

Prostorna analiza odumiranja stabala hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) za potrebe adaptivnoga gospodarenja šumskim ekosustavima u Hrvatskoj

Ivica Tikvić, Damir Ugarković, Josip Gašpar

Nacrtač – Abstract

Propadanje i iznenadno odumiranje stabala hrasta lužnjaka velik je problem u šumarstvu. Ono se razlikuje od prirodnoga odumiranja stabala u šumama i u novije vrijeme postaje sve intenzivnije. Ta pojava nastaje zbog promjene ekoloških uvjeta i nepovoljnoga utjecaja različitih stresnih čimbenika na razvoj stabala kroz dugogodišnje razdoblje. Zbog toga se gospodarenje šumama prilagođava takvim pojavama provođenjem tzv. sanitarnih sječa stabala, kojima se uklanjaju jako oštećena i odumrla stabla. U radu su obrađeni podaci o doznaci oštećenih i odumrlih stabala hrasta lužnjaka u trima gospodarskim jedinicama Uprave šuma Nova Gradiška za razdoblje od 1998. do 2007. godine. Izračunate su količine odumrla drveća po jedinici površine i po odsjecima na temelju odnosa odumrla drveća po jedinici površine i drvene zalihe svakoga odsjeka. Na temelju tih vrijednosti odsjeci su razvrstani u stupnjeve odumiranja drveća, te je napravljena analiza njihove zastupljenosti po stupnjevima. Propadanje je prirasta utvrđeno na temelju odnosa godišnjega odumrloga drveća po jedinici površine svakoga pojedinoga odsjeka i tečajnoga godišnjega prirasta hrasta lužnjaka za taj odsjek. Distribucija odjela i odsjeka prema stupnjevima propadanja prirasta prikazana je na kartama. Najnepovoljnije je stanje utvrđeno u gospodarskoj jedinici »Grede–Kamare«, u kojoj prekomjerno propada drvo na preko 570 ha, te se smanjuje prirast na preko 800 ha. Ukupno je u istraživanom razdoblju u toj gospodarskoj jedinici posječeno 78 000 m³ odumrla drveća hrasta lužnjaka, dok je u sve tri gospodarske jedinice posječeno preko 115 000 m³ odumrla drveća. Utvrđeno je prostorno grupiranje odsjeka s intenzivnim i ekstremnim odumiranjem stabala hrasta lužnjaka na svim istraživanim područjima.

Ključne riječi: odumiranje stabala, hrast lužnjak, adaptivno gospodarenje, vitalnost stabala, šumski ekosustav

1. Uvod – Introduction

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) jedna je od najvažnijih šumskogospodarskih vrsta drveća u Hrvatskoj. Rasprostranjen je na 10 % površine šuma u Hrvatskoj (oko 210 000 ha) i čini oko 12 % od ukupne drvene zalihe (Matić 2000). Raste u nizinskom i poplavnom području rijeka Drave, Save i Kupe, te njihovih pritoka u optimalnim stanišnim uvjetima (Prpić 1996). Šumama hrasta lužnjaka gospodari se po prirodnim načelima, što se odnosi na prirodnu obnovu i prirodnu strukturu šuma. U posljednjih 100 godina gospodarenje nizinskim šumama, posebno

šumama hrasta lužnjaka, opterećeno je propadanjem i odumiranjem stabala (König 1911, Prpić 1974, Prpić 1989, Matić 1989, Prpić 1996, Vukelić i dr. 1997, Prpić i Anić 2000, Tikvić i dr. 2008b, Matić 2009). To je značajan gospodarski i ekološki problem. S gospodarskoga je gledišta velik problem tzv. slučajni prihod, odnosno pojava iznenadnoga odumiranja i velike oštećenosti stabala. Daljnji je problem povećanje troškova gospodarenja i problemi u prirodnoj obnovi tih šuma. S ekološkoga gledišta odumiranje je stabala posljedica promjene stanišnih uvjeta, što se nepovoljno odražava na vitalnost stabala, stabilnost šumskih ekosustava, te gospodarske i općekorisne funk-

cije šuma (Tikvić i dr. 2008b). U razdoblju od 1995. do 2007. godine u Hrvatskoj je udio posjećenih odumrlih stabala hrasta lužnjaka iznosio 35 % od ukupnoga etata hrasta lužnjaka, a u posljednjih nekoliko godina taj se udio povećao na 40 % (Matić 2009).

2. Pregled dosadašnjih istraživanja *Overview of previous research*

Stabla hrasta lužnjaka su počela izvanredno odumirati u Hrvatskoj početkom 20. stoljeća, a u novije vrijeme odumiru sve više (Matić 2009). Razlozi su za tu pojavu mnogobrojni. Meliorativni su zahvati u šumama poremetili prirodni vodni režim i snizili razinu podzemne vode. Nepravilnim su uzgojnim zahvatima u nekim područjima nastale čiste lužnjakove sastojine, što je poremetilo biološku ravnotežu pa se javljaju bolesti i štetnici. Onečišćenje zraka, pojava poplavnih voda u vegetacijskom razdoblju, te izostanak redovitih zimskih i proljetnih poplava uz istodobnu pojavu uzastopnih sušnih razdoblja ključni su stresni čimbenici koji također nepovoljno utječu na te šume (Prpić i dr. 1994, Vukelić i dr. 1997, Prpić i Anić 2000, Tikvić i dr. 2008a).

Odumiranjem stabala nastaju veliki financijski gubici. Oni iznose i do 40 % od moguće tržišne vrijednosti šumskih sortimenata dobivenih iz živih i neoštećenih stabala, a smanjenje je općekorisnih funkcija šuma mnogostruko veće (Starčević 1995, Prpić 1996). Pri odumiranju stabala hrasta lužnjaka propada bjeljika i smanjuje se promjer sortimenata i do 30 % (Zečić i dr. 2009).

U Hrvatskoj hrast lužnjak odumire i u spačvanskim šumama. Te su šume najveći kompleks hrasta lužnjaka u Hrvatskoj i nastale su u optimalnim ekološkim uvjetima za hrast lužnjak (Tikvić i dr. 2009). Odumiranje je stabala iznosilo do 30 %, u odnosu na ukupnu drvenu zalihu istraživanih šuma, što je pokazatelj nestabilnosti tih šumskih ekosustava. Na oštećenim su stablima utvrđena biološka oštećenja, koja su bila učestalija na stablima većega stupnja osutosti i koja su znatno smanjila tehničku vrijednost drva. Kod stabala sa značajnom osutošću krošanja (osutost veća od 25 % u odnosu na normalno stanje) utvrđeno je smanjenje udjela tehničkoga drva za oko 10 %. Udio je furnirskih trupaca bio oko 50 % manji kod stabala s velikom osutošću i kod odumrlih stabala u odnosu na stabla male i srednje osutosti krošanja (Tikvić i dr. 2005). Prema najnovijim istraživanjima odumiranja stabala hrasta lužnjaka u spačvanskim šumama (Dubravac i Dekanić 2009) u razdoblju od 1996. do 2006. godine od ukupno posjećenog drva hrasta lužnjaka 59 % je bilo odumrlo drvo. Odumiranje je najveće u sastojinama petoga i šestoga do-

noga razreda, što je značajan pokazatelj nestabilnosti tih šuma.

Prve prostorne analize odumiranja stabala hrasta lužnjaka u Hrvatskoj napravljene su za Šumariju Lipovljani (Tikvić i dr. 2006). Na temelju karte intenziteta propadanja prirasta utvrđeni su odjeli s malim, srednjim i velikim intenzitetom propadanja prirasta.

3. Problematika istraživanja – *Problems of research*

Odumiranje je stabala prirodna pojava u sastojinama kao posljedica konkurencije jedinki iste i različitih vrsta drveća za ograničenim uvjetima staništa. Kod normalne prirodne selekcije ono može iznositi do 5 % stabala hrasta lužnjaka godišnje (Nichols 1968). U Hrvatskoj se u šumama hrasta lužnjaka pojavljuje pojedinačno, zatim intenzivno i katastrofalno odumiranje stabala. Primjeri su katastrofalnoga odumiranja stabala hrasta lužnjaka šume Žutica, Repaš, Česma i Kalje u kojima se dogodilo propadanja i odumiranja svih stabala u određenom broju odjela (Prpić i dr. 1996, Anić i dr. 2002). Odumiranje se stabala javlja kao posljedica smanjene vitalnosti stabala. Postoje različiti pokazatelji pomoću kojih se utvrđuje vitalnost stabala. To su parametri krošnje (prozirnost i morfologija krošnje), parametri debla i fiziološki parametri (hranjivi sastojci u iglicama, hranjivi sastojci u bjeljici, veličina i oblik iglica i dr.).

Najčešći su pokazatelji za procjenu stanja šuma, pa tako i vitalnosti stabala, osutost i požutjelost krošnje (Tikvić i dr. 1995). Međutim, ta dva pokazatelja nisu dovoljna za pouzdano utvrđivanje vitalnosti stabala, osobito pojedinih stupnjeva vitalnosti. Stoga se koriste i drugi pokazatelji. U šumarstvu se oštećenost stabala utvrđuje na temelju vanjskoga izgleda stabla (Prpić 1992, NN, 116/06, NN, 55/09). Oštećenost stabla obuhvaća oštećenost krošnje, debla i korijena. Pri procjeni oštećenosti stabala naglasak je na oštećenosti krošanja koja se procjenjuje na temelju osutosti krošnje i promjene boje lišća u odnosu na normalno razvijenu krošnju iste vrste drveća. Svaki se pokazatelj vitalnosti stabala, bilo da je procijenjen ili izmjeren na terenu, uspoređuje s određenom referentnom vrijednošću, koja predstavlja optimalno stanje za određene ekološke uvjete. Prema Dobbertinu i dr. (2001) odumiranje stabala uzrokovano bolestima često ima grupimičan prostorni raspored, dok odumiranje stabala zbog konkurencije rezultira slučajnim rasporedom.

