих плантажа врши се резницама топола или врба са 8.000 биљака по ха. Гајење се врши у краткој двострукој опходњи од по двије године. На крају прве опходње, последије уклањања, уситњавања (иверања) ради добијања биомасе, вегетативном обновом

формира се плантажа за гајење у другој опходњи (Сл. 6.1). У првој години друге опходње добија се око 10 тона по ха суве уситњене материје. Биомаса се користи у посебним постројењима, енерганам за производњу електричне или топлотне енергије. Репродуктивни материјал за оснивање биоенергетских плантажа обично су резнице добијене од једногодишњих квалитетних младих биљака, које се одабирају сваке године из матичњака. Оптимална дужина резница је 18–22 цм, а дебљина од 0,5 до 2,5 цм (Poleno et al. 2009). Резнице је неопходно складиштити до времена садње. При кратковременом складиштењу и чувању (1–2 мјесеца), оптимална топлота је 2–4 °С, а при дужем складиштењу (5–7 мјесеци), могу се чувати на температури до –4 °С. Непосредно прије садње потребно је резнице умочити у воду и држати их један дан. При ручној садњи, у добро припремљеној површини, резнице морају бити пободене вертикално скоро цијеле у земљу, тј. да су максимално 3 цм изнад површине земље. На тешким, глиновитим земљиштима, висина резница изнад површине земље може бити 3–5 цм.



Сл. 6.1. Технолошки процес гајења енергетских плантажа у Белгији (Ceulemans et al. 2013)

Fig. 6.1. *Technological process of growing energy plantations in Belgium (Ceulemans et al. 2013)*

Ако се примјењује механизована садња, битно је да резнице не буду више од 5 цм изнад земље. Припрема земљишта за подизање плантажа најбоља је у јесен, а садња резница врши се обично механизованим путем (садилицама), са растојањем између редова у зависности од врсте резница и врсте дрвећа 1,5–5 м, а унутар редова растојање између биљака је 0,3–1,2 м.

Обрада земљишта између редова врши се у циљу уклањања корова. Њега плантажа врши се фрезањем између редова (прве три године) и ручним окопавањем у редовима. Обавезно се врши прихрањивање земљишта ђубривом уколико се на истој површини дужи низ година (неколико опходњи) гаје енергетске плантаже. Најбоље је као ђубриво користити дозрели компост од отпадака, који знатно побољшава рН вриједност земљишта, садржај хранљивих елемената и водно-ваздушни режим земљишта. Не пропоручује се поткресавање једногодишњих и двогодишњих биљака јер у овим плантажама није циљ производња квалитетног дрвета, већ је циљ производња што веће количине биомасе. Већи приноси постижу се гушћом садњом, која се у савременим условима врши механизовано (Сл. 6.2), а оптимална густина садње зависи од врсте дрвећа, услова станишта и дужине опходње (Таб. 6.6).



Сл. 6.2. Механизована садња врбе (лијево) (Фото Nordh N-E.) и тополе (десно) (Фото Wald 21)

Fig. 6.2. Mechanized planting of willow (left) (Foto Nordh N-E.) and poplar (right) (Foto Wald 21)

Енергетске плантаже гаје се у веома краткој опходњи, која у Чешкој износи 3–6 година. Укупно вријеме гајења плантаже је 15–25 година, при чему је „обрт“ 4–5 пута. При чешћем обрту долази до снижавања продукције дрвне масе. Такав 3–6-годишњи производни циклус је минималан и не може се скраћивати. Најбоље доба године за уклањање енергетске плантаже у једном циклусу гајења јесте ванвегетациони период, када је садржај воде у стаблу најмањи, а садржај хранљивих материја највећи у коријену и пању.

Таб. 6.6. Дизајн плантажа за врбу и тополу у Њемачкој (у складу са Wald 21)
Tab. 6.6. Willow and poplar plantation design in Germany (according to Wald 21)

Биљна врста	Кратка ротација (3–5 година)	Средња ротација (6–8 година)	Дуга ротација (> 10 година)
	13.000 резница ха ⁻¹		
Врба	Двореди: 2 м x 0,75 м Густоћа: 55 цм у реду	Није примјењиво	Није примјењиво
	8.300–11.000 резница ха ⁻¹	5.000 резница ха ⁻¹	2.500–3.333
Топола	Једноред: 2 м Густоћа: ~ 45–60 цм у реду	Једноред: 2 м Густоћа: ~ 1 м у реду	Једноред: 2 м Густоћа: ~ 1,5–2 м у реду

Пожељно је сјечу вршити када је земља замрзнута, јер је смањена могућност оштећивања земљишта. У засадима су могућа два начина сјече стабала (Poleno et al. 2009):

- сјеча и везивање у свезњеве, при чему се, монтиран на трактор, користи специјални механизам који сијече дрвеће на одговарајућој висини и везује у свезњеве, који се складиште на сјечини, или одмах одвозе до мјеста коначне прераде;
- сјеча и уситњавање је начин који се користи код већине самоходних машина које врше сјечу и уситњавање (иверање) дрвета на лицу мјеста (Сл. 6.3).



Сл. 6.3. Самоходни комбајн „Јагуар“ за уситњавање биомасе (Dimitriou and Rutz 2014)

Fig. 6.3. Self-propelled combine "Jaguar" for shredding biomass (Dimitriou and Rutz 2014)

Коначно уклањање енергетске плантаже врши се када принос биомасе почиње да се смањује, и даље њено задржавање није више економски оправдано. Стање земљишта послвије овог периода погоршава се, што зависи од његовог производног потенцијала, начина и обима ђубрења плантаже. Технологија уклањања плантаже састоји се у томе што се, послвије сјече стабала посљедњег узгојног циклуса, специјалним плуговима и фрезама уклањају пањеви и њима припадајући дијелови жилног система стабла. Уклањање пањева може се вршити њиховим опсијецањем и вађењем, или иверањем одговарајућим иверачем. Површине са двогодишњим изданцима врбе показују могућности коришћења као енергетске културе (Сл. 6.4). Исто тако, за ту сврху могу се користити и специјално одгајени засади врба стаблашица, у којима се може остварити запремина и преко $300 \text{ m}^3 \text{ ха}^{-1}$ и могу се добити врло задовољавајуће димензије стабала, као и других брзорастућих врста са израженом способношћу вегетативне регенерације, као нпр. липе, багрема или тополе (Крстић 2005).



Сл. 6.4. Изданци врбе (лијево) (Фото Крстић) и биоенергетска плантажа бијеле тополе у Мађарској (десно) (Фото Говедар)

Fig. 6.4. Willow shoots (left) (Photo Krstić) and bioenergy white poplar plantation in Hungary (right) (Photo Govedar)

Врсте из рода *Salix* у Европи се најчешће користе за оснивање биоенергетских плантажа због брзог раста и високих приноса (Таб. 6.7). Поред тога, врбе имају велику еколошку пластичност и успјешно расту на земљиштима широке рН (оптимум рН креће се од 5 до 7,5) и на земљиштима веома различите структуре, од глиновитих до пјесковитих. Такође, врбе имају изражену толеранцију на загађеност површинских слојева тешким металима и у анаеробним условима развијају изданке па је врба погодна за фиторемедијацију земљишта (Олјаћа i sar. 2017).

