

ШТЕТЕ ОД ПОЛЕДИЦЕ У БУКОВИМ ШУМАМА НА ПОДРУЧЈУ БАЊА ЛУКЕ – РЕПУБЛИКА СРПСКА, БОСНА И ХЕРЦЕГОВИНА

ЗОРАН СТАНИВУКОВИЋ¹
РАНКО ВАСИЉЕВИЋ¹
СРЂАН БИЛИЋ¹

Извод: У раду су приказани резултати истраживања стања чисте састојине букве четири године након поледице. На плохи неправилног облика површине пола хектара извршен је тотални премјер стабала изнад 5 cm; одређене су прецизне географске координате и надморске висине стабала, измјерени су пречници и висине (дужина) свих категорија стабала, те је одређена класа дефолијације и промјене боје (деколоризација) дубећим стабалима. Стабла су сврстана у четири категорије: дубећа, превршена, изваљена стабла и пањеви. Највећи број изваљених стабала има сјевероисточни смјер, пада услед великог нагиба и сјевероисточне експозиције. Укупна запремина оштећених, изваљених, преломљених и посјечених стабала износи 60% од укупне запремине свих стабала прије поледице. У закључку истраживања истиче се да велики нагиб терена, близина потока, плитко земљиште и изразито витка стабла утичу на појаву изваљивања стабала. Такође, резултати истраживања указују на статистички негативну значајну везу између пречника и дефолијације стабала. Ови налази наглашавају важност просторног и еколошког контекста приликом газдовања састојинама у сличним географским и еколошким условима.

Кључне ријечи: поледица, *Fagus sylvatica*, дефолијација, деколоризација, оштећења

ICE STORM DAMAGE IN BEECH FORESTS IN THE BANJA LUKA AREA – REPUBLIC OF SRPSKA

Abstract: This paper presents the results of research on the condition of a pure beech stand four years after ice storm. A complete survey was conducted on an irregularly shaped plot with an area of half a hectare, measuring trees with a diameter above 5 cm. Precise geographical coordinates and elevations of the trees were determined, and the diameters and heights (lengths) were measured across all tree categories. Additionally, the degree of defoliation and discoloration (chlorosis) was also assessed for standing trees. The trees were categorised into four groups: standing trees, overtopped trees, uprooted trees, and stumps. The majority of uprooted trees fell in a northeasterly direction due to the steep slope and northeastern exposure. The total volume of damaged, uprooted, broken, and felled trees amounted to 60% of the total volume of all trees before the icing event. The research concludes that steep terrain, proximity to streams, shallow soil, and slender tree form contributed to tree uprooting. Additionally, the research results indicate a statistically significant negative relationship between tree diameter and defoliation. These findings underscore the importance

¹ др Зоран Станивуковић, ред. проф.; Ранко Васиљевић, мајстер дигл. инж. шумарства, асистент; Срђан Билић, мајстер дигл. инж. шумарства, асистент, Универзитет у Бањој Луци - Шумарски факултет, Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина

of considering spatial and ecological contexts in the management of forest stands in similar geographical and ecological conditions.

Keywords: *ice storm*, *Fagus sylvatica*, defoliation, discolouration, damage

1. УВОД

Поледица је један од штетних фактора абиотичке природе, која у зависности од свог интензитета може имати велики утицај на динамику шумске вегетације и функцију шума уопште. Узрокује механичка оштећења која умањују економску вриједност дрвета, доводећи до негативних економских посљедица по шумарску привреду. Индиректно, поледица има негативан утицај, јер представља покретачки импулс за уланчавање штета излажући шуме додатним оштећењима од штетних инсеката и гљива.

За настанак поледице неопходан је слој топлог ваздуха, који лежи изнад слоја хладног ваздуха различите дебљине. Падавине у течном облику из топлог слоја ваздуха улазе у хладни приземни слој, при чему се охлађују, да би се при удару од површину предмета, који су охлађени претходним мразовима и хладноћама, заледиле стварајући тако ледену кору. Услови за настанак поледице на нашем подручју су током зимског периода, од почетка децембра, па до краја фебруара. Климатолошки, ледена олуја се проглашава након што се накупи најмање 6 mm леда (Irland, L.C., 2000).

Процјена интензитета ледене олује врши се на основу дебљине леда који би се формирао на основу количине падавина у течном стању за вријеме трајања одговарајућих температурних услова за формирање леда. Вертикални температурни профил има кључну улогу за формирање леда (Vertacnik, G. *et al.*, 2015).

Према Irland, L.C. (2000) поледица представља један од најштетнијих поремећаја у умјереним регионима. У европским шумама ледене олује су уобичајена појава, али имају мањи значај у односу на друге штетне факторе абиотичке природе (пожаре, снијег, вјетар) или штете од инсеката (Schelhaas, M.J. *et al.*, 2003). Површине које захватају ледене олује могу бити различите величине, од оних регионалног карактера па до површина од неколико милиона хектара. Ледене олује су честа појава у умјереном појасу Сјеверне Америке (Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996; Frelich, L.E., 2002), док су на подручју источне Азије рјеђе (Zhou, B. *et al.*, 2011). Једна од највећих ледених олуја, која је погодила Сјеверну Америку, догодила се у јануару 1998. године на подручју југоисточне Канаде и сјевероисточног дијела САД, када је захваћена површина од 10 милиона хектара шуме на којој су настала велика оштећења (Irland, L.C., 1998; Miller-Weeks, M.M., 1999). У леденој олуји која је у 1994. години захватила 26 округа у савезној држави Мисисипи, борове шуме су претрпиле штету од 18 000 000 m³ пиланских трупаца и 23 000 000 m³ целулозног дрвета.