U SAD-u se odumiranje stabala koristi kao pokazatelj zdravstvenoga stanja šuma, a procjenjuje na temelju dvaju indeksa. Indeks MRATIO predstavlja odnos godišnje odumrle drvnoga volumena i godišnjega prirasta, dok indeks DD/LD predstavlja odnos

prosječne temeljnice odumrlih stabala i prosječne temeljnice živih stabala. Ako je MRATIO veći od 1, odumiranje je veće od prirasta i drvna se zaliha smanjuje. Ako je MRATIO veći od 0,6, to je pokazatelj djelovanja akutnih čimbenika koji dovode do odumiranja, kao što su bolesti, štetnici, nepovoljni ekološki čimbenici i dr. Veliki indeks DD/LD (> 1) također je pokazatelj djelovanja nepovoljnih čimbenika ili starenja stabala (Tkacz 2008).

Odumiranje se stabala hrasta lužnjaka pojavljuje svake godine s većim ili manjim intenzitetom. Ono je značajno povezano s djelovanjem različitih nepovoljnih čimbenika. Pretpostavka je da ono ima određena prostorna obilježja, na temelju kojih se može procjenjivati povezanost odumiranja s ekološkim čimbenicima koji doprinose toj pojavi. Zbog intenzivnoga propadanja i odumiranja stabala hrasta lužnjaka provode se tzv. sanitarne sječe kako bi se smanjili gubici u gospodarenju šumama. Prilagođavanje gospodarenja novim uvjetima u sastojinama i staništu naziva se adaptivnim gospodarenjem šumskim ekosustavima. Cilj je istraživanja bio utvrditi intenzitet odumiranja stabala hrasta lužnjaka na temelju stupnjeva odumiranja drveta i propadanja prirasta, te distribuciju i obilježja odumiranja na temelju prostornih analiza.

4. Materijal i metode istraživanja *Material and Methods*

Istraživanje odumiranja stabala hrasta lužnjaka provedeno je u trima gospodarskim jedinicama (G.J.) Uprave šuma podružnica Nova Gradiška. Podaci o posjećenim odumrlim stablima iz službenih evidencija su obrađeni za razdoblje od 1998. do 2007. godine. Drvni je volumen odumrlih stabala izračunat na temelju promjera stabala i lokalnih tarifa. Obrađeni su podaci o volumenu odumrlih drveta u svim odsjecima u kojima je bio hrast lužnjak, osim I. dobnoga razreda (1 – 20 godina) i odsjeka u kojima je obavljen dovršni sijek. Pomoću računalnoga programa MsExcel napravljena je analiza i obrada podataka.

Volumen je odumrlih drveta u desetogodišnjem razdoblju svakoga pojedinoga odsjeka zbrojen i podijeljen s površinom odsjeka te je izračunato prosječno odumiranje stabala po jedinici površine za cijelo promatrano razdoblje (m^3/ha). Na temelju drvne zalihe stabala hrasta lužnjaka po odsjecima dobivene iz osnova gospodarenja i drvnoga volumena odumrlih stabala hrasta lužnjaka po jedinici površine izračunat je postotni udio odumrlih stabala hrasta lužnjaka u odnosu na drvenu zalihu hrasta lužnjaka za svaki odsjek.

Zatim je volumen odumrlih stabala po odsjecima (m^3/ha) podijeljen s 10 godina i dobiven je godišnji

volumen odumrlih stabala hrasta lužnjaka po hektaru. Ta je vrijednost stavljena u odnos s tečajnim godišnjim prirastom hrasta lužnjaka po odsjecima te je dobiven postotni udio odumrlih drveta u odnosu na tečajni godišnji prirast odsjeka, a prikazan je kao propadanje prirasta.

Na osnovi dobivenih vrijednosti svakomu je odsjeku dodijeljen stupanj odumiranja drveta i stupanj propadanja prirasta kako je prikazano u tablicama 1 i 2.

Tablica 1. Stupnjevi odumiranja drveta
Table 1 Degrees of wood mass mortality

Stupanj - Degree	Intenzitet, % - Intensity, %	Odumiranje - Dieback
I	0,1 - 10	Malo - Low
II	10,1 - 25	Umjereno - Moderate
III	25,1 - 50	Intenzivno - Intensive
IV	50,1 - 100	Ekstremno - Extreme

Tablica 2. Stupnjevi propadanja prirasta
Table 2 Degrees of increment decline

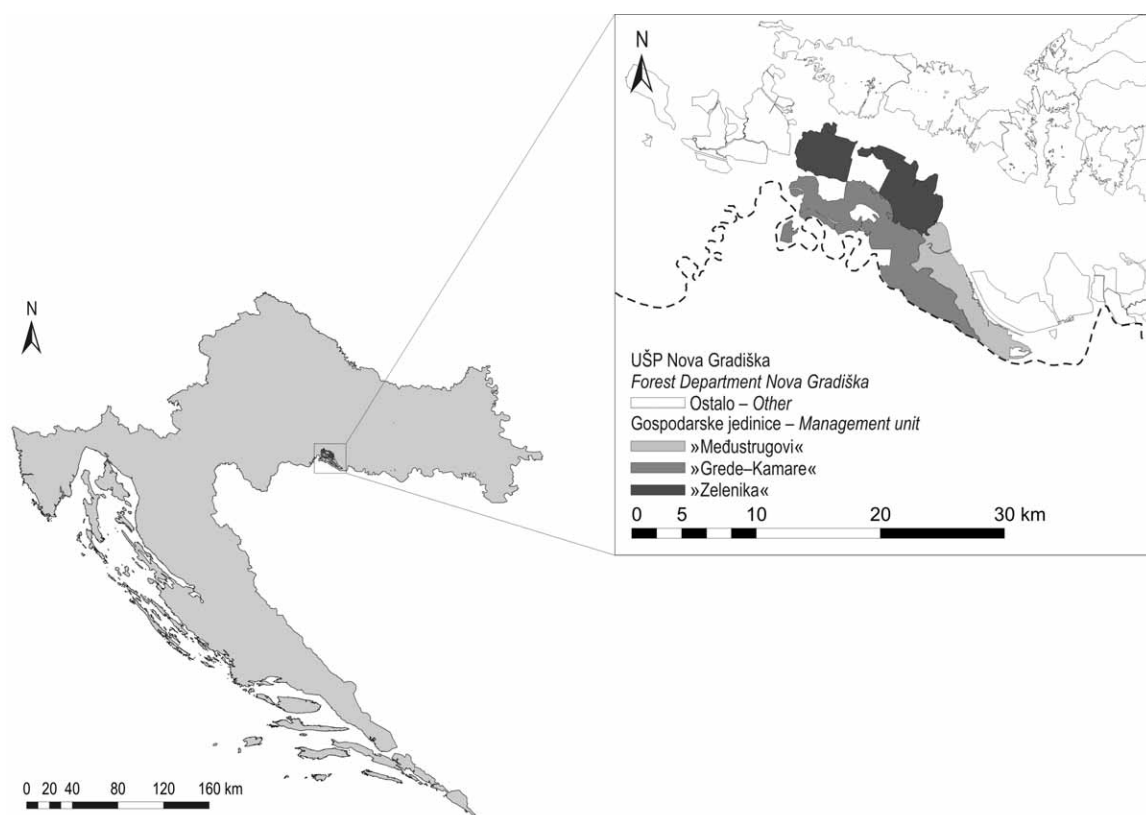
Stupanj - Degree	Intenzitet, % - Intensity, %	Propadanje - Decline
I	0,1 - 25	Malo - Low
II	25,1 - 50	Umjereno - Moderate
III	50,1 - 100	Intenzivno - Intensive
IV	> 100	Ekstremno - Extreme

Podaci se o odumrlim stablima hrasta lužnjaka odnose na 85 odjela ili odsjeka u G.J. »Međustrugovi«, na 50 odsjeka u G.J. »Zelenika« i na 102 odsjeka u G.J. »Grede–Kamare«. Na temelju stupnja propadanja prirasta određenoga odjela ili odsjeka izrađene su karte intenziteta propadanja prirasta za prostorne analize.

5. Područje istraživanja – *Research area*

Istraživanje je provedeno u trima šumarijama Uprave šuma Nova Gradiška, odnosno u G.J. »Međustrugovi« u Šumariji Stara Gradiška, G.J. »Zelenika« u Šumariji Novska i G.J. »Grede–Kamare« u Šumariji Jasenovac.

Gospodarska jedinica »Međustrugovi« smještena je u međurječju Velikoga i Maloga Struga, pritoka rijeke Save u srednjem Posavlju. Gospodarska jedinica »Zelenika« nalazi se jugoistočno od grada Novske. Sjevernu granicu čini autocesta Zagreb – Lipovac, a istočnu gospodarska jedinica »Međustrugovi«. Gospodarska jedinica »Grede–Kamare« nalazi se jugoistočno od grada Novske između Struga i rijeke Save. S istočne strane graniči s gospodarskom jedinicom »Međustrugovi«, a na sjeveru s gospodarskom jedinicom »Zelenika« (slika 1).