Таб. 6.7. Клонови врбе произведени у оквиру Европског партнерства за узгој врба (EWBP) у УК и шведског програма узгоја при компанији Svalöf Weibull AB (SW) (прилагођено према Caslin et al. 2012)

Tab. 6.7. Willow clones produced under the auspices of the European Willow Growing Partnership (EWBP) in the UK and the Swedish cultivation program at Svalöf Weibull AB (SW) (adapted from Caslin et al. 2012)

Клон	Врста	Пол	Посебне карактеристике
Beagle	<i>S. viminalis</i>	женски	Сува материја при сјечи виша је од просјека
Endeavour	<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>	женски	Није отпоран на услове већег салинитета
Gudrun	<i>S. dasyclaos</i>	женски	Подложен болести рђе листа, спори раст током прве године
Inger	<i>S. triandra</i> x <i>S. viminalis</i>	женски	Добри резултати на сувом земљишту, висок садржај суве материје, ниска огревна вриједност
Jorr	<i>S. viminalis</i>	мушки	Релативно осјетљив на мраз
Olof	<i>S. viminalis</i> x (<i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>)	мушки	Подложен болести рђе листа, већи удио воде у сјечци
Resolution	(<i>S. viminalis</i> x <i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>) x (<i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i>)	женски	Високи приноси у првој опходњи, добар раст у сувим подручјима, сјечке ниске насипне густоће и огревне вриједности
Sven	<i>S. viminalis</i> x (<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>)	мушки	Високи приноси у првој опходњи, ниска опасност од рђе листова, сјечка ниске насипне густоће, али високе огревне вриједности
Terra Nova	(<i>S. triandra</i> x <i>S. vidminalis</i>) x <i>S. miyabeana</i>	женски	Релативно ниски приноси, али добри резултати у тешким окружењима (на висинама, сува земљишта
Tora	<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>	женски	Високи приноси, ниска рђа листа, високи принос у другој опходњи, погодно за готово сва окружења
Tordis	(<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>) x <i>S. viminalis</i>	женски	Високи приноси, погодни на сувом земљишту, ниска рђа листа, ниска насипна густоћа, висока огревна вриједност, ниска сува материја
Torhild	(<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>) x <i>S. viminalis</i>	женски	Релативно ниски приноси, ниска сува материја

Врба има предност и због својих варијација са бројним различитим врстама из рода *Salix* па нуди различите физиолошке карактеристике које се могу прилагођавати одређеним потребама. Програми генетског

побољшања врбе у Шведској и Великој Британији довели су до значајног напретка у узгоју врбе која се користи за производњу биоенергије. Циљеви програма узгоја врбе јесу добијање сорти високих приноса, отпорних на болести и штеточине, с обликом раста који олакшава механичку сјечу. Већина укрштених врста развијених у шведском програму узгоја у предузећу Svalöf-Weibull AB (SW) укључивале су *S. viminalis*, *S. dasyclados* и *S. schwerinii*. Изворни родитељски материјал поријеклом је из Шведске и средње Европе, а касније је проширен материјалом из Сибира (Русија). Програм узгоја у Великој Британији утемељен је на IAR-Long Ahstonu, а користио је више од 20 различитих врста из Националне збирке врба Уједињеног Краљевства.

Таб. 6.8. Најчешће коришћени клонови топола за биоенергетске плантаже (прилагођено према Sailer Baumschulen GmbH)

Tab. 6.8. The most commonly used poplar clones for bioenergy plantations (adapted from Sailer Baumschulen GmbH)

Клон	Врста	Пол	Посебне карактеристике
Мах 1	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	женски	Висока производња биомасе
Мах 3	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	женски	
Мах 4	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	женски	
Matrix	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	женски	
Androscoggin	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	мушки	Средња производња биомасе на свим земљиштима, <i>Hybrid</i> и <i>Matrix</i> имају велику продуктивност нарочито на хладнијим и влажнијим земљиштима
Hibrid 275	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	женски	
Muhle Larsen	<i>P. trichocarpa</i>	женски	Средња производња биомасе на свим земљиштима
Fridsi Pauley	<i>P. trichocarpa</i>	женски	
Trichobel	<i>P. trichocarpa</i>		
Koreana	<i>P. trichocarpa</i> x <i>P. koreana</i> x <i>P. maximowiczii</i>		Висока продуктивност након друге ротације

То је укључивало егзотичне еквиваленте врста *S. viminalis* и *S. caprea*, попут *S. rehderiana*, *S. udensis*, *S. schwerinii*, *S. discolor* и *S. aegyptica*. Биоенергетске плантаже топола обично се оснивају клоновима насталим укрштањем између *Populus trichocarpa*, *Populus maximowiczii*, *Populus*

deltoides, *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Populus koreana* и *Populus tremuloides* (Таб. 6.8), а раније су се користили и сљедећи клонови: „Rochester“, „Weser 6“, „Beaupré“, „Münden“, „Monviso“, „Pegaso“ и „AF2“. Све је већи интерес за узгој биоенергетских плантажа топола у Европи, посебно на стаништима која се одликују блажом климом (средња и јужна Европа), на пјесковитијем и сувљем земљишту, али и због могућности оснивања плантажа рјеђом садњом и са дужим продукционим периодима (већим од 10 година). Подизањем нових култура са врстама интензивног раста могу се обезбиједити уз релативно кратку опходњу (30–35 година) значајни приноси из главних сјеча: зелена дуглазија 353 м³ ха⁻¹, боровац 258 м³ ха⁻¹, ариш 224 м³ ха⁻¹, смрча 171 м³ ха⁻¹, бијели бор 331 м³ ха⁻¹, црни бор 118 м³ ха⁻¹. Ако се имају у виду приходи од прореда (међуприходи) који се могу остварити у старости култура 15 односно 20 година, онда је укупни принос већи у зависности од врсте дрвећа, станишта и стања састојине за 50%–70% (Bura 1960).

Уситњавањем добијеног материјала из енергетских култура и плантажа у специјалним постројењима добија се дрвна биомаса као обновљиви, еколошки чист извор енергије. Овакав материјал користи се за производњу енергената који се могу назвати „биоeko-енергенти“, односно „биоeko-гориво“. Количине и квалитет тих биоeko-енергената зависе од подручја у Европи, врсте дрвећа, начина оснивања и гајења (Таб. 6.9).

