



Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Simpozij zaštita šuma-stabilnost šumskih ekosistema: Dan šuma

Beus, Vladimir; urednik

2024-09

<https://bastina.anubih.ba/handle/123456789/794>

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

<https://bastina.anubih.ba/>

UZGOJNE MJERE U FUNKCIJI PREVENTIVNE ZAŠTITE ŠUMA U USLOVIMA OTOPLJAVANJA KLIMATA

Zoran Govedar

Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Banja Luka

E-mail: zoran.govedar@sf.unibl.org

Apstrakt: Uzgojne mjere obnavljanja i njege šuma povećavaju otpornost šumskih ekosistema na negativne uticaje faktora biotičke i abiotičke prirode. Otopljanje klimata uzrokuje opadanje vitalnosti i stabilnosti šuma te povećava mogućnost pojave bolesti i štetočina. U cilju unapređenja zdravstvenog stanja šuma razvijen je koncept integralne zaštite šuma koji podrazumijeva jedinstvo uzgojnih i zaštitnih mjera koje mogu biti dugoročne (preventivne) i kratkoročne (represivne). Dugoročni i stalni monitoring pojedinih vrsta i sastojina omogućava preduzimanje mjera gajenja šuma kojima se preventivno smanjuju ili anuliraju potrebe za primjenom represivnih mjera zaštite šuma. To se u uslovima klimatskih promjena postiže modifikacijom uzgojnotehničkih mjera u praksi, selektivnim uklanjanjem visokorizičnih sastojina, prilagođavanjem bioekoloških osobina vrsta uslovima staništa, odnosno gajenjem drveća i njihovih varijeteta ili formi otpornih na otopljanje klimata. Kao posljedica uzgojnih mjera nastaju strukturni oblici sastojina sa različitim stepenom prilagođenosti klimatskim promjenama. Tokom realizacije odgovarajućih sistema gazdovanja raznodobne, odnosno prebirne šume fluktuiraju u povoljnijem rasponu strukture nego jednodobne sastojine, što predstavlja veće potencijalne ekološke koristi od raznodobnih šuma. Zbog toga je savremeni koncept adaptivnog gazdovanja šumama u cilju realizacije željenih efekata upravljanja oslonjen na prirodi blisko gajenje šuma kojim se u uslovima ugrožavajućih faktora, rizika i neizvjesnosti nastoje obezbijediti strukturno raznodobne sastojine, prirodna regeneracija i mješoviti sastav sa autohtonim vrstama drveća.

Ključne riječi: uzgojne mjere, zaštita šuma, klimatske promjene, prirodi blisko gajenje šuma, adaptivno gazdovanje šumama

Uvod

Rizici gazdovanja šumama nastaju kao posljedica nestabilnosti biocenoze i staništa, a uzrokovani su negativnim uticajima biotičkih (štetočine i bolesti), abiotičkih (požari, suše, olujni vjetrovi i dr.) i antropogenog faktora. Postavljane su mnoge hipoteze u pokušajima da se objasne uzroci propadanja šuma (oko 170), ali pet uzroka koji djeluju međusobno interaktivno i kompleksno u prvi plan stavljaju patogene gljive, štetne insekte, vazdušne

polutante, uticaj klime i neodgovarajuće gazdovanje (Smith, 1990). Početkom XXI vijeka sve više se kao globalan problem za šumske ekosisteme ističu klimatske promjene uglavnom kao posljedica otopljanja klimata (Seidl et al., 2017). Istraživanja pokazuju da postoji trend globalnog zagrijavanja u Evropi koji se ogleda u povećanju prosječne temperature vazduha za $0,8^{\circ}\text{C}$ u poređenju sa vrijednostima iz 1900. godine (Hansen et al., 2006). Najčešće se kao ključni razlog otopljanja klimata ističe emisija gasova koji izazivaju “efekte staklene bašte”. Povećanje sadržaja CO_2 u atmosferi smatra se jednim od najznačajnijih uzročnika ove pojave. Prema trećem dvogodišnjem izvještaju o emisijama gasova sa efektom staklene bašte u BiH (UNDP, 2022) emisija $\text{CO}_{2\text{ekv}}$ po stanovniku u BiH godišnje iznosi 5,18 tona, što je malo više od polovine evropskog prosjeka ($9,93 \text{ tone/stanov./god}$). Postoje različiti stavovi u vezi povećanja učešća CO_2 u atmosferi (Chen et al., 2024). Postepeni porast sadržaja od 0,034 do 0,05% utiče pozitivno na produktivnost (“gnojidba ugljenikom”), a ako je sadržaj veći od 0,05%, to dovodi do fiziološkog slabljenja, smanjenja vitalnosti i opadanja produktivnosti. Prema četvrtom nacionalnom izvještaju o klimatskim promjenama u Bosni i Hercegovini (BiH) za scenario konstantnog porasta gasova staklene bašte (RCP8.5), po kome se trend povećanja emisija nastavlja stopom kao do sada, promjena srednje dnevne temperature za blisku budućnost (do 2035. godine) kreće se od $0,5$ do $1,5^{\circ}\text{C}$. Međutim, prema istom scenariju za period 2081–2100. godine porast temperature vazduha mogao bi iznositi $2,5$ do $5,0^{\circ}\text{C}$, a promjene bi bile naročito izražene u planinskim predjelima u kojima se upravo nalaze privredno najznačajnije šume. Dakle, šume mogu biti izložene različitim scenarijima, ali svakako da bi se prema scenariju kojim se predviđa smanjenje površina pod šumama, što je između ostalog i posljedica sušenja šuma, smanjio prosječni godišnji kapacitet skladištenja CO_2 . Dugoročnost biološke produkcije kao jedna od specifičnosti u šumarstvu dodatno usložnjava kontinuitet primjene uzgojnih mjera tokom produkcionog perioda, u okviru kojeg se mogu pojaviti različiti scenariji klimatskih promjena. Jasna je potreba prilagođavanja gazdovanja uz neminovnu toleranciju na veoma spore reakcije, odnosno efekte uzgojnih mjera u šumskim ekosistima. Naime, zbog svojih relativno sporih stopa prirodne adaptacije, šumski ekosistemi su posebno osjetljivi na ekstremne klimatske događaje (Allen et al., 2010). Glavni problem je taj što se klimatske promjene odvijaju znatno brže nego što se očekivalo (Koskela et al., 2007), odnosno mnogo brže nego što šumske sastojine reaguju na uzgojne mjere. Brzina klimatskih promjena može nadjačati potencijal stvaranja novih rekombinovanih vrsta koje su bolje prilagođene otopljanju klimata. Zbog

toga je uzgojnim mjerama, regulisanjem konkurentskih i kompeticijskih odnosa u sastojinama, moguće uticati na fenotipsku plastičnost koja predstavlja bolji evolucijski mehanizam za suočavanje s novim klimatskim uslovima. Većina klimatskih modela predviđa velike promjene u okviru areala šuma sa posebnim ugrožavanjem vrsta sa malim arealima, pri čemu problem predstavlja ograničenje mnogih vrsta drveća klimatskim ekstremima. To se posebno odražava na vrste sa uskom ekološkom valencom. Pretpostavlja se da porast temperature vazduha za oko 3,0°C ostavlja na šumsku vegetaciju sličnu posljedicu kao pomjeranje visinskog pojasa vegetacije za 500 m nadmorske visine. Kao rezultat globalnih klimatskih promjena u narednih 50–100 godina u Evropi pretpostavlja se da mogu biti učestali veoma oštri i nestabilni vremenski uslovi, a u BiH će biti najviše ugrožena kserotermna i kontinentalna područja (Popov et al., 2019). Intenzivne i sve učestalije pojave naročito početkom XXI vijeka (ekstremno visoke temperature, suša, olujni vjetrovi, poplave i požari), ističu se kao prirodni poremećaji nastali kao posljedica promjene klime (Kirilenko i Sedjo, 2007; Moore i Allard, 2008; Seidl et al., 2017; Brack, 2019). Ove pojave u šumama dovode do gradacije štetočina, bolesti, uzrokuju fiziološki stres drveća i smanjenje vitalnosti, pojavu klizišta, nastaju štete od snijega i vjetra. Za šumarstvo je problematično što se smanjuje primarna biološka produkcija šuma koja čak može pretvoriti šumske ekosisteme umjesto sekvestratora u velike izvore ugljenika (Ziemblinska et al., 2018). Tokom gazdovanja šumama negativni antropogeni uticaji često dovode do degradacije i devastacije šuma, krčenja šuma, bespravnih aktivnosti, izazivanja požara i dr. Kao posljedica ovih pojava šumski ekosistemi gube na vitalnosti, a rizici i neizvjesnosti u gazdovanju šumama postaju sve veći. U okviru gazdovanja šumama uzgojne mjere prirodnog i vještačkog obnavljanja, njega šuma i šumske melioracije predstavljaju jedan od najvažnijih načina da se negativni uticaji ublaže ili potpuno izbjegnu. Takve uzgojne mjere uz pravilnu, dosljednu i blagovremenu primjenu imaju preventivnu ulogu i značaj za poboljšanje vitalnosti i stabilnosti šuma, sprečavanje pojave bolesti, štetočina i požara. Pariski sporazum, pored sprovođenja mjera za mitigaciju (ublažavanje) klimatskih promjena, naglašava važnost adaptacije (prilagođavanja) na klimatske promjene, naročito za nerazvijene zemlje i zemlje u razvoju, radi obezbjeđivanja održivog razvoja i ublažavanja negativnih posljedica uticaja klimatskih promjena na prirodne resurse.

Ugroženost šuma kao posljedica otopljanja klimata

Kao posljedica otopljanja klimata navode se brojni faktori biotičke i abiotičke prirode koji ugrožavaju šumske ekosisteme. Jačina ovih uticaja zavisi od stanja sastojina, uslova staništa, stepena klimatskih promjena i vrsta drveća koje grade sastojine. Većina autora ističe sušu kao odlučujući uzrok u procesu propadanja šuma koja nastaje kao posljedica kombinovanog djelovanja velikog broja faktora (rizici integrisanog gazdovanja šumama): otopljanje klimata, nedostatak padavina u vegetacionom periodu, neadekvatna primjena sistema gazdovanja, izloženost štetnim gasovima, uticaj parazitske mikroflore itd. U velikim dijelovima Evrope, od 2015. godine javljaju se sve češći periodi suše, koji se nalaze u interakciji s drugim štetnim faktorima kao što su požar, zaraza potkornjacima ili gljivične bolesti. Suša se karakteriše beskišnim periodom, povišenom temperaturom vazduha i pojačanim deficitom zasićenosti vazduha vodom. To izaziva pojačanu evapotranspiraciju, zbog čega dolazi do dehidracije i pregrijavanja biljaka, što ima za posljedicu njihovo oštećenje, smanjenje produktivnosti, a u nekim slučajevima i smrt biljke (Kojić, 1988). U ranoj fazi djelovanja sušnog stresora simptomi su latentni, ali u kasnijim fazama dolazi do funkcionalnih i morfoloških promjena, sa jasnim manifestacijama promjena fenotipa i simptomi oboljenja se jasno uočavaju. U cilju adaptacije šuma na stres uzrokovan sušom potrebno je uzgojnim mjerama razviti otpornost na ekstremno visoke temperature i na nedostatak vode. Drveće ove osobine razvija tokom filogeneze (porijeklo i evolucija vrste) i adaptacijom (prilagođavanjem) tokom ontogeneze. Od suše uglavnom stradaju vrste drveća koje imaju plitak korijen, i to u doba mladika pa sve do letvenjaka, čak i u zoni svog prirodnog rasprostranjenja (Karadžić, 2007). Posebno štetne posljedice dugotrajnih suša izazivaju njima izazvani šumski požari i snižavanje nivoa podzemnih voda, a to dovodi do stvaranja aridnih i subaridnih područja, ugrožavanja biodiverziteta i opadanja produktivnosti. Velika suša tokom 2018–2020. godine imala je ozbiljne posljedice na šume u srednjoj Evropi (Senf i Seidl, 2021). Posljedice su se ogledale u defolijaciji i opadaju prirasta bukve, što se dovodi u vezu sa stresom usljed visokih temperatura (suša) i degradacijom sklopa sastojina (Mathes et al., 2024). Zabilježen je mortalitet drveća od 14 miliona kubnih metara, pri čemu se veliki udio pripisuje evropskoj bukvi (*Fagus sylvatica* L.) (BMEL, 2021). Odumiranje bukve u Evropi je veoma relevantno, jer je trenutno najrasprostranjenija vrsta listopadnog drveća u Evropi. U bliskoj budućnosti bukva će dobiti još veću važnost jer je učešće starih sastojina bukve veliko, pa je njen značaj u procesu