Slika 1. Karta područja istraživanja intenziteta odumiranja stabala hrasta lužnjaka u trima gospodarskim jedinicama UŠP Nova Gradiška za razdoblje od 1998. do 2007.

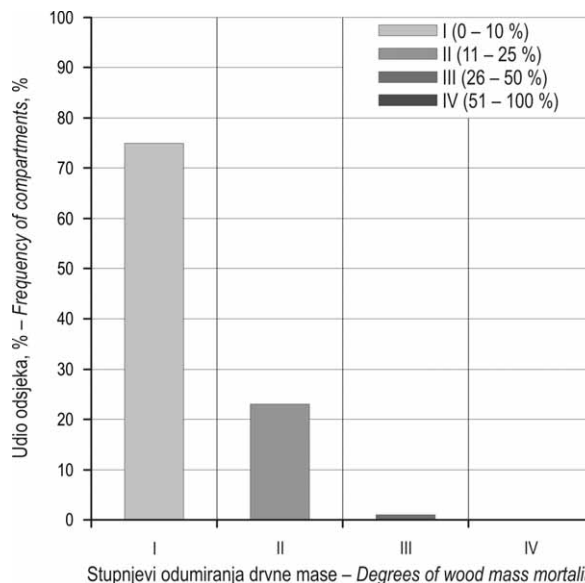
Fig. 1 Management units of the Forest Administration Nova Gradiška in the research of intensity of oak diaback in the period 1998–2007

6. Rezultati istraživanja – Results of investigation

6.1 Gospodarska jedinica »Međustrugovi« Management Unit »Međustrugovi«

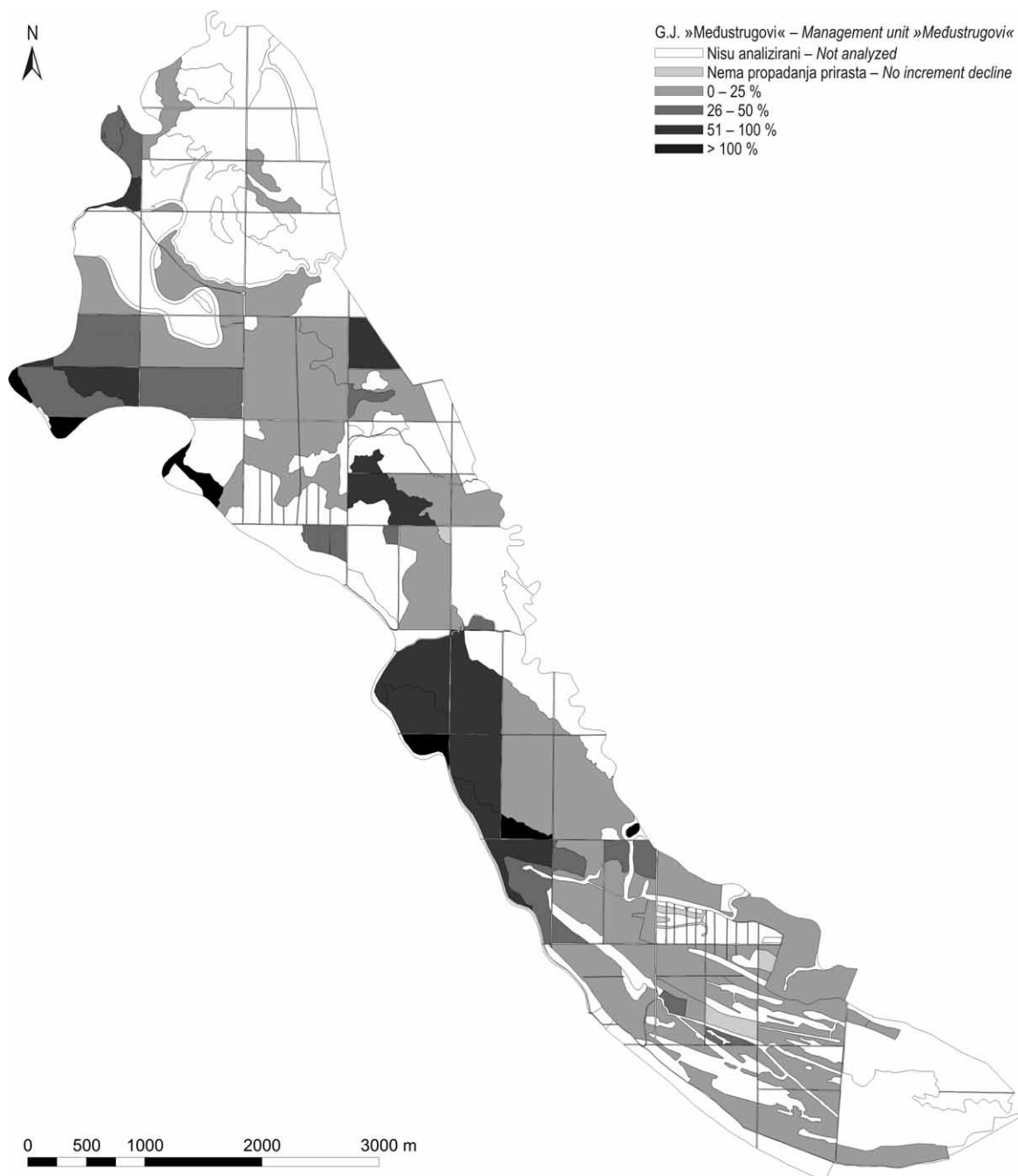
Intenzitet odumiranja drveta po odsjecima u gospodarskoj jedinici »Međustrugovi« bio je relativno malen. Obradeno je 85 odsjeka na površini od 1302 ha. U 98 % odsjeka utvrđeno je malo (I. stupanj) do umjereno (II. stupanj) odumiranje stabala hrasta lužnjaka u odnosu na drvenu zalihu, odnosno u velikoj je većini odsjeka utvrđeno malo odumiranje stabala (slika 2). U stupnju umjerenoga odumiranja u 13 odsjeka odumiranje je bilo do 20 %, a u 6 odsjeka od 21 do 25 % u odnosu na drvenu zalihu. Nije utvrđen ni jedan odsjek s ekstremnim odumiranjem stabala (IV. stupanj). U odnosu na površinu i drvenu zalihu nije utvrđena pravilna povezanost s intenzitetom odumiranja stabala hrasta lužnjaka.

Na slici 3 prikazana je prostorna distribucija odsjeka gospodarske jedinice »Međustrugovi« s različitim stupnjevima propadanja prirasta. Uočljiva je relativno mala zastupljenost odsjeka s ekstremnim



Slika 2. Postotni udio odsjeka po stupnjevima odumiranja hrasta lužnjaka u G.J. »Međustrugovi«, Šumarija Stara Gradiška za razdoblje od 1998. do 2007.

Fig. 2 Frequency of compartments in oak mortality degrees for the Management Unit »Međustrugovi«, Forest Office Stara Gradiška in the period 1998–2007

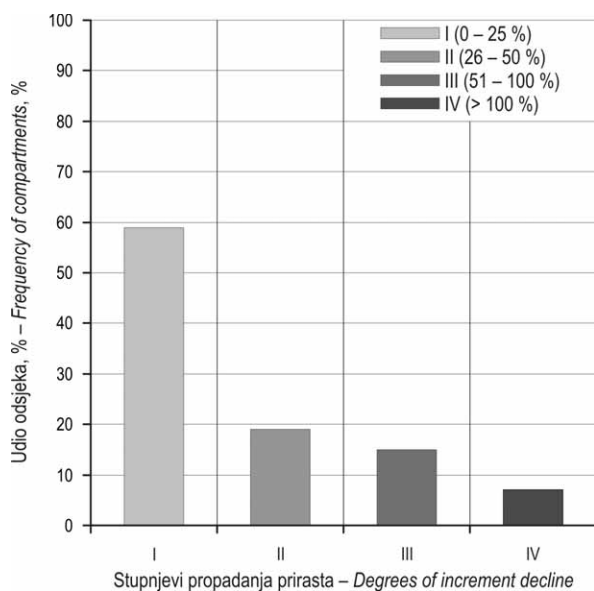


Slika 3. Prostorna distribucija odsjeka s različitim stupnjevima propadanja prirasta hrasta lužnjaka u G.J. »Međustrugovi« za razdoblje od 1998. do 2007.
Fig. 3 Spatial compartment distribution of oak increment decline degrees in the Management Unit »Međustrugovi« in the period 1998–2007

propadanjem prirasta. U odnosu na intenzivno i umjerenopropadanje prirasta uočava se grupiranje odsjeka i njihova veća zastupljenost u južnom dijelu gospodarske jedinice uz vodotok Strug. Intenzivno i ekstremno propadanje prirasta utvrđeno je u 18 odsjeka na površini većoj od 260 ha.