Први документовани подаци о појави и размјери поледице у ближејем окружењу су са подручја Словеније, а датирају из 1900. године када је ле-

дена кора дебљине 8 cm оштетила 95% шума на Нотрањском, посебно у Времској долини и околини Пивке (Domiselj, A., 1900). Јака поледица са леденом кором дебљине 7 cm која се догодила 1980. године на подручју Бркиних и Посавског хрибовља оштетила је 786 000 m³ дрвне масе. На подручју Љубљане и Крања у 1984. години од поледице је оштећено укупно 610 000 m³ дрвне масе. У зиму 1995/1996. године на подручју Љубљане, Цеља и Марибора оштећено је 681 000 m³, а зиму касније још 867 000 m³ на подручју Толмина, Бледа, Крања, Љубљане, Постојне, Кочевја, Новог Места и Брежица (Saje, R., 2014). Крајем јануара и почетком фебруара 2014. године Словенију је погодила јака поледица која је захватила површину од 8 700 km², због посљедица оштећења од леда у периоду 2014-2017. године посјечено је 5,76 милиона m³ оштећеног дрвета. Према Nagel, T.A. *et al.* (2017) Словенију и Хрватску је 2014. године погодила ледена олуја највећег интензитета, која је захватила велику површину узрокујући велику штету у више од половине шума у Словенији.

Учесталост појава ледених олуја може значајно да варира у зависности од географског подручја и може да се креће у интервалу од неколико мјесеци, година, деценија, па чак и вијекова, ако се ради о њиховом катастрофалном појавном облику (Carrière, J.M. *et al.*, 2000). На подручју Европе ледене олује се често јављају у области Динарских планина и неких подручја Алпа, при чему могу узроковати велике штете (Nagel, T.A. *et al.*, 2017; Carrière, J.M. *et al.*, 2000). Појава ледених олуја се догађа два до три пута у току године на подручју централне Европе, док су на подручју сјеверне Европе рјеђе и јављају се просјечно 0,5 до два пута годишње (Kämäräinen, M. *et al.*, 2017). Према Bernstein, B.C. *et al.* (2009), ледене олује у многим дијеловима Европе су много чешће у односу на регистровани број због нижег интензитета и слабијих оштећења које изазивају.

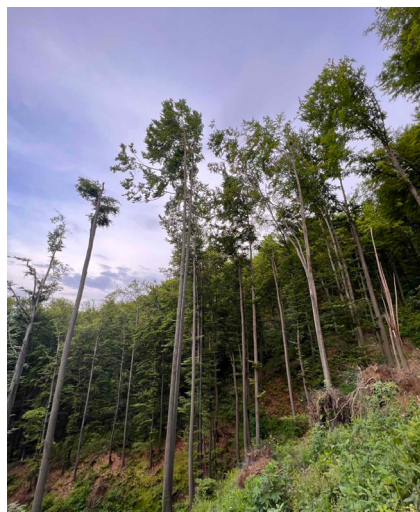
Дебљина леда који се ствара за вријеме поледице утиче на интензитет оштећења који може да се креће у интервалу оштећења и губитка дијела ткива до изазивања фаталних повриједа (Lemon, P.C., 1961). Интензитет и врста оштећења стабала због поледице не зависе само од дебљине ледене коре на дрвећу. Према разним објављеним студијама на степен оштећења директно утичу сљедећи фактори: временске прилике (количина падавина, температура ваздуха, дужина временског периода који је погодан за стварање поледице, јачина и смјер вјетра), састојинске прилике (обраст састојине, вертикална структура, старост, врста дрвећа, висина, прсни пречник, степен виткости, асиметрија крошње, обољења и система газдовања), и на крају, не мање важно геолошко орографских фактора (нагиб, експозиција, геолошка подлога, дубина и скелетност тла, влажност и тип земљишта (Warrillow, M., Mou, P., 1999; Bragg, D.C. *et al.*, 2003; Papež, J., 2005; Jakša, J., 2007; Saje, R., 2014). Топографија терена у великој мјери може да утиче на повећање штете од поледице, посебно на већим надморским висинама због обилнијих падавина и нижих температура ваздуха (Boerner, R.E.J. *et al.*, 1988; Walker, L. C., Oswald, B. P., 1999; Pasher, J., King, D. J., 2006). Већа

оштећења настају на стрмијим теренима, покрај водотока и по дну долина због fine текстуре тла и дубине корјена (Rhoads, A. G. *et al.*, 2002). Поред тога, према Seischab, F.K. *et al.* (1993) и Rebertus, A.J. *et al.* (1997) већи нагиб терена узрокује појаву асиметричне крошње која дјелује као једностранитег што може довести до ломљења дебала и крошње. У Сјеверној Америци, од поледице су највише погођена стабла која се налазе на рубовима шума, стрмим теренима, те на источним и сјеверним падинама (Seischab, F.K. *et al.*, 1993). Најчешће штете које узрокује поледица су: савијање (посебно у случају већег обраста и степена виткости), преломи (у случају трулежи на различитим висинама дебла), ломљење појединачних грана, већег дијела крошње и изваљивање стабала (код обољелог коријена) у условима претходно падавинама натопљеног земљишта. Преломи дрвета могу бити на различитој висини, у висини пања до 2 m висине и лому дебла на висини преко 2 m (Jakša, J., Kolšek, M., 2009). Посебно тежак вид оштећења је изваљивање комплетних стабала са корјеновим системом, након чега на терену остају хумке и рупе. Пропадањем корјена у хумкама у периоду 5-10 година долази до значајне промјене микроклиме и педолошких услова у односу на окружење (Šamonil, P. *et al.*, 2010). Гомиле (хумке) које заостају након тога су топлије и сувље од околног тла, а рупе су влажније и хладније. Садржај угљеника и азота је нижи у рупама у односу на околно неоштећено земљиште (Liechty, H.O. *et al.*, 1997).