Таб. 6.9. Главне особине биоенергетских плантажа (Dallemand et al. 2007)

Tab. 6.9. Main features of bioenergy plantations (Dallemand et al. 2007)

Врста	Врба	Топола	Багрем
Подручје	Сјеверна, средња и западна Европа	Средња и јужна Европа	Средоземље, Мађарска и Пољска
Густоћа (ком. ха ⁻¹)	12.500–15.000	8.000–12.000	8.000–12.000
Опходња (година)	1–4	1–6	2–4
Пречник пања при сјечи (мм)	15–40	20–80	20–40
Висина стабла при сјечи (м)	3,5–5,0	2,5–7,5	2,0–5,0
Запремина при сјечи (т ха ⁻¹)	30–60	20–45	15–40
Садржај воде у дрвету (%)	45–62	50–55	40–45

Према Крстић (2014), у Србији је у природним и вјештачки подигнутим састојинама различитих брзорастућих врста производност сљедећа: у плантажама топола (*Rod Populus L.*), у зависности од старости, клона и густине садње, запремина износи до 824 м³ ха⁻¹, текући запремински прираст је до 36 м³ ха⁻¹, средњи пречник до 47 цм, а висина до 36 м;

природне високе састојине топола могу да остваре запремину до $638 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ и текући запремински прираст до $20,6 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$; природне високе састојине врбе (род *Salix* L.) могу да остваре запремину до $333 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ и текући запремински прираст до $9,9 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а у засадима бијеле врбе (*Salix alba* L.), за врбе у старости 27 година запремина је $303 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а средњи пречник до 33,8 цм; дуглазија (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.), на станишту планинске шуме букве у старости састојине 41 год., остварила је запремину $576 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а текући запремински прираст до $25,0 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$; вајмутов бор (*Pinus strobus* L.) остварује значајну производност на станишту брдске букве, у старости састојине 39 год., запремина износи до $510 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а текући запремински прираст до $13 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$; црвени храст (*Quercus rubra* L.), на станишту сладуна и цара са грабом у старости састојине 32 год., остварио је запремину $343 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а текући запремински прираст до $16,5 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$; црни орах (*Juglans nigra* L.), у развојној фази зрелости, на станишту лужњака, граба и липе, остварио је запремину до $462 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а текући запремински прираст до $9,2 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$; пауловнија (*Paulownia fortunei*), у засадиима старости од пет година, остварује запремину $65 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а запремински прираст $26 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$. Брзорастуће врсте дрвећа лишћара такође су значајан извор биомасе. Вјештачки подигнута састојина крупнолисне липе (*Tilia grandifolia* Ehrh.) на станишту брдске букве у старости 54 године, при броју стабала од 2.358 по ха, остварила је дрвну запремину од $728 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а запремински прираст $12,4 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$; багрем (*Robinia pseudoacacia* L.) у природним састојинама у старости 24 године може да оствари запремину до $250 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$ и запремински прираст до $7 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$; у вјештачки подигнутим састојинама црне јове (*Alnus glutinosa* Gearth.) на природном станишту, у 22. години старости, запремина износи $290 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$, а текући запремински прираст до $4,3 \text{ м}^3 \text{ ха}^{-1}$.

6.7. Биомаса из шумских култура као биоенергент

Основни проблеми шумских култура са аспекта гајења шума могу се сажети у сљедеће (Stojanović 1990; Pintarić 2002; Medarević i Obradović 2003; Govedar 2007; Бодружић и сар. 2015 и др.):

- културе су осниване на стаништима веома различитих производних особина;
- на стаништима лишћарских врста које су претходно уклоњене, касније су се појавили проблеми угрожавања четинара од аутохтоних односно примарних лишћарских врста у раној младости биолошки јачих, са великим трошковима потребним за њихово сузбијање;
- шумске културе најчешће је пратио критичан степен виткости и

спонтана природна селекција;

- велика површинска хомогеност чинила их је нестабилнијим;
- због изостанка узгојних мјера угрожена је стабилност шумских култура и честа је појава штета биотичке и абиотичке природе;
- различита пракса њега култура, иако је већина култура узгојно запуштена, са великим учешћем стабала III узгојно-техничке класе (око 50%) др.

Највеће површине шумских култура у Републици Српској осниване су од смрче, бијелог и црног бора (41.307 ха). Значајан утицај на развој ових четинарских шумских култура има аутохтона лишћарска вегетација у условима конверзије изданачких шума у високи узгојни облик шума, која у случајевима одговарајућих услова средине за оснивање култура отежава развој четинара. Таквих састојина, мјешовитих по саставу, има 14.676 ха. Такође, често се истиче проблематика пласмана ШДС из култура, али добијени сортименти имају све већу тражњу на тржишту, у првом реду као сировина за производњу топлотне енергије (Gačić i Govedar 2020; Govedar et al. 2015). Међутим, велика тражња шумске биомасе као биоенергента је данас знатно мање изражен проблем. На основу анализе планског гајења шумских култура из шумскопривредних основа, утврђено је да непровођењем мјера њега у виду прореда, годишње, у зависности од метода одређивања етата, остаје неискоришћено потенцијалне биомасе 130.000–170.000 м³ дрвета, од које се значајан дио може користити као биоенергент (Таб. 6.10).

Таб. 6.10. Очекивани оријентациони годишњи етат у шумским културама државних шума Републике Српске

Tab. 6.10. Expected orientation annual state in forest cultures of state forests of the Republic of Srpska

Шумска култура	Површ. (ха)	Запрем. (м ³ ха ⁻¹)	Текући запрем. прираст (м ³ ха ⁻¹)	Етат (м ³ годишње)	Проредни интервал (година)
Смрча	5.155,57	246,99	11,81	23.000–30.000	4–5
Смрча и лишћари	8.199,90	197,49	12,59	32.000–50.000	3–5
Бијели бор	2.808,81	210,77	10,56	11.000–14.000	4–5
Бијели бор и црни бор	1.606,15	175,26	9,31	5.000–7.000	4–5
Црни бор и лишћари	6.336,87	221,43	6,70	18.000–28.000	4–7
Црни бор и лишћари	2.082,19	166,84	7,18	6.000–8.000	4–5
Бијели и црни бор	9.669,74	188,25	8,03	31.000–39.000	4–5
Укупно	35.859,203			130.000–170.000	3–7

Биомаса која се може обезбиједити из шумских култура, с обзиром на узгојне захвате, фазу развоја и опште стање, може се разврстати у сљедеће групе:

- биомаса из новооснованих култура, која се добија раним мјерама његе (освјетљавање и чишћење), углавном у културама без процијењене дрвне запремине;
- биомаса проредних сјеча у културама са процијењеном запремином (биомаса међуприхода);
- биомаса из култура након извршених главних сјеча (сјеча обнове).

Поред користи од прореда и добијања шумске биомасе као биоенергента, њихов значај је и у томе што се вриједност биомасе за главне сјече на крају опходње повећава због побољшања квалитета. Наиме, у зависности од врста дрвећа, однос између највреднијих и најјефтинијих сортимената обловине веома је различит и код борова се креће у односу 8 : 1 (Pintarić 1969) у културама, па и у природним једнодобним боровим састојинама дуге опходње (до 120 година).