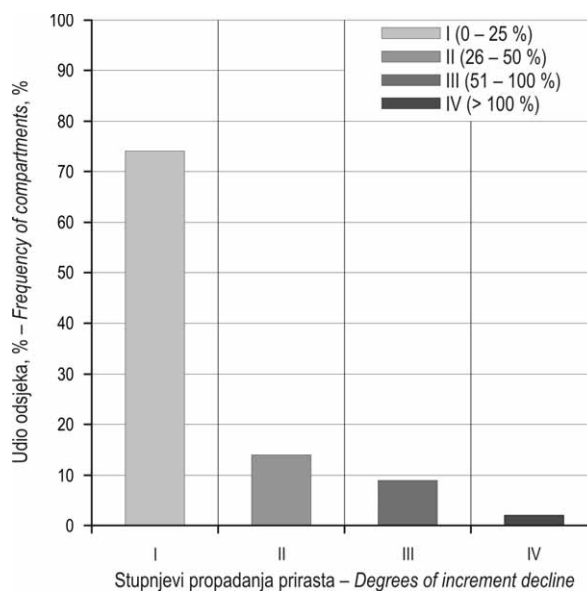
Prema stupnjevima propadanja prirasta u gospodarskoj jedinici »Međustrugovi« odnosi su bili nepo-

voljniji. U 12 odsjeka utvrđeno je intenzivno propadanje prirasta, a 6 odsjeka imalo je ekstremno propadanje prirasta na površini od 30 ha. U više od 20 % odsjeka utvrđeno je značajnije smanjenje prirasta (III. i IV. stupanj, slika 4). Najekstremnije vrijednosti propadanja prirasta nisu utvrđene u odsjecima s najvećim vrijednostima odumiranja stabala hrasta lužnjaka.



Slika 4. Postotni udio odsjeka po stupnjevima propadanja prirasta hrasta lužnjaka u G.J. »Međustrugovi«, Šumarija Stara Gradiška za razdoblje od 1998. do 2007.

Fig. 4 Frequency of compartments in oak increment decline degrees for the Management Unit »Međustrugovi«, Forest Office Stara Gradiška in the period 1998–2007

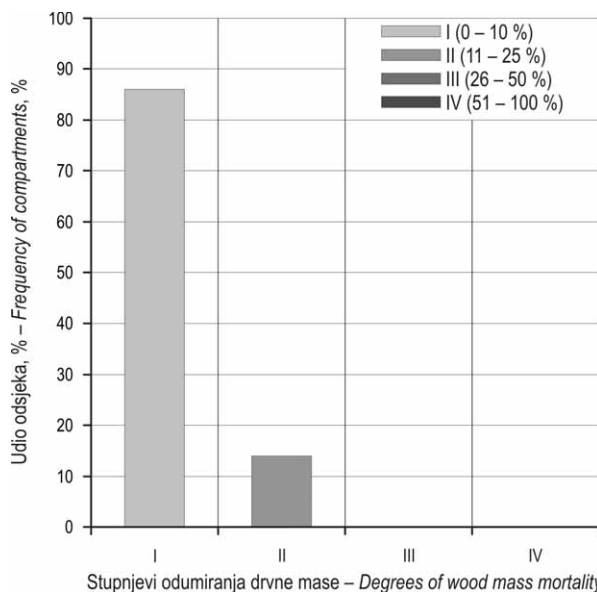


Slika 6. Postotni udio odsjeka po stupnjevima propadanja prirasta hrasta lužnjaka u G.J. »Zelenika«, Šumarija Novska za razdoblje od 1998. do 2007.

Fig. 6 Frequency of compartments in oak increment decline degrees for the Management Unit »Zelenika«, Forest Office Novska in the period 1998–2007

6.2 Gospodarska jedinica »Zelenika« Management Unit »Zelenika«

U gospodarskoj jedinici »Zelenika« utvrđeno je najpovoljnije stanje u odnosu na odumiranje stabala



Slika 5. Postotni udio odsjeka po stupnjevima odumiranja hrasta lužnjaka u G.J. »Zelenika«, Šumarija Novska za razdoblje od 1998. do 2007.

Fig. 5 Frequency of compartments in oak mortality degrees for the Management Unit »Zelenika«, Forest Office Novska in the period 1998–2007

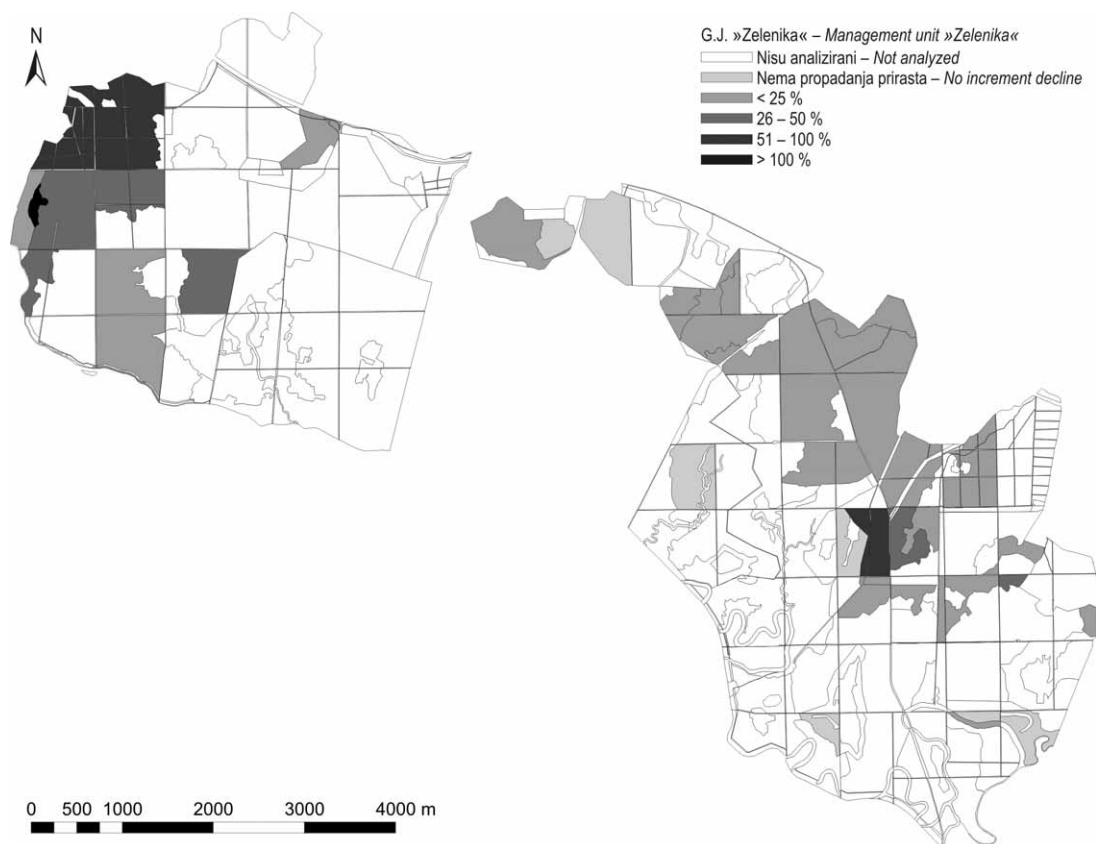
hrasta lužnjaka za sva tri istraživana područja. Obrađeno je 50 odsjeka na površini od 1065 ha. U 6 odsjeka utvrđeno je umjereno odumiranje drveta (II. stupanj), dok intenzivno i ekstremno odumiranje nije utvrđeno (slika 5).

U odnosu na propadanje prirasta najveći je broj odsjeka imao I. stupanj, a najmanji je broj odsjeka bio s ekstremnim propadanjem prirasta (IV. stupanj). Oko 10 % odsjeka bilo je s intenzivnim (III. stupanj) i ekstremnim (IV. stupanj) propadanjem prirasta na površini od preko 100 ha (slika 6).

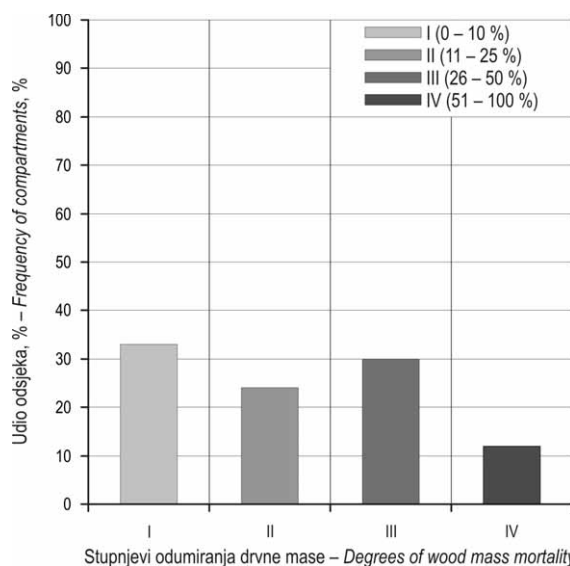
Prostorna zastupljenost odsjeka u gospodarskoj jedinici »Zelenika« pokazuje određeno grupiranje. To je posebno uočljivo za II. i III. stupanj propadanja prirasta koji su utvrđeni u odsjecima na istočnom dijelu gospodarske jedinice (slika 7).

6.3 Gospodarska jedinica »Grede-Kamare« Management Unit »Grede-Kamare«

U gospodarskoj jedinici »Grede-Kamare« utvrđena je velika zastupljenost odjela i odsjeka s intenzivnim i ekstremnim odumiranjem hrasta lužnjaka (42 %, slika 8). Od ukupno 102 odjela i odsjeka na površini od 1474 ha, u 30 odsjeka utvrđeno je intenzivno odumiranje drveta na površini od preko 570 ha, dok je u 12 odsjeka utvrđeno ekstremno odumiranje. Umjereno i malo odumiranje utvrđeno je u 57 % odsjeka (slika 8). Ukupno je utvrđeno preko 78 000 m³ odumrla drva hrasta lužnjaka u desetogodišnjem razdoblju.