Циљ истраживања овог рада је утврђивање здравственог стања и структурне нарушености чисте састојине букве четири године након поледице из децембра 2020. године (слика 1 и 2.)



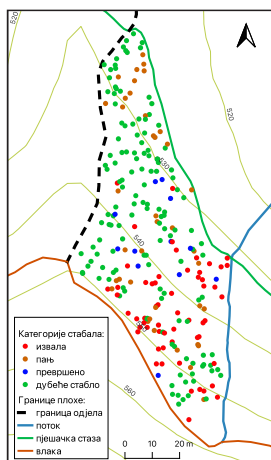
Слика 1. Изглед чисте букове састојине четири године након поледице
Figure 1 Condition of a Pure Beech Stand Four Years After the Ice Storm



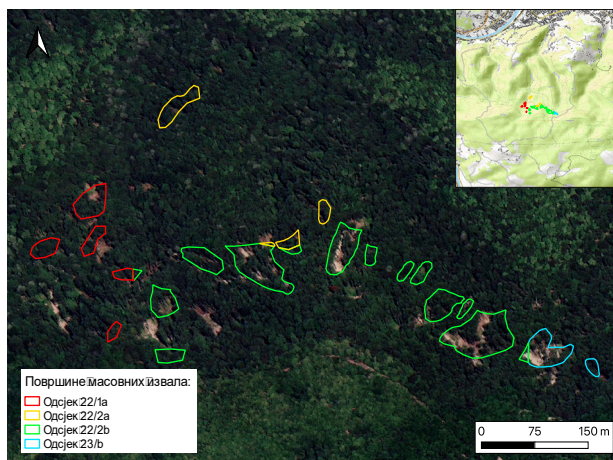
Слика 2. Преостала дубећа стабла након поледице
Figure 2 The Remaining Standing Trees After the Ice Storm

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживање је обављено у чистој састојини букве на подручју привредне јединице "Старчевица-Бјељевине", у оквиру ревира "Приградске шуме" и шумскопривредног подручја "Доњеврбаско" (Република Српска, Босна и Херцеговина). Шире подручје ревира „Приградске шуме” којем припадају сјеверозападне падине масива "Старчевица" сврстано је као потенцијално Natura 2000 станиште (Miletić, M. *et al.*, 2017). У току ноћи 3. децембра, 2020. године, због снијега и кише која је пала на ширем подручју Града Бања Луке и пада температуре, дошло је до смрзавања воде на крошњама и гранама стабала. Највеће штете од поледице из децембра 2020. године нанијете су одјелима 22/1, 22/2 и 23 (Карта 2). Смрзавање воде изазвало је појаву огромних количина леда, снијега и иња на мокрим крошњама те је дошло до прелома грана, крошњи и читавих стабала, као и изваљивање стабала заједно са корјеновим системом и огромним количинама земљишне масе. Изваљена и преломљена стабла су блокирала постојеће путеве и комуникације који су пролазили кроз или уз ивицу шумских састојина. На стрмим дијеловима наведених одјела, притисак леда, иња и снијега на крошње стабала изазвали су масовно изваљивање по систему "домино ефекта". Свако изваљено стабло са собом је чупало жиле, као и велике насlage земље и камена, тежине и до двије тоне.



Карта 1. Позиције стабала
Map 1 Tree Positions



Карта 2. Површине масовних извала стабала
Map 2 Areas of Massive Tree Uprooting

Истраживани дио састојине припада одјелу 23, одсјек "б", у саставу парк шума посебне намене Града Бања Лука, чија је улога првенствено заштитна, еколошка, спортско-рекреативна, односно мултифункционална. У сјеверном дијелу одсјека постављена је огледна плоха неправилног геометријског облика која је ограничена шумским влакама, пјешачком стазом Трешњик-Змајевац и једном притоком Плочастог потока. Површина огледне плохе из-

носи 0,5 ha и заузима сјевервероисточни дио падине обронка Осредак (Карта 1). Нагиби терена се крећу од 10 до 45 степени. Највећи нагиби терена су на источном дијелу огледне плохе, док је западни дио прилично благог нагиба. Геолошку подлогу чини еоценски флиш на којем се развија дистрични камбисол. Ово подручје припада умјерено континенталној клими која има знаке утицаја атлантске климе. Просјечна годишња температура износи 11 °C, а годишња количина падавина износи 1024 mm (Метеоролошка станица Бања Лука, период 1974-2004. године). Вегетациони период траје од 195 до 200 дана (Miletić, M. *et al.*, 2017). Потенцијална вегетација подручја заклоњених и свјежих положаја чине шуме букве (Stefanović, V. *et al.*, 1983). На истраживаној плохи нису забиљежени изражени антропогени утицаји. Присутан је један спрат дрвећа који гради буква, а у ријетким случајевима се среће трешња и сребрна липа. На западном дијелу огледне плохе на нешто блажим нагибима јављају се појединачна стабла хрста китњака и црног граба.

