

Адаптивно управљање шумама

Зоран Говедар, Милан Медаревић, Милун Крстић, Ново Пржуљ

Сажетак. Адаптивно управљање је основни концепт стратегије управљања шумским екосистемима у условима повећаних ризика. Због тога постоји потреба за развојем кључних теорија и информација на којима се заснива адаптивно управљање шумама, јер је оно постало премиса савремених стратегија развоја шумарства у Европи, а основне идеје о овом начину управљања развијале су се, прије свега, на сазнањима из екологије шума. Адаптивно управљање представља праћење активности (мониторинг) у циљу прилагођавања будућих активности жељеним ефектима управљања. Главни узроци који су утицали на примјену адаптивног управљања у шумарству везани су за стратешке шумарске принципе и глобалне изазове. Шумски екосистеми изложени су природним и друштвеним ризицима који узрокују поремећаје и нежељене ефекте управљања. У циљу смањивања ризика за реализацију стратешких циљева у шумарству, настала је потреба разраде управљачких механизма за адаптацију шумских екосистема. Глобалне активности, поред спровођења мјера за митигацију (ублажавање) климатских промјена, подразумевају мјере за адаптацију (прилагођавање) на климатске промјене, одрживи развој и ублажавање негативних посљедица

Цитирање: Говедар З, Медаревић М, Крстић М, Пржуљ, Н (2023) Адаптивно управљање шумама. У: Говедар З, Матаруга М, Пржуљ Н (уредници) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LI:809–849

Cite as: Govedar Z, Medarević M, Krstić M, Pržulj N (2023) Adaptive forest management. In: Govedar Z, Mataruga M, Pržulj N (eds) Sustainable development and management of forest ecosystems. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LI:809–849

за шумске екосистеме. При томе је потребно изаћи из оквира управљања који се темеље углавном на поједностављеној равнотежи између запремине, прираста и етата и систематски интегрисати резултате свих интервенција и спољашњих утицаја на шуме како би се побољшало стање шума и прилагодило промјенама. Најбољи показатељ угрожености врста и шумских биљних заједница јесте смањење њиховог ареала и биодиверзитета. Већина климатских модела предвиђа велике промјене у оквиру шума због велике брзина климатских промјена и ограничења прилагођавања многих врста дрвећа климатским екстремима. Шуме се споро прилагођавају новим условима, нарочито због повећања температура, повећања концентрације угљен-диоксида, као и повећања депозиције нитрата. Најутицајнија климатска варијабла за шуме је она која одређује промјену температурног режима и поремећај вјетра. Кључ за управљање шумама у условима ризика лежи у повећавању учешћа отпорнијих врста прилагођених будућим климатским условима, односно у промовисању разноликости врста дрвећа и њихових провенијенција и хетерогености структурних облика шума. За стварање оваквих шума потребно је гајити шуме чије особине су блиске природним и потенцијалним шумским заједницама за одговарајуће услове станишта и аутохтоне врсте. Адаптивно управљање шумама подразумијева мултидисциплинарни приступ и четворофазни циклус јачања разумијевања сложених биофизичких, социјално-економских и политичких система уз стални мониторинг (контрола екосистема) и стицање нових емпиријских знања, чији се позитивни ефекти примјењују у пракси. Предност адаптивног управљања је у томе што се врши прилагођавање планова и активности на основу резултата мониторинга у новонасталим непредвиђеним условима.

Кључне ријечи: Управљање шумама, стратегија развоја шумарства, ризик, адаптација

22.1. Увод

Почетак развоја идеје о адаптивном управљању природним ресурсима јавља се у другој половини прошлог вијека (Holling 1978; Walters 1986). Адаптивно управљање представља праћење активности уз механизме контроле, у циљу прилагођавања будућих планова и стратегија жељеним ефектима управљања. Његов значај за шумарство произилази из основних шумарских принципа садржаних у стратегији развоја шумарства Европске уније (European Commission 2013), а који су садржани и у Стратегији развоја

шумарства Републике Српске 2011–2021. године. Фокус управљања шумама, све до развоја идеје одрживости шумарства, био је углавном усмјерен ка стратешком и индустријском снабдијевању дрветом, и то је фаза предшумарске експлоатације. Управљање шумама као екосистемима узима у обзир знатно шири опсег вриједности шума које имају структуру, функције, интеракцију, временску и просторну динамику (Kimmins 1995), и то је утицало на развој екосистемског управљања шумама, нарочито у САД. Екосистемско газдовање, а касније адаптивно управљање (Bončina 2009), крајем прошлог вијека постали су водећа парадигма при управљању шумским екосистемима и природним изворима уопште (Boyce 1994). Прилаз таквом односу у газдовању шумама потиче од изреке: „Адаптирај се или нестани, сада као и увијек, неумитни је императив природе“ (Wells 1945). Идеје о адаптивном управљању шумским екосистемима развијале су се, прије свега, на сазнањима из екологије (Boyce and Haney 1997; Kimmins 2003), а управо због климатских промјена, као узрока многих других поремећаја у шумарству, данас има све већи значај. Стабилност шумских екосистема под промјенљивим климатским условима зависи од адаптационог потенцијала појединачних врста дрвећа (Scharnweber et al. 2011). Под руководством Оквирне конвенције Уједињених нација о промјени климе (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC), 2015. године усвојен је међународни споразум познат као Париски споразум, који су подржале чланице Уједињених нација. Париски споразум, поред спровођења мјера за митигацију (ублажавање) климатских промјена, наглашава важност адаптације (прилагођавања) на климатске промјене, нарочито за неразвијене земље и земље у развоју, ради обезбјеђивања одрживог развоја и ублажавања негативних посљедица утицаја климатских промјена. Иако темељни допринос класичне теорије о развоју шумарства не треба потцењивати, развој примијењене екологије у шумарској привреди утицао је на поједностављења у управљању шумама која могу бити опасна за функционалност екосистема из перспективе одрживости (Ciancio and Nocentini 2011). Управљање шумама у будућности, као темељни циљ, треба имати функционалну ефикасност и цјеловитост шумског екосистема који има унутрашњу вриједност. При томе, потребно је изаћи из оквира управљања који се темељи углавном на поједностављеној равнотежи између запремине, прираста и етата, а узгојне мјере треба да имају прилагодљив приступ који се темељи на „учењу на грешкама“, а не само на такозваним шемама нормализације. Адаптивно управљање систематски интегрише резултате ових интервенција, како би се итеративно побољшало стање шума и прилагодило промјенама учећи се на резултатима експериментираних пракси (McDonald-Madden et al. 2010). Усвајање адаптивног приступа управљању шумама узима у обзир непредвидивост

екосистема као вриједност, као способност реаговања на ударе и захтијева учење из системских реакција како би се у складу са њима интервенцијама подржала и развила отпорност шумског екосистема.

22.2. Угроженост шума и ризици управљања шумама

Шуме прекривају 30% Земље (42% тропске шуме, 25% шуме умјерене зоне и 33% бореалне шуме) и као најсложенији екосистеми на копну, изложене су бројним неизвјесним поремећајима примарне, секундарне и терцијарне природе, који могу настати под утицајем природних процеса или због антропогених утицаја. Опасности (*hazards*) у природи, па тако и у шумским екосистемима, дефинишу се као вјероватноћа (фреквенција) појављивања потенцијално штетних природних појава одређене јачине (Crozier 1999). Савремени мегатрендови који утичу на шумарство су социјално-демографски, економски, технолошки развој, угрожавање животне средине и трендови управљања шумама (Wolfslehner et al. 2020).

Према извјештајима међународне организације за храну и пољопривреду (*Food and Agriculture Organization, FAO*), као и међувладиног панела за климатске промјене (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*), посебно значајан утицај има отопљавање климата (FAO 2013; IPCC 2019) јер представља иницијатора многих поремећаја који узрокују настанак нових нежељених ефеката, као што су пожари, суше, ледоломи, смањење продукције, инвазивне врсте, болести и штеточине и др. Неки од ових поремећаја дјелују у дугим временским циклусима, а неки краткотрајно. Под овим утицајима се у Европи годишње налази око 6,0% од укупне површине шума или око 10 милиона хектара и сјечом је било захваћено око 8,1% запремине на годишњем нивоу (FAO 2007).

Због таквих поремећаја, евалуација ових ризика за газдовање шумама и предлагање одговарајућих узгојних мјера од одлучујућег је утицаја. Сматра се да су ти ризици интеракција између вјероватноће појаве, осјетљивости и изложености појави ризика (Kron 2002). Вјероватноћа ризика зависи од спољашњих (екстерних) фактора (нпр. клима) и унутрашњих (нпр. појава штеточина). Гајење шума зависи, али има и утицај (узрочно-посљедично), на све три ове појаве у шуми. Због тога ће се шумама у будућности и њиховом бројном популацијом морати управљати проактивно адаптивно, с обзиром на предвиђене пријетње климатским промјенама које узрокују нове ризике и неизвјесности (Maciver and Wheaton 2003). Коришћењем повезаног атмосферско-океанског глобалног модела (Roeckner et al. 2003) развијеног у Њемачкој (Max Planck Institute for

Meteorology), у првом националном извјештају о промјени климе прогнозирано је повећање температуре ваздуха у Републици Српској од 0,7 до 1,6 °C, и то између 1,0 и 2,0 °C на југу земље, и између 2,0 и 3,0 °C у унутрашњости. Највиша повећања ће се јавити у љето, и то у унутрашњим областима (UNDP BiH 2016). Поред тога, негативни антропогени утицаји, као што су неправилна примјена система газдовања шумама, миниране површине или нпр. друштвено-економски и социјални поремећаји, одражавају се на производност. Најновији утицаји на радну снагу у шумарству настају због болести Covid-19 (*coronavirus disease*) коју изазива коронавирус (lat. *corona* – круна), који је откривен у Кини крајем 2019. године. Овај вирус је Свјетска здравствена организација (*World Health Organization*, WHO) назвала SARS-CoV-2 (SARS-coronavirus-2), а 12.03.2020. године болест прогласила пандемијом. Секуларне климатске промјене утичу на шумске екосистеме на локалном и глобалном нивоу (IPCC WG2 2007; Kadović i Medarević 2007) због помјерања граница појединих типова шума у односу на географску ширину и надморску висину (помјерање зона са одређеним врстама биљака и животиња према сјеверу и према већим надморским висинама), промјена расподјеле површина под различитим типовима шума у њиховом међусобном односу (велики дио екосистема ће имати тешкоће при адаптацији на климатске промјене), нестајања и повлачења одређених шумских заједница, промјена у саставу појединих биљних заједница, промјена односа појединих врста дрвећа према еколошким чиниоцима и др. Природни ток дуготрајне прогресивне сукцесије у шумским екосистемима може бити угрожен, па потреба за адаптивним управљањем у новим условима изложености ризицима представља изазов за шумарску струку. Најбољи показатељ угрожености врста и шумских биљних заједница јесте смањење њиховог ареала и биодиверзитета (WMO/UNEP 2002). Губитак биодиверзитета масовно се повећао захваљујући антропогеним активностима због фаворизовања врста које су од користи човјеку (Niemelä et al. 2000). Република Српска карактерише се великим биодиверзитетом, јер флору чини око 4.500 виших биљака, 600 таксона маховина, око 80 папратњака и око 250 врста шумског дрвећа и грмља (Brujić 2011; Drešković et al. 2011). Чак 30% од укупне ендемске флоре Балкана (1.800 врста) налази се у флори Републике Српске и Босне и Херцеговине. У шумама живи преко 200 врста фауне. У свијету пред изумирањем је око 50% биљака, а пријети опасност уништавања око 20% тропских кишних шума, 50% мочварних подручја и око 37% земљишта за наредних 30 година. Сваког дана нестане око 36.000 врста, а свакој четвртој врсти сисара пријети истребљење (Ćustović i сар. 2015). У Републици Српској угрожено је 506 врста животиња, 86 гљива и 659 биљака (Уредба о црвеној листи заштићених врста флоре и фауне