regeneracije znatno veći nego drugih, privredno i ekološki značajnih vrsta drveća (FE, 2020). Takvo stanje implicira potrebu prilagođavanja ekstremnim klimatskim pojavama kroz primjenu uzgojnih mjera obnavljanja i njege šuma. Kako bi se ublažili efekti suše na preostalo drveće u srednjedobnim i zrelim sastojinama predlažu se jači proredni zahvati, odnosno veći intenziteti zahvata (Sankey i Tatum, 2022), jer se tako smanjuje ukupna transpiracija i konkurencija među stablima, što povećava dostupnost vode u zemljištu i poboljšava razvoj korijena bukve (Gavinet et al., 2019). Međutim, mogu se pojaviti i štetni efekti zbog promjene režima svjetlosti usljed narušavanja sklopa sastojina, zakorovljavanja i smanjenja dostupnosti vode, a to može neutralizovati pozitivne efekte proreda (Bosela et al., 2021). Osim toga, jake prorede smanjuju strukturnu složenost i mogu dovesti do većih ekstremnih temperatura i opadanja vlažnosti zemljišta (Thom et al., 2020), a praktična zapažanja pokazuju da su ponekad jako prorijeđene sastojine zahvaćene značajnim oštećenjima kao što je “upala kore” (Govedar, 2011). Prirodno obnavljanje bukve moguće je u manjim grupama bez značajnog ugrožavanja kapaciteta mikroklimе za zaštitu od ekstremnih vremenskih pojava kao što je suša. Utvrđeno je da grupe veličine oko 625 m² (tj. veličina inicijalnih podmladnih jezgara slična veličini kod grupimično-prebirnog gazdovanja u srednjoj Evropi) nije dovoljno velika da ugrozi regeneraciju šuma u kojima dominira bukva čak i pod uticajem suše (Thom et al., 2023). Sadnice bukve hercegovačke provenijencije (Posušje) u BiH pokazuju znatno veću otpornost na sušu u poređenju sa ostalim provenijencijama (Ivojević et al., 2012). U pogledu otpornosti na ekstremna staništa, evropska bukva kalabrijskog porijekla (Italija) otpornija je na mraz i kasnije cvjeta od srednjoevropske bukve (Višnjjić i Dohrenbusch, 2004). Takođe, cvjetanje zavisi od nadmorske visine pa na svakih 122 m visinske razlike cvjetanje kasni za jedan dan (Brinar, 1963). Veliki dio bukovih šuma u Republici Srpskoj i BiH su sekundarnog karaktera (Stefanović et al., 1983; Beus, 1984) nastale negativnim antropogenim uticajima zbog kojih su iščezle četinarske vrste jela (*Abies alba* Mill.) i smrča (*Picea abies* Karst.). Rekultivacija ovih šuma treba biti u skladu sa njihovim stanišnim uslovima, sindinamskim stanjem i sastojinskim prilikama (Beus, 2017). U cilju postepenog stvaranja primarnih mješovitih šuma potrebno je vršiti reintrodukciju smrče i jele podržavanjem njihove prirodne regeneracije kao i podsijavanjem i podsadićivanjem u sastojinama bukve sekundarnog karaktera.

Sušenje podmlatka i mladika jele na Grmeču (Čelić kosa) u sastojinama kitnjaka, graba i bukve, uzrokovano je izrazitom sušom tokom vegetacionog perioda 2003. godine, a kao posljedica došlo je do pojave jelinog granara

(*Pityophthorus micrographus* L.) i gljive *Armillaria spp.* (Керен et al., 2011). Posljedice su izrazite zbog termofilnog karaktera sastojina, naročito na kame-nitim i južno eksponiranim mjestima, gdje su mlada stabalca potpuno suva. Kod pošumljavanja je naročito značajno poznavati razlike u otpornosti prove-nijencija vrsta prema suši i otopljavanju klimata. Sadnja i favoriziranje vrsta drveća i njihovih provenijencija tolerantnih na sušu je glavna mjera uzgoja šuma za ublažavanje budućih šteta. Za vrijeme sušnih perioda, posebno če-tinarske sastojine treba redovno kontrolisati (monitoring), kako bi se blago-vremeno započele uzgojne i zaštitne mjere. S obzirom na opasnost od suše, jesenjoj sadnji, koja omogućava stabilizaciju i prilagođavanje korijena tokom jeseni i zime, treba dati prednost u odnosu na proljetnu sadnju.

Klima se može smatrati iznenadnim faktorom prvog stepena koji krči put za dolazak drugih faktora koji dovode do propadanja hrastova (Karadžić, 2007). Najveći uticaj na propadanje kitnjakovih šuma imaju klimatske promjene, a zatim patogeni organizmi i defolijatori (Oszako, 2000). Uticaj otopljavanja klimata ogleda se kod kitnjakovih šuma kao dodatni faktor koji povećava ri-zike i češću pojavu akutnih oblika sušenja. Uzrok sušenja evropskih hrastova nije samo parazitskog porijekla već je rezultat djelovanja čitavog kompleksa faktora koji se mogu svrstati u tri kategorije: početni predisponirajući faktori koji djeluju u dužem periodu vremena i koji dovode do fiziološkog slabljenja stabala (klimatske promjene, uslovi staništa, aerozagađenja, genotip, starost stabala), faktori koji direktno djeluju na propadanje stabala (defolijatori, pe-pelnica, traheomikoze, oštećenja od mraza) i faktori koji se javljaju u završ-noj fazi sušenja i neposredno dovode do smrti stabala (potkornjaci, drvenari, paraziti u kruni i na korijenu). Poseban značaj u propadanju hrastovih šuma imaju i klimatske promjene. Ovakve vremenske karakteristike, favorizuju ra-zvoj mnogih štetnih insekata (kao što su defolijatori) i parazitnih gljiva (npr. pepelnice hrasta, gljiva prouzrokovaca truleži korijena i sl.). Visoke prolječne temperature su povoljne za razvoj štetnih insekata, dok visoke temperature u junu i julu favorizuju pepelnicu. U uslovima povećanog intenziteta osvijetlje-nosti (15.000 do 30.000 Lx, rijedak i prekinut sklop) u sastojini hrasta kitnja-ka na serpentinitskoj geološkoj podlozi sa dominacijom rankera i distričnih kambisola dolazi do zakorovljavanja vrijeskom *Calluna vulgaris* i intenzivne pojave hrastove pepelnice (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl) koje dovode do otežanog ili potpunog izostajanja prirodnog obnavljanja (Говедар, 2006; Babić et al., 2021). Ponik hrasta lužnjaka je veoma osjetljiv na pepel-nicu, lako strada i ima znatno smanjenu mogućnost preživljavanja (Liović, 2011). Poluparazitna cvjetnica hrastova žuta imela (*Loranthus europeus*

Jacq.) utiče na fiziološko slabljenje stabla hrasta, i to prije svega lužnjaka, a u manjem stepenu i kitnjaka (Karadžić, 2007). Kao uzrok pojave žute imele na kitnjaku navode se nepravilni sistemi gazdovanja koji nisu u skladu sa bioekološkim osobinama hrasta kitnjaka. Odstupanje od primjene sistema zasnovanih na oplodnim sječama uticalo je na stvaranje raznodobnih, dvospratnih sastojina. Gornji sprat obično čine stabla većih dimenzija čije krune se nalaze pod većim intenzitetom osvijetljenosti i na tim stablima su razvijeniji grmovi i veća je brojnost imele (Ilić, 2010). Ipak sušenje kitnjakovih šuma rezultat je ulančavajućih faktora među kojima se nijedan faktor ne može izdvajati kao odlučujući (Siwckci i Ufnalski, 2007).

Nakon jakih suša i beskišnih vegetacionih perioda na relativno velikim površinama ne reaguje svaka zajednica na isti način jer je njihova osjetljivost različita. Na planini Ozren u Republici Srpskoj sušenjem je zahvaćeno preko 1.000 ha šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Matt. Liebl.). Ove šume tipološki pripadaju visokim šumama hrasta kitnjaka i mješovitim šumama kitnjaka i crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na plitkim (mjestimično dubokim) eutričnim smeđim i distričnim zemljištima na serpentinama i peridotitima. Kumulativni trend porasta temperature vazduha za period 1961–2018. godine prema podacima meteorološke stanice Doboj iznosio je u prosjeku 1,6°C, a sinusoidan tok linije sa dva perioda intenzivnog opadanja širine godova (1961–1980. i 2010–2018) poklapa se sa periodima intenzivnijeg porasta temperature vazduha u vegetacionom periodu (Govedar i Medarević, 2020). Osnovne uzgojne mjere protiv sušenja kitnjakovih šuma su mjere u cilju formiranja novih sastojina (prirodno obnavljanje i vještačko podizanje nove šume) i mjere poboljšanja stanja postojećih šuma (njega mladih sastojina i melioracija izdanačkih i visokih degradiranih šuma) (Стојановић и Крстић, 1992). Mlade sastojine kitnjaka koje se danas osnivaju vještački ili nastaju nakon prirodne regeneracije obično imaju produkcionni period koji se vremenski preklapa sa scenarijima klimatskih promjena od 2070. do 2100. godine i biće izložene drastičnim rizicima koji ih očekuju tokom života. U kitnjakovim sastojinama je neophodno sačuvati potpun sklop sastojine jer u slučajevima prekinutog i nepotpunog sklopa intenzivira se pojava suhovrhosti i akutnih oblika sušenja cijelih stabala tokom samo jedne vegetacione sezone (Говедар и Кутић, 2008).

Sušenje četinarskih šuma posebno je izraženo u planinskim regionima. Potkornjaci su čak i u XVII vijeku uzrokovali masovno sušenje četinara u centralnoj Evropi (Staack, 1985), a u prošlom vijeku tridesetih, pedesetih i osamdesetih godina intenzivno sušenje zahvatilo je Evropu, a uzrokovano je takođe velikim gradacijama potkornjaka. Sušenje smrče usljed gradacije

osmozubog smrčinog potkornjaka *Ips typographus* i šestozubog smrčinog potkornjaka *Pityogenes chalcographus* na području BiH, prisutno je na cijelom području gdje dolazi ova vrsta drveća od prirode ili u vještački osnovanim sastojinama. U prirodnim šumama, gdje je smrča u svom ekološkom optimumu, krajem prošlog i na početku XXI vijeka po intenzitetu sušenja i stepenu ugroženosti u Republici Srpskoj mogu se izdvojiti područja Visočnik, Romanija, Sjemeć, Vitoroga, Uvala (Potoci) (Stanivuković et al., 2017) i centralne Bosne (Usćuplić i Dautbašić, 1998; Zahirović et al., 2014). Gradacije su nastajale znatno češće (svakih 6–10 godina) na različitim lokalitetima, zahvatajući relativno velike površine (nekoliko desetina hiljada hektara), što je u korelaciji sa učestalošću pojave sušnih i toplih vegetacionih perioda. Najznačajniji uzročnici koji su se mogli definisati na terenu su: abiotički (sušne i veoma tople godine) i biotički (prisustvo fitopatogenih gljiva koje slabe korjenov sistem, traheomikoza, kao i prenamnoženje potkornjaka). U stvaranju preduslova za gradaciju potkornjaka učestvovalo je više faktora, ali uglavnom razvoj gljive (*Heterobasidion parviporum* Niemalä & Korhonen) i zanemarivanje šumskog reda nakon sječa. Pored toga, zemljišta u sastojinama zahvaćenim gradacijom uglavnom su plitka na krečnjačkoj podlozi (kalkomelanosol i kalkokambisol) i u uslovima veoma toplih godina sa malo padavina kakve su bile 2000. i 2003. godina, dodatno su stvoreni preduslovi za veću suvoću staništa. U cilju preventivnih uzgojnih mjera zaštite sastojina smrče koje se nalaze na “osjetljivim” staništima potrebno je što preciznije definisati način provođenja doznake stabala za sječu, što se smatra najdelikatnijim uzgajivačkim zadatkom kod izvođenja uzgojno-sanitarnih sječa. Kriterijumi za doznaku stabala definisani su na osnovu jasno izraženih spoljnih simptoma patoloških promjena i oštećenja. Određene faze u razvoju bolesti (sušenje) manifestuju se tipičnim promjenama u kruni stabala. Ovi kriterijumi se zasnivaju na metodi za ocjenjivanje zdravstvenog stanja pojedinačnih stabala, odnosno defolijacije, osipanja četina, opadanja kore, curenja smole i dr. Osnovna ideja za definisanje ove metode je opšte prihvaćena kod većine naučnih i stručnih radnika u oblasti šumarstva, a koncipirana je za praćenje zdravstvenog stanja sušenja i umiranja šuma u Evropi (*International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests*, ICPF). Stvaranje uslova za održavanje stabala u dobroj kondiciji i redukcija populacija potkornjaka predstavljaju cilj kojem treba težiti pri realizaciji uzgojnih i zaštitnih mjera. U cilju preventivne zaštite potrebno je uzgojnim mjerama formirati mješovite sastojine sa lišćarima (bukva, gorski javor, bijeli jasen) grupimične strukture. Naročito su značajne mjere uspostavljanja i kontrole