Метод рада се темељи на теренском прикупљању података о просторном распореду живих и оштећених стабала, пањева, лежавина и сушика и обради података како би се добили детаљни геопросторни подаци о положају стабала и њиховом здравственом стању. За прикупљање геопросторних података кориштен је уређај "SXblue II" произвођача Geneq Inc. (Монтреал, Канада). Овај уређај познат је по својој високој прецизности, са тачношћу 60 cm 95% времена. Ова прецизност је од великог значаја у областима где се захтевају прецизни геопросторни подаци, као што су геодезија и картографија (Слика 3). Уређај користи GPS (амерички систем), GLONASS (руски систем), Galileo (европски систем), BeiDou (кинески систем) за прецизно позиционирање и користи се гдје конвенционални ГПС пријемници имају слаб сигнал, као што су шумске састојине, зграде и друга комплексна окружења за позиционирање ('SXblue GPS', 2021). Апликација Locus Map служила је за спремање геопросторних података о стаблима (Locus Map, 2023). У апликацији Locus Map свако стабло је идентификовано јединственим бројем стабла, одређене су географске координате стабла (WGS 84) и надморска висина (Карта 1).

Премјер је вршен по методу тоталног премјера са таксационом границом од 5 cm и обухватао је сва здрава, превршена и изваљена стабла, сушике и пањеве. Дужина изваљених стабала мјерена је ручном пантљиком, а азимут правца пада стабла Suunto бусолом. Пречник лежавине и пањевине мјерен је на висини пања (0,3 m). Процјена прсног пречника лежавине и пањевине одређена је по Еићевим таблицама падова пречника од пања до прсне висине (Еић, N., 1956). Одређивање бонитета станишта за букву вршено је на основу бонитетог снопа и висинских кривуља које су конструисане коришћењем Проданове функције (Prodan, M., 1951). Запремине стабала одређене су помоћу Таблица таксационих елемената високих шума на подручју Босне (Drinić, P. *et al.*, 1980). Свим дубећим стаблима одређена је класа дефолијације и деколоризације (промјена боје крошње). За оцјене класа дефолијације и промјене боје крошњи кориштен је Приручник за визуелну процјену

стања шумских крошњи (FAO, 2014). Са огледне плохе такође су сакупљена плодносна тијела штетних гљива, као и дијелови стабала са оштећењима и симптомима обољења. За детерминацију паразитних гљива кориштени су кључеви које су у својим публикацијама дали неки од аутора B u t i n, H. (1989), D e n n i s, R. (1978); H a n l i n, R. (1992, 1998).

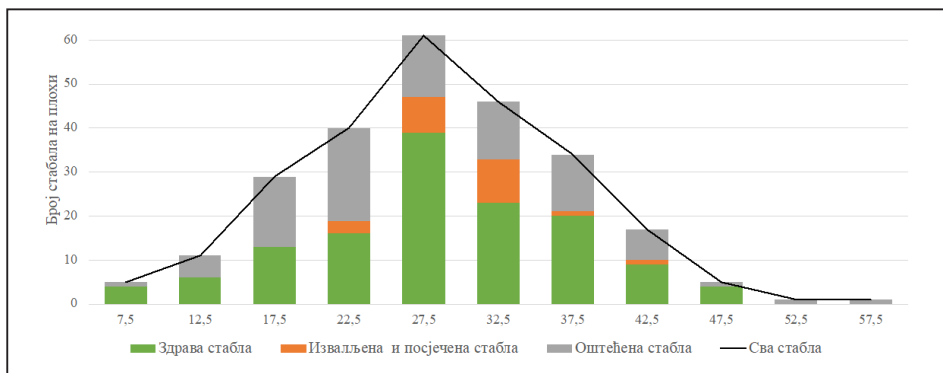
Методика статистичке анализе укључује примјену једноструке анализе варијансе (ANOVA) како би се процијениле статистички значајне разлике у просјечним вредностима нагиба терена између четири различите категорије стабала: лежавина, пањеви, превршена и дубећа стабла. Након тога, спроведен је Tukey HSD Post-хоc тест ради идентификације специфичних парова категорија стабала између којих постоје статистички значајне разлике.

Обрада података извршена је у програмском пакету MS Excel 2019. Израда карата и обрада геопросторних података извршена је у апликацији QGIS 3.28.2 - Firenze. За визуализацију и тродимензионални приказ састојина кориштен је бесплатна апликација SVS (*Stand Visualisation System*), верзија 3.36 (McGaughey, R. J., 1997). За статистичку анализу и визуализацију података кориштен је програмски језик Python 3.11.2 и библиотеке Pandas, Matplotlib, Seaborn, SciPy.stats и StatsModels.