6.8. Одрживост производње и коришћења шумске биомасе

Употреба биомасе у облику корисних отпадних материја у шуми има оправданост са економског аспекта, али треба имати у виду да постоје количинска ограничења у зависности од површине и стања шума. Производња биомасе у шумарству Републике Српске заснована је на FSC (*Forest Stewardship Council*) стандардима, који дефинишу одрживост газдовања на еколошки исправним, социјално и економски оправданим принципима и стандардима. Због тога се, између осталог, настоји да се минимизира количина остатка, тј. отпадног материјала у шуми, побољшавајући процес израде шумских дрвних сортимената. Због тога ће се количине биомасе у виду шумског отпада смањивати током времена, а посебна пажња мораће се посвећивати преосталој биомаси након израде и транспорта шумских дрвних сортимената. За шумску биомасу која је прерађена у пелете прије коришћења нема опасности од контаминације јер добијени производи у процесу производње пролазе кроз фазе загријавања на високим температурама, чиме се елиминишу носиоци патогених обољења. Повећање количине шумске биомасе као биоенергента у будућности зависиће у све већој мјери од оснивања биоенергетских плантажа односно лигникултура за производњу сировине за енергију на оним површинама које до данас нису биле адекватно коришћене, било да се ради о плодним или деградираним шумским

земљиштима. Међутим, треба нагласити да намјенски узгајане енергетске културе тешко могу испунити принцип економичности у сљедећој деценији ако се институционално не би подржало оснивање оваквих култура са циљем заштите од дефицита у испоруци биомасе у будућности. Значајна препрека за коришћење биомасе огледа се у забринутости јавности да њено коришћење није у складу са принципима одрживог развоја. У неким случајевима, нпр., када је интензитет сјеча природних шума већи од њиховог прираста и обнављања, не може се говорити о одрживом газдовању. Такође, неке шумске површине треба да буду под посебним режимом газдовања због низа разлога (естетска функција, рекреативна функција, заштитна функција, итд.), те се као такве не могу користити за енергетске производе. Сјеча природних шума за добијање биомасе као енергетске сировинске базе углавном није прихватљива, осим у случајевима када се ради о коришћењу дрвног материјала из сјеча његе или из узгојно-санитарних разлога. Дрвни остаци из шумских култура и плантажа који се иначе остављају у шуми и остаци из дрвопрерађивачких постројења спадају у повољне облике биомасе за енергију, чије се коришћење може сматрати одрживим. Свакако да индустрија мора пронаћи начин да одговори на низ захтјева и питања која произлазе као резултат интереса и забринутости јавности, прије свега у погледу утицаја коришћења шумске биомасе на животну средину. Нека од важних питања која се намећу јесу: генетички модификоване врсте (сортe), осиромашење земљишта хранљивим материјама, угрожавање биодиверзитета, водни режим, угрожавање природности шума, баланс између производње и потрошње биомасе и др.

У Републици Српској постоје знатне површине шумског земљишта које нису обрасле шумском вегетацијом. Управо на овим површинама могуће је проводити одговарајуће мјере оснивања шумских култура које би могле послужити у сврху енергетске производње. Узгајање енергетских култура захтијева интродукцију сјемена (или садница у шумарству), ђубрива, хемикалија, машина, горива, радне снаге, итд., и због тога мора да има добру продајну цијену како би било у стању да се „такмичи“ са приходима од других врста узгоја (нпр. производња хране, узгој природних шума и сл.). Дакле, посматрано из ове перспективе, сакупљање биомасе након примарне прераде (нпр., сакупљање коре и пиљевине у пилани) јефтиније је од сакупљања ових остатака у шуми, које би, с друге стране, било јефтиније од намјенског узгајања енергетских култура. Сјеча биомасе на неодрживој основи за производњу биоенергије или неких других производа и уништавање природних шума у сврху повећања пољопривредних површина сматрају се неприхватљивим. Постоји теза према којој

експлоатација шума повећава приходе од продаје примарних сортимената (обловина), као и остатка биомасе, те да је у том случају могуће очекивати интензивнију сјечу на већим шумским површинама. Да би се ова појава избјегла, потребно је формирати шумске културе за ту намјену. Континуирано интензивна производња и коришћење шумских и пољопривредних култура и плантажа, посебно чистим сјечачама на великим површинама, може довести до смањења плодности земљишта услед испирања хранљивих састојака и повећане употребе хемијских средстава. Сваки пут када дође до уклањања биомасе са неке површине, губи се одређена количина хранљивих материја потребних за очување квалитета земљишта. Уколико се у шуми остављају лишће односно четине, овршци, гране и кора, а извучи се само дебловина, онда не долази до већег губитка хранљивих материја. Дугорочно посматрано, коришћење генетски модификованих врста за оснивање енергетских култура једна је од могућих опција производње, али она мора бити поткријепљена научним и стручним чињеницама заснованим на коришћењу брзорастућих врста, како би се умањио ризик од губитка хранљивих материја из земљишта и истовремено осигурале адекватне залихе биомасе по јединици површине.

За подизање интензивних култура за производњу биомасе, поред избора квалитетног земљишта, потребно је и наводњавање енергетских култура, али то није уобичајена пракса због високих трошкова. Због тога, на веома влажним земљиштима треба узгајати дрвенасте врсте, што значи да се у таквим културама коришћење биомасе неће вршити сваке године, чиме ће се избјећи деградација земљишта. Различите биљне врсте у процесу транспирације усвајају различите количине влаге из земљишта. На примјер, брзорастуће врсте, као што су врсте *Salix* sp. и *Populus* sp., имају високе захтјеве за водом. Из тог разлога, узгајивач мора размотрити избор врсте и варијетета за оснивање културе, како због приноса биомасе, тако и због утицаја на кориснике водних ресурса који су настањени низводно од мјеста оснивања културе, нарочито у случају екстензивног узгоја на већим површинама. Врсте дрвећа које се природно јављају у аридним и сушним крајевима продиру својим коријеном дубоко у земљиште, одакле црпе хранљиве материје. С друге стране, брзорастуће врсте дрвећа на мокрим земљиштима формирају густ коријенов систем до дубине око једног метра, што их чини веома ефикасним кад је у питању усвајање хранљивих материја.

У сваком дијелу Републике Српске налази се ограничена количина доступне биомасе у зависности од индустријских активности. Тамо гдје се биомаса у виду остатка оставља након главне сјече или жетве, могуће је вршити накнадно прикупљање овог остатка. Међутим, овакав начин газдовања значајно би повећање трошкова, па се као логично рјешење

намеће интегрално коришћење биомасе. Ипак, треба имати у виду да овај начин коришћења може бити проблематичан због опасности од деградације земљишта. На нископродуктивним земљиштима и у шумама које се налазе у било ком степену деградације, ова метода се не препоручује за примјену. Уколико енергетске културе немају велику транспортну дистанцу до биоенергетске фабрике за прераду биомасе, произвођач тада може размотрити и могућност вршења транспорта и испоруке биомасе. Ако је та дистанца велика, онда узгајивачи култура за производњу биомасе за енергију могу да формирају сопствену биоенергетску фабрику. Биомаса биолошког поријекла је углавном неправилног облика и због тога је отежан њен транспорт, има висок садржај влаге и обично је промјенљивог и непредвидивог квалитета. Због тога су стандарди за горива, као и биомасу од које се добијају, неопходни како би се квалитет одржао у оквиру јасно дефинисаних спецификација.