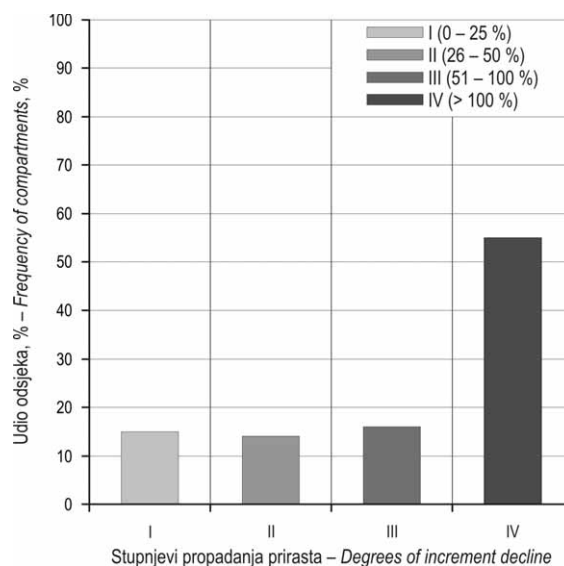


Slika 7. Prostorna distribucija odsjeka s različitim stupnjevima propadanja prirasta hrasta lužnjaka u G.J. »Zelenika« za razdoblje od 1998. do 2007.
Fig. 7 Spatial compartment distribution of oak increment decline degrees in the Management Unit »Zelenika« in the period 1998–2007



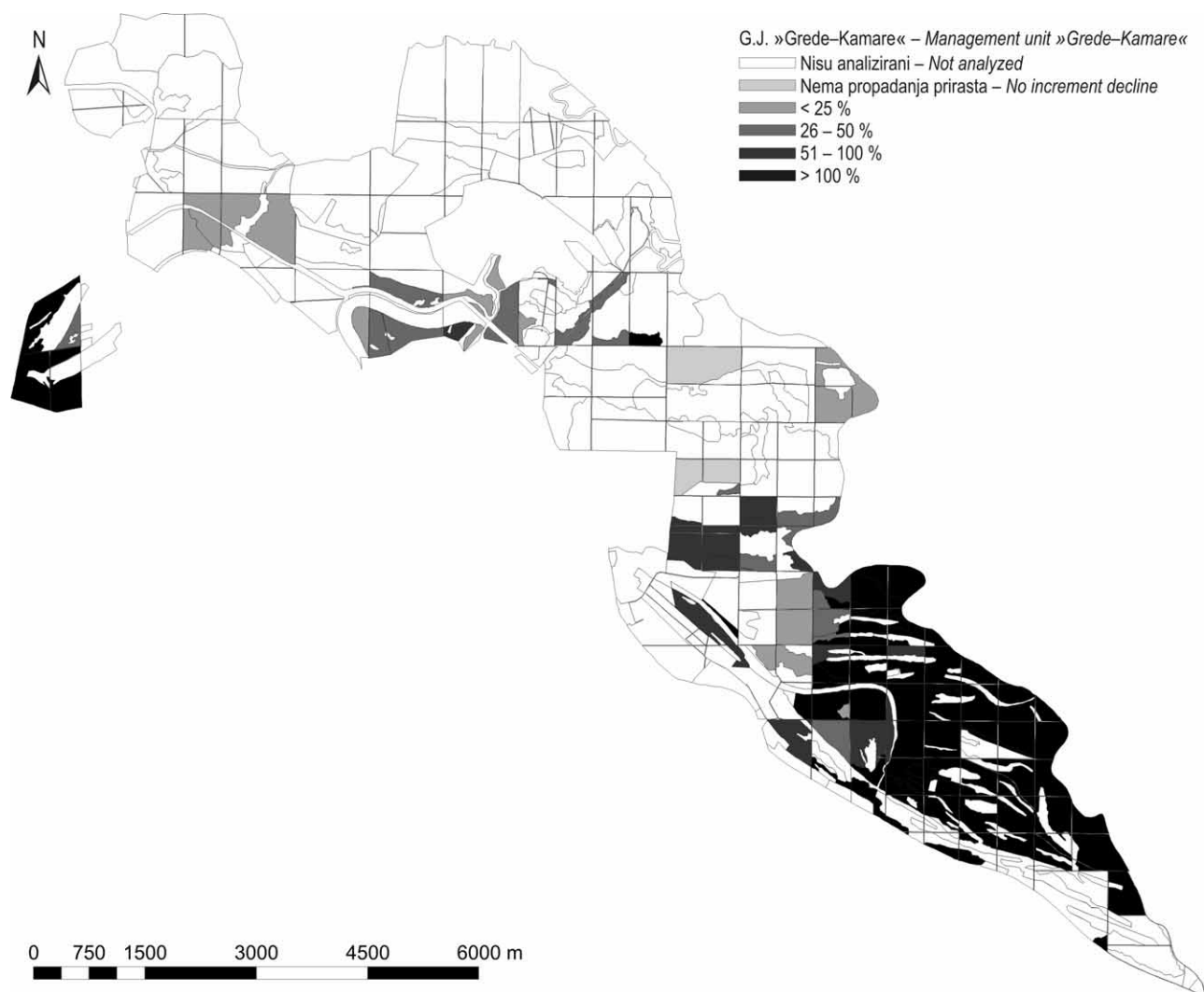
Slika 8. Postotni udio odsjeka po stupnjevima odumiranja hrasta lužnjaka u G.J. »Grede-Kamare«, Šumarija Jasenovac za razdoblje od 1998. do 2007.

Fig. 8 Frequency of compartments in oak mortality degrees for the Management Unit »Grede-Kamare«, Forest Office Jasenovac in the period 1998–2007



Slika 9. Postotni udio odsjeka po stupnjevima propadanja prirasta hrasta lužnjaka u G.J. »Grede-Kamare«, Šumarija Jasenovac za razdoblje od 1998. do 2007.

Fig. 9 Frequency of compartments in oak increment decline degrees for the Management Unit »Grede-Kamare«, Forest Office Jasenovac in the period 1998–2007



Slika 10. Prostorna distribucija odsjeka s različitim stupnjevima propadanja prirasta hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici »Grede-Kamare« za razdoblje od 1998. do 2007.

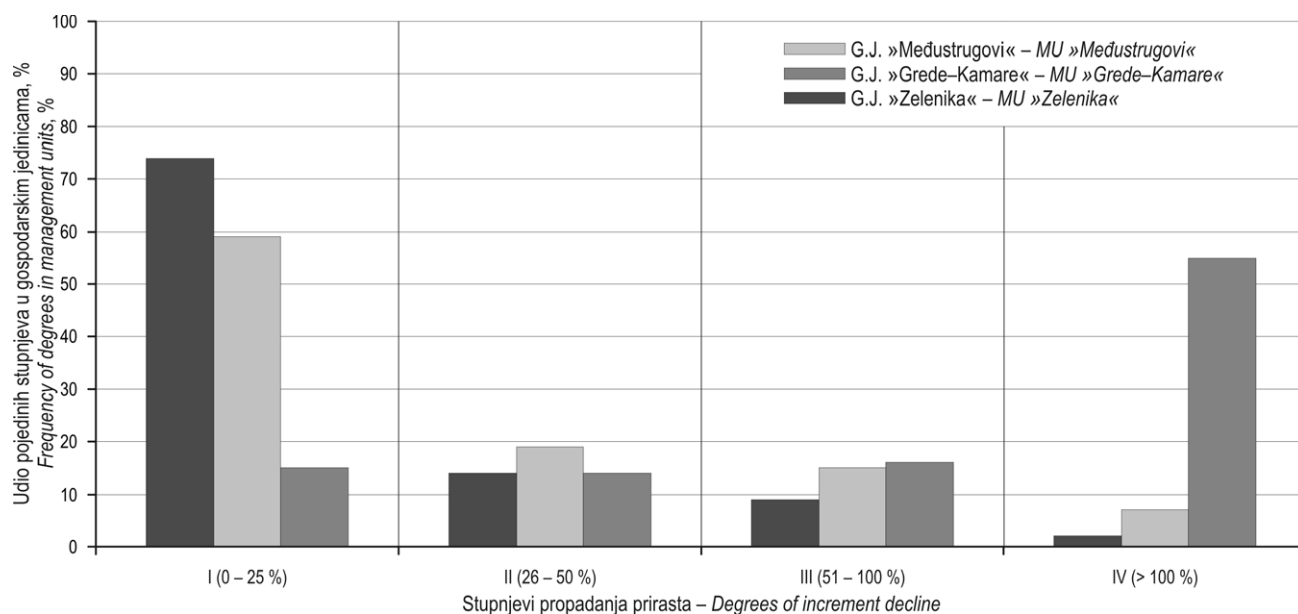
Fig. 10 Spatial compartment distribution of oak increment decline degrees in the Management Unit »Grede-Kamare« in the period 1998–2007

Prema stupnjevima propadanja prirasta utvrđeno je izrazito nepovoljno stanje. U preko 55 % odsjeka utvrđeno je ekstremno propadanje prirasta. U svakom drugom odjelu ili odsjeku u gospodarskoj jedinici »Grede-Kamare« rast i prirast sastojina bio je poremećen na površini od 800 ha. Ostali stupnjevi propadanja prirasta imali su podjednaku zastupljenost po odjelima i odsjecima (oko 15 %, slika 9).