šumskog reda nakon sječa, koranje stabala i kontrola klopki (Zahirović et al., 2014). U toku sanitarnih sječa potrebno je ukloniti sva suva stabla napadnuta potkornjakom, kao i stabla koja se nalaze u neposrednoj blizini zaraženih jezgara (ivični pojas širine oko $\frac{1}{2}$ srednje sastojinske visine), naročito ako pokazuju simptome napada potkornjacima kao što je npr. promjena boje četinara i curenje smole niz koru stabala. Tokom sanacije vrše se obično čiste sječe kružnog, eliptičnog ili nepravilno izduženog oblika, što ukazuje na potrebu i mogućnost prilagođavanja uzgojnih zahvata skupinasto-prebirnom sistemu gazdovanja koji se najčešće propisuje u operativnim planovima gazdovanja, naročito ako u sastavu sastojina učestvuje i jela. Površine predstavljaju inicijalna podmladna jezgra čiji prečnik je različit i zavisi od intenziteta i trajanja napada potkornjaka (Говедар et al., 2008). U toku prirodne obnove potrebno je prvo obezbijediti uspješnu obnovu ekološki osjetljivije jele, a zatim pristupiti obnavljanju smrče. Ako se radi o zrelim jednodobnim sastojinama smrče, proces obnavljanja moguće je vršiti ivičnim sječama zatvorenog ili progalnog tipa u zavisnosti od sastava i ciljnog omjera smjese. Pored smrče, sušenje jele na više lokaliteta u Republici Srpskoj uzrokovano je razgrađenim sklopom sastojina (prekomjerne sječe u prošlosti), bijelom imelom (*Viscum album* L. subsp. *Abietis*) i gljivama truležnicama (*Armillaria* sp. i *Heterobasidion abietinum*) na fiziološki oslabljenim stablima koje dovode do truljenja debla i korijena i na kraju sušenja stabala. Svakako da ova stabla naseljavaju i potkornjaci, čime se veličina šteta znatno povećava. Karakteristična je pojava bijele imele na jeli naročito u slučajevima degradacije sklopa u sastojinama prebirne strukture (Usćuplić, 1992). Njena pojava može uzrokovati opadanje prirasta čak i preko 50% u odnosu na zdrava stabla, što zavisi od boniteta staništa s obzirom na jelu (Klepac, 1955; Usćuplić et al., 2007). Naime, što su uslovi staništa lošiji, smanjenje zapreminskog prirasta je veće. Osnovni način uzgajanja u pojasu šuma jele ugroženih imelom zbog, između ostalog, i prisustva drozda imelaša (*Turdus viscivorus*) je stablimično prebirni sistem gazdovanja i veće učešće bukve u omjeru smjese sastojina. Što je veća zasjenjenost kruna stabala, manji je indeks zaraženosti (Mujezinović et al., 2018), a takvi uslovi se postižu u potpunom i gustom obrastu u sastojinama prebirne strukture.

Suzbijanje gljiva truležnica je vrlo teško i komplikovano zbog jakih antropogenih uticaja, čime je narušena prirodna ravnoteža u šumama. U okviru preventivnih mjera gajenja preporučuje se forsiranje prirodne obnove ili vještačko pošumljavanje sadnicama iz sjemena lokalne provenijencije. Međutim, potrebno je sprovoditi i dodatne mjere u zavisnosti od uzroka:

sušenje stabala, hronično slabljenje ili trulež pridanka debla. Prvi tip zahtijeva sječu oboljelih stabala, dok se kod druga dva tipa uzgojnim mjerama može održavati tolerantan intenzitet bolesti. Kod dva posljednja tipa odnos između patogena i biljke može se izmijeniti pod uticajem drugih stresnih faktora tako da naknadno dolazi do sušenja stabala koja odmah treba posjeći. Inače, borba protiv svih gljiva truležnica korjenovog sistema je veoma teška, jer mnoga pitanja nisu dovoljno razjašnjena u vezi s biologijom i patogenezom tih gljiva, kao i uticajem mnogobrojnih faktora na pojavu, intenzitet i štete pa nije moguće dati pouzdana uputstva za suzbijanje. Za zaštitu stabala je najvažnije da se spriječi ulazak gljive u zemljište i ostatke drveta poslije sječe, gdje se ona lako održava i odakle ju je veoma teško ukloniti. Borbu protiv ovih gljiva olakšava saznanje da one najlakše prodiru preko panjeva i ozljeda na stablima, pa je potrebno spriječiti prodor spora preko panjeva, a naročito oštećenja koja nastaju u pridanku stabala tokom sječe i izvoza šumskih drvnih sortimenata. Postupci mjera zaštite koje stoje na raspolaganju uključuju izvođenje redovnih sanitarnih sječa u toku ljeta kada rasijavanje bazidiospora nije obilno, uspostava šumskog reda i zaštita svježih posječenih panjeva hemijskim sredstvima ili biološkim preparatima koji sprječavaju naseljavanje panjeva gljivom ili djeluju inhibitorno na rast patogena (Табаковић-Тошић, 2023). Primjena biopreparata je manje efikasna od hemijskih u područjima sa ekstremnim klimatskim karakteristikama, što može predstavljati problem u slučaju razvoja scenarija intenzivnog otopljanja klimata.

Olujni vjetrovi su među najštetnijim prirodnim opasnostima u Evropi, sa oko pet milijardi EUR procijenjenih godišnjih gubitaka u Evropskoj uniji (FE, 2020). Usljed jakih vjetrova nastalo je više od polovine šteta u evropskim šumama, a očekuje se da trend globalnog negativnog uticaja olujnih vjetrova bude u porastu sa trendom klimatskih promjena (Schlyter et al., 2006; Bender et al., 2010; Knutson et al., 2010; Lakatos and Mirtchev, 2014; Seidl et al., 2014).

Najveće štete nastaju u područjima sa niskim vazдушnim pritiskom tokom jesenjih i zimskih mjeseci (Martínez-Alvarado et al., 2012). Katastrofalne štete u šumama srednje Evrope nastale su 1990. godine (Schönenberg 2002; Schönenberg et al., 2002), te 1999. godine u Francuskoj, Njemačkoj i Švajcarskoj od olujnog vjetra "Lotar", kada je uništeno 165 miliona kubika drveta (Angst et al., 2004). Tokom 2005. godine u Švedskoj vjetar "Gurdun" uništio je 75 miliona kubika, a 2007. godine u Njemačkoj i Češkoj vjetar "Kiril" uništio je 49 miliona kubika. Vjetrovi "Klaus" i "Ksintija", tokom 2009. i 2010. godine, u Francuskoj i Španiji oštetili su 45 miliona kubika

(Gardiner et al., 2010), a 2018. godine u Italiji vjetar “Vaia” ošteti je 8,5 miliona kubika. Za jugoistočnu Evropu karakteristično je da olujni vjetrovi u šumskim kompleksima stvaraju mozaik oštećenja sklopa sastojina sa pojedinačnim zaostalim stablima koja nisu prelomljena ili izvaljena (Nagel i Diaci, 2011). Tokom posljednje dvije decenije prema podacima Federalnog hidrometeorološkog zavoda BiH i Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srpske utvrđen je trend porasta intenziteta i frekvencije olujnih udara vjetra u Bosni i Hercegovini koji su zabilježeni na Bjelašnici (60 m/s ili 216 km/h), zatim na području Hercegovine (Mostar i Trebinje), te sjevernim dijelovima Bosne i Hercegovine sa brzinom preko 30 m/s. Na planini Lisina kod Ribnika 2017. godine usljed “pijavice, trombe” izvaljeno je i prelomljeno preko 10.000 m³, zatim 2019. godine na planini Sjemeć uništeno je čak oko 50.000 m³, a iste godine na planinama Visočnik i Romanija 35.000 m³ drvene zapremine. U vegetacijskom pojasu šuma bukve i jele sa smrčom, na području šumske uprave “Oštrelj” Drinić na lokalitetima Kozila i Vrletina od vjetra je oštećeno 633,94 m³ drvene zapremine. Pri međusobnom poređenju veći procenat izvala se javlja kod obične smrče (74%), dok je kod jele veći procenat preloma (41%) (Lakić, 2020).

Ove pojave ukazuju na to da je potrebno povećati otpornost šuma na negativne olujne vjetrove (otvaranje komunikacija, regulisanje sastava šuma, izgradnja vjetrobranih šumskih pojaseva, gajenje mješovitih raznodobnih sastojina, primjena kombinovanih metoda obnavljanja šuma i dr.). Za područja ugrožena vjetrom potrebno je u toku sječa prirodne regeneracije ostavljati vjetrobrane pojaseve (Matić, 1969) i posebnu pažnju posvećivati prostornom uređenju sastojina, naročito u brdsko-planinskim područjima kod izrade projekata za izvođenje radova (Doležal, 1981). U nepovoljnim uslovima na većim nadmorskim visinama i područjima sa učestalim jakim udarima vjetra na području Švarcvalda primjenjuje se Eberhardova kombinovana sječa sa sječinama u obliku klina (Eberhard, 1922). Formiraju se uske a dugačke sječine i sastojine se obnavljaju sa dugim opštim podmladnim razdobljem kako bi starosna i vertikalna struktura sastojinama omogućila veću otpornost na vjetar. Veća zaliha tankog drveća (10–29 cm) doprinijela je većoj otpornosti šumskih sastojina, dok veća zastupljenost debelih stabala ($d \geq 50$) uzrokuje veću osjetljivost na vjetar (Klopčič et al., 2009). Struktura prebirnih sastojina sa stepenastim, prebirnim sklopom i dominantno većim učešćem tanjih stabala do 30 cm debljine smanjuje rizik od oštećenja izazvanih vjetrom. Povećanjem učešća bukve do 20% u sastojinama sa smrčom značajno se smanjila ugroženost od vjetra, a čiste sastojine smrče su 2,7–3,8 puta manje otporne na jake