Републике Српске 2012). Неки од важнијих показатеља угрожености и ризика управљања шумама (пожари, олујни вјетрови, градације штеточина, физиолошки стрес, снијеголоми, снијегоизвале, клизишта и др.), нарочито почетком XXI вијека, истичу се као природни поремећаји настали као посљедица промјене климе (Kirilenko and Sedjo 2007; Moore and Allard 2008; Seidl et al. 2017; Brack 2019), а њихова појава смањује примарну биолошку продукцију шума или чак може претворити шумске екосистеме умјесто секвестратора у велике изворе угљеника (Ziemblinska et al. 2018). Истраживања показују да постоји тренд глобалног загријавања који се огледа у повећању просјечне температуре ваздуха за 0,8 °C од 1900. године (Hansen et al. 2006). Већина климатских модела предвиђа велике промјене у оквиру шума са посебним угрожавањем врста са малим ареалима, при чему проблем представља велика брзина климатских промјена и ограничење прилагођавања многих врста дрвећа климатским екстремима (Koskela et al. 2007). Иако дрвеће посједује механизме за отпорност и заштиту асимилационих органа од високих температура (мало накупљање амонијака, смањивање интензитета дисања, повећана транспирација, промјена положаја листова, механизам рада стома и др.), којима је дрвеће у стању да снизи температуру листова за неколико степени (5–10 °C) у односу на температуру околног ваздуха (Larcher 1995), ипак екстремно високе температуре негативно се одражавају на врсте са уском еколошком валенцом нарочито на ксеротермним и континенталним подручјима. Шумски екосистеми споро се прилагођавају новим условима усљед климатских промјена јер постоје најмање три фактора на које дрвеће мора да се прилагоди: повећање температура, повећана концентрација угљен-диоксида и повећана депозиција нитрата (Таб. 22.1). На климатске промјене у Србији и њихов утицај на шумске екосистеме указали су Krstić et al. (2012). Постоје и други фактори који нису довољно разјашњени, нпр. смањена соларна радијација као посљедица веће облачности или присуства аеросола, која је посебно важна за шумску границу (Stanhill and Cohen 2001). Наиме, након јаких суша, на релативно великим површинама све шумске заједнице не реагују на исти начин јер је њихова осјетљивост различита. Предвиђање степена адаптације и управљање зависе од сценарија климатских промјена, генетичког диверзитета, режима вода, ризика газдовања шумама (нпр. „вишеструки стрес“) и дугорочности процеса производње.

Таб. 22.1. Утицај климатских промјена на шуме централне Европе (Bolte et al. 2009)
 Tab. 22.1. Climate change impacts in Central European forests (Bolte et al. 2009)

Фактор	Индикатор	Ефекат
Загријавање	Висока средња температура	Веће испаравање (губитак водних ресурса) Повећана мобилизација и губици угљеника у шумским земљиштима, депозиција нитрата Побољшани услови за размножавање штетних инсеката
	Учесталост топлотних таласа	Оштећење ткива дрвећа Шумски пожар (+ суша) Повећан морталитет, отежана регенерација
	Скраћивање хладних и мразних периода	Повећање угљен-диоксида у ваздуху Мобилизација резерви угљених хидрата Зимске олује
	Продужење трајања вегетационог периода	Већа продуктивност (у случају довољне доступност воде и хранљивих састојака) Оштећење од раног и касног мрза
Промјена режима падавина	Суша	Смањена продуктивност, већи морталитет, већа подложност биотичким пријетњама
	Високе падавине	Штета од поплава (недостатак кисеоника) Повећан морталитет усљед великих варијација режима водног стања земљишта
Промјена режима вјетрова	Олује	Вјетроломи и вјетроизвале
	Велика средња брзина вјетра	Повећана евапотранспирација
Промјене биотичких интеракција	Варијација интра/интер-специјске конкуренције	Промијењена продуктивност и виталност, повећани морталитет, промијењена структура шумских заједница
	Промјена симбиотских услова (нпр. системи опрашивања, микориза)	Промијењена продуктивност и услови репродукције
	Напади биотичких агенаса (инсекти, гљивице, бактерије итд.)	Смањена продуктивност, већи морталитет, већа осјетљивост на абиотске пријетње

Као резултат глобалних климатских промјена у наредних 50–100 година у Европи, претпоставља се да могу бити учестали веома оштри и нестабилни временски услови (Fuhreg et al. 2006). Према сценаријима и моделима приказаним у другом националном извјештају о климатским промјенама у БиХ тренд повећања температуре до 2030. године у односу на базни период 1961–1990, износиће до 1,0 °C на годишњем нивоу на читавој територији Босне и Херцеговине. Према истом извјештају о климатским промјенама у БиХ, шуме могу бити изложене различитим сценаријима, али свакако да би се према сценарију којим се предвиђа смањење површина под шумама, што је између осталог и посљедица сушења шума, смањио просјечни годишњи капацитет складиштења CO₂. Највеће повећање температуре ваздуха очекује се у љетном раздобљу (јун – август), до 1,4 °C. У периоду 2071–2100. године, према сценарију А2, очекује се рапидан пораст температуре, и то до 4,0 °C на годишњем нивоу, те до чак 4,8 °C у љетном раздобљу. Претпоставља се да пораст температуре ваздуха за око 3,0 °C оставља на шумску вегетацију сличну посљедицу као помјерање висинског појаса вегетације за 500 м надморске висине.

Према сателитским снимцима у Европи, током 2019. године регистрована су 3.864 шумска пожара, а сваки је имао површину већу од 30 хектара и опожарено је 789.730 хектара шума и шумског земљишта (Еуропеан Commission 2020). Обимна истраживања у свијету указују да ће будући поремећаји узроковани сушом, вјетром и снијегом, бити снажнији, а температурне локалне интрагодишње промјене ће се јако разликовати (Seidl et al. 2017). Ипак, сматра се да ће у будућности бити најутицајнија она климатска варијабла која одређује поремећај вјетра (фреквенција и јачина). Истраживања су такође указала на потребу анализе интеракцијских учинака климатских промјена као подстицајне факторе смртности стабала, при чему се наглашава јака зависност од нивоа развоја биотичких поремећаја. Сложеност интеракцијских поремећаја компликује предвиђања будућих промјена шумске климе у простору и времену. Олујни вјетрови представљају главни природни поремећај за европске шуме, а очекује се да тренд глобалног негативног утицаја олујних вјетрова буде у порасту са трендом климатских промјена (Schlyter et al. 2006; Bender et al. 2010; Knutson et al. 2010; Seidl et al. 2014). Највеће штете настају у подручјима са ниским ваздушним притиском током јесењих и зимских мјесеци (Martínez-Alvarado et al. 2012). Катастрофалне штете у шумама средње Европе настале су 1990. године (Schönenberg 2002; Schönenberg et al. 2002), те 1999. године у Француској, Њемачкој и Швајцарској од олујног вјетра „Лотар“ када је уништено 165 милиона кубика дрвета (Angst et al. 2004).

Током 2005. године у Шведској вјетар „Гурдун“ уништио је 75 милиона кубика, а 2007. године у Њемачкој и Чешкој вјетар „Кирил“ уништио је 49 милиона кубика). Вјетрови „Клаус“ и „Ксинтија“, током 2009. и 2010. године, у Француској и Шпанији оштетили су 45 милиона кубика (Gardiner et al. 2010), а 2018. године у Италији вјетар „Vaia“ оштетио је 8,5 милиона кубика. Ове количине одговарају једногодишњем етату за ова подручја Европе (FAOSTAT 2019). За југоисточну Европу карактеристично је да олујни вјетрови у шумским комплексима стварају мозаик оштећења склопа састојина са појединачним заосталим стаблима која нису преломљена или изваљена (Nagel and Diaci 2011). У Европи (највише у Њемачкој, Чешкој, Аустрији и Словачкој) од укупне количине уништене запремине усљед разних негативних утицаја биотичке и абиотичке природе просјечно годишње буде уништено око милион или око 3,0% кубних метара дрвета (Schelhaas et al. 2003). Штете од снијега више су карактеристичне за бореалне шуме (Fisher et al. 2020). У сталном порасту је учесталост појаве и штета од олујних вјетрова (Martinez-Alovorado et al. 2012), снијеголома и пожара, којима је у посљедње двије деценије угрожено скоро 5,0% површине шума у власништву Републике. На планини Лисина код Рибника 2017. године изваљено је и преломљено преко 10.000 м³ (Сл. 22.1), затим 2019. године на планини Сјемећ уништено је чак око 50.000 м³, а исте године на планинама Височник и Романији 35.000 м³ дрвне запремине.



Сл. 22.1. Посљедице олујног вјетра на Лисини (Фото Чолић Г 2017)
Fig. 22.1. Consequences of stormy wind on Lisina (Photo Čolić G 2017)

Потребно је превентивно повећати отпорност шума на негативне олујне вјетрове (отварање комуникација, регулисање састава шума, изградња вјетробраних шумских појасева, гајење мјешовитих разнодобних састојина, примјена комбинованих метода обнављања шума, мониторинг пожара, набавка модерне противпожарне опреме и др.). Под утицајем хладног таласа уз јак вјетар, брзине 5,9 до 8,5 м сек⁻¹, у источној Србији крајем 2014. године, створене су велике количине леда на дрвећу и настале су велике штете ломљењем и изваљивањем великог броја стабала у шумама на површини 19.419,78 ха, од чега су 8.301,01 ха високе природне састојине, 8.997,37 изданачке састојине и 2.121,40 ха вјештачки подигнуте састојине (Крстић и сар. 2016). Укупно је оштећено 1.607.981 м³ дрвне запремине. У вјештачки подигнутој састојини смрче на буковом станишту (*Fagetum moesiacaе submontanum*) оштећено је 77,9%, стабала преломом, од чега је 34,5% јако оштећено, односно стабла су окарактерисана као одумирућа, што је означено као предмет хитне мелиорације њиховим уклањањем, а то указује да смрча на овом станишту представља осјетљиву врсту која је веома подложна штетама.

У периоду од 2009. до 2019. године у Републици Српској забиљежено је преко 3.000 шумских пожара који су захватили површину око 35.000 ха и узроковали штету опожарене дрвне запремине око 160.000 м³. Четинарске шуме јеле и смрче, нарочито у условима пораста температуре ваздуха, угрожене су због градације штеточина, поткорњака (*Ips* sp.), па је сушење шума у Републици Српској било интензивно на планини Виторог 1997, 2003. и 2013. године, подручју Хан-Пијеска 2011, на планинама Јавор-Романија и Деветак 2015. године и др. Сузбијање губара у периоду 2012–2013. године вршено је механички. На површини од 6.000 хектара, на најјаче нападнутим локалитетима, са бројношћу између 2.700–14.500 легала по хектару, проведено је авиосузбијање примјеном биолошког инсектицида Foray 48В (*Valent BioSciences*), чију активну супстанцу чине кристали и споре бактерије *Bacillus thuringiensis kurstaki* (Btk). Примијењена је техника микронирања у концентрацији 3,0 л ха⁻¹. Третман је проведен у периоду 16–18. маја 2013. године, а постигнута је просјечна ефикасност од 81% и констатовано у 2014. години да се популација губара налази у латенци (Milotić i sar. 2015).

Поред периода изразите суше (нпр. 2003. године), повремено се јављају периоди са интензивним падавинама које узрокују ерозију и појаву клизишта (нпр. 2014. године): Шумско газдинство (ШГ) „Мајевица“ – Лопаре на површини од 44,2 хектара, ШГ „Добој“ 35,8 хектара, ШГ „Бирач“ – Власеница 26.6 хектара и др. Процијењено је да су главни узроци активирања клизишта и других појава нестабилности у Европи падавине, киша и нагло топљење снијега (69,4%), док је директан утицај антропогеног

фактора око 7,8% (SafeLand 2012). У шумама Републике Српске, поред падавина, пресудан утицај има сложена геолошка грађа, а клизишта се најчешће јављају на теренима изграђеним од вулканогено-седиментних формација (дијабаз-ројначка серија, офиолитски јурски меланж), затим неогених кластичних седимената, седимената доњег тријаса у кластичном развоју, кластичних седимената горње креде, флишних седимената (од јуре до еоцена) и палеозојских шкриљаца (Abolmasov 2015). Упоредо са клизиштима, понекад и лавине, али само на већим надморским висинама, узрокују огромне штете (Сл. 22.2)

Отопљавање климата узрокује промјене услова станишта, нарочито у погледу суше и пораста евапотранспирације, што најчешће за посљедицу има физиолошки стрес дрвећа (Govedar and Medarević 2020). Физиолошки стрес узрокован климатски промјенама убрзава процес сушења шума. То је посебно изражено у привредно веома значајним шумама хроста китњака (*Quercus petraea* (Matt.) Leibl.), када се као посљедица акутног сушења током вегетационог периода осуше стабла (Marinković i sar. 1990).