Prostorna zastupljenost različitih stupnjeva propadanja prirasta po odjelima i odsjecima gospodarske jedinice »Grede-Kamare« odlikuje se prostornim grupiranjem (slika 10). Najveći broj odjela i odsjeka s ekstremnim propadanjem prirasta utvrđen je u jugoistočnom dijelu gospodarske jedinice. Odjeli s ekstremnim i intenzivnim propadanjem prirasta međusobno su povezani i čine veće cjeline.

6.4 Usporedba propadanja prirasta po gospodarskim jedinicama – Comparison of increment decline in management units

Na slici 11 prikazani su postotni udjeli odsjeka određenoga stupnja propadanja prirasta u sve tri istraživane gospodarske jedinice. Malo i umjereno propadanje prirasta u gospodarskim jedinicama »Zelenika« i »Međustrugovi« utvrđeno je u 80 – 90 % odsjeka, dok je u G.J. »Grede-Kamare« ono utvrđeno u 30 % odsjeka. Intenzivno propadanje prirasta utvrđeno je u 10 – 15 % odsjeka u sve tri gospodarske jedinice, dok je ekstremno propadanje prirasta u dvjema G.J. bilo malo (do 7 % odsjeka), a u G.J. »Grede-Kamare« izrazito veliko (u više od 50 % odsjeka utvrđeno je ekstremno propadanje prirasta).



Slika 11. Propadanje prirasta hrasta lužnjaka po stupnjevima u trima gospodarskim jedinicama UŠP Nova Gradiška za razdoblje od 1998. do 2007.

Fig. 11 Oak increment decline degrees for three management units of the Forest Administration Nova Gradiška in the period 1998–2007

7. Rasprava – Discussion

Šume hrasta lužnjaka u Hrvatskoj su nastale prirodnom obnovom nakon sječe nekadašnjih prašuma (Matić 2009). One se razvijaju u prirodnim staništima koja najbolje odgovaraju vrstama drveća koje prevladavaju u tim šumskim ekosustavima. Pomoću pravilnoga gospodarenja u tim se šumama proizvodi drvo velike kakvoće. Hrast lužnjak je vrsta drveća vrlo uske ekološke amplitude u odnosu na vodu jer se optimalno razvija u vlažnim nizinskim područjima, koja su povremeno izložena poplavama. Na terenima koji su duže izloženi poplavama konkuriraju mu poljski jasen i crna joha. Promjena mikroreljefa od samo 0,5 metara dovodi do dominantnoga razvoja konkurentskih vrsta drveća i smanjenoga udjela ili nestanka hrasta lužnjaka.

U posljednjih 100 godina u nizinskim šumskim ekosustavima napravljene su velike promjene u staništima koje se najviše odnose na promjene hidroloških uvjeta. To je utjecalo na smanjenje stabilnosti šuma hrasta lužnjaka i na vitalnost stabala (Tikvić 2008b). Stabla hrasta lužnjaka smanjene vitalnosti stalno su izložena djelovanju različitih nepovoljnih čimbenika koji dovode do postupnoga propadanja stabala od kojih određeni broj odumire prije konca ophodnje (Prpić 2003, Thomas i dr. 2002). Odumiranje stabala hrasta lužnjaka u dobi od 80 do 120 godina u spačvanskim šumama i u drugim nizinskim područjima Hrvatske značajan je pokazatelj poremećaja u rastu i razvoju tih šuma (Prpić 1996).

Intenzivno se odumiranje stabala događa kontinuirano unatoč gospodarskim postupcima kojima se regulira struktura i kakvoća sastojina. Ono se posebno odlikuje neravnomjernim prostornim rasporedom i intenzitetom (Tikvić i Seletković 1996). U nekim područjima Hrvatske to je najveći gospodarski i ekološki problem u šumarstvu jer se uvelike gospodari oštećenim i odumrlim stablima hrasta lužnjaka, što se odražava na smanjenje kakvoće sastojina i ukupnu proizvodnju drvnoga volumena. Odumrla stabla hrasta lužnjaka imaju manju iskoristivost i manju tržišnu vrijednost, pa se posljedice odumiranja stabala odražavaju nepovoljno na cijelo šumarstvo (Starčević 1995).

Prema Küßneru (2003) istraživanja odumiranja stabala pojedinih vrsta mogu pomoći u određivanju onih ekoloških čimbenika koji utječu na njihovo preživljavanje, gustoću, kompoziciju vrsta i dobnu strukturu. U poplavnim šumskim ekosustavima poplava i svjetlo su najvažniji ekološki čimbenici koji utječu na odumiranje stabala, iako povremeno nedostatak vode za vrijeme vegetacijskoga razdoblja može značajno utjecati na stupanj odumiranja stabala.

Odumiranje stabala hrasta lužnjaka pojavljuje se najčešće individualno, rjeđe u skupinama stabala, a povremeno odumiru cijele sastojine. Međutim, taj intenzitet nije pravilan i može odstupati ovisno o klimatskim obilježjima pojedine godine, mikroreljefu, strukturi i dobi sastojina i djelovanju različitih nepovoljnih čimbenika. Stoga je praćenje intenziteta

i dinamike odumiranja stabala u sastojinama nužno kako bi se utvrdile zakonitosti te pojave i unaprijedilo gospodarenje šumama narušene stabilnosti. Odumiranje je stabala različito po gospodarskim jedinicama, odjelima i odsjecima te po intenzitetu tijekom vremena. Zbog toga se u šumarstvu provode tzv. sanitarne sječe oštećenih i odumrlih stabala. Pokazatelji na temelju kojih se sijeku ta stabla su morfološka obilježja krošnje, te biotska oštećenja debla. Međutim, do sada se ti pokazatelji nisu pokazali dovoljnim kako bi se postigla veća vitalnost sastojina i smanjilo propadanje i odumiranje stabala. Stoga je prostorna distribucija odumiranja stabala po odjelima i odsjecima jedan od pokazatelja koji može pomoći pri planiranju gospodarenja sastojina smanjene vitalnosti. Osim toga primjenom GIS-a moguće je dobiti prostorne prikaze distribucije odumrlih stabala i vremensku dinamiku odumiranja, čime se točnije mogu utvrditi pokazatelji vitalnosti sastojina. Uz to je potrebno uključiti i druge strukturne, stanišne i prostorne pokazatelje stanja sastojina kako bi se procijenilo u kojem se smjeru kreće odumiranje stabala i kako bi se povećala učinkovitost gospodarenja sastojinama narušene stabilnosti.

Ekstremne vrijednosti propadanja prirasta u ovom istraživanju nisu bile u ovisnosti o većim vrijednostima propadanja drveta, što znači da drvna zaliha nije primarni čimbenik koji utječe na odumiranje stabala. Prostorno grupiranje odsjeka s intenzivnim i ekstremnim odumiranjem stabala može se povezati sa strukturnim i ekološkim čimbenicima sastojina. Sastojine bliže vodotoku i pod većim utjecajem promjene ekoloških uvjeta bile su zahvaćene većim stupnjem odumiranja stabala. Za planiranje budućih gospodarskih i uzgojnih zahvata potrebno je koristiti dodatne kriterije za procjenu stabilnosti sastojina, koji bi uključivali i stanišne čimbenike koji su se do sada dovodili u vezu s propadanjem i odumiranjem stabala.

Istraživanja intenziteta propadanja prirasta provedena u G.J. »Josip Kozarac« i Opeke potvrdila su pojavu odjela s velikom nestabilnošću, koje treba intenzivno pratiti i u njima provoditi redovitu doznaku oštećenih stabala. U tim je istraživanjima utvrđeno 62 % odsjeka sa srednjim, a 6 % odsjeka s velikim intenzitetom propadanja prirasta. Zbog toga se u šumarstvu provode tzv. sanitarne sječe jako oštećenih i odumrlih stabala kako bi se smanjili gubici, spriječilo širenje zaraza i popravilo stanje vitalnosti sastojina. Tim se zahvatima nastoje ublažiti poremećaji koji nastaju zbog odumiranja stabala. Te se sječe provode gotovo svake godine, što ovisi o intenzitetu odumiranja stabala, a temelje se na procjeni stanja stabala.

Adaptivni procesi u gospodarenju šumama koriste se pri izradi planova uzgojnih zahvata koji se

moraju provoditi s obzirom na iznenadnu pojavu nepredvidljivih poremećaja u šumama, kako zbog djelovanja bolesti, tako i zbog drugih nepovoljnih čimbenika. Glavno obilježje adaptivnoga gospodarenja šumama jest fleksibilnost upravljanja i prilagođavanje zahvata specifičnim biološkim, ekološkim i strukturnim obilježjima šumskih ekosustava i promjenama koje se u njima događaju (Tiefenbacher 1996).

U klasičnom načinu gospodarenja šumama nastojimo prilagoditi stanje stabala i sastojina odabranom stanju bez obzira na pojave i promjene koje se u zadanom vremenu pojavljuju. Međutim, kod adaptivnoga gospodarenja šumskim ekosustavima gospodarenje se šumama prilagođava stanju sastojina i staništa, te stanju na tržištu drva (Zhou i dr. 2008).

8. Zaključci – Conclusions

Odumiranje stabala hrasta lužnjaka u istraživanim gospodarskim jedinicama ima kronična obilježja. Ono se pojavljuje kontinuirano unatoč provođenju sanitarnih sječa, a intenziteti se odumiranja stabala razlikuju ovisno o godinama.