vjetrove od čistih bukovih sastojina (Schütz et al., 2006). Takođe, odgovarajući način gazdovanja jednodobnim šumama (npr. izbor vrsta otpornih na jake vjetrove, njega mladih sastojina, vrsta i intenzitet proredne sječe, dužina ophodnje, vrijeme i dinamika sjekova, vjetrobrani pojasevi i dr.) mogu povećati otpornost sastojina na negativni uticaj vjetra. Veoma često se kao mjera otpornosti sastojina na destruktivno djelovanje vjetra koristi koeficijent vitkosti ($K_v = H/D$) stabala (Abetz, 1976; Burschl i Huss, 1997). Koeficijent vitkosti je rezultat (efekat, derivat) vertikalne strukture sastojine, njene starosti, odnosno visine i gustine, kao i primjene šumskouzgojnih tretmana. Smatra se da visoke vrijednosti K_v (veće od 100) ukazuju na nestabilne sastojine koje lako stradaju od vjetra. Za područje Njemačke smatra se faktor vitkosti od cca. 80 kao povoljan za smrču (Abetz, 1987), a predlažu se sljedeće vrijednosti: za četinare vrlo nestabilna ($H/D > 100$), nestabilna ($H/D 80-100$), stabilna ($H/D < 80$), soliterna stabla ($H/D < 45$) (Burschl i Huss, 1997). Međutim, korišćenje samo ovog pokazatelja u pogledu otpornosti na vjetar nije dovoljno pouzdano (Oliveira, 1987; Schütz et al., 2006). Sigurnije uzgojne prakse koje se preporučuju kao preventiva za otpornost na vjetar su gajenje raznodobnih, mješovitih sastojina sa intenzivnim mjerama njega, a u zapuštenim nenjegovanim sastojinama češći i umjereni zahvati proredama. Najvažnija profilaktička mjera za izbjegavanje oštećenja od vjetra je izbor vrsta drveća i provenijencija koje su prilagođene uslovima staništa. Na područjima sa visokim rizikom, osjetljive vrste kao što je smrča treba izbjegavati ili miješati u malom udjelu. Sastojine lišćara i mješovitih četinarsko-lišćarskih vrsta manje su osjetljive od čistih četinarskih sastojina. Ipak, osjetljivost sastojine se određuje od trenutka nastanka sastojine i naknadno modifikuje vremenskim rasporedom i intenzitetom njega tokom juvenilnih faza i prorjeđivanjem sve do zrelih sastojina. Mala početna gustina sadnje kod pošumljavanja (1.500 do 2.500 sadnica po hektaru), kao i rana i redovna njega (srednjeg do visokog intenziteta), dovode do razvoja stabala sa dobro razvijenim korjenovim sistemom, manjim stepenom vitkosti i koja pokazuju manju osjetljivost na oštećenja od vjetra. Na lokacijama s visokim rizikom od oštećenja vjetrom, skraćenje ophodnje može biti opcija za ublažavanje šteta. Stabilne, dobro strukturirane ivice šuma štite sastojine od vjetra i drugih klimatskih stresora. Raznodobne šume otpornije su na oštećenja od oluja jer sadrže mlada stabla ispod krošnje starih stabala koja ubrzavaju oporavak šuma. U visokim sastojinama sa prirodnom obnovom, naročito ako su prebirne strukture, godovi su u početku rasta stabala veoma uski jer se stabla nalaze u uslovima duboke zasjene, a kasnije, kada stabla dostignu povoljniji položaj, godovi su širi, a

debljinski prirast je sve veći. To se odražava na mikrofibrilni ugao koji je definisan kao ugao između ose ćelije i celuloznih mikrofibrila (Neagu et al., 2006). Smanjenje tog ugla sa starenjem stabala ima uobičajen trend jer je najveći u prvim, najstarijim godovima i smanjuje se u godovima udaljenijim od srži (Lindstrom, 1997), što takođe povećava otpornost stabla na savijanje i prelom. U klasičnom sistemu površinski i starosno uređenih sastojina (*age-class sistem*) sastojine različite starosti su raspoređene u odnosu na preovlađujući smjer vjetra, tako da mlađe sastojine dovode do blagog podizanja vazдушnih masa i na taj način pružaju zaštitu starijim sastojinama. Posebno su osjetljive šumske kulture u kojima ranije nisu provođene mjere njege i kod kojih je visok koeficijent vitkosti stabala. Kao preventivne šumskouzgojne mjere njege potrebno je vršiti rane i česte proredne zahvate sa umjerenom jačinom zahvata. Unatoč blagotvornom djelovanju na stabilnost šuma na duži rok, prorede odmah nakon intervencija dovode do smanjenja otpornosti sastojina na vjetar (i snijeg). Ovaj destabilizirajući efekat traje nekoliko godina i to je izraženiji što je sastojina bila gušća i veće sastojinske visine prije prorjeđivanja. U borovim i smrčevim kulturama koje su najčešće nenjegovane, sa visokim koeficijentom vitkosti (oko 100), u našim uslovima potrebne su hitne mjere njege proredama (najčešće mješovite prorede) sa umjerenom jačinom zahvata (do 20% po zapremini) i prorednim intervalom 5–8 godina u zavisnosti od starosti sastojina (Говедар et al., 2013).

Uzgojne mjere kao preventiva zaštite i adaptacije šuma na klimatske promjene

U cilju unapređenja zdravstvenog stanja šuma razvijen je koncept integralne zaštite šuma koji podrazumijeva jedinstvo uzgojnih i zaštitnih mjera koje mogu biti dugoročne (preventivne) i kratkoročne (represivne). Preventivne uzgojne mjere u praksi, između ostalog, primjenjuju se da zaštite biljke od izazivača šteta prilagođavanjem uslova rasta i razvoja u sastojini ekološkim osobinama drveća u cilju odvrćanja štetnog agensa ili sprječavanja njegovog razvoja. U planskom smislu ove mjere podrazumijevaju utvrđivanje prioriteta uzgojnih aktivnosti za prevenciju sušenja i šteta u šumi. Jedan od eventualnih problema primjene ovih mjera je taj što bi se te mjere trebale praktično provoditi znatno češće u istim sastojinama, naročito onih vrsta drveća koje su više ugrožene, nego što je to definisano postojećim planskim dokumentima. Uzgojni efekti su najuticajniji kada se primjenjuju nekoliko

godina prije pojave zdravstvenih problema. Preventivne uzgojne mjere su najbolje sredstvo za sprječavanje pojave sušenja šuma (Gottschalk, 1987) i one predpostavljaju dobro zdravstveno stanje šuma. Pred uzgajanje šuma postavlja se veoma težak zadatak, jer se na osnovu sadašnjeg stanja i projekcija neizvjesnih događaja i rizika u budućnosti očekuju pozitivni efekti za usluge koje pružaju šumski ekosistemi. Promocija raznolikosti na svim nivoima ekosistema olakšava efikasne procese samoregulacije u šumskim ekosistemima, npr. stvaranjem niša za prirodne neprijatelje insekata štetočina i gljivičnih patogena. Mjere za prevenciju od šteta, koje su u skladu sa savremenim konceptima uzgajanja šuma, uključuju: izbor vrsta drveća prilagođenih uslovima pojedinih lokaliteta prema ekološkim karakteristikama vrste (statički pristup), razmatranje promjenjivosti klime u procjeni rizika za izbor vrsta drveća (dinamički pristup), uvažavanje rizika za različite štetne faktore, korišćenje ekotipova i provenijencija vrsta drveća koje su primjerene za vještačku regeneraciju (usklađenost odnosa stanište – vrsta), osnivanje i promociju mješovitih sastojina sa vrstama različitih bioekoloških osobina, podržavanje raznolikosti u pogledu genotipova, starosti i strukture sastojine, prirodnu regeneraciju šuma, njegu sastojina, pošumljavanje, blagovremeno (konsignacija “slučajnih užitaka”) provođenje uzgojno-sanitarnih sječa kako bi se spriječilo izbijanje sekundarnih insekata štetočina, diversifikaciju šumskih sastojina, ivica šuma, slojeva žbunja i prizemne flore i povećanje učešća mrtvog drveta kao specifičnog mikrohabitata. Da bi se smanjio uticaj početnih predisponirajućih faktora kakvi se dovode u vezu sa otopljanjem klimata, najveći značaj imaju mjere kojima se preventivno obezbjeđuje veća adaptibilnost šuma primjenom njege šuma, šumskih melioracija i prirodne regeneracije. Prema usvojenim strateškim dokumentima od strane Evropske komisije za Evropsku uniju, kao što je Strategija razvoja šumarstva Evropske unije, pored osnovnog načela koje se odnosi na održivi razvoj i multifunkcionalnost kao stratešku orijentaciju, ističe se potreba adaptacije i jačanja kapaciteta šuma prema klimatskim promjenama (EC 2013).

Postoje najmanje tri faktora klimatskih promjena na koje drveće mora da se prilagodi: povećanje temperature, povećanje koncentracije ugljen-dioksida i povećanje depozicije nitrata. Neki faktori koji su takođe važni i utiču na drveće, odnosno šumsku granicu, nisu dovoljno razjašnjeni, kao što je smanjena solarna radijacija zbog veće oblačnosti ili prisustva aerosola (Stanhill i Cohen, 2001).

Značajne probleme u šumarstvu predstavljaju spora i relativno mala mogućnost prilagođavanja ekosistema novim uslovima usljed klimatskih

promjena koje su veoma dinamične i brze, a produkcionni period u šumarstvu je dugotrajan, kao i nedostatak preciznih informacija o stepenu ugroženosti pojedinih šumskih zajednica (Говедар et al., 2023). Mnogobrojni rizici u upravljanju šumama mogu biti indukovani otopljanjem klimata. Zbog toga je važna veza između principa adaptacije šuma na klimatske promjene i šumskouzgojnih mjera (Tabela 1). Za upravljanje šumama od suštinskog značaja je smanjenje osjetljivosti šuma i povećanje njihove stabilnosti, a to u gajenju šuma, u prvom redu, uključuje izbor vrsta otpornih na zagrijavanje i sušu, korišćenje sadnog materijala različitih provenijencija, sadnju vrsta drveća prilagođenih očekivanim klimatskim uslovima, kao i potpomognutu prirodnu obnovu prilagođene vrste ili varijeteta.

Tabela 1. Principi adaptacije na klimatske promjene i uzgojna praksa (prilagođeno prema Wilhere, 2002)

Table 1. Principles of adaptation to climate change and breeding practice (adapted according to Wilhere, 2002)

Uzgojne prakse	Principi					
	1	2	3	4	5	6
Prebirna sječa uključujući principe transformacije		x		x	x	
Sječe obnavljanja šuma	x	x	x			x
Dugačka opšta podmladna razdoblja		x	x	x	x	
Obnavljanje sjemenskim stablima pričuvcima	x	x	x			
Prirodno podmlađivanje	x	x	x			
Vještačko obnavljanje	x			(x)		
Uvođenje provenijencija iste vrste			x	(x)		
Njega šuma	x	x		x		
Prorede	(x)	x		x		x
Smanjenje šteta prilikom izvođenja sječa				(x)		
Skraćenje ophodnje				x	x	x
Kontrola uticaja divljači na obnavljanje šuma	x	x				

1 – Povećanje diverziteta, 2 – Uvećanje strukturnog diverziteta, 3 – Održavanje i uvećanje genetskih varijacija unutar drvenastih vrsta, 4 – Povećanje otpornosti pojedinačnih stabala na biotički i abiotički stres, 5 – Zamjena visoko rizičnih sastojina, 6 – Zadržavanje zapremine na nižem nivou (ili ne), x – Uzgojna praksa čijom primjenom može u potpunosti da se sprovede princip, (x) – Uzgojna praksa čijom primjenom može djelimično da se sprovede princip.

Praktične uzgojne mjere utiču preventivno na povećanje otpornosti šuma i na ostvarivanje principa adaptacije šuma, a najveći uticaj imaju sječe

prirodnog obnavljanja šuma, mjere njege (prorede) i duga opšta podmladna razdoblja kod jednodobnih šuma ili kod primjene skupinastog sistema gazdovanja (Говедар et al., 2023). Strateške mogućnosti za gajenje šuma podrazumijevaju mapiranje osjetljivosti staništa i sastojina na klimatske promjene, prilagođavanje sastava sastojina i izbor odgovarajućih uzgojnih sistema kao odgovor na trenutne ili očekivane klimatske promjene sa ciljem smanjenja štete, odnosno iskorišćavanja prednosti (IPCC, 2001). Takav pristup u šumarstvu na globalnom nivou uticao je na uvođenje koncepta “klimatski pametnog šumarstva” (*Climate-Smart Forestry*, CSF) koje promoviše mjere za povećanje ukupne šumovitosti, izbjegavanje krčenja šuma, adaptaciju upravljanja šumama radi povećanja otpornosti šuma na klimatske promjene i upotrebu drveta za izradu raznih proizvoda koji skladište ugljenik ili da drvo kao izvor energije zamjenjuje fosilna goriva i tako sprječava invazivnu emisiju gasova koji izazivaju “efekte staklene bašte” (Temperli et al., 2022). Zbog toga će se u šumama u budućnosti i njihovom brojnom populacijom morati provoditi proaktivne uzgojne mjere u cilju njihove zaštite s obzirom na predviđene prijetnje klimatskim promjenama koje uzrokuju nove rizike i neizvjesnosti (Maciver i Wheaton, 2005). U suštini, posebno značajne mjere za adaptaciju šuma predstavljaju preventivne uzgojne mjere koje podrazumijevaju pasivne i aktivne mjere prilagođavanja (Bolte et al., 2009).