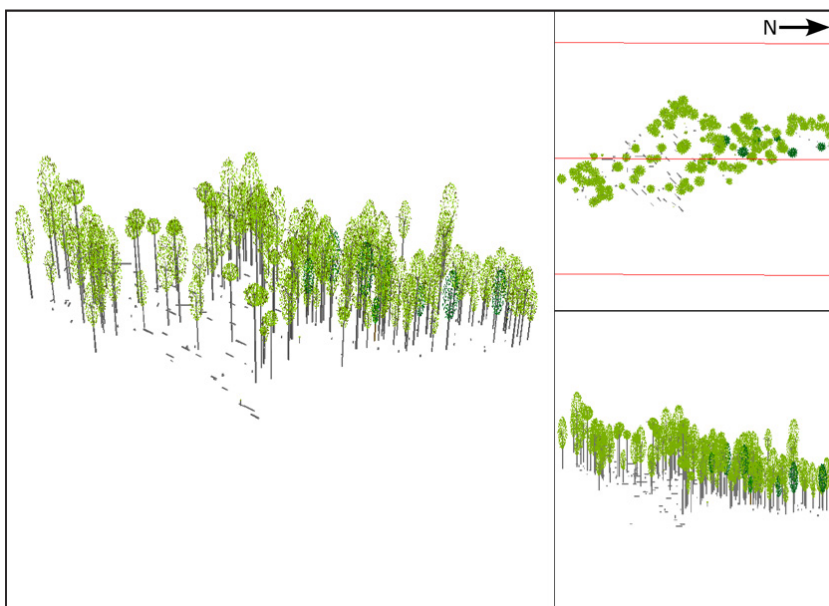
3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

На истраживаном дијелу састојине укупно је регистровано 250 стабала. Поред стабала букве регистровано је 7 стабала хрasta китњака и два стабла јавора млијеча. Од укупног броја стабала, регистровано је 139 дубећих стабала, 39 пањева, 58 изваљених стабала (извале) и 14 превршених стабала. Крива дебљинске структуре има нормалан (Гаусов облик) што је карактеристично за једнодобне састојине (Графикон 1). Највише изваљених и посјечених стабала након штете налази се у дебљинским класама од 20 до 35 cm. Стабла оштећена механичким, биотичким или абиотичким агенсима присутна су подједнако у свим дебљинским класама. Највећи број изваљених стабала пало је у смјеру сјевероистока (69% од укупног броја изваљених стабала). Главни узрок оваквог распореда изваљених стабала је стрм нагиб терена и сјевероисточна експозиција истраживаног дијела састојине.

Према бонитетним диспозицијама, буква има први бонитет станишта захваљујући стаблима изузетне виткости и малог пада пречника. Укупна процјењена запремина свих стабала истраживаног дијела састојине износи 272,60 m³. Крива запремнске структуре има нормалан облик. Укупна запремина здравих и неоштећених стабала након поледице износи 99,22 m³. Оштећена, изваљена, преломљена и посјечена стабла имају запремину 173,38 m³, што представља 63,60% од укупне процјењене запремине истраживаног дијела састојине прије поледице.

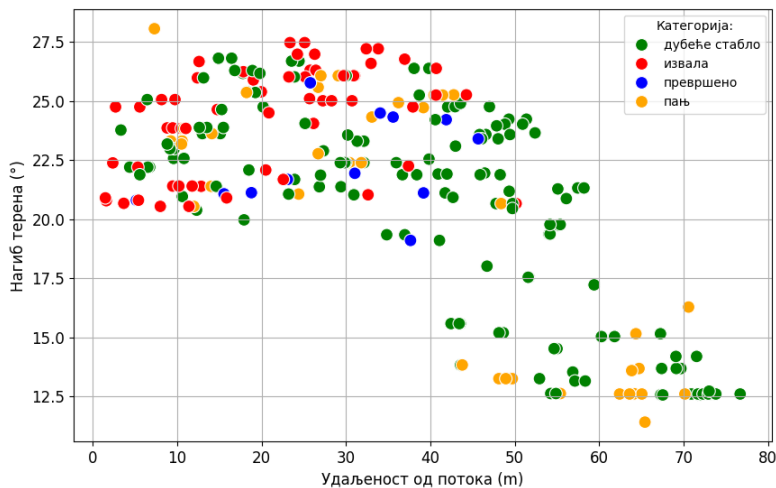


Графикон 1. Дебљинска структура свих категорија стабала
Graph 1 Diameter Structure of All Tree Categories



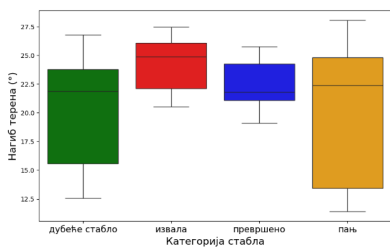
Слика 3. Тродимензионални приказ структуре састојине (SVS)
Figure 3 3D View of Stand Structure (SVS)

Дијаграм растурања (Графикон 2) приказује везу између удаљености стабала од потока (X-оса) и нагиба терена (Y-оса) за четири различите категорије стабала: извале, превшена стабла, пањеве и дубећа стабла. На дијаграму се уочава заступљеност изваљених и превршених стабала само на стрмијим нагибима преко 20 степени и испод 45 m удаљености од потока. Дубећа стабла и пањеви су заступљени равномерно на цијелој истраживаној површини.

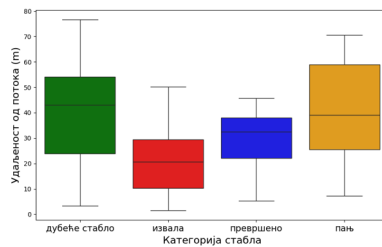


Графикон 2. Различите категорије стабала у односу на нагиб терена и близине потока
Graph 2 Distribution of Tree Categories Relative to Terrain Slope and Proximity to the Stream

ANOVA тест нагиба терена (Графикон 3) показује статистички значајне разлике између различитих категорија стабала (F -вриједност = 13,56, $p < 0,001$). Tukey HSD тест (Графикон 5) потврђује да су нагиби између извала и дубећих стабала, као и између извала и пањева, статистички значајно различити ($p < 0,001$).