Сл. 22.2. Штете од лавина на Маглићу (Фото Радовић П 2007)

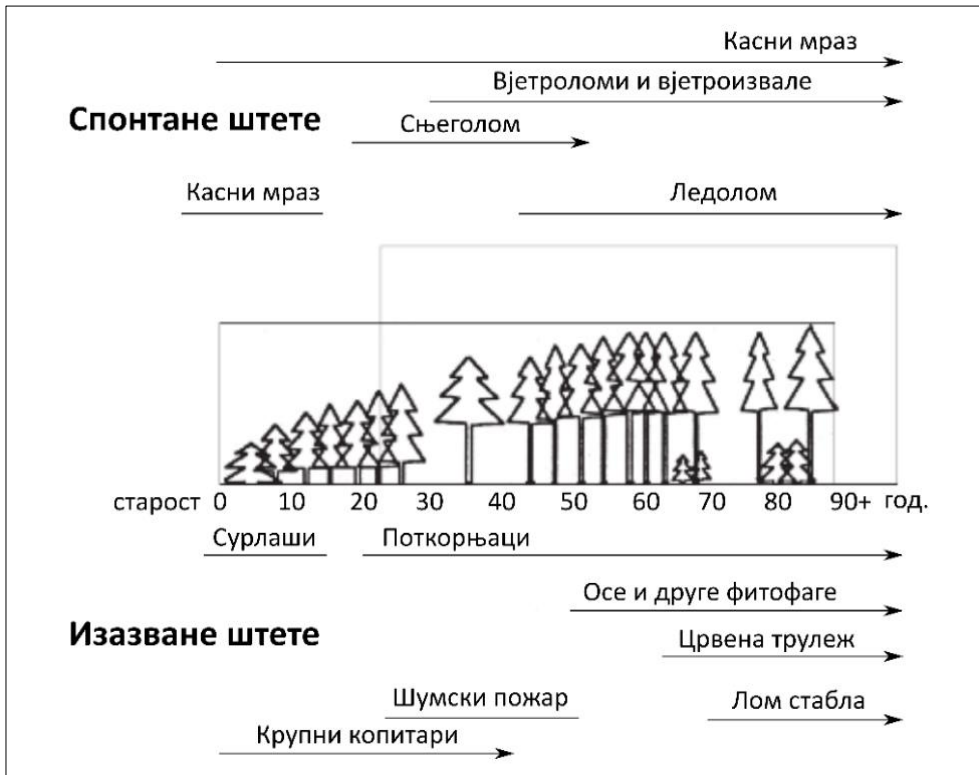
Fig. 22.2. Damage from avalanches on the Maglić (Photo Radović P 2007)

Код заштите шума од пожара, посебно су значајне превентивне узгојне мјере које имају за циљ да се формира таква структура и састав састојина, с обзиром на врсте дрвећа, отпоран на појаву и ширење пожара. Међутим, контролисани пожари могу имати и позитивне ефекте јер се ватра користи за широк спектар циљева, укључујући еколошку обнову природне заједнице, промовишући обнављање борових и хрстових шума, као и за повећање разноликости биљних врста и промоцију станишта дивљих животиња. Поред тога, пожар се користи за смањење опасних оптерећења горивом како би се спријечило оштећење од пожара (Muzika et al. 2012). Неправилно газдовање шумама, деградација шума и нарушавање склопа састојине могу узроковати појаву болести и опадање производности. Јела (*Abies alba* L.) у условима прекинутог склопа састојине подложна је насељавању полупаразитске цвијетнице, бијеле имеле (*Viscum album* L. ssp. *abietis* (Wiesb.) Abrom.), која може узроковати смањење запреминског прираста за 19% у односу на здрава стабла (Клерас 1955). На хрстовима је карактеристична жута имела (*Loranthus europaeus* Jacq.) која напада и друге лишћаре (Krüssmann 1977; Idžojtić i sar. 2003): буква (*Fagus sylvatica* L.), питоми кестен (*Castanea sativa* Mill.), граб (*Carpinus betulus* L.) и маслина (*Olea europea* L.). Појава имеле и ефекти њеног утицаја одражавају се на пораст случајног приноса у укупном етату због провођења санитарних сјеча које су неминовне у циљу сузбијања ширења овог полупаразита. Такве интервенције у шумама утичу на недосљедну примјену система газдовања који су планирани за примјену. Значајни комплекси вриједних мјешовитих шума букве и јеле са смрчом нарочито у другој половини прошлога вијека на подручју Динарида, због изразите сјече четинара, претворене су у чисте букове шуме секундарног карактера које су мање стабилне и представљају први степен деградације високих шума (Veus 2017).

Поред ризика газдовања шумама и угрожености усљед климатских промјена, антропогени утицаји, попут минираног шумског земљишта и бесправних активности, смањују ефекте газдовања шумама у Републици Српској. Према статистичким подацима, у посљедњих неколико година људски фактор у шумама у својини Републике Српске узрокује бесправне сјече на површини преко 600 хектара (Републички завод за статистику шумарства Републике Српске 2020). Посљедице су деградација састојина у погледу квалитета и смањивање залиха састојина, те нарушавање стабилности и закоровљавање. Незаконите сјече обично су узроковане сиромаштвом или повезане са комерцијалном експлоатацијом дрвета. Могу настати и због општег неуспјеха управљања и појаве корупције, укључујући и нејасна, контроверзна правила или једноставно дјеловање против Закона о шумама који дефинише коришћење шумских ресурса, затим због слабе институционалне структуре и др.

Миниране површине шума и шумског земљишта, према прелиминарним резултатима инвентуре шума на великим површинама у Републици Српској 2006–2009, показују да су знатно веће него што је евидентирано у ЈПШ „Шуме Републике Српске“. Наиме, према тим евиденцијама, под минама се налази највише високих шума са природном обновом, и то 30.837 хектара, затим 3.489 хектара високих деградираних шума, 2.974 хектара шумских култура, те 13.314 хектара изданачких шума. Више од 8.000 хектара површина које су одговарајуће за пошумљавање такође су миниране, али и 5.710 хектара неподесних за пошумљавање (Govedar i sar. 2014). Становништво руралних подручја чешће се среће са минираним површинама, а највише је њихова егзистенција угрожена због приступа највише на шумским подручјима (84%), а затим на пашњачким теренима. Шумска газдинства и приватни шумовласници ускраћени су за коришћење високовриједних шумских дрвних сортимената, а грађани и туристи не могу се бавити рекреацијом, ловним туризмом, прикупљањем шумског воћа и љековитог биља. Поред тога, људски фактор утиче на промјену продуктивности вегетације у европским државама, што је узроковано промјеном намјене земљишта. У Републици Српској/БиХ, Србији и Црној Гори у периоду 2000–2018. године главни узрок смањења продуктивности вегетације односи се на интензивну урбанизацију, а управљање шумама допринијело је позитивној продуктивности вегетације у Њемачкој, Мађарској, Финској, Румунији и Бугарској. С друге стране, у Републици Српској/БиХ управљање водним ресурсима утицало је на релативно повећање продуктивности вегетације, при чему се то односи углавном на пољопривредно земљиште и вегетацију (*European environment agency*, ЕЕА 2020). Ризици управљања дефинисани су као очекивани губици због одређене опасности за дато подручје и референтни период. Очекивани губитак је производ штете и вјероватноће њене појаве. Током газдовања шумама, потребно је познавати нарочито промјене у регенерацији и продуктивности шума у односу на ризике, а то је знатно лакше код једнодобних него код разnodобних (пребирних) шума које немају јасно одређену старост и чија запремина осцилира око одређеног нивоа (Gadow 2000). Егзогене опасности које се не могу лако контролисати током живота шуме, спонтаног су и индукованог карактера, а циљ адаптивног управљања је њихово редуковање (Сл. 22.3). Вјероватноћа оштећења смрче услед дјеловања јаких вјетрова већа је ако је стабло већих димензија (Thomasius 1988) и ако има већи коефицијент виткости (Kramer 1988), а штета је резултат повећања трошкова сјече и смањења цијене сортимената (Gehrmann 1975).

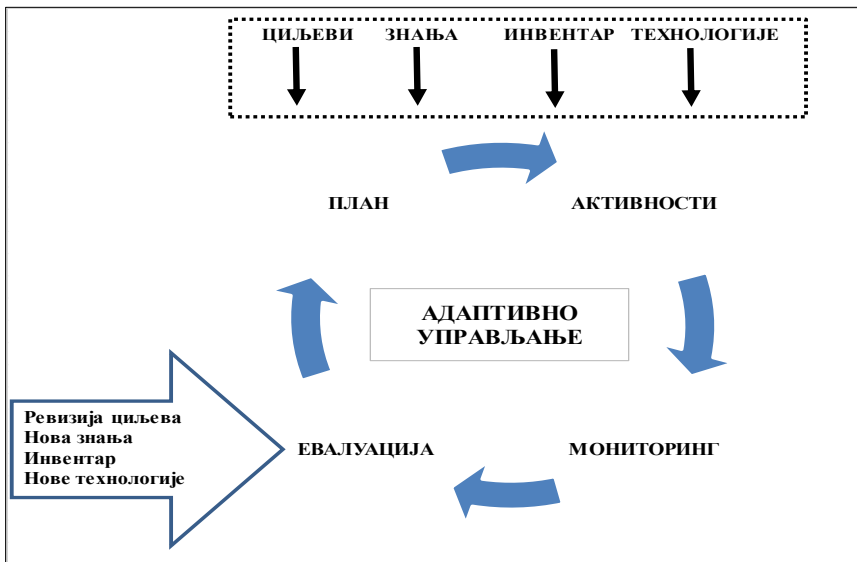
Истраживања о изазовима и проблематици природне регенерације разнодобних шума након природних поремећаја и катастрофа у Америци и Европи показују да се шуме успјешно обнављају без потребе за нарочитим вјештачким интервенцијама (Franklin et al. 2007; Diaci et al. 2017). Процјена појаве ризика најчешће се врши на основу анализа фреквенција ризичних појава у односу на средње вриједности. При томе, користе се границе и критична вриједност одређене појаве која, када се прекорачи у одређеним условима и врстама шума, може узроковати штету (Kellomäki and Peltola 1998). У складу са утицајем климатских промјена на шуму, указује се на задатке и неопходност примјене одговарајућих узгојних мјера (Krstić i sar. 2010). Као фактор у борби против сушења шума храста китњака у Србији, предлажу се одговарајуће шумскоузгојне мјере које подразумевају састојинском стању прилагођен поступак природне обнове, а у фази њега шума примјену санитарно-узгојних сјеча (Стојановић и Крстић 1990).



Сл. 22.3. Потенцијалне опасности током живота састојине смрче (Otto 1994)
Fig. 22.3. The potential hazards during the life of a spruce stand (Otto 1994)

22.3. Управљање шумама у условима ризика

Као важан механизам превенције и прилагођавања шумских екосистема у обично веома дугом репродуктивном биротехничком циклусу производње у шумарству, препознато је адаптивно управљање шумама које такође промовише природност шумских екосистема као најотпорнијих и најстабилнијих у погледу ризика и неизвјесности (Franklin et al. 2002). Основни принцип адаптивног управљања шумама подразумева, у првом реду, узгојне мјере којима се прилагођава однос биоекологије врста и нових измијењених услова станишта. Кључ за управљање шумама у условима ризика лежи у повећавању учешћа отпорнијих врста прилагођених будућим климатским условима, односно у промовисању разноликости врста дрвећа и њихових провенијенција (Brang et al. 2008). Осим тога, потребно је тежити постизању разноликости у структури шума. Адаптивно управљање шумама подразумева мултидисциплинарни приступ и четворофазни циклус јачања разумијевања сложених биофизичких, социјално-економских и политичких система, уз стални мониторинг (контрола екосистема) и стицање нових емпиријских знања чији позитивни ефекти се примјењују у пракси (Stankey et al. 2003). Адаптивно управљање у шумарству полази кроз неколико етапа, од постављања циљева управљања до анализе ефеката управљања и укључивања резултата анализе у план (Сл. 22.4).