Pasivne mjere se odnose na očuvanje postojećih šumskih ekosistema, a zasnovane su na pretpostavci da će negativni uticaji biti mali i da će šume vršiti dinamičku samoregulaciju prilagođavanja i povećanja otpornosti ekosistema pred klimatskim promjenama. Ovaj način prilagođavanja šuma koristi prirodnu, inherentnu otpornost i sukcesiju procesa šumskih ekosistema i podrazumijeva male intenzitete provođenja tradicionalnih uzgojnih mjera ili čak njihov prestanak. Kao primjer ističu se prašume kao prirodno i spontano razvijani šumski ekosistemi koje u tom smislu imaju poseban značaj za praćenje i analizu razvoja pasivnih metoda adaptacije šuma. Struktura, dinamika razvoja i prirodne zakonitosti prašuma koriste se kao referentni pokazatelji za gazdovanje privrednim šumama (Говедар, 2022). Prašume kontinuirano vjekovima apsorbuju CO₂ u produkciji biomase (Luyssaert et al., 2008; Körner, 2017), ali nije jasno da li će se ponor ugljenika smanjiti ili čak zaustaviti kada prašume uđu u stabilno stanje sekvestracije ugljenika u biomasi i gubitka ugljenika zbog razgradnje mrtvih ostataka drveta i organske materije u zemljištu (Desai et al., 2005; Pukkala, 2018). Nastojanja na pretvaranju privrednih šuma u netaknute stare šume sa ciljem povećanja površina šuma različitih režima zaštite radi ublažavanja klimatskih promjena idu u pravcu

primjene pasivne adaptacije. Takođe, nakon šteta nastalih usljed negativnih abiotičkih i biotičkih faktora, sastojine se prepuštaju prirodnim procesima sukcesije i regeneracije, što može imati različite posljedice. Kasne sukcesijske vrste su uglavnom favorizovane u dominantnim sistemima uzgoja šuma u srednjoj Evropi, čime se ograničava mogućnost da rane sukcesijske vrste drveća tolerantne na stres razviju otpornije šume (Bolte et al., 2014). Takve pojave mogu izazvati dileme u pogledu sanacije površina napadnutih potkornjacima, naročito u čistim jednodobnim sastojinama smrče. Naime, nakon prepuštanja spontanoj prirodnoj regeneraciji, u zavisnosti od veličine i oblika sanirane površine, javlja se različit stepen zakorovljenosti ili pojava neželjenih vrsta drveća, a na uspjeh prirodnog obnavljanja utiče izloženost ivica saniranih površina novonastalim mikroklimatskim uslovima (Говедар et al., 2008). Prepuštanje prirodnom procesu sukcesije i regeneracije usloviće nastanak sastojine sa dominacijom vrsta drveća (npr. smrča) čija perspektiva u budućnosti usljed otopljanja klimata može biti ugrožena.

Aktivne mjere gazdovanja ili planirana adaptacija podrazumijeva re-definisanje šumarskih ciljeva i praksi uzgajanja šuma imajući u vidu rizike i neizvjesnosti naročito u kontekstu velikih uticaja klimatskih promjena (Bernier i Schoene, 2009). One između ostalog podrazumijevaju mjere koje se primjenjuju u sastojinama građenim od vrsta sa izraženom klimatskom tolerancijom, u sastojinama sa namjenski izraženom funkcijom i visokim rizikom od ugrožavajućih faktora biotičke i abiotičke prirode. Aktivno adaptivno gazdovanje šumama podrazumijeva blagovremenu primjenu uzgojnih mjera prirodnog obnavljanja šuma, prorede, promjenu sastava sastojina, pošumljavanje i unošenje alternativnih vrsta u cilju formiranja strukture sastojina koje su najotpornije na negativne rizike. Najčešće se kao mjere borbe u aktivnoj i preventivnoj zaštiti šuma primjenjuju uzgojno-sanitarne mjere. Primjenom ovih mjera čine se pokušaji da se predvidi populacija izazivača štete i njeno trajanje. One mogu biti neefikasne prema agresivnim ili virulentnim štetnim agensima, rasprostranjenim populacijama i udaljenim izvorima infekcija kao što su u slučajevima holandske bolesti (*Ophiostoma novo-ulmi*) (Lazarev, 2006). U okviru ovih mjera značajne su sanitarne sječe kao ekonomski atraktivniji način zaštite, ali one obično gube na uzgojnom značaju jer se svode samo na uklanjanje već suvih i oboljelih stabala. Preventivni uzgojni značaj za zaštitu sastojina lišćarskih vrsta podrazumijevale bi aktivnosti njihovog spašavanja prije početka umiranja. Kod četinara stanje mora biti sanirano odmah nakon sušenja stabala jer do pogoršanja dolazi zbog pojave gljiva koje dovode do promjene obojenosti drveta. Aktivna adaptacija zasnovana

na uzgoju prirodnih šuma i provođenju mjera prirodnog obnavljanja daje niz prednosti u pogledu očuvanja genetskog potencijala i raznolikosti, koji su veoma značajni za borbu protiv otopljanja klimata. Ove promjene utiču na promjenu faktora šumske ekoklime režima svjetlosti, toplote i vlažnosti, a velike genetske varijacije u sastojinama i uzgojne mjere omogućavaju lakše prilagođavanje na nove klimatske uslove. Porast prosječne temperature vazduha utiče na produžavanje trajanja vegetacionog perioda. Utvrđeno je da u prirodnim uslovima na planinskom lancu Jure bukva (*Fagus sylvatica* L.) pokazuje veću otpornost na porast temperature nego smrča (*Picea abies* L. Karst). Naime, smrča ranije zatvara stome čak i dok još u zemljištu ima dovoljno vode kako bi spriječila hidrički stres, za razliku od bukve kojoj je potrebno više vremena da zatvori stomine otvore, što joj omogućava da i dalje apsorbuje CO₂ i nastavi s rastom. To bukvi daje prednost u pogledu prilagođavanja toplijim klimatskim uslovima u odnosu na smrču (Sanginés de Cárcer et al., 2018). Ovaj pristup je predložen u oblastima sa većom vjerovatnoćom uticaja klimatskih promjena i izloženosti klimatskim ekstremima. U uslovima očuvanog genetskog potencijala i šumskih staništa potrebno je primjenjivati aktivno adaptivno gazdovanje šumama sa strategijom povećanja i očuvanja genetičkog diverziteta, gajenjem mješovitih i raznodobnih šuma autohtonih vrsta drveća. Uticaji promjena klime biće manji ako je šuma po sastavu i strukturi raznovrsnija prema uticaju tradicionalne ekološke teorije “raznolikost rađa stabilnost” (Bodin i Wiman, 2007). Aktivno upravljanje ima prednost nad pasivnim zbog toga što je monitoring integrisan u upravljački proces i donošenje odluka zasnovano je na prilagođavanju planova promjenama na osnovu rezultata kontrole. Primjenom biomonitoringa ostvaruje se izvjesna sigurnost kod tumačenja složenog i nedovoljno poznatog problema propadanja šuma, a sve to u cilju valjanog određivanja uzgojnih i zaštitnih mjera, posebno kada se radi o prevenciji i adaptaciji šuma na nove uslove.

Prirodi blisko gajenje šuma u kontekstu adaptacije šuma na klimatske promjene

Prirodi blisko gajenje šuma (*Close to nature Silviculture*, CNS) predstavlja uzgojne aktivnosti ograničene prirodnim procesima, gdje se prirodni stanišni potencijal nastoji optimalno koristiti za očuvanje biodiverziteta, genetske varijabilnosti, trajno održivog razvoja šuma, prirodnosti i povećanja produktivnosti šuma. Istorijski, ovaj koncept potiče od Alfreda Melera (Alfred Möller;

1860–1922), profesora na Šumarskoj akademiji iz Ebersvalda, koji 1921. godine opisuje “vječnu, trajnu šumu” (*Dauerwald*) i smatra da ona predstavlja alternativu konvencionalnom osnivanju jednodobnih četinarskih monokultura u Njemačkoj. Kasnije je, kao opcija ovim monokulturama, promovisana potreba za povećanjem mješovitosti sastava i neujednačenom, raznodobnom strukturom sastojina (Mlinsek, 1994). Međutim, tokom razvoja ovog koncepta uočeno je da šumskouzgojne prakse zasnovane na uspostavljanju “vječne šume” ne treba da budu nametnute, već uzgoj šuma treba da bude zasnovan na prirodnim procesima u razvoju šuma (Leibundgut, 1982; Schütz, 2002; Diaci, 2006).

Drevni koncept prebirnog gazdovanja mješovitim šumama karakteriše kontinuirani šumski pokrivač, neposredna blizina različitih vrsta drveća, različite starosti i neujednačena strukturna izgrađenost. Ovaj koncept najčešće se ističe kao uspješan u Švajcarskoj, Njemačkoj i Sloveniji (Guldin et al., 2017). Međutim, Bosna i Hercegovina se nedovoljno ističe ili čak zapostavlja u pogledu prebirnog gazdovanja pa time i prirodi bliskog gajenja šuma naročito u pogledu njihove dugoročne primjene prvenstveno u šumama bukve i jele sa smrčom. Uostalom, u BiH se nalaze veoma očuvane sastojine bukve i jele sa smrčom, prebirne ili veoma bliske prebirnoj strukturi, koje mogu biti primjer najvažnijih osobina tih sastojina u Evropi (Govedar, 2005; O’Hara et al., 2018). Iako preborno gazdovanje ima velike prednosti, koje se sastoje u dugoročnoj i ravnomjernoj sposobnosti šume da obavlja sve funkcije zasnovane na biološkoj racionalizaciji ili “prirodnoj automatizaciji” (što je čini apsolutno jedinstvenom), strukturu prebirne šumske sastojine veoma je teško postići i održati na duže vrijeme u praksi (Schütz, 2002). Ideja o prebirnoj šumi odigrala je izuzetnu ulogu u razvoju prirodi bliskog gajenja šuma i stopila se sa istorijom modernog šumarstva. Prebirna šuma postala je uzor gazdovanja šumama i danas smo svjedoci izuzetnog interesovanja za prebirni sistem gazdovanja i njegov proizvod (prebirnu šumu), kao vrhunac gajenja šuma bliskog prirodi (Saniga i Vencurik, 2007). Cilj prirodi bliskog gajenja šuma je reformisati tradicionalni način gazdovanja tako da ono oponaša prirodne procese u šumi, razvija prirodne šumske strukture, prati njihovu dinamiku i osigura ekološku stabilnost, a da pri tome ne ugrožava funkcije šumskih ekosistema, odnosno da se obezbijedi njihov održivi razvoj. Ipak ovaj pristup može imati određene implikacije u pogledu regeneracije vrsta drveća lokalnih provenijencija jer se tako kompromituje “potpomognuta migracija” (Bolte et al., 2014), pa se u kontekstu klimatskih promjena nameće ključno pitanje: Koliko su metode uzgoja šuma bliskog prirodi kompatibilne

sa principima prilagođavanja tim promjenama? Brojni rezultati istraživanja pokazuju da je grupimično-prebirni sistem u okviru CNS najfleksibilniji sistem u svjetlu prilagođavanja šuma klimatskim promjenama (Brang et al., 2014). Ipak, kod primjene CNS postoje nedostaci u pogledu uklanjanja visokorizičnih sastojina, razvoja genetičkog varijabiliteta i biodiverziteta, što se može prevazići ukoliko bi CNS više forsirao heliofite i alohtone vrste. Ovim bi se u okviru CNS koristilo u većoj mjeri vještačko obnavljanje, specifične metode njege šuma i unošenje vrsta sa većim potencijalom adaptacije. CNS uključuje ne samo preborno gazdovanje već i gazdovanje sistemima zasnovanim na nejednoličnim oplodnim sječama (*Femelschlag*). Naime, prihvaćeni koncept CNS ne znači sam po sebi šumskouzgojni sistem, već obuhvata niz sistema, koji slijede određene principe, npr. izbjegavanje čiste sječe i preferiranje prirodne regeneracije zrelih sastojina, favoriziranje sječe pojedinačnih stabala i koncentracija na razvoj pojedinačnih stabala radi optimalne vrijednosti drveta. Težnja je da konačna struktura sastojine u praksi izgleda slično onoj koju dobijamo prebirnim gazdovanjem, odnosno pridržavanje principa “prirodne šume na svom prirodnom mjestu” (Hofmann i Jenssen, 1999). Prebirni sistem gazdovanja naročito u mješovitim sastojinama omogućava strukturnu heterogenost pa je distribucija rizika usljed otopljavanja klimata u toku gazdovanja smanjena. Ipak, takvim gazdovanjem kao tradicionalnim u našim uslovima, možemo se sresti sa potrebom zamjene visoko produktivnih, ali ranjivih stabla jedne vrste drveća sa vrstom koja je tolerantnija na buduće klimatske uslove, što može implicirati neželjene ekonomske posljedice za sektor šumarstva.