6.9. Закључак

Претпоставља се да ће проблеми недостатка енергије у скорој будућности бити међу првим изазовима савременог друштва. С друге стране, током производње енергије која се добија из фосилних горива, стварају се загађивачи ваздуха који изазивају ефекте стаклене баште и узрокују отопљавање климата, што представља велику опасност за биљни и животињски свијет, али и човјечанство. Европска унија се обавезала да ће редуковати емисију CO₂ за 40% до 2030. године у односу на 1990. годину као референтну годину. Шумска биомаса сматра се обновљивим енергетским извором, карбон неутралним, који се обнавља у фотосинтетском процесу продукције органске материје. Тај процес је значајан јер се интензивно одвија на укупној површини од 1.352.031 ха или 54,3% укупне површине Републике Српске.

Знатне количине биомасе, нарочито огревног дрвета, традиционално се користе у бројним домаћинствима широм Републике Српске, па је потребно испитати ефикасност и алтернативе оваквог вида коришћења биомасе. Коришћење шумске биомасе за енергију мора бити засновано на одрживости, децентрализованом приступу и заштити животне средине, односно мора се водити рачуна о емисији штетних гасова, утицају на биодиверзитет, нивоу ремећења природних процеса и др. Дугорочно одрживо коришћење биомасе као извора енергије мора уважавати све аспекте производње биомасе, јер у противном, базирање на остварењу профита у кратком временском периоду, без адекватног уважавања свих релевантних питања, не води одрживости кориштења биомасе. У

Републици Српској, за високе државне шуме код производње количине дрвних сортимената на дрвни остатак који би могао да се користи као биомаса за енергију из лишћарских шума отпада око 3.873.394 м³ или 25,8%. Поред високих шума, и у осталим категоријама шума у државном власништву (изданачке шуме и шумске културе) налазе се значајне количине дрвне биомасе, нарочито просторног дрвета и дрвног остатка, које би могле да се користе као сировина за производњу енергије. Карактеристично је да је у тим категоријама шума количина дрвног остатка приближно уједначена и износи око 30%. Укупна шумска биомаса је знатно већа јер укључује и стабла која су тања од таксационе границе, затим жбуње, приземну флору и подземни дио (коријење) свих стабала. Од ефективне укупне количине биомасе као извора енергије, на шумску биомасу (цјепанице, окорци, цијепано дрво, сјечка и пиљевина) отпада око 40%. Поред државних шума, значајне количине дрвне биомасе налазе се и у приватним шумама. Планирани обим сјеча (етат) на годишњем нивоу, према ШПО, у приватним шумама се креће од 15% до 20% по запремини или од 60% до 80% у односу на запремински прираст, и у просјеку износи око 650.000 м³. Шумски потенцијал у БиХ за енергетске сврхе, према процјенама, износи 23,3 ПЈ годишње, од чега у Републици Српској 8,4 ПЈ. Дрво има мањи садржај корисних горивих елемената угљеника и водоника у односу на фосилна горива. Мањи садржај горивих елемената у биомаси у односу на конвенционалне енергенте последица је већег садржаја кисеоника, што је карактеристично код свих горива која су млађа по времену настајања. Дрво има осредњу вриједност доње топлотне моћи у односу на суву основу, чија вриједност износи у просјеку око 18.600 кЈ кг⁻¹ и налази се између топлотне моћи сламе од уљане репице (19.670 кЈ кг⁻¹) и мрког угља (22.500 кЈ кг⁻¹). Коефицијент емисије CO₂ током сагоријевања биомасе највећи је у поређењу са другим горивима (тресет, угљ, дизел, керозин и др.) и износи у просјеку око 109,6 kg_{CO2} GJ⁻¹. Азотни оксиди који се емитују у атмосферу приликом сагоријевања из огревног дрвета по јединици произведене енергије изnose у просјеку око 3,2 gNO_x GJ⁻¹, док дрво приликом сагоријевања практично не емитује сумпорне оксиде.

Површина земљишта које је неопходно за узгајање енергетских култура директно зависи од годишњег приноса биомасе доступне или расположиве на одрживој основи. Најпознатије су енергетске плантаже на којима се узгаја брзорастуће дрвеће, код којег трајање ротације (опходње) траје од три до 12 година. На енергетским плантажама узгајају се разне врсте дрвећа, а највећи приноси постижу се тополама и врбама на којима су извршени значајни генетски захвати. Принос дрвне масе на таквим плантажама износи од 8 до 25 тона суве материје по хектару годишње. Поред постојећих плантажа

брзорастућих четинара, на подручју Републике Српске могле би се намјенски интензивно узгајати и врбе, багрем, тополе, платани, алпски бор и друге. За производњу енергије могуће је узгајати и тзв. енергетске траве (нпр. *Panicum virgatum*). Енергетске траве могу бити једногодишње и вишегодишње, а принос биомасе на таквим плантажама може износити и до 15 тона суве материје по хектару годишње. Процијењено је да је цијена произведене биомасе из енергетских трава нешто нижа него цијена биомасе са плантажа на којима се узгаја брзорастуће дрвеће. Оплемењивање врста које чине енергетске културе ријетка је појава, мада се неки варијетети врсте *Salix* (врба) интензивно користе за производњу биомасе са циклусом сјече сваких 2–5 година, а генетски су оплемењени ради повећања отпорности према фитопатолошким обољењима, која имају негативан утицај на принос биомасе. У скорој будућности може се очекивати формирање култура од генетички модификованих врста, које ће ефикасније користити сунчеву енергију (као што је то данас случај са шећерном трском) и због тога давати већи принос, имати мање потребе за уношењем хемијских састојака, бити отпорније према штетним инсектима и фитопатогенима. Такође, ове врсте требало би да имају већи степен толеранције према суши и смањењу влаге у земљишту.

Стратешке смјернице за употребу шумске биомасе у енергетске сврхе везане су за промоцију коришћења шумске биомасе у енергетске сврхе на начин који не угрожава снабдијевање становништва и дрвопрерађивачке индустрије дрвном сировином. Шумска биомаса, као и остаци дрвета у дрвопрерађивачкој индустрији и сви облици енергије који се од те биомасе могу добити треба да дају допринос у глобалној, па тиме и локалној испоруци енергије у предстојећим деценијама. Значајан допринос регионалној и локалној економској, техничкој и друштвеној активности огледа се кроз стварање додатне вриједности, кружење и задржавање новца у држави, односно локалној заједници, повећање инвестиција, зараде и прикупљање средстава кроз накнаде за коришћење природних ресурса, развој руралних подручја и енергетску сигурност. Смањивање емисије гасова стаклене баште може се подстицати оснивањем биоенергетских плантажа на начин да се потенцијал шума и шумског земљишта не угрожава. Значајно је промовисати развој производних ланаца шумске биомасе и подстицати власнике приватних шума у инвестиције ради ефикасности коришћења дрвне биомасе у енергетске сврхе, са циљем учешћа у продаји енергије. У cjелокупном репродуктивном циклусу, од оснивања енергетских плантажа до производње енергије, постоји реална могућност запошљавања становништва, што се позитивно одражава на економске ефекте привређивања у шумарству, преради дрвета и енергетици.