Сл. 22.4. Фазе адаптивног управљања (прилагођено према Stankey et al. 2003)
 Fig. 22.4. Phases of adaptive management (adapted to Stankey et al. 2003)

Предност адаптивног управљања је у томе што се врши прилагођавање планова на основу резултата мониторинга у новонасталим непредвиђеним условима. У оквиру адаптивног управљања шумским екосистемима развијене су три стратегије (Walters and Holling 1990; Vormann et al. 1999; Bolte et al. 2009). Прва је пасивно управљање које се односи на очување постојећих шумских екосистема (конзервација шумске структуре), имајући у виду све веће притиске на животну средину, а засновано је на претпоставци да ће се шума сама прилагодити новим условима. Она се може примјењивати у стабилним и очуваним, зрелим шумама на крају продукционог процеса, које су грађене од отпорних врста дрвећа и чија је висока еколошка и економска вриједност. У њима се очекује да ће негативни утицаји бити мали, а класичним узгојним мјерама може се поправити стање шума. Управљање шумама ослања се првенствено на природне процесе као што је сукцесија, како би се побољшало стање састојина за будуће услове. Овај приступ требало би користити у условима када су састојине ограничене економске или еколошке вриједности и када не постоје економичне мјере које се могу примијенити у циљу повећања адаптивних капацитета.

Друга стратегија реактивног адаптивног управљања може се примјењивати у шумама које имају мали еколошки и економски значај и код којих су високи трошкови активне адаптације. Реактивно адаптивно управљање користи се у случајевима када проблем већ постоји и примјењују се санитарне сјече, поновна прерачунавања сјечивог етата, развој социјално-економских програма за локалитете на којима је дошло до поремећаја итд. Трећа стратегија је активно адаптивно управљање или планирана адаптација која подразумева редефинисање шумарских циљева и пракси имајући у виду ризике и неизвјесности у газдовању шумама (Bernier and Schoene 2009). Примјењује се у састојинама грађеним од врста са израженом климатском толеранцијом, у састојинама са намјенски израженом функцијом и високим ризиком од угрожавајућих фактора биотичке и абиотичке природе. Активно адаптивно управљање у шумарству подразумева примјену узгојних мјера, као што су прореде, промјена састава састојина и уношење алтернативних врста у циљу формирања структуре састојина које су најотпорније на негативне ризике.

Овај приступ је предложен у областима са већом вјероватноћом утицаја климатских промјена и изложености климатским екстремима. У условима очуваног генетског потенцијала и шумских станишта потребно је примјењивати активно адаптивно газдовање шумама са стратегијом повећања и очувања генетичког диверзитета, гајењем мјешовитих и разнодобних шума аутохтоних врста дрвећа. Утицаји промјена климе биће

мањи ако је шума по саставу и структури разноврснија према утицају традиционалне еколошке теорије „разноликост рађа стабилност” (Bodin and Wiman 2007). Активно управљање има предност над пасивним због тога што је мониторинг интегрисан у управљачки процес и доношење одлука засновано је на прилагођавању планова промјенама на основу резултата контроле (мониторинга).

Непредвиђене околности током реализације планова континуирано се прате. Међутим, сматра се да постоје и отежавајуће околности за његову примјену због тога што је скупљи и сложенији (Walters 1997). У моделу интегрисаног адаптивног управљања карактеристичан је једнак ниво одлучивања заинтересованих страна (Kusel et al. 1996; Spathelf et al. 2018). Овај модел подразумева процјену предвидивости појава и подршку доношењу одлука о мјерама прилагођавања вишеструким ризицима за шта се примјењују интегрисани модели анализе, као што су Бајесове мреже (Fenton and Neil 2012). Њима се даје могућност за симултану анализу више узрока ризика, интеграцију фактора неизвјесности и ефеката мјера прилагођавања на промјену стања система (Hamilton et al. 2015). Поред тога, користе се мултикритеријске методе аналитичког хијерархијског процеса (*Analytic Hierarchy Process*, AHP) уз коришћење технологије географских информационих система (*Geographical Information System*, GIS).

Традиционални системи газдовања шумама који су у првом реду усмјерени на јачање производне (економске) функције шума у условима ризика газдовања имају све мањи значај. Због изражених неизвјесности, значаја општекорисних функција шума и потребе прилагођавања ризицима, све више се подстичу и развијају алтернативни системи газдовања који треба да омогуће реализацију стратешких циљева одрживог управљања комплексним екосистемима као што су шуме (Gayer 1886; Franklin 1997; Schütz 1999; Mason et al. 1999; Brang et al. 2014), а међу њима се за наше услове посебно издваја природи блиско гајење шума (*Close to Nature Silviculture*, CNS).

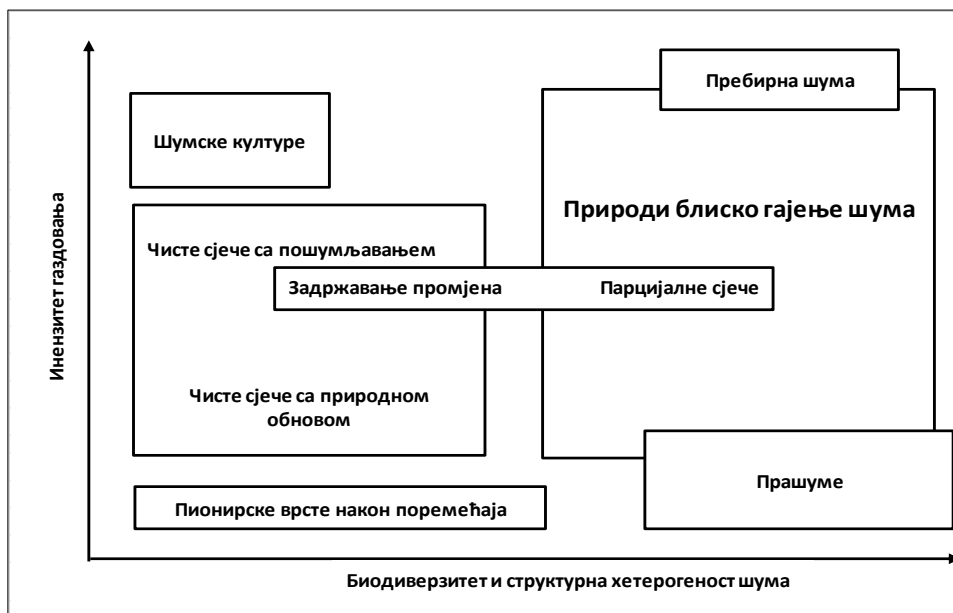
Природа нас учи како далеко и у ком правцу гајењу шума могу послужити утицајне природне силе у складу са класичном мисли (Parade 1839): „Опонашати природу, убрзати њено дјело је темељна максима силвикултуре“. Суштина овог приступа заснована је на узгојним техникама које не ометају природне процесе (Möller 1922) и на праћењу (мониторингу) и помагању природног развоја шуме (Larsen 2012).

Очуване шуме, својим саставом и структуром, изражавају стабилност и динамику процеса сличних прастарим, исконским шумама. Због тога је примјена природи блиског газдовања шумама већ дуго позната у шумарству

(Gayer 1880), а такво газдовање омогућава одрживи развој шумских екосистема на темељу природних процеса (Bauhus et al. 2013; Schütz et al. 2016). Основни принцип природи блиског гајења шума подразумева коришћење природне саморегулације шумских екосистема у циљу задовољења оперативних циљева шумарства. Овај приступ управљању и газдовању шумама узрокован је историјским негативним утицајем екстерних фактора на развој шумарства (McEvedy and Jones 1978; Puettmenn et al. 2009): епидемије, пандемије, ратови, индустријска револуција, пораст броја становника, тржишна економија и, у данашње вријеме, еколошки проблеми. Природи блиско гајење шума може се дефинисати као планирано коришћење природних процеса у шумским екосистемима примјеном узгојних мјера којима се омогућавају такве развојне промјене које су блиске природи и пожељне са аспекта газдовања шумама (Otto 1995; Oliver and Larson 1996; Nyland 2002). Природи блиско гајење шума подразумева трајно одрживе и економски оправдане узгојне активности ограничене природним процесима гдје се природни станишни потенцијал настоји оптимално користити за очување биодиверзитета, генетске варијабилности, природности, унапређења стања и повећања продуктивности шума (Govedar i sar. 2006). Узгојним мјерама могу се створити отпорније шуме, као одговор на потенцијалне ризике усљед климатских промјена, при чему би требало тежити креирању мјешовитих, разнодобних, вишеспратних и структурно хетерогених шума (Nemery 2008).

Обнављање шума врши се методама природне обнове и уз коришћење најбољег сјемена и садница, што ће довести до оснивања младих шума прилагођених будућим климатским промјенама, а њихова стабилност и одговор на ризике током живота биће већи. Дакле, природи блиско гајење шума у контексту адаптивног управљања шумама подразумева опонашање природних процеса у шуми, развијање природне шумске структуре, праћење њихове динамике (контрола и мониторинг) и осигуравање еколошке стабилности, а да се при томе не угрожавају плански дефинисане функције шумских екосистема. Природи блиско газдовање шумама једна је од компоненти одрживог газдовања шумама и значи да се у данашње вријеме примјењују мјере које ће осигурати константну продуктивност шуме, виталност и пружање услуга у будућности. С обзиром на све већи значај шуме, све израженије факторе ризика, уз потребну интензивност, у суштини све више се приближавамо нужно стабалном газдовању, чак и кад је у питању састојинско (површинско) газдовање у једнодобним шумама. Сјеча се врши на начин да се, у могућој мјери, избјегну негативни утицаји на шумске састојине и земљиште (станиште).

Природи блиско гајење шума у погледу интензитета шумскоузгојних интервенција утиче на стварање структурних облика блиских пребирним шумама са израженим позитивним утицајем на биодиверзитет (Сл. 22.5) и повећану структурну хетерогеност шума (Puettmann et al. 2009).



Сл. 22.5. Природи блиско гајење шума у односу на интензитет газдовања, биодиверзитет и структурну хетерогеност шума (Puettmann et al. 2009)

Fig. 22.5. Close to nature silviculture in relation to management intensity, biodiversity and structural heterogeneity of forests (Puettmann et al. 2009)

Многобројни ризици у управљању шумама могу бити индуковани отопљавањем климата. Због тога је важна веза између принципа адаптације шума на климатске промјене и шумскоузгојних мјера (Таб. 22.2). Према усвојеним стратешким документима од стране европске комисије (*European Commission*, EC) за Европску унију, као што је Стратегија развоја шумарства Европске уније, поред основног начела које се односи на одрживи развој и мултифункционалност као стратешку оријентацију, истиче се потреба адаптације и јачања капацитета шума према климатским промјенама (EC 2013). За управљање шумама од суштинског значаја је смањење осјетљивости шума и повећање њихове стабилности, а то у гајењу шума, у првом реду, укључује избор врста отпорних на загријавање и сушу, коришћење садног материјала различитих провенијенција, садњу врста дрвећа прилагођених очекиваним климатским условима, као и потпомогнуту природну обнову прилагођене врсте или варијетета (FAO 2013).

Стратешке могућности за гајење шума подразумевају мапирање осјетљивости станишта и састојина на климатске промјене, прилагођавање састава састојина и избор одговарајућих узгојних система као одговор на тренутне или очекиване климатске промјене са циљем смањења штете, односно искоришћавања предности (IPCC 2001). Такав приступ у шумарству на глобалном нивоу утицао је на увођење концепта „климатски паметног шумарства“ (*Climate-Smart Forestry, CSF*) које промовише мјере за повећање укупне шумовитости, избегавање крчења шума, адаптацију управљања шумама ради повећања отпорности шума на климатске промјене и употребу дрвета за израду разних производа који складиште угљеник или да дрво као извор енергије замјењује фосилна горива и тако спречава инвазивну емисију гасова који изазивају „ефекте стаклене баште“ (Verkerk et al. 2020). Према Париском споразуму, циљ потписница у ЕУ је да до 2030. године смање емисију CO₂ за око 37% количине угљеника у атмосфери (23.8 Pg CO₂ eq. yr⁻¹), у поређењу са нивоом емисије из 1990. године. Примјеном CSF секвестрацијом омогућило би се смањивање количине угљеника за 2/3 од претпостављеног циља (Griscom et al. 2017).