U okviru CNS u srednjoj Evropi koristi se tzv. transformacija, u prvom redu sastava, i prilagođavanje strukturnih oblika, naročito vještački osnovanih sastojina smrče i borova. To je uzrokovano brojnim poremećajima tih sastojina koje su intenzivno osnivane u cilju većeg prinosa i ekonomske dobiti u odnosu na lišćarske šume. Zanimarivanjem uzgojnih mjera i lošim odnosom vrsta – stanište sastojine stradaju od vjetrova i snijega, zbog čega se razvila potreba za transformacijom takvih šuma u mješovite sastojine najčešće sa autohtonim lišćarima. Ovaj pristup razvoju mješovitih i raznodobnih šuma afirmiše se kroz alternativne uzgojne metode i mjere koje su u skladu sa potrebama za adaptivnim upravljanjem i rizicima uzrokovanim, primarno otopljavanjem klimata, a zatim degradacijom šuma i zemljišta i pojavom štetočina i bolesti. Transformacija čistih sastojina u pogledu sastava vrsta podrazumijeva, između ostalog, najčešće unošenje vještačkim putem drugih vrsta, ali i prirodni proces obnavljanja u vještački osnovanim ugroženim sastojinama autohtonih

i alohtonih vrsta drveća. Jednostavna supstitucija u vještački osnovanim sastojinama smrče daje slabije rezultate nego supstitucija na progalama i pod zastorom krana (Tijardović, 2015). Zbog toga je, u slučaju nesigurnosti u postupku transformacije sastava takvih šuma, preporučljivo u startu osnivanje sastojina četinara sa lišćarima (smrče sa bukvom, jelom ili crnog bora sa hrastom kitnjakom), kao i osnivanje tzv. pretkultura koje treba da pomognu u pripremi staništa za nove vrste. U cilju prilagođavanja strukturne izgrađenosti tokom transformacije sastojina, njega sastojina ima ključnu ulogu, ali i pozitivan uticaj na opštu stabilnost, kao i na razgradnju organskih materija u zemljištu. U kulturama smrče dobri rezultati mogu se postići podsijavanjem sjemena bukve ili sadnjom sadnica u uslovima polurazložene šumske prostirke, a u kulturama alohtonih vrsta, kao što su npr. evropski ariš (*Larix decidua* Mill.) ili duglazija (*Pseudotsuga mensiessi* (Mirb.)), prirodno se naseljavaju u podstojnu etažu autohtoni lišćari bukva, hrast kitnjak, lipa, trešnja i dr. Nekada prirodna obnova nije poželjna u slučaju pojave novih jedinki iz izbojaka tzv. agresivnih vrsta sa velikom izbojnom snagom, kada se vrsta nekontrolisano širi. U slučajevima kvalitetnih čistih jednodobnih sastojina na boljim bonitetima staništa za glavnu vrstu drveća koja se evidentno uspješno obnavlja, transformacija strukturnog oblika može biti veoma uspješna mjerama prirodnog obnavljanja pri kraju ophodnje. Cilj transformacije sastava šuma podrazumijeva selekciju kroz odgovarajuće mjere njege i prореde (prethodni prinos u jednodobnim šumama) najrazvijenijih i kvalitetnih stabala budućnosti i treba da omogući optimalan razvoj i obnavljanje šuma u smislu zadovoljavanja ciljeva gazdovanja. Efekti transformacije sastojina uočavaju se nakon dužeg vremena kroz proces tzv. "konceptualnog modela razvoja šuma" i izražene faze transformacije kroz obogaćivanje vrstama (mješovitost sastojina), promjenu strukture i formiranje gustog i kontinuiranog sklopa (Gärtner i Reif, 2004). Ako se transformacija provodi sistematski uz kontrolu, posebno ekološki monitoring može biti efikasno sredstvo za stvaranje visoko stabilnih sastojina (Andreassen i Øyen, 2002). U procesu transformacije sastojina veliki uticaj ima odnos i reakcija različitih vrsta prema primarnom uzroku poremećaja u šumama, odnosno klimatskim promjenama. Porast temperature vazduha kod hrasta kitnjaka i hrasta lužnjaka poboljšava otpornost sjemena na stres i povećava klijavost (Rossi, 2015). Lužnjak u uslovima kontinentalne klime ima širok spektar tolerancije na negativne uticaje faktora abiotičke prirode (Cooper et al., 2019). Smrča ima "epigenetsko pamćenje" prema dužini dana i temperaturi, naslijeđeno od roditelja (Caignard et al., 2017), a rast duglazije prati pozitivne klimatske promjene na većim nadmorskim visinama

i geografskim širinama (Bigler et al., 2018). U mnogim državama Centralne Evrope u XX vijeku (kao i na našem prostoru), na staništima lišćara, vještački i zamjenom vrsta osnovane su sastojine četinarara. Glavni razlozi bili su visoka tolerancija smrče (*Picea abies* L. (Karst.)) i bijelog bora (*Pinus silvestris* L.) te njihova sposobnost da dobro uspijevaju na degradiranom zemljištu koje je često nastajalo zbog prekomjerne eksploatacije šuma (Hasel, 1985). Drugi razlog bila je ekonomska korist od četinarskog drveta, tj. veće stope rasta i proizvodnja vrednijeg drveta. Međutim, osnovni problem upravljanja i gazdovanja takvim šumama u kasnijim fazama razvoja (srednjedobne sastojine) je njihova velika ugroženost negativnim uticajima faktora biotičke i abiotičke prirode i njihova potencijalna nestabilnost, jer su četinari na tim staništima introdukovani. Isticanjem zahtjeva za višenamjenskim upravljanjem i gazdovanjem šuma i zbog sve većeg pritiska da se diverzifikuju funkcije šuma, javljala se ideja da se takve šume transformišu u prirodniji oblik. Tako je krajnji cilj ekološki orijentisane transformacije čistih i jednodobnih sastojina smrče u Njemačkoj bio obnova planinske šume, sa grupimičnom smjesom 30–60% jele, 20–60% smrče i 10–50% evropske bukve, kako bi šuma dobila mozaičnu strukturu po sastavu vrsta, različite starosti (Kenk i Guehne, 2001). Efekti transformacije primjenom uzgojnih mjera proreda uz izbor stabala budućnosti u tim šumama, ogledaju se u opadanju zastupljenosti acidofilnih mahovina i vaskularnih biljaka i povećanju učešća vrsta kojima je potrebno umjereno bazno snabdijevanje. Završna faza i uspjeh transformacije ogleda se u gustom neprekidnom šumskom obrastu (*Continuous Cover Forestry*, CCF) i na osnovu prizemne flore koja je karakteristična za mješovite četinarsko-lišćarske šume (Gärtner i Reif, 2004). Slični efekti transformacije utvrđeni su i kod čistih bukovih šuma, čak i raznodobnih sastojina, koji pokazuju da se funkcija zaštite zemljišta na strmim terenima smanjuje u starijim razvojnim fazama uporedo sa opadanjem prirasta stabala i korijenovog sistema, uz prisutnu težnju razvijanja jednospratne strukture (Schütz, 2001). Nedostatak mješovitosti sa drugim vrstama drveća umanjuje efekat zaštite u poređenju sa optimalnom mješovitom strukturom šuma, npr. bukve sa jelom i smrčom i ostalim lišćarima. Različiti oblici raznodobne strukture bukovih šuma u smjesi sa četinarima obezbjeđuju visok nivo intercepcije (zadržavanje vode), transpiracije, naročito kod četinarara na početku vegetacionog perioda, kada lišćari nemaju formirane asimilacione organe, i putem infiltracije, odnosno zadržavanja vode u mrtvoj prostirci.

U šumama zaštićenih prirodnih dobara u cilju očuvanja, unapređenja stanja i obnavljanja, u posljednjoj deceniji promovisan je koncept “aktivne

zaštite”, čime se omogućava definisanje i određivanje “privremenog optimalnog stanja”, a predstavlja preduzimanje odgovarajućih uzgojnih zahvata u cilju usmjeravanja procesa u pozitivnom smjeru, odnosno dozvoljava strogo kontrolisano usmjeravanje pozitivne sukcesije vegetacije ka poboljšanju stanja, tzv. antropogeno potpomognuta spontana sukcesija (Govedar i Krstić, 2016). Ovaj pristup je karakterističan i za šume posebne namjene u kojima bez aktivno provođenih uzgojnih mjera u planinskim šumama neće biti moguće ispuniti zaštitnu ulogu na održiv način (Motta i Haudemand, 2000).

Zaključak

Prema raznim scenarijima klimatskih promjena možemo očekivati da će postojeći šumski ekosistemi biti izloženi otopljanju klimata sa brojnim ugrožavajućim faktorima. Otopljavanje klimata predstavlja primarni faktor koji postepeno generiše uslove za pojavu suše, gradaciju štetnih insekata, pojavu bolesti i nastanak šumskih požara, što dovodi do destabilizacije i propadanja šumskih ekosistema. Uzgojnim mjerama mogu se stvoriti otpornije šume, kao odgovor na potencijalne rizike usljed klimatskih promjena, pri čemu bi trebalo težiti kreiranju mješovitih, raznodobnih, višespratnih i strukturno heterogenih šuma građenih od autohtonih vrsta drveća. Ove mjere se odnose na očuvanje specifičnih mikrohabitata, promovisanje autohtonih vrsta drveća, kao i alohtonih vrsta prilagođenih staništu, promovisanje prirodne regeneracije, stalnu njegu šuma, prebirno gazdovanje i unapređenje strukturne heterogenosti sastojine, promovisanje mješovitih šuma i genetske raznovrsnosti, izbjegavanje naglih i intenzivnih zahvata (sječa) u gazdovanju šumama. Dugotrajno tradicionalno prebirno gazdovanje, očuvana prirodnost visokih šuma (bukve i jele sa smrčom) sa prirodnom obnovom i prirodni, spontano razvijani šumski ekosistemi (prašume) u Bosni i Hercegovini predstavljaju komparativnu prednost u daljem razvoju prirodi bliskog gajenja šuma. Primjenom biomonitoringa ostvaruje se izvjesna sigurnost kod tumačenja složenog i nedovoljno poznatog problema propadanja šuma, a sve to u cilju valjanog određivanja uzgojnih i zaštitnih mjera, posebno kada se radi o prevenciji i adaptaciji šuma na nove uslove. Mnogi potencijalni problemi u zaštiti šuma mogu biti umanjeni ili spriječeni ako se multidisciplinarno planiraju mjere za gazdovanje šumama. Preventivne mjere su uglavnom sadržane u šumskouzgojnim mjerama i podrazumijevaju prethodne aktivnosti i provođenje šumskouzgojnih zahvata koji sprječavaju propadanje šuma. Prilikom vještačkog obnavljanja šuma neophodno je posvetiti pažnju pravilnom izboru vrste drveća, sjemena i sadnica

s obzirom na uslove staništa. Ipak najznačajnija uzgojna mjera predohrane jeste blagovremeno provođenje odgovarajućih mjera njege šuma. Njegovom šuma, naročito niskim proredama, uklanjaju se stabla i dijelovi stabala koji mogu predstavljati potencijalni izvor prenamnoženja insekata ili pojavu bolesti. Osnovni principi preventivnih uzgojnih mjera podrazumijevaju postepeno prilagođavanje novim uslovima u cilju adaptacije šuma na razne ugrožavajuće faktore, rizike i neizvjesnosti u gazdovanju šumama kroz koncept prirodi bliskog gajenja šuma.