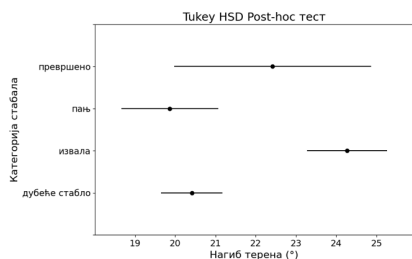


Графикон 3. ANOVA тест нагиба терена
Graph 3 ANOVA Test of Terrain Slope

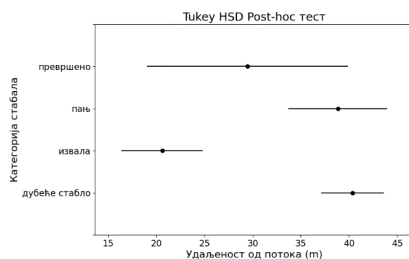


Графикон 4. ANOVA тест удаљености од потока
Graph 4 ANOVA Test of Proximity to the Stream

ANOVA тест удаљености стабала од потока (Графококон 4) такође показује статистички значајне разлике између категорија стабала (F -статистика = 17,73, $p < 0,001$). Према Tukey HSD тесту (Графикон 6), удаљености од потока између извала и дубећих стабала, као и између извала и пањева такође су статистички значајно различите ($p < 0,001$). Ови резултати наглашавају да се различите категорије стабала појављују на одређеним мјестима у односу на нагиб терена и близину водотока (Rhoads, A. G. *et al.*, 2002).

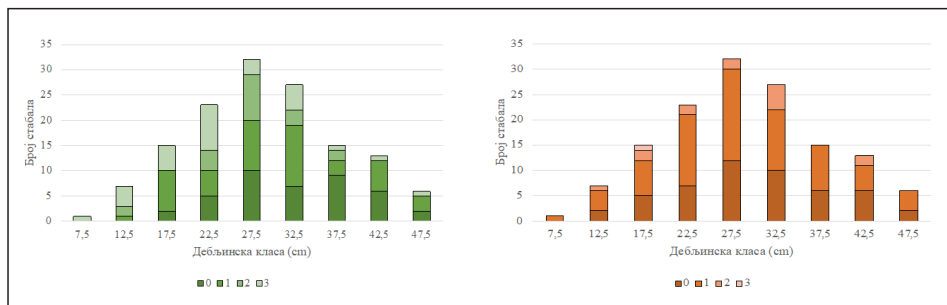


Графикон 5. Tukey Post-hoc тест
нагиба терена.
Graph 5 Tukey Post-hoc Test
of Terrain Slope



Графикон 6. Tukey Post-hoc тест
удаљености од потока
Graph 6 Tukey Post-hoc Test
of Proximity to the Stream

Постоји варијабилна дистрибуција различитих класа дефолијације стабала по свим дебљинским класама. Највише евидентираних стабала има класу дефолијације 1 (Графикон 7). Стабла са најјачим степеном дефолијације евидентирана су у свим дебљинским класама. У нижим дебљинским класама више је стабала са јачом дефолијацијом, док се у већим дебљинским класама примјећује мањи број стабала са јачом дефолијацијом. Дебљинске класе испод 15 cm немају потпуно здравих стабала.



Графикон 7. Дебљинска структура
стабала и класе дефолијације
Graph 7 Tree DBH Structure by
Defoliation Level

Графикон 8. Дебљинска структура
стабала и класе деколоризације
Graph 8 Tree DBH Strucutre by
Discolouration Level

Pearson коефицијент корелације између пречника стабла и дефолијације износи $-0,381$ ($p < 0,001$), што указује на статистички значајну негативну везу. Анализа линеарне регресије додатно потврђује да већи пречници стабала доводе до смањења степена дефолијације ($p < 0,001$). Пречник стабла не показује статистички значајан утицај на степен деколоризације ($p > 0,05$). Стабла са јачом промјеном боје (2 и 3) су већином концентрисана у нижим дебљинским класама, што може указивати на већу рањивост тањих и потенцијално млађих стабала. Најјача класа деколоризације забиљежена је само

код једног стабла у класи 17,5 cm. Стабла са слабијом деколоризацијом (0 и 1) су нормално су распоређена по свим дебљинским класама. Највише евидентираних стабала има степен деколоризације 1 (Графикон 8).

У истраживаном дијелу састојине регистровани су фитопатолошки знаци обољења у виду трулежи и изражених плодоносних тијела гљива (Графикон 5). На већини стабала регистрована су оштећења сљедећих паразитних гљива: *Schizophyllum commune* Fr., *Nectria coccinea* Pers., *Armillaria mellea* (Vahl) P.Kumm., *Bjerkandera adusta* Fr. и *Stereum insignitum* Quélet. На прогаљеним дијеловима истраживане плохе већина букових стабала имају изражена оштећења лисног апарата од стране буквиног сурлаша минера (*Orchestes fagi* L.), упалу коре са осунчане стране и оштећења механичке природе услед сјече и извлачења дрвних сортимената.

Резултати анализе дефолијације, деколоризације и оштећености стабала након поледице указују на значајан утицај топографских фактора, посебно нагиба терена и близине потока, на расподјелу преосталих стабала. Више изваљених и преломљених стабала на стрмијим падинама са сјевероисточном експозицијом истраженог подручја јасно указује на потребу за пажљивим планирањем шумско-узгојних захвата у таквим еколошким условима.