Литература

- Anatoljak R (1949) Mali šumarsko-tehnički priručnik. Sekcija šumarstva i drvne industrije društva inženjera i tehničara NR Hrvatske, Zagreb, str 1–822
- Asikainen A, Anttila P (2009) Jatkuuko metsäenergian käyttöön kasvu? (Will the growth of forest energy use continue?) Metsäsektorin suhdannekatsaus 2009–2010, pp 55–57
- Barbir F, Ulgiati S (2008) Sustainable energy production and consumption: Benefits, strategies and environmental costing. Springer Publishing, New York, USA, pp 1–388
- Barette JP, Hazard C, Mayer J (1996) Mémotech bois et matériaux associés. Éditions Casteill, Paris, France, pp 1–22
- Beurskens LWM, Hekkenberg M (2011) Renewable Energy projections as published in the national renewable energy action plans of the European Member States. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, pp 1–244
- Risović S, Domac J (2001) Program korišćenja energije biomase i otpada - BIOEN. Nove spoznaje i provedba. Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, str 1–144
- Бодружић М, Говедар З, Крстић М (2015) Приједлог проредног захвата у вјештачки подигнутој састојини смрче (*Picea abies* L.) на подручју Челинца у Републици Српској. Шумарство 4:1–14
- Bura D (1965) Plantažno gajenje četinarar brzog rasta u Italiji. Šumarski list (7–8):331–351
- Bura D (1976) Podizanje novih 300.000 ha plantaža i intenzivnih kultura četinarar brzog rasta. Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd
- Bucalo V, Govedar Z, Travar J (2004) Ekološko-vegetacijske i uzgojne karakteristike pitomog kestena (*Castanea sativa* L.) na području Bosne i Hercegovine. Seminar "Pitomi kesten – uzgoj, zaštita i korišćenje", ŠG "Pastirevo" – Novi Grad, Kostajnica
- Bhattacharya P, Mukherjee AB, Jacks G, Nordqvist S (2002a) Metal contamination at a wood preservation site: Characterisation and experimental studies on remediation. The Science of the Total Environment 290:165–180
- Bhattacharya SC, Albina DO, Abdul-Salam P (2002b) Emission factors of wood and charcoal-red cookstoves. Biomass and Bioenergy 23(6):453–469
- Vanclay JK, Skovsgaard JP (1997) Evaluating forest growth models. Ecological Modelling 98:1–12
- Gačić A, Govedar Z (2020) Šumske kulture kao obnovljivi izvor energije. Zbornik radova sa Naučno-stručnog simpozijuma Energetska efikasnost – ENEF, str 25–30
- GlobBiomass (2017) Due GlobBiomass final report. Доступно на: <https://globbiomass.org/news/>. Приступљено: 14.03.2021
- Govedar Z (2007) Klasifikacija stabala i efekti prorednih zahvata u vјештачки podignutoj sastoјini smrče na području Sokolina-Kotor Varoš. Glasnik Šumarskog fakulteta 96:29–43

- Govedar Z (2011) Gajenje šuma – ekološke osnove. Udžbenik. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, str 1–300
- Говедар З, Баллиан Д, Микић Т, Пинтарић К (2003) Успијевање различитих провенијенција зелене дуглазије (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Fraco) у оквиру ИУФРО програма на огледној површини "Црна Локва" код Градишке. Шумарство 3–4:61–74
- Govedar Z, Krstić M (2017) Gajenje šuma za posebne namjene. Udžbenik. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, str 1–308
- Govedar Z, Marčeta D, Keren S, Jokanović D, Mičić N, Đurić G, Jotanović S, Kondić D, Bosančić B, Radun M, Pašalić N, Granić G, Jelavić B, Kulišić B, Vorkapić V (2015) Biomasa kao obnovljivi izvor energije. Univerzitet u Banjoj Luci, Institut za genetičke resurse, Banja Luka, str 1–143
- Govedar Z, Oljača R, Stanivuković Z, Hrkić Z (2007) Kalemljenje jednogodišnjih izbojaka pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području Balja kod Kostajnice. Agroznanje 8(3):81–91
- Говедар З, Топић Д, Марић Б, Кршић Д (2018) Анализа стања и газдовање приватним шумама у Републици Српској. Шумарство, Београд 1–2:63–78
- Govedar Z, Šumatić N, Trkulja V, Stanivuković Z, Bodružić M (2006) Grafting of the cultivated chestnut (*Castanea sativa* Mill.) as a possibility for increasing of productivity of B&H chestnut forests. 1st IFOAM International Conference on Organic Wild Production" May 2–4, 2006, Teslić, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. The Electronic Book of Proceedings, pp 17–28
- Granić G, Zeljko M, Moranjkic I, Martinez JA, Olano M, Jurić Ž (2009) Studija energetskog sektora u BiH – nacrt konačnog izvještaja. Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, R. Hrvatska, str 1–131
- Dallemand JF, Petersen JE, Karp A (2007) Short rotation forestry, short rotation coppice and perennial grasses in the European Union: Agro-environmental aspects, present use and perspectives. JRC Scientific and Technical Reports, pp 1–162
- Dimitri Lj (1987) Korišćenje biomase iz šumarstva za energetiku – Proizvodnja šumske biomase gajenjem brzorastućih vrsta drveća u kratkoj ophodnji. Informacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu br. 2, Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd
- Dimitriou I, Rosenqvist H (2011) Sewage sludge and wastewater fertilisation of Short Rotation Coppice (SRC) for increased bioenergy production – Biological and economic potential. Biomass Bioenergy 35:835–842
- Dimitriou I, Rutz D (2014) Sustainability criteria and recommendations for short rotation woody crops. Report elaborated in the framework of the IEE project SRCplus (Contract No. IEE/13/574). WIP Renewable Energies, Munchen, Germany. Доступно на: <http://www.srcplus.eu/en/publications.html>. Приступљено: 17.03.2021
- Dimitriou I, Fištrek Z (2014) Optimising the environmental sustainability of short rotation coppice biomass production for energy. South-east European Forestry 5(2):81–91

- Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market (2001) OJ L 283, pp 33–40.
<http://data.europa.eu/eli/dir/2001/77/oj>
- Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport (2003) OJ L 123, pp 42–46. <http://data.europa.eu/eli/dir/2003/30/oj>
- Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (2009) OJ L 140, pp 16–62. <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj>
- Dourojeanni MJ, Barandiarán A, Dourojeanni D (2009) Amazonía peruana 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructura: Qué está pasando? Qué es lo que significa para el futuro? Pronaturaleza, pp 1–160
- Drešković N, Đug S, Stupar V, Hamzić A, Lelo S, Muratović E, Lukić-Bilela L, Brujić J, Milanović Đ, Kotrošan D (2011) Natura 2000 – Bosna i Hercegovina. Centar za okolišno održivi razvoj, Sarajevo, str 1–456
- EEA (2011) Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011 Submission to the UNFCCC Secretariat. Publications Office of the European Union, Luxembourg, pp 1–634
- EMEP/EEA (2016) Air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Technical guidance to prepare national emission inventories. European Environment Agency, Publications Office of the European Union, Luxembourg, pp 1–24
- EC/COM (2019) This Communication sets out a European Green Deal for the European Union). COM(2019) 640 final, pp 1–24. Доступно на: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf. Приступљено: 21.03.2021
- EC/COM (2004) Communication from the Commission to the Council and the European Parliament - The share of renewable energy in the EU - Commission Report in accordance with Article 3 of Directive 2001/77/EC, evaluation of the effect of legislative instruments and other Community policies on the development of the contribution of renewable energy sources in the EU and proposals for concrete actions. COM(2004) 366 final, pp 1–43. Доступно на: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52004DC0366>. Приступљено: 17.03.2021
- Žeželj M (1995) Energetski potencijal biomase. Zbornik radova "Bioenegetska reprodukcija u poljoprivredi" Beograd, str 1–14.
- IPCC (2003) Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Kanagawa, Japan, pp 1–590
- IPCC (2006) Guidelines for national greenhouse gas inventories. In: Eggleston HS, Miwa K, Srivastava N, Tanabe K (eds) National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan, pp 1–20