Literatura

- Abetz, P. (1976): Beiträge zum Baumwachstum. Der h/d-Wert – mehr als ein Schlankheitsgrad, Forst-u. Holzwirt, 31 (19), 389-393.
- Abetz, P. (1987): Why the crop tree aligned thinning system (ZB-Df) increases the stability and productivity of stands, u: Knutell, H. (ur.) Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of IUFRO Group S1.05–05, June 1987, Sweden, Department of Operational Efficiency, Faculty of Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences, Garpenberg, 35-42.
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., (Ted) Hogg, E. H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S. W., Semerci, A., Cobb, N. (2010): A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests, Forest Ecology and Management, 259 (4), 660-684.
- Andreassen, K., Øyen, B. H. (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., Polonski, 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.
- Babić, V., Govedar, Z., Galić, Z., Milenković, M., Vukin, M., Stajić, S., Kanjevac, B. (2021): Effect of the light regime on natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea* Matt. Leibl.) Forest in Fruška Gora National park, Serbia, Fresenius Environmental Bulletin, 30 (07A/2021), 8834-8842.
- Bender, M. A., Knutson, T. R., Tuleya, R. E., Sirutis, J. J., Vecchi, G. A., Garner, S. T., Held, I. M. (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, Unasylva, 60, 5-11.
- Beus, V. (2017): Rekultivacija sekundarnih šuma bukve, u: Simpozij Unapređenje poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede u kraškim, brdskim i planinskim područjima – racionalno korištenje i zaštita, Sarajevo, 23. juna/lipnja 2016. Zbornik radova, Posebna

- izdanja, knj. CLXIX, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 26, ANUBiH, Sarajevo, 139-146.
- Beus, V. (1984): Vertikalno raščlanjenje šuma u svjetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji, Radovi, knj. LXXVI, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knj. 23, ANUBiH, Sarajevo, 23-32.
- 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.
- BMEL (2021): Waldbericht der Bundesregierung 2021: BMEL Bonn. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf?__blob=publicationFile&v=11.
- Bodin, P., Wiman, B. (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., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G. J., 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.
- Bolte, A., Spathelf, P., van der Maaten, E. (2014): Forest adaptation and Close-to-Nature Silviculture (CNS) – coherence or contradiction? IUFRO Conference 2014, Birmensdorf, June 16–19.
- Bosela, M., Stefancik, I., Marcis, P., Rubio-Cuadrado, A., Lukac, M. (2021): Thinning decreases above-ground biomass increment in central European beech tree resistance to climate events, *Agricultural and Forest Meteorology*, 306, 108441.
- 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.
- Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J. B., Bauhus, J., Bončina, A., Chauvin, C., Drössler, L., Garcia-Güemes, C., Heiri, C., Kerr, G., Lexer, M. J., 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.
- Brinar, M. (1963): O razvojnem ritmu različitih bukovih provenijenc ekotipov, *Gozdarski vestnik*, 21 (3–4), 65-90.
- Burschl, P., Huss, J. (1997): *Grundriss des Waldbaus [Outline of Silviculture]*. Verlag Parey Buchverlag, Berlin.
- 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.
- Chen, Z., Wang, W., Forzieri, G., Cescatti, A. (2024): Transition from positive to negative indirect CO₂ effects on the vegetation carbon uptake, *Nature Communications*, 15, 1500.
- Cooper, H. F., Grady, K. C., Cowan, J. A., Best, R. J., Allan, G. J., Whitham, T. G. (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.
- Desai, A., Bolstad, P. V., Cook, B. D., Davis, K. J., Carey, E. V. (2005): Comparing net ecosystem exchange of carbon dioxide between an old-growth and mature forest in the upper Midwest, USA, *Agricultural and Forest Meteorology*, 128 (1–2), 33-55.
- Diaci, J. (2006): Nature-based silviculture in Slovenia: origins, development and future trends. (Eds.) Diaci, J. *Nature based silviculture in central Europe*, *Studia Forestalia Slovenica*, 126, 119-132.
- Doležal, B. (1981): Prostorno uređivanje šuma u brdsko-planinskim uslovima Evrope, *Jugoslovenski poljoprivredno šumarski centar, Služba Šumske proizvodnje*, Beograd.

- Eberhard, J. (1922): Der Schirmkeilschlag und die Langenbrander Wirtschaft, Fw. Cbl., 66, 103-109.
- European Commission (2013): A New EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector, u: Commission E (ed) COM (2013) 659 final, Brussels, 1-17.
- FE (2020): State of Europe's Forests, Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe – FOREST EUROPE, Liaison Unit Bratislava.
- Gardiner, B., Blennow, K., Carnus, J.-M., Fleischer, P., Ingemarson, F., Landmann, G., Lindner, M., Marzano, M., Nicoll, B., Orazio, C., Peyron, J.-L., Reviron, M.-P., Schelhaas, M. J., Schuck, A., Spielmann, M., Usbeck, T. (2010): Destructive Storms in European Forests: Past and Forthcoming Impacts, European Forest Institute, Atlantic European Regional Office – EFIATLANTIC, Final report to European Commission – DG Environment.
- Gärtner, S., Reif, A. (2004): The impact of forest transformation on stand structure and ground vegetation in the southern Black Forest, Germany, Plant Soil, 264, 35-51.
- Gavinet, J., Ourcival, J. M., Limousin, J. M. (2019): Rainfall exclusion and thinning can alter the relationships between forest functioning and drought, New Phytologist, 223, 1267-1279.
- Gottschalk, K. W. (1987): Prevention: the silvicultural alternative, u: Fosbroke, S., Hicks, Jr., R. R. (ur.) Proceedings, coping with the gypsy moth in the new frontier, 1987 August 4–6, Morgantown, WV, WVU Books, Morgantown, WV, 93-104.
- Govedar, Z. (2005): Načini prirodnog obnavljanja mješovitih šuma jele i smrče (*Abieti Piceetum illyricum*) na području zapadnog dijela Republike Srpske, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
- Govedar, Z. (2011): Gajenje šuma – ekološke osnove, Šumarski fakultet u Banjoj Luci.
- Govedar, Z., Krstić, M. (2016): Gajenje šuma posebne namjene, Šumarski fakultet u Banjoj Luci.
- Govedar, Z., Medarević, M. (2020): Adaptive forest management: Case study of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) forests in the Ozren mountain of the Republic of Srpska, Lesnoy Zhurnal, 3, 93-105.
- Guldin, J. M., Bragg, D. C., Zingg, A. (2017): Plentern mit Kiefern – Ergebnisse aus den USA, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 168 (2), 75-83.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., 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.
- Hofmann, G., Jenssen, M. (1999): Quantifizierung der Naturnähe als Planungsgrundlage für praktische Waldumbaumaßnahmen, AFZ/Der Wald, 54, 575-578.
- Ilić, N. (2010): Parazitske cvjetnice, Naše šume, 18–19, Sarajevo, 3-10.
- 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 (ur. Watson, R. T., the Core Writing Team), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA.
- Ives, J. D., Messerli, B., Spiess, E. (1997): Mountains of the world: A global priority, u: Ives, J. D., Messerli, B. (ur.) Mountains of the World: A Global Priority, Parthenon, Carnforth.
- Ivojević, S., Višnjić, Č., Mekić, F. (2012): Drought-resistance of various provenances of beech (*Fagus sylvatica* L.) from parts of its natural range in Bosnia and Herzegovina, Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, 1, 19-28.

- Karadžić, D. (2007): Klimatske promene i njihov potencijalni uticaj na prouzrokovaoče bolesti šumskog drveća i žbunja [Climate Change and Its Potential Impact on Pathogens of Forest Trees and Shrubs], u: Šume i promena klime: Zbornik radova [Forests and Climate Change: Proceedings] (ur. Kadović, R., Medarević, M.), Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Kenk, G., Guehne, S. (2001): Management of transformation in Central Europe, *Forest Ecology and Management*, 151 (1–3), 107–119.
- Kirilenko, A. P., Sedjo, R. A. (2007): Climate change impacts on forestry, *PNAS*, 104 (50), 19697–19702.
- Klepac, D. (1955): Utjecaj imele na prirast jelovih šuma, *Šumarski list*, 79, 231–243.
- Klopčič, M., Poljanec, A., Gartner, A., Bončina, A. (2009): Factors related to natural disturbances in mountain Norway spruce (*Picea abies*) forests in the Julian Alps, *Ecoscience*, 16 (1), 48–57.
- Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J. P., Srivastava, A. K., Sugi, M. (2010): Tropical cyclones and climate change, *Nat Geosci*, 3, 157–163.
- Kojić, B. (1988): Šumarska ekoklimatologija sa osnovama fizike atmosfere, Šumarski fakultet u Beogradu.
- Körner, Ch. (2017): A matter of tree longevity, *Science*, 355, 130–131.
- 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.
- Lakatos, F., Mirtchev, S. (2014): Glavne šumske štetočine na vrstama drveća od privrednog značaja u jugoistočnoj Evropi, *Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija*.
- Lakić, B. (2020): Uticaj vjetra na oštećenja jele i smrče u šumi bukve sa jelom i smrčom, *Naše šume*, 60–61, 40–46.
- Lazarev, V. (2006): Primena mera zaštite u oboljelim objektima, *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci*, 5, 37–63.
- Leibundgut, H. (1982): *Europäischer Urwälder der Bergstrufe: dargestellt für Forstleute, Naturwissenschaftler und Freunde des Waldes*, P. Haupt, Bern.
- Lindstrom, H. (1997): Fiber Length, Tracheid Diameter, and Latewood percentage in Norway Spruce: Development from Pith Outward, *Wood and Fiber Science*, Special issue SE-750(07), 21–34.
- Liović, B. (2011): Utjecaj pepelnice (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) na rast i preživljenje hrastova ponika, *Šumarski list*, 135 (13), 122–129.
- Luyssaert, S., Schulze, E. D., Börner, A. et al. (2008): Old-growth forests as global carbon sinks, *Nature*, 455, 213–215.
- Maciver, D., Wheaton, E. (2005): Tomorrow's Forests: Adapting to A Changing Climate, *Climatic Change*, 70, 273–282.
- Martínez-Alvarado, O., Gray, S. L., Catto, J. L., Clark, P. A. (2012): Sting jets in intense winter North-Atlantic windstorms, *Environmental Research Letters*, 7 (2), 1–8.
- Mathes, T., Seidel, D., Klemmt, H. J., Thom, D., Annighöfer, P. (2024): The effect of forest structure on drought stress in beech forests (*Fagus sylvatica* L.), *Forest Ecology and Management*, 554, 121667.
- Matić, V. (1969): Uređivanje šuma II dio, Šumarski fakultet, Sarajevo.
- Mlinsek, D. (1994): Der naturnahe Waldbau – Sein kognitiver Weg – Eine Herausforderung, *Der Dauerwald*, 10, 35–43.