4. ЗАКЉУЧАК

Истраживана је чиста састојина букве на подручју Бања Луке три године након поледице. Постављена је огледна плоха неправилног облика, површине пола хектара у одјелу 23 ПЈ "Старчевица-Бјељевине", у дијелу састојине са највећим посједицама оштећења. Теренским истраживањима извршен је тотални премјер стабала изнад 5 cm, одређене прецизне географске координате и надморске висине стабала, измјерен пречник и висина (дужина) свих категорија стабала те одређена класа дефолијације и промјене боје (деколоризација) дубећих стабала. На дијелу истраживане састојине са израженим нагибом терена и влажним земљиштем у близини потока, присутан је изражен отвор склопа гдје се налази највећа концентрација изваљених, преломљених и превршених стабала. Прогаљени дио састојине налази се уз једну од три притоке Плочастог потока. Плодно земљиште, изражена виткост стабала, влажно земљиште и велики нагиби били су главни узрочници масовних изваљивања, превршавања и оштећења букових стабала након поледице. На том дијелу састојине стабла имају изражена оштећења и упалу коре, као и трагове фитопатолошких паразитних гљива. Највећи број изваљених стабала има сјевероисточни смјер пада услед великог нагиба и сјевероисточне експозиције. Укупна запремина оштећених, изваљених, преломљених и посјечених стабала износи 60% од укупне запремине свих стабала прије поледице. Резултати ANOVA теста показали су да постоји статистички значајна разлика у нагибу терена ($p < 0,001$) и удаљености стабала ($p < 0,001$ између различитих категорија дрвећа. Tukey HSD post-hoc тестови доказали су да већи нагиби терена и близина потока утичу на масовно изваљивање и пре-

вршавање стабала, док су преостала дубећа стабла и пањеви били присутни на читавој огледној плохи. Стабла јачих дебљинских класа показала су већу отпорност на дефолијацију. Ово истраживање пружа дубље разумијевање дугорочних последица поледице на чисту састојину букве у специфичним еколошким условима. Анализа оштећења стабала, њихове отпорности и утицаја топографских фактора истакла је комплексност еколошких интеракција у природним шумским екосистемима. Изнесени резултати указују на важност правилног управљања шумским ресурсима у циљу очувања биодиверзитета и еколошке стабилности, нарочито у подручјима са високим ризиком од природних катастрофа као што су ледене олује и посебно у зонама шума у којима су дозвољене само сјече санитарног карактера.

ЛИТЕРАТУРА

- Bernstein, B. C., Makkonen, L., & Järvinen, E. (2009, September). European icing frequency derived from surface observations. In *XIII International workshop on atmospheric icing of structures (IWAIS)* (Vol. 4).
- Boerner, R.E.J., Runge, S.D., Cho, D.S., Kooser, J.G. (1988). Localized ice storm damage in an Appalachian Plateau watershed. *American Midland Naturalist*, 199-208.
- Bragg, D. C., Shelton, M. G., & Zeide, B. (2003). Impacts and management implications of ice storms on forests in the southern United States. *Forest Ecology and Management*, 186(1-3), 99-123.
- Butin, H. (1989). *Krankheiten der Wald und Parkbäume*, Studgart-New York: Georg Thieme Verlag.
- Vertacnik, G., Dolinar, M., Sinjur, I., & Gustincic, M. (2015). Meteorological conditions during the ice storm causing glaze ice at the end of January and the beginning of February 2014 (in Slovene). *Ujma*, 29, 149-173.
- Dennis, R. (1978). *British Ascomycetes*. Vaduz, Lubrecht & Cramer.
- Domicelj, A. (1900). Huda nesreča na Notranjskem. *Dom in svet (Ljubljana)*, letnik 13, številka 2.
- Drinić, P., Matić, V. ., Pavlič, J., Prolić, N., Stojanović, O., & Vukmirović, V. (1980). Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u SR Bosni i Hercegovini. *Radovi Šumarskog Fakulteta Univerziteta U Sarajevu*, 13(1), 1-239. <https://doi.org/10.54652/rsf.1980.v1.i13.271>
- E i ć, N. (1956). *Tabele drvnih masa*. Sarajevo.
- Zhou, B., Gu, L., Ding, Y., Shao, L., Wu, Z., Yang, X., & Kong, W. (2011). The great 2008 Chinese ice storm: its socioeconomic-ecological impact and sustainability lessons learned. *Bulletin of the American meteorological Society*, 92(1), 47-60.
- Irland, L.C. (1998). Ice storm 1998 and the forests of the Northeast: A preliminary assessment. *Journal of Forestry*, 96(9), 32-40.
- Irland, L.C. (2000). Ice storms and forest impacts. *Science of the total environment*, 262(3), 231-242.
- Jakša, J. (2007). Natural disasters in Slovenia forest.
- Jakša, J., & Kolšek, M. (2009). Naravne ujme v slovenskih gozdovih. *Ujma*, (23), 72-81.
- Kämäräinen, M., Hyvärinen, O., Jylhä, K., Vajda, A., Neiglick, S., Nuottokari, J., & Gregow, H. (2017). A method to estimate freezing rain climatology from ERA-Interim reanalysis over Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(2), 243-259.