- Jovanović B, Gurda S, Musić J, Bajrić M, Lojo A, Vojniković S, Čabaravdić A (2005) Šumska biomasa – potencijalni izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet, Sarajevo, Posebno izdanje 19:1–136
- Jovanović B, Musić J, Lojo A (2008) Energetski potencijal drvne biomase u Bosni i Hercegovini. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu 38:1–10
- Јовановић Б, Паровић М (2009) Стање и развој биомасе у Србији. Џеферсон Институт у Србији, Београд, стр 1–13
- Jovanović B, Halilović V (2009) Nekomercijalno drvo kao šumska biomasa za energiju. Scientific Symposium with International Participation „Biological, Ecological and Energetic Characteristics of Indigobush (*Amorfa fruticosa* L.) in Croatia“, Zagreb, Knjiga kratkih sadržaja, str 47
- Joosten R, Schumacher J, Wirt C, Schulte A (2004) Evaluating tree carbon predictions for beech (*Fagus sylvatica* L.) in western Germany. Forest Ecology and Management 189:87–96
- Караџић Д, Љубојевић С, Медаревић М, Михајловић Љ, Тодоровић З, Говедар З (2011) Стратегија развоја шумрства Републике Српске (2011–2021). Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске, Бања Лука, стр 1–73
- Kastori R, Hadžić V, Ubavić M, Bogdanović D (1995) Ekološki aspekti primene žetvenih ostataka kao alternativnog goriva. Zbornik radova "Bioenegetska reprodukcija u poljoprivredi", Beograd, str 15–28
- Kauppi PE, Mielikainen K, Kuusela K (1992) Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. Science 256:70–74
- Копривица М, Матовић Б (2011) Регресионе једначине биомасе и угљеника стабала букве у високим шумама на подручју Србије. Шумарство 1–2:29–42
- Kosanić T (2015) Uticaj procesnih parametara na pirolizu drvne biomase. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, str 1–195
- Köstler JN, Brueckner E, Bibelriether H (1968) Die Wurzeln der Waldbäume. Untersuchung zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa. Paul Parey, Hamburg and Berlin, Germany, pp 1–284
- Krajnc N (2001) Lesni peleti. Stručna monografija. Gozdarski inštitut Slovenije. Ljubljana, pp 1–24
- Krstić M (2005) Prilog poznavanju izdanačke sposobnosti bagrema. Proceeding of the 8th Symposium on flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, 20–24. Jun 2005, Niš, pp 189–194
- Krstić M (2006) Gajenje šuma – konverzija, melioracija i veštačko obnavljanje. Udžbenik. Planeta print, Beograd, str 1–375
- Krstić M (2014) Gajenje šumskih kultura za posebne namene. Skripta. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, str 1–26
- Krstić M, Petrović N, Perović M (2014) Coppice forests in Serbia. „1st Coppice Conference: Inovative management and multi-functional utilisation of traditional coppice forest“ 25.02.2014, Firenze, Italy, COST Action FP1301 – EUROCOPPICE

- Liski J, Lehtonen A, Palosuo T, Peltoniemi M, Eggers T, Muukkonen P, Makipa R (2006): Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004 — an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. *Annals of Forest Science* 63:687–697
- Mataruga M (2006) Crni bor na stijenama (prvo izdanje). Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, pp 1–282
- Матаруга М (2008) Интеграција шумарства БиХ унутар активности ублажавања климатских промјена: шансе и могућности Кјото протокола. Гласник Шумарског факултета у Бањој Луци 8:1–14
- Mataruga M, Ballian D (2018) Oplemenjivanje drvenastih vrsta u Bosni i Hercegovini – stanje i mogući pravci razvoja. Uvodno predavanje na „VI Simpozijum sekcije za oplemenjivanje organizama Društva genetičara Srbije i IX Simpozijum Društva selekcionera i semenara Republike Srbije”, Vrnjačka Banja, 07–11.5.2018. godine, str 10–11
- Mataruga M, Ballian D, Terzić R, Daničić V, Cvjetković B (2019) State of forests in Bosnia and Herzegovina: Ecological and vegetation distribution, management and genetic variability. In: Šijačić-Nikolić M, Milovanović J, Nonić M (eds) *Forests of Southeast Europe under a changing climate – conservation of genetic resources*. Springer-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany, pp 3–19
- Matić V, Drinić P, Pavlič J, Prolić N, Stojanović O, Vukmirović V, Koprivica M (1990) Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini. Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, str 1–327
- Medarević M, Obradović S (2003) Stanje kultura četinarâ i problemi gazdovanja. *Ekosilva*, Banja Luka 2:31–42
- Nabuurs GJ, Schelhaas MJ, Mohren GMJ, Field CB (2003) Temporal evolution of the European forest sector carbon sink from 1950 to 1999. *Global Change Biology* 9: 152–160
- Nikolić S (1992) Bio-masa kao značajna komponenta u rješavanju globalne energetske krize. Sagorijevanje biomase u energetske svrhe, Zbornik radova, JDT, Naučna knjiga, Beograd, str 45–61
- Nunes LJR, Meireles CIR, Gomes CJP, Almeida-Ribeiro NMC (2019) Forest Management and Climate Change Mitigation: A Review on Carbon Cycle Flow Models for the Sustainability of Resources. *Sustainability* 11(19):1–10
- Nunes LJR, Meireles CIR, Gomes CJP, Almeida-Ribeiro NMC (2020) Forest Contribution to Climate Change Mitigation: Management Oriented to Carbon Capture and Storage. *Climate* 8:1–20
- Olivier JAH, Peters W (2020) Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions. 2020 report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, Netherlands, pp 1–85
- Oljača R, Rodzkin A, Krstić B, Govedar Z (2017) Fiziologija vrba. Monografija. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, str 1–146