- 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.
- Motta, R., Haudemand, J. C. (2000): Protective Forests and Silvicultural Stability: An Example of Planning in the Aosta Valley, Mountain Research and Development, 20 (2), 180-187.
- Mujezinović, O., Treštić, T., Margaletić, J., Dautbašić, M., Zahirović, K., Ivojević, S., Brkić, H. (2018): Utjecaj imele (*Viscum album* L.) na debljinski prirast stabala jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini, Naše šume, 50–51, 34-40.
- Nagel, T., Diaci, J. (2011): Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forest in southeastern Slovenia, Canadian Journal of Forest Research, 6 (3), 629-638.
- Neagu, R. C., Gamstedt, E. K., Bardage, S. L., Lindstrom, M. (2006): Ultrastructural features affecting mechanical properties of wood fibres, Wood Material Science and Engineering, 1 (3), 146-170.
- O'Hara, K. L., Bončina, A., Diaci, J., Anic, I., Boydak, M., Curovic, M., Govedar, Z., Grigoriadis, N., Ivojevic, S., Keren, S., Kola, H., Kostov, G., Medarevic, M., Metaj, M., Nicolescu, N. V., Raifailov, G., Stancioiu, P. T., Velkovski, N. (2018): Culture and Silviculture: Origins and Evolution of Silviculture in Southeast Europe, International Forestry Review, 20 (1), 130-143.
- Oliveira, A. M. (1987): The H/D ratio in maritime pine (*Pinus pinaster*) stands, u: Ek, A. R., Shifley, S. R., Burk, T. E. (ur.) Proceedings of the IUFRO conference Vol. 2 Forest growth modelling and prediction, 23–27 August 1987, Minneapolis, International Union of Forest Research Organizations, Vienna, 881-888.
- Oszako, T. (2000): Oak Declines in Europe's Forest – History, Causes and Hypothesis, Recent Advances on Oak Health in Europe, Selected Papers from a Conference Held in Warsaw, November 22–24, 1999, Forest Research Institute, Warsaw, 11-40.
- Popov, A., Gnjata, S., Trbić, G. (2019): Efekti promjena izazvanih ekstremnim klimatskim prilikama na ključne sektore u Bosni i Hercegovini i mogućnosti prilagođavanja. Prilagođavanje na klimatske promjene u istočnoj Evropi: Upravljanje rizicima i jačanje otpornosti na klimatske promjene / Effects of Changes in Extreme Climate Events on Key Sectors in Bosnia and Herzegovina and Adaptation Options, u: Leal Filho, W., Trbić, G., Filipović, D. Climate Change Adaptation in Eastern Europe: Managing Risks and Building Resilience to Climate Change, Springer Nature.
- Pukkala, T. (2018): Carbon forestry is surprising. For. Ecosyst., 5, 11.
- Quine, C. P., Coutts, M. P., Gardiner, B. A., Pyatt, D. G. (1995): Forests and Wind: Management to Minimise Damage, Bulletin 114, HMSO, London.
- Rossi, S. (2015): Local adaptations and climate change: Converging sensitivity of bud break in black spruce provenances, Int J Biometeorol, 59, 827-835.
- Sanginés de Cárcer, P., Vitasse, Y., Peñuelas, J., Jassey, V. E. J., Buttler, A., Signarbieux, C. (2018): Vapor-pressure deficit and extreme climatic variables limit tree growth, Glob Chang Biol., 24 (3), 1108-1122.
- Saniga, M., Vencurik, J. (2007): Dynamics of structure and regeneration processes of the forests in various phases of the conversion to a selection forest in forest management unit Korytnica, Vydavateľstvo Technickej univerzity, Zvolen, Slovakia.
- Sankey, T., Tatum, J. (2022): Thinning increases forest resiliency during unprecedented drought, Scientific Reports, 12 (1), 9041.

- Schlyter, P., Stjernquist, I., Bähring, L., Jönsson, A. M., 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.
- Schönenberg, W., Fischer, A., Innes, J. L. (2002): Vivian's Legacy in Switzerland – Impact of Windthrow on Forest Dynamics, *Special Issue of Forest Snow and Landscape Research*, 77, 1-2.
- Schönenberger, W. (2002): Windthrow research after the 1990 storm Vivian in Switzerland: objectives, study sites, and projects, *Forest Snow Landscape Research*, 77, 9-16.
- Schütz, J. P. (2001): Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests, *Forest Ecology and Management*, 151, 87-94.
- Schütz, J. P. (2002): Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen, u: Skript zu Vorlesung Waldbau II und Waldbau IV, ETH Zentrum, Zürich, Switzerland.
- Schütz, J. P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D. (2006): Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture, *European Journal of Forest Research*, 125, 291-302.
- Schütz, J. P. (1999): Close-to-nature silviculture: Is this concept compatible with species diversity?, *Forestry*, 72, 359-366.
- Seidl, R., Schelhaas, M. J., Rammer, W., Verkerk, P. J. (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, M. J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T. A., Reyser, C. P. O. (2017): Forest disturbances under climate change, *Nat Clim Change*, 7, 395-402.
- Senf, C., Seidl, R. (2021): Persistent impacts of the 2018 drought on forest disturbance regimes in Europe, *Biogeosciences*, 18 (18), 5223-5230.
- Siwkcki, R., Ufnalski, K. (2007): Review of oak stand decline with special reference to the role of drought in Poland, *European Journal of Forest Pathology*, 28, 99-112.
- Smith, W. H. (1990): *Air Pollution and Forests*, Springer-Verlag, New York.
- Staack, J. (1985): From trap tree to trap – the historical development of bark beetle control, *Forst und Holzwirt*, 40 (2), 27-31.
- 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.
- Stanivuković, Z., Karadžić, D., Marčeta, D., Kapović Solomun, M., Govedar, Z., Ćoralić, S. (2017): Istraživanje uzroka sušenja šuma na području Republike Srpske. Izvještaj za projekat, Šumarski fakultet u Banjoj Luci.
- Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Posebna izdanja, br. 17, Šumarski fakultet u Sarajevu, Sarajevo.
- Temperli, C., Santopuoli, G., Bottero, A., Barbeito, I., Alberdi, I., Condés, S., Tognetti, R. (2022): National Forest Inventory data to evaluate Climate-Smart Forestry, u: Tognetti, R., Smith, M., Panzacchi, P. (ur.), *Climate-Smart Forestry in mountain regions, Managing forest ecosystems*, Vol. 40, Springer Cham, 107-139.
- Thom, D., Ammer, C., Annighöfer, P., Aszalós, R., Dittrich, S., Hagge, J., Keeton, W. S., Kovacs, B., Krautkrämer, O., Müller, J., Oheimb G., Seidl, R. (2023): Regeneration

- in European beech forests after drought: the effects of microclimate, deadwood and browsing, *Eur J Forest Res*, 142, 259-273.
- Thom, D., Sommerfeld, A., Sebal, J., Hagge, J., Müller, J., Seidl, R. (2020): Effects of disturbance patterns and deadwood on the microclimate in European beech forests, *Agricultural and Forest Meteorology*, 291, 108066.
- Tijardović, M. (2015): Supstitucija kultura obične smreke (*Picea abies* /L./ Karst.) u Republici Hrvatskoj, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije.
- Tognetti, R., Smith, M., Panzacchi, P. (ur.) (2022): *Climate Smart Forestry in Mountain Regions, Managing Forest Ecosystems*, Vol. 40, Springer Cham.
- UNDP (2022): Treći dvogodišnji izvještaj Bosne i Hercegovine o emisiji gasova sa efektom staklene bašte, Federalni hidrometeorološki zavod BiH, Republički hidrometeorološki zavod Republike Srpske.
- Usčuplić, M. (1992): Uticaj sistema gazdovanja na pojavu imele *Viscum album* L.. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 74 (1), Beograd, 7-18.
- Usčuplić, M., Dautbašić, M., Trešić, T., Selman, E., Mujezinović, O., Nišić, T., Jokanović, B. (2007): Bolesti i štetnici obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini, Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini, Sarajevo.
- Usčuplić, M., Dautbašić, M. (1998): Bolesti i štetočine koje ugrožavaju šumske ekosisteme u Bosni i Hercegovini, *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 28, 19-26.
- Višnjić, Č., Dohrenbusch, A. (2004): Frostresistenz und Phänologie europäischer Buchenprovenienzen (*Fagus sylvatica* L.), *Allg. Forst-u. J.- Ztg.*, Jg., 175 (6), 101-108.
- Wilhere, G. F. (2002): Adaptive Management in Habitat Conservation Plans, *Conserv Biol.*, 16 (1), 20-29.
- Zahirović, K., Dautbašić, M., Mujezinović, O. (2014): Sušenje sastojina smrče uslijed djelovanja potkornjaka u centralnoj Bosni, *Naše šume*, XIII (36–37), 4-13.
- Ziemblinska, K., Urbaniak, M., Merbold, L., Black, T. A., Jagodzinski, A. M., Herbst, M., Qiu, C., Olejnik, J. (2018): The carbon balance of a Scots pine forest following severe windthrow: Comparison of reforestation techniques, *Agricultural and Forest Meteorology*, 260–261, 216-228.
- Говедар, З., Медаревих, М., Крстић, М., Пржуљ, Н. (2023): Адаптивно управљање шумама, у: Говедар, З., Матаруга, М., Пржуљ, Н. (ур.) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима, Монографија LI, Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, 809-849.
- Говедар, З. (2006): Утицај склопа и режима свјетлости на природно обнављање храста китњака на подручју Челинца, *Шумарство*, 3, 99-108.
- Говедар, З. (2022): Структурне карактеристике и развојне фазе прашума у Републици Српској, *Шумарство*, 3–4, УШИТ Србије, 103-124.
- Говедар, З., Крстић, М., Керен, С., Бјелановић, И. (2013): Утицај мјешовитих прореда на елементе структуре вјештачки подигнутих састојина смрче (*Picea abies* L.) на подручју западног дијела Републике Српске, *Шумарство*, 1–2, 33-46.
- Говедар, З., Кутић, А. (2008): Узгојни захвати у мјешовитој састојини китњака и граба (*Quercus – carpinetum illyricum*) са правом својине на подручју Старчевике – Бања Лука, *Шумарство*, 1–2, Београд, 27-41.
- Говедар, З., Станивуковић, З., Злокапа, Б. (2008): Природно обнављање мјешовите састојине смрче и једе (*Abieti-Piceetum*) оштећене од смрчиног поткорњака на подручју Кнежева, *Шумарство*, 3, 53-64.

- Керен, С., Станивуковић, З., Говедар, З. (2011): Здравствено стање подмлатка и младика јеле у појасу букових шума на планини Грмеч – ГЈ “Челић коса”, Шумарство, 1–2, 43-54.
- Стојановић, Љ., Крстић, М. (1992): Проблеми гајења шума са аспекта сушења храста китњака, у: Округли сто Епидемијско сушење храста китњака у североисточној Србији : проблеми одржавања и обнављања угрожених шума, Национални парк “Ђердап”, Доњи Милановац, 25-42.
- Табакловић-Тошић, М. (2023): Принципи и стратегије биолошког сузбијања штетних шумских организама, у: Говедар, З., Матаруга, М., Пржуљ, Н. (ур.) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима, Монографија LI, Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, 195-219.

SILVICULTURE IN THE FUNCTION OF PREVENTIVE PROTECTION OF FOREST IN CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Summary: Climate warming is the primary factor that gradually generates conditions for the emergence of various factors that lead to the destabilization and deterioration of forest ecosystems. Drought, gradations of insects, fires and stormy winds are the most common factors threatening forests in Bosnia and Herzegovina. In order to improve the health condition of forests, the concept of integral protection of forests was developed, which implies the unity of cultivation and protective measures that can be long-term (preventive) and short-term (repressive). Preventive measures are mainly of a breeding nature with expected long-term effects and include previous activities and the implementation of silvicultural interventions that reduce or prevent the deterioration of forests. In conditions of climate change, this is achieved by modifying silviculture treatments in practice, selective removal of high-risk stands, adaptation of bioecological properties of species to habitat conditions, i.e. growing trees and their varieties or forms resistant to climate warming. As a response to potential risks, it is necessary to create more resilient forests, as a response to potential risks due to climate change, whereby efforts should be made to create mixed, multi-age and structurally heterogeneous forests built from autochthonous tree species. That is why the modern concept of adaptive forest management in order to achieve the desired management effects is based on close to nature silviculture. It implies silviculture activities limited by natural processes, where the natural habitat potential is optimally used to preserve biodiversity, genetic variability, permanently sustainable development of forests, naturalness and increase forest productivity. Close to nature silviculture includes not only selective management, but also management with systems based on non-uniform fertilization cuttings (*Femelschlag*). For the successful implementation of preventive breeding measures for forest protection, systemic biomonitoring is needed, which provides a certain degree of certainty when interpreting the complex and insufficiently known problem of forest degradation, especially when it comes to the adaptation of forests to new, changed climatic conditions. The most important silviculture treatments of pre-nutrition is the timely implementation is tending of stands. Forest management removes trees and parts of trees that can represent a potential source of insect overgrowth or the occurrence of diseases, and stands are gradually formed with an optimal structure that best suits the tree species that build stands in a certain habitat. Many potential problems in forest protection can be reduced or prevented if multidisciplinary planning of forest management is used. Long-term traditional selective management, preserved naturalness and natural, spontaneously developed forest ecosystems (old-growth forests) in Bosnia and Herzegovina represent a comparative advantage in the further development of preventive silviculture treatments for forest protection.