Таб. 22.2. Принципи адаптације на климатске промјене и узгојна пракса у Републици Српској (прилагођено према Wilhere 2002)

Tab. 22.2. Principles of adaptation to climate change and breeding practice in the Republic of Srpska (adapted according to Wilhere 2002)

Праксе/Принципи	1	2	3	4	5	6
Пребирна сјеча укључујући принципе		x		x	x	
Сјече обнављања шума	x	x	x			x
Дугачка општа подмладна раздобља		x	x	x	x	
Обнављање сјеменским стаблима причувцима	x	x	x			
Природно подмлађивање	x	x	x			
Вјештачко обнављање	x			(x)		
Увођење провенијенција исте врсте			x	(x)		
Њега шума	x	x		x		
Прореди	(x)	x		x		x
Смањење штета приликом извођења сјеча				(x)		
Скраћење опходње				x	x	x
Контрола дивљачи	x	x				

1 - Повећање диверзитета, 2 – Увећање структурног диверзитета, 3 – Одржавање и увећање генетских варијација унутар дрвенастих врста, 4 – Повећање отпорности појединачних стабала на биотички и абиотички стрес, 5 – Замјена високо ризичних састојина, 6 – Задржавање запремине на нижем нивоу (или не), x – узгојна пракса чијом примјеном може у потпуности да се спроведе принцип, (x) – узгојна пракса чијом примјеном може дјелимично да се спроведе принцип.

Према постојећим трендовима, глобално коришћење ресурса за биомасу, фосилна горива, руде метала и минерала, процјењује се да ће се повећати са 84 на 184 милијарде тона годишње, између 2015. и 2050. године, што је повезано са повећањем емисије гасова стаклене баште за 41% (Hatfield-Dodds et al. 2017).

У смислу изналажења рјешења адаптације у погледу продукције дрвне запремине, заштите биодиверзитета, приноса вода, а посебно као средство за ублажавање климатских промјена, будући системи газдовања шумама вјероватно ће бити посебно оцјењивани са становишта ефикасности шума у погледу везивања угљеника. Повећање концентарције CO₂ у атмосфери у почетку утиче на повећање производности шума због веће ефикасности коришћења воде и хранљивих елемената (нпр. азот, фосфор, сумпор, микроелементи), све док они не постају ограничавајући (Stone et al. 2006).

22.4. Трансформација састојина и адаптивно управљање

Традиционално газдовање шумама, које се темељи на основним принципима трајности приноса и продукције, довело је до поједностављења структуре и састава шума (Corona and Scotti 2011). Оно полази од унапријед дефинисаних претпоставки према којима ће шумски екосистеми реаговати на предвидљив начин са предвидљивим посљедицама, а ако се прикупи довољно стручних и научних информација управљачи могу донијети исправне шумскоузгојне одлуке (Nocentini 2011). Међутим, у природним шумама предвиђени (планирани) исходи ријетко се у потпуности постижу јер су шумски екосистеми прототипови сложених адаптивних система чији елементи имају изражену интеракцију на узгојне захвате (Levin 1998). Приступ треба бити усмјерен у правцу праћења (мониторинга) промјена, а не чекања исхода. Током адаптивног управљања шумама фокус не треба бити усмјерен на предвиђање учинака сваке интервенције, већ на реакцију екосистема, што мора бити праћено релевантним и мјерљивим показатељима карактеристичним за уређене шуме (Knuchel 1953; Patrone 1979; Ciancio and Nocentini 2004; Clauser 2011). Кључни утицај на промјене структурних облика и састава шума имају човјекове интервенције (нарочито шумскоузгојне) које се морају посматрати у сложеним интерактивним односима.

Тежња гајења шума, која се односи на једнодобне састојине због низа њихових слабости током развоја (нестабилност, повећана угроженост од биотичких и абиотичких фактора, умањење биодиверзитета, већа угроженост од отопљавања климата и др.), састоји се у промјени циљева, односно

потреби за гајењем мјешовитих састојина и постепеној трансформацији нарочито вјештачки основаних једнодобних у разнодобне састојине током дужег временског периода (Kerr et al. 2010). Трансформација састојина подразумијева, у првом реду, промјену структурног облика и састава састојина. Тако се у сврху повећања отпорности састојина на разне негативне утицаје биотичке и абиотичке природе наводе промјена састава врста дрвећа у циљу повећања мјешовитости и трансформација шума која подразумијева промјене у вертикалној структури, од једносратних састојина према вишесратним, односно од једнодобних према разнодобним састојинама, обично кроз неколико уређајних периода (Fischer and Wagner 2009). Предности мјешовитих састојина у односу на чисте су општепознате. Продуктивност у мјешовитим састојинама већа је због интеракције врста у погледу комплементарног развоја спратова круна и евентуално коријења и боље исхране главне врсте у мјешавини са врстом која обогаћује земљиште азотом (Kelty 2006). Такве састојине због разноврсније производње (сортимената) пружају вишеструке комерцијалне користи. У сукцесивним фазама развоја овакве састојине смањују потребу за низом нових пошумљавања у циљу санације деградираних станишта.

Овај приступ развоју мјешовитих шума афирмише се кроз алтернативне узгојне методе и мјере које су у складу са потребама за адаптивним управљањем и ризицима узрокованим, како већина истраживача наводи, примарно отопљавањем климата, а затим деградацијом шума и земљишта и појавом штеточина и болести (Mason and Kerr 2004; Stankey et al. 2003; Brack 2019). Трансформација чистих састојина у погледу састава врста подразумијева, између осталог, најчешће уношење вјештачким путем других врста, али и природни процес обнављања аутохтоних врста у вјештачки основаним састојинама алохтоних врста.

Вјештачки основане једнодобне и чисте састојине (монокултуре) представљају посебан проблем због нестабилности и угрожености. Једноставна супституција у вјештачки основаним састојинама смрче даје слабије резултате него супституција на прогалама и под застором круна (Tijardović 2015). Због тога је, у случају несигурности у поступку трансформације састава таквих шума, препоручљиво у старту оснивање састојина четинара са лишћарима (смрче са буквом, јелом или црног бора са храстом китњаком), као и оснивање тзв. преткултура које треба да помогну у припреми станишта за нове врсте. Ипак, најбољи показатељ успјеха пошумљавања и вјештачког оснивања састојине управо је задовољавајућа природна обнова (Сл. 22.6), посебно код интродукованих врста (*Pseudotsuga mensiessi* (Mirb.) Franco; *Pinus strobus* L.), која може бити

веома важна за развој нове младе састојине која се уз одговарајуће мјере његе шума може постепено преводити у мјешовиту састојину.

Њега шумске културе има позитиван утицај на општу стабилност културе, као и на разградњу органских материја у земљишту. У културама смрче добри резултати могу се постићи подсијавањем сјемена букве или садњом садница у условима полуразложене шумске простирке, а у културама алохтоних врста, као нпр. европски ариш (*Larix decidua* Mill.) или дуглазија (*Pseudotsuga mensiessi* (Mirb.)), природно се насељавају у подстојну етажу аутохтони лишћари буква, храст китњак, липа, трешња и др. (Сл. 22.7). Некада природна обнова није пожељна у случају појаве нових јединки из избојака тзв. агресивних врста са великом избојном снагом, када се врста неконтролисано шири. У случајевима квалитетних чистих једнодобних састојина на бољим бонитетима станишта за главну врсту дрвећа која се евидентно успјешно обнавља, трансформација структурног облика може бити веома успјешна мјерама природног обнављања при крају опходње.



Сл. 22.6. Природна обнова у шумској култури бијелог бора – Невесиње (Фото Говедар З 2007)

Fig. 22.6. Natural regeneration in the forest plantation of white pine – Nevesinje (Photo Govedar Z 2007)



Сл. 22.7. Трансформација шумске културе ариша у мјешовиту састојину са аутохтоним лишћарима – Дубрава (Фото Тркуља П 2007)

Fig. 22.7. Transformation of larch forest culture into a mixed stand with autochthonous deciduous trees - Dubrava (Photo Trkulja P 2007)

Кључну улогу у овом процесу има стална њега која треба да се проводи од оснивања састојине, а посебна пажња да се посвети спонтано придошлим или унесеним аутохтоним врстама. Циљ трансформације састава шума подразумијева селекцију кроз одговарајуће мјере његе и прореди (претходни принос у једнодобним шумама) најразвијенијих и квалитетних стабала будућности и треба да омогући оптималан развој и обнављање шума у смислу задовољавања циљева газдовања (Reynolds et al. 1984). При томе, мора се водити рачуна о регулисању склопа и режиму свјетлости јер велика киселост и појава корова могу отежати успјех ових узгојних мјера.

Структура састојина најчешће је дефинисана кроз компоненте структурних атрибута и структурну комплексност (McElhinny et al. 2005), за чију анализу се користе структурни индекси којима се настоји прецизније представити изграђеност и интеракција нумеричких и атрибутивних елемената састојина (Spies and Franklin 1991; Janowiak et al. 2014). Развијени су многи индекси који квантификују, симулирају и описују просторну структуру шума која је базирана на три аспекта састојине: просторни распоред стабала, биодиверзитет и варијабилитет димензија стабала. Најчешће се примјењују: индекс агрегације (Clark and Evans 1954), индекс сегрегације врста (Pielou

1977; Pretzsch 2001; Pretzsch 2009), индекс измијешаности врста (Gadow and Fuldner 1992; Aguirre et al. 2003), јединствени угаони индекс (Gadow et al. 1998; Gadow 2001), индекс доминантности по пречнику и висини (Hiu et al. 1998), индекс приоритета дознаке (Li et al. 2012; Li et al. 2014) и индекс биодиверзитета (Shannon 1948; Simpson 1949). Значај познавања ових индекса олакшава праћење тока трансформације састојина, нарочито у мјешовитим састојинама због изражене конкуренције међу врстама, што се у крајњој мјери одражава на састав састојина и оставља могућност правовременог реаговања узгојним мјерама у правцу стварања оптималне структуре састојине, смјесе, повећања стабилности и биодиверзитета, односно нормалног стања шуме. Наиме, ако састојина има оптималан структурни облик, она је стабилна и има већу способност реаговања и прилагођавања природним или антропогеним утицајима. Циљеви газдовања шумама требају бити тако дефинисани да се примјеном трансформација структурних облика састојина формирају шуме које су разнодобне, састављене од више аутохтоних врста дрвећа, степенасте спратовности, али тако да су ови елементи усклађени са биоеколошким карактеристикама врста и станишним условима (Mason 2002; O'Hara and Gersonde 2004). У шумама заштићених природних добара у циљу очувања, унапређења стања и обнављања, у посљедњој деценији промовисан је концепт „активне заштите“, чиме се омогућава дефинисање и одређивање „привременог оптималног стања“, а представља предузимање одговарајућих узгојних захвата у циљу усмјеравања процеса у позитивном смјеру, односно дозвољава строго контролисано усмјеравање позитивне сукцесије вегетације ка побољшању стања, тзв. антропогено потпомогнута спонтана сукцесија (Krstić i sar. 1997; Govedar i Krstić 2016).

Ефекти трансформације састојина уочавају се након дужег времена кроз процес тзв. „концептуалног модела развоја шума“ и изражене фазе трансформације кроз обогаћивање врстама (мјешовитост састојина), промјену структуре и формирање густог и континуираног склопа (Gärtner and Reif 2004). Ако се трансформација проводи систематски уз контролу, посебно еколошки мониторинг може бити ефикасно средство за стварање високо стабилних састојина (Andreassen and Øyen 2002). У Европи најчешћи случај трансформације састојина је конверзија чистих једнодобних састојина смрче у разнодобне са учешћем букве и јеле која испуњава комбиноване захтјеве одрживе производње дрвета и очувања природе.

У процесу трансформације састојина велики утицај има однос и реакција различитих врста према примарном узроку поремећаја у шумама, односно климатским промјенама. Пораст температуре ваздуха код храста китњака и храста лужњака побољшава отпорност сјемена на стрес и повећава

клијавост (Rossi et al. 2015). Лужњак у условима континенталне климе има широк спектар толеранције на негативне утицаје фактора абиотичке природе (Cooper et al. 2019). Смрча има „епигенетско памћење“ према дужини дана и температури, наслијеђено од родитеља (Caignard et al. 2017), а раст дуглазије прати позитивне климатске промјене на већим надморским висинама и географским ширинама (Bigler et al. 2018).