Utvrđeni su različiti intenziteti odumiranja stabala po gospodarskim jedinicama, odjelima i odsjecima. Najpovoljnije je stanje vitalnosti sastojina utvrđeno u gospodarskoj jedinici »Zelenika« koja se nalazi izvan izravnoga utjecaja voda rijeke Save i umjetnoga vodotoka Strug. U njoj je utvrđeno oko 15 000 m³ odumrlih drva hrasta lužnjaka u razdoblju od deset godina.

U gospodarskoj jedinici »Međustrugovi« utvrđeno je nešto nepovoljnije stanje u odnosu na G.J. »Zelenika«, a u promatranom je razdoblju odumrlo oko 22 000 m³ hrasta lužnjaka.

Najnepovoljnije je stanje zabilježeno u gospodarskoj jedinici »Grede–Kamare« koja se nalazi u retencijskom području između dvaju reguliranih vodotoka. U toj je gospodarskoj jedinici utvrđeno preko 78 000 m³ odumrlih drveta, što je 3 – 4 puta više u odnosu na druge dvije istraživane gospodarske jedinice.

Ukupno je u istraživanim gospodarskim jedinicama u razdoblju od 1998. do 2007. godine odumrlo oko 115 000 m³ hrasta lužnjaka.

Prema većini dosadašnjih istraživanja stanišni čimbenici imaju primarnu ulogu u kroničnom odumiranju stabala hrasta lužnjaka, iako i drugi biotski i strukturni čimbenici imaju određenu ulogu. Tu je činjenicu potrebno uzeti u obzir pri budućem planiranju gospodarenja tim šumama.

Na kartama je utvrđeno prostorno grupiranje odjela i odsjeka s intenzivnim i ekstremnim odumira-

njem stabala hrasta lužnjaka. To je posredni pokazatelj povezanosti pojave odumiranja stabala hrasta lužnjaka s djelovanjem nepovoljnih stanišnih čimbenika.

Prostorni prikazi odumiranja drveća i propadanja prirasta mogu biti dobra podloga za planiranje budućih gospodarskih zahvata koji se moraju prilagodavati stanju vitalnosti sastojina.

U istraživanju je utvrđen značajan poremećaj stabilnosti nizinskih šumskih ekosustava hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici »Grede-Kamare«, zbog čega se gospodarenje tim šumskim ekosustavima mora prilagoditi sadašnjemu stanju ekosustava i trendovima koji su u tim ekosustavima prisutni.

Adaptivno gospodarenje šumskim ekosustavima treba obuhvatiti odnose u biocenoza, strukturne odnose sastojina, promjene stanišnih uvjeta i druge čimbenike koji mogu pomoći u procjeni razvoja šumskih ekosustava narušene stabilnosti.

10. Literatura – References

- Anić, I., M. Oršanić, M. Detelić, 2002: Revitalizacija degradiranog ekosustava nakon sušenja hrasta lužnjaka primjer šume Kalje. *Šumarski list*, 126 (11–12): 575–587.
- Dobbertin, M., A. Baltensweiler, D. Rigling, 2001: Tree mortality in an unmanaged mountain pine (*Pinus mugo* var. *uncinata*) stand in the Swiss National Park impacted by root rot fungi. *Forest Ecology and Management*, 145 (1–2): 79–89.
- Dubravac, T., S. Dekanić, 2009: Struktura i dinamika sječe suhih i odumirućih stabala hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu od 1996. do 2006. godine. *Šumarski list*, 133 (7–8): 391–405.
- König, J., 1911: Sušenje hrastika. *Šumarski list*, 35 (11–12): 385–422.
- Küßner, R., 2003: Mortality patterns of *Quercus*, *Tilia*, and *Fraxinus* germinants in a floodplain forest on the river Elbe, Germany. *Forest Ecology and Management*, 173 (1–3): 37–48.
- Matić, S., 1989: Uzgojne mjere u sastojinama narušenim sušenjem hrasta lužnjaka. *Glas. šum. pokuse*, pos. izd., 2: 67–77.
- Matić, S., 2000: Oak forests (*Quercus* sp.) in Croatia. *Glas. šum. pokuse*, 37 (1): 5–13.
- Matić, S., 2009: Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u promijenjenim stanišnim i strukturnim uvjetima. Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU, Zagreb, str. 1–22.
- Nichols, J. O., 1968: Oak mortality in Pennsylvania: a ten year study. *J. For.*, 66 (9): 681–694.
- Prpić, B., 1974: Ekološki aspekt sušenja hrastovih sastojina u nizinskim ekosustavima Hrvatske. *Šumarski list*, 98 (7–9): 285–290.
- Prpić, B., 1989: Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstitucije vrste. *Glas. šum. pokuse*, 25: 1–24.
- Prpić, B., 1992: Odabiranje oštećenih stabala za sječu i obnovu sastojina opustošenih propadanjem. *Šumarski list*, 116 (11–12): 515–522.
- Prpić, B., Z. Seletković, G. Žnidarić, 1994: Ekološki i biološki uzroci propadanja stabala hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u nizinskoj šumi Turopoljski lug. *Glas. šum. pokuse*, 30: 193–222.
- Prpić, B., 1996: Propadanje šuma hrasta lužnjaka (*Degradation of Pedunculate oak forests*). U: D. Klepac, Hrast lužnjak u Hrvatskoj (*Pedunculate oak in Croatia*), HAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci i Hrvatske šume – javno poduzeće zagospodarenje šumama i šumskim zemljištima u Republici Hrvatskoj, Zagreb, str. 273–298.
- Prpić, B., Z. Seletković, I. Tikvić, G. Žnidarić, 1996: Ekološko-biološka istraživanja. Radovi, Šumarski institut Jastrebarsko, 31 (1–2): 97–109.
- Prpić, B., I. Anić, 2000: The role of climatic and hydraulic operations in the stability of the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands in Croatia. *Glas. šum. pokuse*, 37: 229–239.
- Prpić, B., 2003: Utjecaj tehničkih zahvata u prostoru na nizinske šume. *Šumarski list*, 127 (5–6): 230–235.
- Starčević, T., 1995: O odabiru oštećenih stabala i sanaciji. *Šumarski list*, 119 (3): 105–107.
- Thomas, F. M., R. Blank, G. Hartman, 2002: Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology*, 32 (4–5): 277–307.
- Tiefenbacher, H., 1996: Silvicultural planning under conditions of environmental change: Evaluation of options in a dieback in Austrian oak Forests. *Forest Ecology and Management*, 83 (1–2): 133–136.
- Tikvić, I., Z. Seletković, I. Anić, 1995: Propadanje šuma kao pokazatelj promjene ekoloških uvjeta u atmosferi. *Šumarski list*, 119 (11–12): 361–372.
- Tikvić I., Z. Seletković, 1996: Oštećenost šumskih ekosustava različitih stanišnih prilika u Republici Hrvatskoj. U: S. Sever (ur.), Zaštita i pridobivanje drva: skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996, knjiga II, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, str. 81–88.
- Tikvić, I., Ž. Zečić, Z. Seletković, D. Ugarković, D. Posarić, 2005: Struktura i iskorištenje drvnog obujma oštećenih i odumrlih stabala hrasta lužnjaka na primjeru iz Spačve. Radovi, Šumarski institut Jastrebarsko, 41 (1–2): 51–56.
- Tikvić, I., Z. Seletković, D. Ugarković, Z. Balta, 2006: Procjena propadanja šuma hrasta lužnjaka na temelju indeksa odumiranja stabala. *Glas. šum. pokuse*, pos. izd., 5: 117–127.
- Tikvić, I., N. Pernar, Z. Seletković, D. Ugarković, S. Mikac, 2008a: Promjene hidroloških uvjeta u nizinskim šumskim ekosustavima i mogućnost njihovog unaprjeđenja. Zbornik sažetaka sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU, Zagreb, str. 12–13.
- Tikvić, I., I. Anić, Z. Seletković, D. Ugarković, J. Gašpar, 2008b: Vitalnost i odumiranje stabala hrasta lužnjaka kao pokazatelj promjene stabilnosti nizinskih šuma. Zbornik

sažetaka sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. HAZU, Zagreb, str. 16–17.

Tikvić, I., Ž. Zečić, D. Ugarković, D. Posarić, 2009. Oštećenost stabala i kakvoća drvnih sortimenata hrasta lužnjaka na spačvanskom području. Šumarski list, 133 (5–6): 237–248.

Tkacz, B., B. Moody, J. Villa Castello, M. E. Fenn, 2008: Forest health conditions in North America. Environmental Pollution, 155: 409–425.

Vukelić, J., I. Tikvić, Z. Seletković, D. Baričević, 1997: Dieback of Pedunculate oak from the ecological-vegetative aspect. IUFRO međunarodna konferencija Advances in Re-

search in Intermediate Oak stands, Freiburg, Njemačka, str. 213–222.

Zečić, Ž., I. Stankić, D. Vusić, A. Bosner, D. Jakšić, 2009: Iskorištenje obujma i vrijednosti drvnih sortimenata posušenih stabala jele obične (*Abies alba* Mill.). Šumarski list, 133 (1–2): 27–37.

Zhou, M., J. Liang, J. Buongiorno, 2008. Adaptive versus fixed policies for economic or ecological objectives in forest management. Forest Ecology and Management, 254 (2): 178–187.

NN, 116/06, 55/09: Pravilnik o doznaci stabala, obilježavanju drvnih sortimenata, popratnici i šumskom redu, Službeni list Republike Hrvatske.