- Pettersen BC (1984) The Chemical Composition of Wood. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, American Chemical Society, Madison, Wisconsin, USA, pp 57–126
- Pintarić K (1969) Rezultati primjene selektivne prorede na području FŠOD »Igman«. Narodni šumar, Sarajevo, str 7–8
- Pintarić K (1989) Proučavanje prirašćivanja IUFRO-duglazije različitih provenijencija na oglednoj plohi "Crna Lokva" (Bosanska Gradiška). Šumarski list 9–10:397–414
- Pintarić K (2000a) 30 godina istraživanja na arišu različitih provenijencija u Bosni. Šumarski list 3–4:143–156
- Pintarić K (2000b) Značaj alohtonih-gostujućih vrsta drveća u šumarstvu Bosne i Hercegovine. Seminar "Sjemensko-rasadnička proizvodnja u BiH – Aktualno stanje i perspektive", Brčko, str 77–80
- Pintarić K (2002) Šumsko-uzgojna svojstva i život važnijih vrsta drveća. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Federacije Bosne i Hercegovine, Sarajevo, str 1–221
- Poleno Z, Vacek S, Podrázský V (2009) Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů. (Silviculture III. – Practical procedures for growing forests) Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, pp 1–951
- Raupach MR, Rayner PJ, Barrett DJ, De Fries RS, Heimann M, Ojima DS, Quegan S, Schimmler CC (2005) Model-data synthesis in terrestrial carbon observation: Methods, data requirements and data uncertainty specifications. Global Change Biology 11:378–397
- Републички завод за статистику (2020) Шумарство. Статистички билтен, Републички завод за статистику Републике Српске, Бања Лука, стр 1–77
- Siddi M (2020) The European green deal assessing its current state and future implementation. Finish Institute of International Affairs FIIA pp 1–14
- Stankić I, Marenče J, Vusić D, Zečić Ž, Benković Z (2014) Struktura nadzemne drvne biomase obične bukve u različitim sastojinskim uvjetima. Šumarski list 9–10:439–450
- Sterling VA (2005) Planning and installing bioenergy systems: A guide for installers, architects and engineers. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) and Ecofys James & James, pp 1–277
- Stojanović Lj (1990) Uperedna proučavanja razvoja veštački podignutih sastojina smrčje, crnog bora i prirodne šume bukve na Maglešu. Glasnik Šumarskog fakulteta Beograd 71–72:53–68
- Stojnić S, Orlović S, Ballian D, Ivanković M, Šijačić-Nikolić M, Pilipović A, Bogdan S, Kvesić S, Mataruga M, Daničić V, Cvjetković B, Miljković D, von Wuehlisch G (2015) Provenance by site interaction and stability analysis of European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances growth in common garden experiment. Silvae Genetica 64(4):133–147
- Thurig E, Schelhaas MJ (2006) Evaluation of a large-scale forest scenario model in heterogeneous forests: a case study for Switzerland. The Canadian Journal of Research 36(3):671–683

- Trkulja P (2011) Strukturno-proizvodne karakteristike vještački podignutih sastojina četinarara na lokalitetu Dubrava. Master rad. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, str 1–92
- UNDP (2014a) Mogućnosti korištenja biomase iz šumarstva i drvne industrije u Bosni i Hercegovini. United Nations Development Programme in Bosnia and Herzegovina, str 1–16
- UNDP (2014b) First biennial update report of Bosnia and Herzegovina under the united nations framework convention on climate change. United Nations Development Programme in Bosnia and Herzegovina, pp 1–82
- Hakkila P (1989) Utilization of residual forest biomass. Springer-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany, pp 1–583
- Herold M, Carter S, Avitabile V, Espejo AB, Jonckheere I, Lucas R, McRoberts RE, Næsset E, Nightingale J, Petersen R, Reiche J, Romijn E, Rosenqvist A, Rozendaal DMA, Seifert FM, Sanz MJ, De Sy V (2019) The role and need for space-based forest biomass-related measurements in environmental management and policy. *Surveys in Geophysics* 40:757–778
- Cannell MGR (1983) World forest biomass and primary production data. Academic Press, London, UK, pp 1–391
- Caslin B, Finnan J, McCracken AR (2015) Short Rotation Coppice Willow Best Practice Guidelines. Agriculture and Food Development Authority, pp 1–133
- Ceulemans R, Janssens IA, Berhongaray G, Broeckx L, De Groot T, Ouafik El K, Fichot R, Sylvestre ND, Verlinden M, Zona D (2013) System analysis of a Bio-Energy plantation: full greenhouse gas balance and energy accounting (POPFULL). *Applied Ecology* 111:862–870
- Ceulemans T, Merckx R, Hens M, Honnay O (2013) Plant species loss from European semi-natural grasslands following nutrient enrichment – is it nitrogen or is it phosphorus? *Global Ecology and Biogeography* 22:73–82
- Ceulemans T, Stevens CJ, Duchateau L, et al. (2014) Soil phosphorus constrains biodiversity across European grasslands. *Global Change Biology* 20:3814–3822
- Widlowski JL, Verstraete MM, Pinty B, Gobron N (2003) Allometric relationships of selected European tree species. Tech. Rep. EUR 20855 EN. EC Joint Research Centre, Ispra, Italy, pp 1–70
- Wutzler T, Wirth C, Schumacher J (2008) Generic biomass functions for common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Central Europe: Predictions and components of uncertainty. *Canadian Journal of Forest Research* 38:1661–1675

Production of biomass from forests and residues from the wood processing industry

Zoran Govedar, Milun Krstić, Milan Mataruga

Summary

An analysis of the relationship between technological and social development in the history of mankind shows that changes have always been related to the use of energy. Limited opportunities and negative environmental effects of the use of fossil fuels are increasingly affecting the need to use renewable energy sources. Today, more and more attention is paid to reducing the negative effects of energy on the environment, and the importance of renewable energy sources from forests is emphasized. Biomass is living matter whose reserves are constantly replenished by the action of solar energy. Wood biomass is a renewable energy source that includes wood mass from the forest, secondary (non-commercial) wood mass, wood residues and used wood. From the energy aspect, forest biomass includes woody vegetation and its remains suitable for energy production. Of particular importance, especially in countries with significant forest resources, is forest biomass as a renewable energy source. Although there are objective limitations that make it difficult to use forest biomass for energy, it does they do not represent permanent obstacles but imply their gradual, systematic and long-term elimination. It is assumed that the problems of lack of energy in the near future will be among the first challenges of modern society. Therefore, it is necessary to harmonize the production of biomass (breeding forestry) with previously developed nursery production (quantity, quality and type of planting material), natural regeneration and forest care (forest management systems) with the capacities and possibilities for using forest biomass for energy. Intensifying the use of forest biomass implies the introduction of modern technological solutions and machines (harvesters, forwarders, etc.) for which there are no adequate human resources for handling these machines, and the road network is unsatisfactory for their intensive application. Significant amounts of biomass (especially firewood) are traditionally used in numerous households throughout the Republic of Srpska, so it is necessary to examine the efficiency and alternatives of this type of biomass use. The use of forest biomass for energy must be based on sustainability, decentralized access and environmental protection, ie it must take into account the emission of harmful gases, the impact on biodiversity and the level of disruption of natural processes that can endanger life. To that end, specialized

energy plantations are being developed in Europe, in which various types of trees are grown, and the highest yields are achieved with poplars and willows on which significant genetic interventions have been performed. Breeding of species that make up energy crops is rare, although some varieties of species of the genus *Salix* (willow) are intensively used for biomass production with a harvest cycle every 2–5 years, and are genetically bred to increase their resistance to phytopathological diseases that have a negative impact on biomass yield. Strategic guidelines for the use of forest biomass for energy purposes are related to the promotion of the use of forest biomass for energy purposes in a way that does not endanger the environment.

Keywords: Forest, wood processing industry, biomass, energy, Republic of Srpska