У многим државама Централне Европе у XX вијеку (као и на нашем простору – прим. аутора), на стаништима лишћара, вјештачки и замјеном врста, основане су састојине четинара. Главни разлози били су висока толеранција смрче (*Picea abies* L. (Karst.)) и бијелог бора (*Pinus silvestris* L.), те њихова способност да добро успијевају на деградираном земљишту због прекомјерне експлоатације шума (Hasel 1985). Други разлог била је економска корист од четинарског дрвета, тј. веће стопе раста и производња вреднијег дрвета. Основни проблем управљања и газдовања таквим шумама је њихова велика угроженост негативним утицајима фактора биотичке и абиотичке природе и њихова потенцијална нестабилност, јер су четинари на тим стаништима интродуковани. Истицањем захтјева за вишенамјенским управљањем и газдовањем шума и због све већег притиска да се диверзификују функције шума, јављала се идеја да се такве шуме трансформишу у природнији облик. Тако је крајњи циљ еколошки оријентисане трансформације чистих и једнодобних састојина смрче у Њемачкој био обнова планинске шуме, са групимичном смјесом 30–60% јеле, 20–60% смрче и 10–50% европске букве, како би шума добила мозаичну структуру по саставу врста, различите старости (Kenk and Guehne 2001). Ефекти трансформације примјеном узгојних мјера прореда уз избор стабала будућности у тим шумама, огледају се у опадању заступљености ацидофилних маховина и васкуларних биљака и повећању учешћа врста којима је потребно умјерено базно снабдијевање. Завршна фаза и успјех трансформације огледа се у густом непрекидном шумском обрасту (*Continuous Cover Forestry*, CCF) и на основу приземне флоре која је карактеристична за мјешовите четинарско-лишћарске шуме (Gärtner and Reif 2004). Слични ефекти трансформације утврђени су и код чистих букових шума, чак и разнодобних састојина који показују да се функција заштите земљишта на стрмим теренима смањује у старијим развојним фазама упоредо са опадањем прираста стабала и коријеновог система, уз присутну тежњу развијања једносратне структуре. Недостатак мјешовитости са другим врстама дрвећа умањује ефекат заштите у поређењу са оптималном мјешовитом структуром шума, нпр. букве са јелом и смрчом и осталим лишћарима. Различити облици разнодобне структуре букових шума у смјеси са четинарима обезбјеђују висок ниво интерцепције (задржавање воде),

транспирације, нарочито код четинара на почетку вегетационог периода, када лишћари немају формиране асимилационе органе, и путем инфилтрације, односно задржавања воде у мртвој простирци.

22.5. Закључак

Ризици којима је изложено шумарство у цјелини отежавају реализацију планова газдовања и узрокују неизвјесност провођења одговарајућих шумскоузгојних мјера. Имајући у виду велику варијабилност стања шума и економских услова, а посебно неизвјесност и непредвидивост природних појава које утичу на шумске екосистеме, потребне су што поузданије процјене и анализе ризика, врсте и обима штета које евентуално могу настати и угрозити функционисање шумских екосистема.

Дугорочни циљеви газдовања шумама и уопште дуги производни циклуси у шумарству, намећу потребу сталног праћења реакција шумских екосистема на промјене под утицајем фактора биотичке и абиотичке природе, као и ефекте мјера газдовања. Проблеми управљања додатно постају све сложенији јер се не узимају у обзир или се не интегришу ризици управљања и газдовања. Недосљедност провођења превентивних мјера, мањкавост информација о динамици промјена у шумама и непровођење система газдовања који су плански дефинисани за типове шума доводи до слабљења здравственог стања шума, опадања залиха и до смањења квалитета шума, што се даље одражава и на остале функције шума.

Према томе, неопходан је драстичан заокрет у приступу газдовању и пословању у шумарском сектору. Једно од рјешења може да лежи у примјени адаптивног газдовања. Код примјене овог газдовања, гајење шума има веома значајну улогу. Наиме, да би се превазишли постојећи проблеми и компензовале „празнине“ у погледу знања, те да би се газдовање шумама прилагодило специфичностима ризика и смањиле штете за шумарство, неопходне су заштитне, контролне и шумскоузгојне мјере које укључују практичну примјену:

- одговарајућих система газдовања шумама,
- мјера његе шума у циљу побољшања квалитета шума и трансформације структурних облика састојина,
- шумских мелиорација у циљу повећања производности, промјене узгојног облика и унапређивање стања шума,

- оснивање мјешовитих и разнодобних шума аутохтоних врста дрвећа у циљу повећања отпорности на негативне утицаје биотичких и абиотичких чинилаца,
- развој планирања газдовања са обавезном евалуацијом шумскоузгојних пројеката и др.

Управљање шумама треба да се заснива на мониторингу (контроли) развоја екосистема, праћењу степена отпорности шума и утврђивању одговарајућих граница за благовремене шумскоузгојне интервенције. Мјере требају бити усмјерене на прилагођавање екосистема тренду новонасталих услова, а не искључиво на враћање на претходно стање које је било у датом времену задовољавајуће. Може се говорити о томе да је за гајење шума у условима ризика, односно адаптивног газдовања, један од основних задатака одржавање и развој таквих типова шума, таквог састава и структуре, који су адаптирани на интегрисане ризике и који обезбеђују одрживи развој шумарства. У економски неразвијеним државама са екстензивним шумарством, квалитетно шумскоузгојно планирање, благовремене и адекватне шумскоузгојне мјере, као превентивна компонента адаптивног газдовања, требају имати кључну улогу у редукацији интегрисаних ризика код управљања шумама.

Литература

- Abolmasov B (2015) Studija upravljanja rizikom od klizišta u Bosni i Hercegovini. UNDP BH, str 1–82
- Andreassen K, Øyen BH (2002) Economic consequences of three silvicultural methods in uneven-aged mature coastal spruce forests of central Norway. *Forestry* 75:483–488
- Angst C, Bürgi A, Duelli P, Egli S, Heiniger U, Hindenlang K, Kuhn M, Lässig R, Lüscher P, Moser B, Nobis M, Polomski J, Reich T, Wermelinger B, Wohlgemuth T (2004) Waldentwicklung nach Windwurf in tieferen Lagen der Schweiz 2003–2004: Schlussbericht eines Projektes im Rahmen des Programms « Lothar Evaluations und Grundlagenprojekte. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, Switzerland
- Bauhus J, Puettmann KJ, Kuhne C (2013) Close-to-nature forest management in Europe. In: Messier C, Puettmann KJ, Coates KD (eds) *Managing Forests as Complex Adaptive Systems*. Routledge, pp 187–213
- Bender MA, Knutson TR, Tuleya RE, Sirutis JJ, Vecchi GA, Garner ST, Held IM (2010) Modeled Impact of Anthropogenic Warming on the Frequency of Intense Atlantic Hurricanes, *Science* 327:454–458

- Bernier P, Schoene D (2009) Adapting forests and their management to climate change: an overview. (Special issue: Adapting to climate change). *Unasylva* 60 231/232:5–11
- Beus V (2017) Rekultivacija sekundarnih šuma bukve. Posebna izdanja ANUBiH CLXIX, OPMN 26:139–146
- Bigler C, Bugmann H (2018) Climate-induced shifts in leaf unfolding and frost risk of European trees and shrubs. *Scientific Reports* 8:9865:1–11
- Bodin P, Wiman BLB (2007) The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *Forest Ecology and Management* 242:541–552
- Bolte A, Ammer Ch, Löff M, Madsen P, Nabuurs GJ, Schall P, Spathelf P, Rock J (2009) Adaptive forest management in central Europe: climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24:473–482
- Bončina A (2009) Urejanje gozdov-upravljanje gozdnih ekosistemov. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, udžbenik str 359
- Bormann BT, Martin JR, Wagner FH, Wood GW, Alegria J, Cunningham PG, Brookes MH, Friesema P, Berg J, Henshaw JR (1999) Adaptive management. In: Johnson NC, Malk AJ, Sexton WT, Szaro R (eds) *Ecological stewardship: a common reference for ecosystem management*. Oxford, United Kingdom: Elsevier Science Ltd. 3:505–534
- Boyce MS (1997) Populations Viability Analysis: Adaptive Management for Threatened and Endangered Species, in M. S. Boyce and A. Haney (eds), *Ecosystem Management: Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources*, Yale University Press, New Haven, pp. 226–236
- Boyce MS, Haney A (1997) *Ecosystem management: applications for sustainable forest and wildlife resources*. New Haven, Conn, Yale Univ pp 1–361
- Brang P, Bugmann H, Bürgi A, Mühlethaler U, Rigling A, Schwitter R (2008) Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 159(10):362–373
- Brang P, Spathelf P, Larsen JB, Bauhus J, Bončina A, Chauvin C, Drössler L, Garcia-Güemes C, Heiri C, Kerr G, Lexer MJ, Mason B, Mohren F, Mühlethaler U, Nocentini S, Svoboda M (2014) Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87:492–503
- Brack D (2019) *Forests and Climate Change*. Background study prepared for the fourteenth session of the United Nations Forum on Forests, Forests and SDG 13:2–56
- Brujić J (2011) Bosanska Krajina – biljni i životinjski svet. In Stanić D (eds) *Srpska Enciklopedija I-2*. Novi Sad - Beograd: Matica Srpska - SANU - Zavod za udžbenike
- BHMAC (2016) *Mine Action Report for BiH for 2015 approved by the BH Ministry Council*, Sarajevo, <http://www.bhmac.org/?p=1192&lang=en>

- Verkerk PJ, Costanza R, Hetemäki L, Kubiszewski I, Leskinen P, Nabuurs GJ, Potočník J, Palahí M (2020) Climate-Smart Forestry: the missing link. *Forest Policy and Economics* 115:1–4
- Gadow KV (2000) Evaluating risk in forest planning models. *Silva Fennica* 34(2):181–191
- Gadow KV (2001) *Risk Analysis in Forest Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 240
- Gadow KV, Földner K (1992) Zur Methodik der Bestandesbeschreibung. Vortrag anlässlich der Jahrestagung der AG Forsteinrichtung in Klieken b. Dessau
- Gadow KV, Hui GY, Albert M (1998) Das Winkelmaß – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralbl. ges. Forstwesen* 115(1):1–9
- Gardiner B, Blenno, K, Carnus JM, Fleischer P, Ingemarson F, Landmann G, Lindner M, Marzano M, Nicoll B, Orazio C, Peyron J, Schelhaas, MJ, Schuck A, Usbeck T (2010) *Destructive Storms in European Forests: Past and Forthcoming Impacts Final Report to European Commission - DG Environment, Brussels*
- Gärtner S, Reif A (2003) The impact of forest transformation on stand structure and ground vegetation in the southern Black Forest, Germany pp 35–51
- Gayer K (1880) *Der Waldbau*. Wiegandt und Hempel und Parey, pp 700
- Gayer K (1886) *Der gemischte Wald. Seine Begründung und Pflege insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft*. P. Parey, pp 168
- Gehrmann D (1975) Die Bewertung des Windwurfrisikos der Fichte auf verschiedenen Standortstypen. *Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung* pp 12
- Govedar Z, Krstić M (2006) Natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the virgin forest Lom in the west part of the Republic of Srpska. *International IUFRO Conference WP 1.01.07 Ecology and silviculture of beech Beech silviculture in Europe's largest beech country*. 4–8 September 2006, Poiana Brasov, Romania. *Proceedings*, pp 36–38
- Govedar Z, Krstić M (2016) *Gajenje šuma posebne namjene*. Univerziteti udžbenik, Banja Luka, str 308
- Govedar Z, Medarević M (2020) Adaptive Forests Management: Case study of Sessile Oak (*Quercus petraea* Matt. Leibl.) Forests on the Ozren Mountains in Republic of Srpska. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)* 3:93–105
- Govedar Z, Stanivuković Z, Keren S, Marković B (2014) Mine i požari – faktori ugrožavanja bezbjednosti u šumama Republike Srpske. *Zbornik radova, Međunarodna naučno-stručna konferencija Suzbijanje kriminaliteta i evropske integracije s osvrtom na ekološki kriminalitet, Trebinje*, str 245–257
- Govedar Z, Stojanović Lj, Krstić M (2006) Uzgojna problematika u funkciji stabilnosti šuma posebne namjene. *Naučna konferencija Gazdovanje šumskim ekosistemima nacionalnih parkova i drugih zaštićenih područja, Zbornik radova, Jahorina - NP. Sutjeska, 05–08.07.2006*, str 265–275