Abstract

Spatial Analysis of Pedunculate Oak Mortality Rate for Adaptive Forest Ecosystem Management in Croatia

Pedunculate oak (Quercus robur L.) is one of the most important tree species in Croatia. As a dominant species, it covers about 10% of the forested area (about 210 000 ha), which accounts for about 12% of the total growing stock. This tree species is distributed in the lowland and floodplain area of the rivers Drava, Sava and Kupa and their tributaries. Forests of pedunculate oak are managed according to close-to-nature principles and with rotations of over 140 years. In the past 100 years, the management of pedunculate oak forests has been hindered by a serious management and ecological problem: the occurrence of tree dieback and decline. From the management point of view, the problem entails the increased quantity of dead or severely damaged trees, increased management costs and a disturbance in natural forest regeneration. From the ecological point of view, the problem centers around changed site conditions, which is unfavorable for both present and future growth of pedunculate oak trees. In the period from 1995 to 2007, an amount of 35% of the current pedunculate oak volume declined in Croatia, with mortality rising to 40% if the past several years are taken into account. Tree dieback incurs grave financial losses, which reach up to 40% of the potential market value of undamaged and healthy wood mass. The losses are further aggravated by increased costs of managing such forests and reduced non-timber forest functions. The mortality rate of pedunculate oak trees is an indicator of the instability of lowland forest ecosystems, especially when dieback occurs in optimal site conditions for the pedunculate oak (micro-elevations and micro-depressions). Individual, intensive and catastrophic tree dieback has been recorded. Salvage cuts are applied in the attempt to mitigate the effects of disturbances caused by tree dieback. These cuts are undertaken continuously, depending on tree dieback intensity, and are based on the assessment of tree condition. Tree condition is assessed on the basis of tree damage criterion, which comprises crown defoliation and leaf discoloration. These are indicators of lessened tree vitality, but have so far not proved adequate for the reduction of pedunculate oak tree dieback. In order to advance the current condition of forest ecosystems, additional indicators of decreased tree and stand vitality are being sought, and so are the indicators of their disturbed stability. Mortality rates that take into account the volume of dead tree mass are used for this purpose. The objective of this work is to establish spatial distribution of different mortality rates of pedunculate oak trees and assess their correlation with certain ecological factors.

The research was carried out in three management units (MU) in the Forest Administration of Nova Gradiška. These include MU »Međustrugovi« in Stara Gradiška Forest Office, MU »Zelenika« in Novska Forest Office, and MU »Grede–Kamare« in Jasenovac Forest Office. »Međustrugovi« is situated in the area between the rivulets of Veliki and Mali Strug, the tributaries of the River Sava, »Zelenika« is situated along the Zagreb – Lipovac motorway and north of the rivulet Veliki Strug, and »Grede Kamare« is southeast of Novska between the Strug and the Sava.

The data gathered involved marked damaged and dead pedunculate oak trees by compartments for the period from 1998–2007. The wood volume of these trees was calculated on the basis of tree diameter and local tariffs. Dead wood mass of every individual compartment was divided with the compartment area to obtain tree dieback per surface unit

in the monitoring period (m^3/ha). Based on the growing stock of pedunculate oak by compartments and wood volume of dead pedunculate oak trees per surface unit, the percentage share of dead wood mass was calculated.

The wood volume of dead wood mass by compartments (m^3/ha) was then divided by 10 to obtain the annual volume of dead wood mass of pedunculate oak per hectare. These values were juxtaposed with the current annual increment of pedunculate oak by compartments to obtain the percentage share of dead wood mass in relation to the current annual increment of the compartment.

Based on the obtained values, every compartment was assigned a degree of wood mass mortality and a degree of increment decline. Wood mass mortality was classified into four degrees: I (0.1–10%, low mortality), II (10.1–25%, moderate mortality), III (25.1–50%, intensive mortality) and IV (50.1–100%, extreme mortality). Increment decline was also classified into four degrees, but with different percentages: I (0.1–25%, low), II (25.1–50%, moderate), III (51.1–100%, intensive) and IV (>100%, extreme).

Based on the degree of wood mass mortality and degree of increment decline of each single compartment, maps of wood mass mortality rate and of increment decline rate were constructed. In the Management Unit »Među-strugovi«, the mortality rate of wood mass by compartments was relatively low. A total of 85 dieback-affected compartments over an area of 1302 ha were analyzed. In 98% of the compartments, low to moderate wood mass mortality rate was recorded (Fig. 2), but no intensive or extreme dieback was found. Rates of increment decline by compartments were unfavorable. Extreme decline was found in 6 compartments over an area of about 30 ha, intensive increment decline was recorded in 12 compartments, i.e., significant reduction in the increment was recorded in over 20% of the compartments (Fig. 3). Intensive and extreme increment decline was found in an area exceeding 260 ha. Compartments with the highest values of wood mass mortality did not manifest the most extreme values of increment decline. The map does not show any significant participation of the compartments with extreme increment decline, although the grouping of the compartments with intensive and extreme decline was observed, and so was their higher participation in the southern part of the management unit along the Strug watercourse.

In relation to the three study areas, the lowest mortality of wood mass was recorded in the Management Unit of »Zelenika«. The research included 50 compartments over an area of 1065 ha. Moderate wood mass mortality was found in 6 compartments and slight mortality in the remaining compartments. Intensive and extreme increment decline was recorded in 10% of the compartments comprising an area of over 100 ha (Fig. 6). The grouping of compartments with a certain degree of increment decline is observed. This refers particularly to degrees II and III of increment decline, which were recorded in the compartments situated in the eastern part of the Management Unit of »Zelenika« (Fig. 7).

The highest participation of compartments and sub-compartments with intensive and extreme rates of wood mass mortality was recorded in the Management Unit of »Grede–Kamare«. Of a total of 102 dieback-affected compartments and sub-compartments in an area of 1474 ha, wood mass mortality was extreme in 12 compartments and intensive in 30 compartments, in an area of over 570 ha. Moderate and low mortality of wood mass was found in 57% of the compartments (Fig. 8).

An exceptionally unfavorable condition was recorded in relation to the degrees of increment decline. Extreme increment decline was found in over 55% of the compartments; in other words, every second compartment or sub-compartment in the Management Unit of »Grede–Kamare« was afflicted by disturbed stand growth and increment in an area of over 800 ha. Other degrees of increment decline had similar participation by compartments and sub-compartments (Fig. 9). The largest number of compartments and sub-compartments with extreme and intensive increment decline was recorded in the southeastern part of the management unit. They form larger units and are grouped in one part of the management unit in the map (Fig. 10).

A comparison of increment decline rates by management units reveals the occurrence of intensive increment decline in a smaller number of compartments (10–15% of the compartments), and of extreme decline in fewer than 10% of the compartments in two management units. In one of the management units, extreme increment decline affected more than 50% of the compartments.

Changes in the sites of pedunculate oak in the last 100 years have affected the stability of these forests and the vitality of trees, which has decreased considerably in recent times. Pedunculate oak trees of lessened vitality are permanently exposed to impact of a variety of adverse factors. This consequently leads to a gradual decline of trees, of which some die before the end of the rotation. Dieback of trees aged between 80 and 120 recorded in the Spačva forest area is an important indicator of disturbed growth and development of the most valuable forests in Croatia and a sign of general disturbances in the stability of lowland forests. Intensive tree mortality continues despite management procedures aimed at regulating the structure and quality of the stands. This phenomenon is particularly characterized by an uneven spatial distribution and intensity. In some areas of the pedunculate oak range in Croatia, dieback is the biggest management and ecological forestry problem, since management largely involves

damaged and dead trees of pedunculate oak. As a result, the quality of the stands and total wood mass production are severely reduced. Since dead pedunculate oak trees are less exploitable and achieve lower market values, the consequences of tree dieback reflect unfavorably on the entire forestry sector.

Monitoring the intensity and dynamics of tree dieback in stands is one of the ways to determine certain patterns of this phenomenon and improve the management with forests of disturbed stability. This requires more intensive and regular marking of damaged and dead trees. The most common indicators used for the marking of these trees are morphological features of the crown and biotic damage of the stem. However, these indicators are insufficient for achieving better stand vitality and reducing tree decline and dieback. Hence, spatial distribution of tree dieback by compartments and sub-compartments is one of the possible indicators that can be used in planning the management with stands of lessened vitality.

Our research found chronic and continuous dieback of pedunculate oak trees, although dieback rates vary by years. Significant spatial differences were also found in the rates of wood mass mortality and increment decline, both among the management units and among their compartments and sub-compartments. Spatial grouping of compartments with intensive and extreme dieback shows correlation with site factors, which are considered the principal causes of dieback. Management with pedunculate oak forests with disturbed stability should be adjusted to the condition of individual ecosystems and to the trends that indicate their development. Presentations of spatial distribution of tree dieback can significantly contribute to this goal.

Keywords: dieback of trees, pedunculate oak, adaptive management, vitality of trees, forest ecosystems

Adresa autorâ – Authors' address:

Izv. prof. dr. sc. Ivica Tikvić
e-pošta: ivica.tikvic@zg.htnet.hr
Dr. sc. Damir Ugarković
e-pošta: damir.ugarkovic@gs.htnet.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Svetošimunska 25
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA

Josip Gašpar, dipl. inž. šum
e-pošta: josip.gaspar@hrsume.hr
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb
Uprava šuma podružnica Nova Gradiška
J. J. Strossmayera 11
HR-35 400 Nova Gradiška
HRVATSKA