- Lemon, P. C. (1961). Forest ecology of ice storms. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 21-29.
- Liechty, H. O., Jurgensen, M. F., Mroz, G. D., & Gale, M. R. (1997). Pit and mound topography and its influence on storage of carbon, nitrogen, and organic matter within an old-growth forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 27(12), 1992-1997.
- Locus Map (2023). Locus Map - Mobile Outdoor Navigation App. <https://www.locusmap.app/>
- Miller-Weeks, M. M. (1999). *The Northeastern Ice Storm, 1998: A Forest Damage Assessment for New York, Vermont, New Hampshire, and Maine*. NEFA, cooperating with the USDA Forest Service.
- Miletić, M., Milanović, Đ., Stupar, V., & Brujić, J. (2017). Šumska Vegetacija trešnjika kod Banja Luke. Гласник Шумарског факултета Универзитета у Бањој Луци 1(25). <https://doi.org/10.7251/GSF1625015M>
- McGaughey, R. J. (1997). Visualizing forest stand dynamics using the stand visualization system. *Proceedings of the 1997 ACSM/ASPRS Annual Convention and Exposition*, 4, 248-257.
- Nagel, T. A., Mikac, S., Dolinar, M., Klopčič, M., Keren, S., Svoboda, M., ... & Paulić, V. (2017). The natural disturbance regime in forests of the Dinaric Mountains: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management*, 388, 29-42.
- Oliver, C. D., Larson, B. C., & Oliver, C. D. (1996). Forest stand dynamics.
- Papež, J. (2005). Motnje in dinamične spremembe vegetacije v gozdni krajini. *Gozdarski vestnik*, 63(2), 68-78.
- Pasher, J., & King, D. J. (2006). Landscape fragmentation and ice storm damage in eastern Ontario forests. *Landscape Ecology*, 21, 477-483.
- Prodan, M. (1951). Messung der Waldbestände. *J. D. Sauerländer's Verlag*: Frankfurt Am Main, Germany, 260.
- Rebertus, A. J., Shifley, S. R., Richards, R. H., & Roovers, L. M. (1997). Ice storm damage to an old-growth oak-hickory forest in Missouri. *American Midland Naturalist*, 48-61.
- Rhoads, A. G., Hamburg, S. P., Fahey, T. J., Siccama, T. G., Hane, E. N., Battles, J., Wilson, G. (2002). Effects of an intense ice storm on the structure of a northern hardwood forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(10), 1763-1775.
- Saje, R. (2014). Ice storm damages in Slovenian forests.
- Seischab, F. K., Bernard, J. M., & Eberle, M. D. (1993). Glaze storm damage to western New York forest communities. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 64-72.
- Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., & Vukorep, I. (1983). Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. Šumarski Fakultet, *Posebna Izdanja*, 17, 1-49.
- Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., & Schuck, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9(11), 1620-1633.
- SXblue GPS. (2023). SXblue GPS. Retrieved 13 June 2023, <https://sxbluegps.com/products/gps-gnss-receivers/>
- Frelich, L. E. (2002). *Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests*. Cambridge University Press.
- Carrière, J. M., Lainard, C., Le Bot, C., & Robart, F. (2000). A climatological study of surface freezing precipitation in Europe. *Meteorological Applications*, 7(3), 229-238.
- Hanlin, R. (1992). Illustrated Genera of the Ascomycetes. Volume I and II. APS Press.
- Hanlin, R. (1998). Combined keys to the illustrated genera of the Ascomycetes. APS Press.
- Šamonil, P., Král, K., & Hort, L. (2010). The role of tree uprooting in soil formation: a critical literature review. *Geoderma*, 157(3-4), 65-79.
- Walker, L. C., & Oswald, B. P. (1999). *The southern forest: geography, ecology, and silviculture*. CRC Press.
- Warriallow, M., & Mou, P. (1999). Ice storm damage to forest tree species in the ridge and valley region of southwestern Virginia. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 147-158.

ICE STORM DAMAGE IN BEECH FORESTS IN THE BANJA LUKA AREA
–REPUBLIC OF SRPSKA

*Zoran Stanivuković
Ranko Vasiljević
Srdan Bilić*

Summary

The paper reports on the condition of a pure beech stand four years after an ice storm. The study was conducted on a 0.5-hectare experimental plot of irregular shape within the “Starčevica-Bjeljevine” management unit, in the area most severely affected by the storm. Field research included a complete survey of trees with a diameter at breast height (DBH) exceeding 5 cm, determination of precise geographical coordinates and elevations, and DBH and tree heights (lengths) across all tree categories. Defoliation classes and discoloration of standing trees were also assessed. Trees were categorised into four groups: standing, overtopped, uprooted, and stumps. In the part of the investigated stand characterised by steep slopes and wet soil near a stream, significant canopy break was recorded, with the highest concentration of uprooted, broken, and damaged trees. The study identified that, in addition to the ice storm, fertile soil, the slender form of beech trees, wet soil, and steep slopes were key factors contributing to widespread uprooting, topping, and damage. The remaining trees in this area exhibited significant damage, including bark inflammation and signs of harmful fungi and insects. The majority of uprooted trees fell in a northeasterly direction due to the steep slope and northeasterly aspect of the terrain. The total volume of damaged, uprooted, broken, and felled trees amounted to 60% of the total volume of all trees before the ice storm. The research highlights that steep slopes, proximity to streams, shallow soil, and the slenderness of trees significantly contributed to tree uprooting. The results of Tukey HSD tests further indicate significant differences in the occurrence of various tree categories relative to slope and proximity to streams. These findings underscore the importance of considering spatial and ecological context in the management of forest stands under similar geographical and environmental conditions.