- Griscom BW, Adams J, Ellis PW, Houghton RA, Lomax G, Miteva DA, Schlesinger WH, Shoch D, Siikamäki JV, Smith P, Woodbury P, Zganjar C, Blackman A, Campari J, Conant RT, Delgado C, Elias P, Gopalakrishna T, Hamsik MR, Herrero M, Kiesecker J, Landis E, Laestadius L, Leavitt SM, Minnemeyer S, Polasky S, Potapov P, Putz FE, Sanderman J, Silvius M, Wollenberg E, Fargione J (2017) Natural climate solutions. *Proc Natl Acad Sci* 114:11645–11650
- Diaci J, Rozenberger D, Fidej G, Nagel TA (2017) Challenges for Uneven-Aged Silviculture in Restoration of Post-Disturbance Forests in Central Europe: A Synthesis. *Forests* 8(378):1–20
- 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 (2020) Effect of land use change on vegetation productivity. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/effect-of-land-use-change>
- European Commission (2013) A New EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector. In: Commission E (ed) COM (2013) 659 final, Brussels, pp 1–17
- European Commission (2020) Advance EFFIS Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2019. Luxembourg: Publications Office of the European Union pp 1–33
- Ziemblinska K, Urbaniak M, Merbold L, Black TA, Jagodzinski AM, Herbst M, Qiu C, Olejnik J (2018) The carbon balance of a Scots pine forest following severe windthrow: Comparison of reforestation techniques. *Agr Forest Meteorol*, pp 216–228
- IPCC (2001) *Climate Change 2001: Synthesis Report*. A Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson RT and the Core Writing Team (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, pp 398
- IPCC (2019) *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Masson-Delmotte V, Pörtner HO, Roberts DC, Zhai P, Slade R, Connors S, van Diemen R, Ferrat M, Haughey E, Luz S, Neogi S, Pathak M, Petzold J, Portugal Pereira J, Vyas P, Huntley E, Kissick K, Belkacemi M, Malley J (eds)] pp 874
- IPCC WG2 (2007) *The fourth report of the working group 2*. www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija (2010)
- Idžojić M, Pernar R, Kauzlaric Ž, Abramović M, Janković D, Pleše M (2003) Intenzitet zaraze obične jele (*Abies alba* Mill.) imelom (*Viscum album* L. ssp. *abietis* (Wiesb.) Abrom.) na području Uprave šuma podružnice Delnice. *Šumarski list*, 11–12

- Janowiak MK, Swanston CW, Nagel LM, Brandt LA, Butler P, Handler S, Shannon D, Iverson, LR, Matthews, SN, Prasad A, Peters MP (2014) A practical approach for translating climate change adaptation principles into forest management actions. *J For* 112(5):424–433
- Kadović R, Medarević M (2007) *Šume i promene klime. Zbornik radova. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet*
- Kellomäki S, Peltola H (1998) Silvicultural strategies for predicting damage to forests from wind, fire and snow. University of Joensuu, Faculty of Forestry, Research Note 73
- Kelty MJ (2006) The role of species mixtures in plantation forestry. *For Ecol Manag* 233(2–3):195–204
- Kenk G, Guehne S (2001) Management of transformation in Central Europe. *Forest Ecology and Management* 151:107–119
- Kerr G, Morgan G, Blyth J, Stokes V (2010) Transformation from even-aged plantations to an irregular forest: the world's longest running trial area at Glentress, Scotland, *Forestry: An International Journal of Forest Research* 83(3):329–344
- Kimmins JP (1995) Sustainable development in Canadian forestry in the face of changing paradigms. *The Forestry Chronicle* 71(1):33–40
- Kimmins JP (2003) *Forest Ecosystem Management: An environmental necessity, but is it a practical reality or simply an ecotopian ideal? This is the original unedited version of a paper submitted to the XII World Forestry Congress, Quebec City Canada*
- Kirilenko AP, Sedjo RA (2007) Climate change impacts on forestry. *PNAS* 104(50): 19697–19702
- Klepac D (1955) Utjecaj imele na prirast jelovih šuma. *Šum list* 79:231–243
- Knutson TR, McBride JL, Chan J, Emanuel K, Holland G, Landsea C, Held I, Kossin JP, Srivastava AK, Sugi M (2010) Tropical cyclones and climate change. *Nat Geosci* 3:157–163
- Knuchel H (1953) *Planning and control in the managed forest. London: Oliver and Boyd, pp 1–360*
- Koskela J, Buck A, Teissier Du Cros E (2007) *Climate change and forest genetic diversity: implications for sustainable forest management in Europe. Biodiversity International, Rome, Italy*
- Kramer H (1988) *Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin*
- Kron W (2002) Flood Risk = Hazard × Exposure × Vulnerability. In: Wu BS, Wang ZY (eds.) *Flood Defence, 1, Proceedings of the international symposium on Flood Defences, Beijing/New York: Science Press, pp 82–97*
- Krstić M, Govedar Z, Bjelanović I, Keren S (2012) Climate change in Serbia and its impact on forest ecosystems. *International Scientific Conference Forest in future – Sustainable use, Risks and Challenges. Institute of Forestry, Belgrade, Serbia, 4–5th October, 2012. Congress Proceedings pp 12–23*

- Крстић М, Кањевац Б, Бабић В (2016) Анализа штета од ледолома у вештачки подигнутој састојини смрче на подручју источне Србије. Шумарство 3–4:17–32
- Krstić M, Stojanović Lj, Bobinac M (1997) Silvicultural cuttings in the aim of enhancement of sessile oak forests in NP Djerdap. Monograph: Forest ecosystems of the National parks. Ministry of Environment of the Republic of Serbia, Belgrade, pp 186–189
- Krstić M, Stojanović Lj, Rakonjac Lj (2010) The tasks of silviculture in regard to the current climate change. International Scientific Conference Forest ecosystems and climate changes. Institute of Forestry Belgrade, March 9–10th, pp 117–130
- Krüssmann G (1977) Handbuch der Laubgehölze [Manual of deciduous trees and shrubs]. Vol. 2: E-Pro. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey
- Kusel J, Doak SC, Carpenter S, Sturtevant VE (1996) The role of the public in adaptive ecosystem management. In: Sierra Nevada ecosystem project: final report to Congress. Vol. II, assessments and scientific basis for management options. Davis, CA: University of California, Centers for Water and Wildland Resources, pp 611–624
- Larsen JB (2012) Close-to-Nature Forest Management: The Danish Approach to Sustainable Forestry. In: Julio JD (ed) Sustainable Forest Management - Current Research, pp 199–218
- Larcher W (1995) Physiological Plant Ecology. 3rd Edition. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 506
- Levin SA (1998) Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. Ecosystems 1:431–436
- Li Y, Hui G, Zhao Z, Hu Y, Adler P (2012) The bivariate distribution characteristics of spatial structure in natural Korean pine broad-leaved forest. Journal of Vegetation Science, pp 1180–1190
- Li Y, Hui G, Zhao Z, Hu Y, Ye S (2014) Spatial structural characteristics of three hardwood species in Korean pine broad-leaved forest: Validating the bivariate distribution of structural parameters from the point of tree population. Forest Ecology and Management (314):17–25
- Marinković P, Popović J, Karadžić D (1990) Uzroci epidemijskog sušenja hrasta, značaj i mogućnost saniranja žarišta zaraze. Šumarstvo 2–3:7–16
- Martinez-Aloverado O, Gray SL, Catto JL, Clark PA (2012) Sting jets in intense winter North-Atlantic windstorms. Environmental Research Letters 7(2):024014
- Mason B, Kerr G, Simpson J (1999) What is Continuous Cover Forestry? Forestry Commission, UK, Edinburgh
- Mason WL (2002) Are irregular stands more windfirm? Forestry 75:347–355
- Mason WL, Kerr G (2004) Transforming even-aged conifer stands to continuous cover management. Forestry Commission Information Note 40 (revised). Forestry Commission, Edinburgh

- Maciver C, Wheaton E (2003) Forest biodiversity: adapting to a changing climate. This is the original, unedited version of a paper submitted to the XII World Forestry Congress, Quebec, Canada
- Milotić M, Mujezinović O, Dautbašić M, Treštić T, Pilarska D, Diminić D (2015) Prvi nalaz entomopatogene gljive *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu & R.S. Soper na gubaru u Bosni i Hercegovini. Šumarski list (1–2):59–67
- Möller A (1922) Der Dauerwaldgedanke: Sein Sinn und seine Bedeutung. Springer Verlag
- Moore B, Allard G (2008) Climate change impacts on forest health. Forestry Department Food and Agriculture Organization of the United Nations, Working Paper FBS/34E FAO, Rome, Italy, pp 1–38
- Muzika RM, Guyette RP, Stevenson AP (2012) The use of prescribed fire for forest management in Missouri. IUFRO International Scientific Conference 1st – 4th November 2012. In Proceedings: Forestry Science and Practice for the Purpose of Sustainable development of Forestry – 20 Years of the Faculty of Forestry in Banja Luka, pp 512–522
- McDonald-Madden E, Baxter PWJ, Fuller RA, Martin TG, Game ET, Montambault J, Possingham HP (2010) Monitoring does not always count. Trends in Ecology and Evolution 25:547–550
- McElhinny C, Gibbons Ph, Brack C, Bauhus J (2005) Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. Forest Ecology and Management 218:1–24
- McEvedy C, Jones R (1978) Atlas of World Population History. Penguin Books Ltd., London
- Nagel T, Diaci J (2011) Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forest in southeastern Slovenia. Canadian Journal of Forest Research 41(3):629–638
- Niemelä J (2000) Biodiversity monitoring for decision-making. Ann Zool Fennici 37:307–317
- Nocentini S (2011) The forest as a complex biological system: theoretical and practical consequences. L'Italia Forestale e Montana 66(3):191–196
- Nyland RD (2002) Silviculture: Concepts and applications, 2nd Ed. The McGraw-Hill Co, New York, pp 682
- Oliver CD, Larson BC (1996) Forest stand dynamics. Wiley, New York, pp 544
- Otto HJ (1994) Nach dem Sturm-Erfahrungen und Folgerungen aus der Sturmkatastrophe 1972 in Niedersachsen. Der Wald Berlin 44(2):52–56
- Otto HJ (1995) Zielorientierter Waldbau und Schutz sukzessionaler Prozesse. Forst u. Holz 50:203–209
- O'Hara KL, Gersonde RF (2004) Stocking control concepts in uneven-aged silviculture. Forestry 77:131–143
- Parade J (1839) Un destin peu commun: Dietrich Brandis, 1824–1907. Revue forestière française, vol 28, 1976, pp 315–317

- Paris Agreement (2015) Conference of the Parties Twenty-first session Paris, 30 November to 11 December 2015, <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (10.1.2016)
- Patrone G (1979) Stravaganza terza; la fustaia dadirado: realtà o fantasma? *Annali Accademia Italianadi Scienze Forestali* 28:267–306
- Pielou EC (1977) *Mathematical Ecology*. Wiley, New York
- Pretzsch H (2001) *Grundlagen der Waldwachstumsforschung*. Berlin: Blackwell Verlag, pp 380
- Pretzsch H (2009) *Forest Dynamics. Grand Yield*. 2009 Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Puettmann KJ (2009) Silviculture in times of global changes and uncertainty: What is on the horizon? *West For* 54(5):1–4
- Puettmann KJ, Coates KD, Messier C (2009) *A Critique of Silviculture: Managing for Complexity*. Island Press, pp 188
- Reynolds RR, Baker JB, Ku TT (1984) Four decades of selection management on the Crossett Farm Forestry Forties. *Bull.* 872. Fayetteville, AR: University of Arkansas, Division of Agriculture, Agricultural Experiment Station pp 1–43
- Roeckner E, Bäuml G, Bonaventura L, Brokopf R, Esch M, Giorgetta M, Hagemann S, Kirchner I, Kornblueh L, Manzini E, Rhodin A, Schlese U, Schulzweida U, Tompkins A (2003) The atmospheric general circulation model ECHAM5. Part I. *Max-Planck Institut für Meteorologie*, 349, pp 127
- Rossi S (2015) Local adaptations and climate change: Converging sensitivity of bud break in black spruce provenances. *Int J Biometeorol* 59:827–835
- SafeLand (2012) *Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies*, 7th Framework Programme, Grant Agreement, 226479:1–23
- Seidl R, Schelhaas MJ, Rammer W, Verkerk PJ (2014) Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nat Clim Change* 4:806–810
- Seidl R, Thom D, Kautz M, Martin-Benito D, Peltoniemi M, Vacchiano G, Wild J, Ascoli D, Petr M, Honkaniemi J, Lexer MJ, Trotsiuk V, Mairota P, Svoboda M, Fabrika M, Nagel TA, Reyer CPO (2017) Forest disturbances under climate change. *Nat Clim Change* 7:395–402
- Simpson E (1949) Measurement of Diversity. *Nature* 163:688
- Spathelf P, Stanturf J, Kleine M, Jandl R, Chiatant, D, Bolte A (2018) Adaptive measures: integrating adaptive forest management and forest landscape restoration. *Ann For Sci* 75:55
- Spies TA, Franklin JF (1991) The structure of natural young, mature, and old-growth Douglas-Fir forests in Oregon and Washington. In: Aubry KB, Brookes MH, Agee JK, Anthony RG, Franklin JF (eds) *Wildlife and Vegetation of Unmanaged Douglas-Fir Forests*. USDA Forest Service, Portland, Oregon, pp 91–109
- Stankey GH, Bormann BT, Ryan C, Shindler B, Sturtevant V, Clark RN, Philpot C (2003) Adaptive management and the Northwest Forest Plan: rhetoric and reality. *Journal of Forestry* 101(1):40–46

- Stanhill G, Cohen S (2001) Global Dimming: A Review of the Evidence for a Widespread and Significant Reduction in Global Radiation with Discussion of Its Probable Causes and Possible Agricultural Consequences. *Agricultural and Forest Meteorology* 107:255–278
- Стојановић Љ, Крстић М (1990) Узгојне мере као фактор борбе против сушења китњакових шума у Србији. *Шумарство* 2-3:119–130
- Stone JMR, Bhatti JS, Lal R (2006) Impacts of climate change on agriculture, forest and wetland ecosystems: synthesis and summary. In: Bhatti J, Lal R, Apps M, Price M (eds) *Climate change and managed ecosystems* Taylor and Francis, CRC Press, Boca Raton, FL, US, pp 399–409
- Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27:379–423
- Scharnweber T, Manthey M, Criegee C, Bauwe A, Schröder C, Wilmking M (2011) Droughtmatters—declining precipitation influences growth of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in north-eastern Germany. *Forest Ecology and Management* 262(6):947–961
- Schelhaas MJ, Nabuurs GJ, Schuck A (2003) Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9:1620–1633
- Schlyter P, Stjernquist I, Barring L, Jönsson AM, Nilsson C (2006) Assessment of the Impacts of Climate Change and Weather Extremes on Boreal Forests in Northern Europe, Focusing on Norway Spruce. *Climate Research* 31(1):75–84
- Schönenberger W (2002) Windthrow research after the 1990 storm Vivian in Switzerland: objectives, study sites, and projects. *Forest Snow Landscape Research* 77:9–16
- Schönenberger W, Fischer A, Innes JL (2002) Vivian's Legacy in Switzerland - Impact of Windthrow on Forest Dynamics. Special Issue of *Forest Snow and Landscape Research* 77:1–2
- Schütz JP (1999) Close-to-nature silviculture: is this concept compatible with species diversity? *Forestry* 72:359–366
- Schütz JP, Saniga M, Diaci J, Vrška T (2016) Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Annals of Forest Science* 73:1–13
- Tijardović M (2015) Supstitucija kultura obične smreke (*Picea abies* L. Karst.) u Hrvatskoj. Doktorski rad, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Thomasius H (1988) Stabilität natürlicher und künstlicher Waldökosysteme sowie deren Beeinflußbarkeit durch forstliche Maßnahmen. *AFZ* 43:1037–1043
- Ćustović H, Đikić M, Čengić-Džomba S, Ljuša M, Tvica M (2015) Poljoprivredna proizvodnja - žrtva i uzročnik klimatskih promjena. U: Ćustović H, Ljuša M, Sitaula BK (urednici) *Adaptacija na klimatske promjene u sektoru poljoprivrede: (vrijeme je da djelujemo odmah)*. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Sarajevo, str 1–141

- UNDP (2016) Treći nacionalni izvještaj i drugi dvogodišnji izvještaj o emisiji stakleničkih plinova Bosne i Hercegovine u skladu s okvirnom konvencijom ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama. Juli 2016. Globalni fond za okoliš (GEF), (UNDP), BiH, str 260
- Уредба о Црвеној листи заштићених врста флоре и фауне Републике Српске (2012) Службени гласник Републике Српске 124/12
- FAO (2007) State of the Worlds forests. Electronic Publishing Policy and Support Branch Communication Division, Rome, pp 157
- FAO (2013) Climate change guidelines for forest managers, FAO Forestry Paper No. 172. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Forestry Paper 172, pp 123
- FAOSTAT (2019) Forestry Production and Trade. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>. Last access: 24 October 2019
- Fenton N, Neil M (2012) Risk Assessment and Decision Analysis with Bayesian Networks. 2012, CRC Press, pp 660
- Fisher JT, Burton AC, Nolan L, Laurence R (2020) Influences of landscape change and winter severity on invasive ungulate persistence in the Nearctic boreal forest. *Sci Rep* 10:8742
- Fischer H, Wagner S (2009) Silvicultural responses to predicted climate change scenarios. *Forest Ecology and Forest Management* 2:12–23
- Franklin JF (1997) Ecosystem management: an overview. In: Boyce MS Haney A eds. *Ecosystem management: applications for sustainable forest and wildlife resources*, New Haven, Conn, Yale Univ Press, pp 361:21–53
- Franklin JF, Mitchell R, Palik N (2007) Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. General Technical Report. USDA Forest Service, Pennsylvania, pp 44
- Franklin JF, Spies TA, Van-Pelt R, Carey AB, Thornburgh DA, Berg DR (2002) Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *For Ecol Manage* 155:399–423
- Fuhrer M, Beniston A, Fischlin Ch, Frei S, Goyette K, Jasper Ch (2006) Pfister Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland. *Climatic Change* 79:79–102
- Hamilton SH, ElSawah S, Guillaume JHA, Jakeman AJ, Pierce SA (2015) Integrated assessment and modelling: overview and synthesis of salient dimensions. *Environ Model Softw* 64:215–229
- Hansen J, Sato M, Ruedy R, Lo K, Lea DW, Medina-Elizade M (2006) Global temperature change. *Proc Natl Acad Sci* 103:14288–14293
- Hasel K (1985) *Forstgeschichte. Ein Grundriß für Studium und Praxis*. Paul Paray, Hamburg pp 1–258

- Hatfield-Dodds S, Schandl H, Newth D, Obersteiner M, Cai Y, Baynes T, West J, Havlik P (2017) Assessing global resource use and greenhouse emissions to 2050, with ambitious resource efficiency and climate mitigation policies. *J Clean Prod* 144:403–414
- Hemery GE (2008) Forest management and silvicultural responses to projected climate change impacts on European broadleaved trees and forests. *International Forestry Review* 10(4):591–607
- Hiu GY, Albert M, Gadov KV (1998) Das Umgebungsmaß als Parameter zur Nachbildung von bestandesstrukturen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 117(1):258–266
- Holling CS (1978) Adaptive environmental assessment and management. John Wiley and Sons, London, England, pp 1–402
- Caignard T, Kremer A, Firmat C, Nicolas M, Venner S, Delzon S (2017) Increasing spring temperatures favor oak seed production in temperate areas. *Sci Rep* 7:8555
- Ciancio O, Nocentini S (2004) Biodiversity conservation in Mediterranean forest ecosystems: From theory to operationality. In: Marchetti M (ed) *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe – From ideas to operationality*. *EFI Proceedings* 51:163–168
- Ciancio O, Nocentini S (2011) Biodiversity conservation and systemic silviculture: Concepts and applications. *Plant Biosystems* 145(2):411–418
- Clark PJ, Evans FC (1954) Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35:445–453
- Clauser F (2011) Importanza della lettera “C” inselvicoltura. *L’Italia Forestale e Montana* 2:159–161
- Cooper HF, Grady KC, Cowan JA, Best RJ, Allan GJ, Whitham TG (2019) Genotypic variation in phenological plasticity: Reciprocal common gardens reveal adaptive responses to warmer springs but not to fall frost. *Glob Chang Biol* 25:187–200
- Corona P, Scotti R, (2011) Systemic silviculture, adaptive management and forest monitoring perspectives. *L’Italia Forestale e Montana* 66(3):219–224
- Crozier M (1999) Landslides. in: *Applied Geography*. (ed) Pacione M *Principles and Practice*, Routledge, London, New York, pp 83–95
- Walters CJ (1986) *Adaptive management of renewable resources*. New York: Macmillan, pp 1–374
- Walters CJ (1997) Challenges in adaptive management of riparian and coastal ecosystems. *Conservation Ecology*, 1(2):1
- Walters CJ, Holling CS (1990) Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology*, Washington, DC.71(6), pp 2060–2068
- Wells HG (1945) *Mind at the End of its Tether*. London: William Heinemann

Wilhere GF (2002) Adaptive Management in Habitat Conservation Plans. Wildlife Program, Washington Department of Fish and Wildlife, 600 Capitol Way North, Olympia, WA 98501, USA, 16:20–29

WMO/UNEP (2002) Climate Change and Biodiversity. In: Gitay H, Suarez A, Watson RT, Dokken DJ (eds) IPCC Technical paper V. Intergovernmental Panel on Climate Change

Wolfslehner B, Pülzl H, Kleinschmit D, Aggestam F, Winkel G, Candel J, Eckerberg K, Feindt P, McDermott C, Secco L, Sotirov M, Lackner M, Roux JL (2020) European forest governance post-2020. From Science to Policy 10. European Forest Institute

Adaptive forest management

Zoran Govedar, Milan Medarević, Milun Krstić, Novo Pržulj

Summary

Adaptive management is the basic concept of forest ecosystem management strategy in conditions of increased risks. Therefore, there is a need to develop key theories and information on which adaptive forest management is based. Adaptive management of forest resources has become the premise of modern forestry development strategies in Europe, and the main ideas about this method of management have developed primarily on the knowledge of forest ecology. Adaptive management is the monitoring of activities (monitoring) in order to adjust future activities to the desired effects of management. The main causes that have influenced the application of adaptive management in forestry are related to strategic forestry principles and global challenges. Forest ecosystems are exposed to natural and social risks that cause disturbances and adverse effects of management. In order to reduce the risk for the realization of strategic goals in forestry, there is a need to develop management mechanisms for the adaptation of forest ecosystems. Global activities, in addition to the implementation of measures for mitigation (mitigation) of climate change, include measures for adaptation (adaptation) to climate change, especially for underdeveloped countries and developing countries, in order to ensure sustainable development and mitigate the negative consequences for forest ecosystems. It is necessary to go beyond the management framework based mainly on a simplified balance between volume, increment and stature, and to systematically integrate the results of all interventions and external influences on forests in order to improve the condition of forests and adapt to changes. The best indicator of endangerment of species and forest plant communities is the reduction of their range and biodiversity. Most climate models predict large changes within forests due to the high rates of climate change and the limitations of adaptation of many tree species to climatic extremes. Forests are slowly adapting to new conditions, especially due to increasing temperatures, increasing carbon dioxide concentrations and increasing nitrate deposition. The most influential climate variable for forests is the one that determines wind disturbance. The key to forest management in risk conditions lies in increasing the participation of more resistant species adapted to future climatic conditions, ie in promoting the diversity of tree species and their provenances and the heterogeneity of structural forms of forests. To create such forests, it is

necessary to cultivate forests whose characteristics are close to natural and potential forest communities for appropriate habitat conditions and indigenous species. Adaptive forest management implies a multidisciplinary approach and a four-phase cycle of strengthening understanding of complex biophysical, socio-economic and political systems with constant monitoring (ecosystem control) and acquiring new empirical knowledge whose positive effects are applied in practice. The advantage of adaptive management is that plans and activities are adjusted based on the results of monitoring in the newly created unforeseen conditions.

Keywords: Forest management, forestry development strategy, risk, adaptation

