

Čimbenici utjecaja šumske prostirke na požare u šumskim ekosustavima

Factors of forest litter impact on fire in forest ecosystems

Tekst: doc.dr.sc. Damir Barčić,
prof.dr.sc. Željko Španjol
dr.sc. Roman Rosavec

SAŽETAK

U radu je analiziran utjecaj šumske prostirke na povezanost sa šumskim požarom. Prikazane su ekološke vrijednosti prostirke i navedene mjere potrebne za smanjivanje rizika od nastanka požara. Količina prostirke ukazuje da postoje razlike između vegetacijskih zona koje se ne mogu utvrditi između različitih borovih sastojina. Uzimani su u istraživanje crni bor, alepski bor i primorski bor. Najviše organske tvari imaju smeđa tla na vapnencu, tipična (15,89 t/ha), a najmanja količina zabilježena je kod rendzine na laporu (7,66 t/ha) za sastojine crnoga bora. Istraživanja šumske prostirke pokazala su jak utjecaj klimatskog čimbenika na njene količine i sastav. U provedenom istraživanju neke zakonitosti se mogu potvrditi te dovesti u vezu sa šumskim požarima. U prvom redu velike količine prostirke u eumediteranskom području podložne su sporijem razlaganju radi dužeg sušnog razdoblje i manje zračne vlage. S druge strane, takvi uvjeti mogu utjecati na biološka svojstva vrste, tj. na stvaranje manjih količina iglica jer se radi o nepovoljnijim stanišnim uvjetima. U submediteranskom području povoljniji su stanišni uvjeti, ali uslijed neprovođenja šumsko-uzgojnih radova i velikih količina organske tvari, procesi mineralizacije i humifikacije se usporavaju. Ukoliko se radi o monokulturama gdje je slabije zastupljen, problem povratka klimazonalne vegetacije listača je još izraženiji. Na području istraživanja, ali i duž cijele obale hrvatskog Jadrana, dominiraju borove kulture. Mjere kojima bi se utjecalo na smanjivanje požarne opasnosti odnose se i na kvalitetniji pristup gospodarenju šumama i šumskim zemljištem. Potrebno je vrednovanje i kvalitetnije upravljanje šumskim borovim kulturama te poticanje intenzivnije konverzije sastojinskog oblika kojoj je glavna uloga ona zaštitna.

Ključne riječi: organska tvar, šumski požar, tlo, degradacija, stabilnost ekosustava

Summary

These papers analyze the impact of forest litter in connection with forest fires. The ecological values of the litter are displayed and such measures necessary to reduce the risk of fire. The amount of litter indicates that there are differences between vegetation zones. The differences can not be established between different pine stands. In this study black pine, aleppo pine and maritime pine were researched. Brown soil on limestone have the highest amount of organic substances, typical (15.89 t / ha), while the lowest amount was recorded at the rendzina on marl (7.66 t / ha) for stands of black pine. Researches of forest litter showed strong influence of climatic factors on its quantity and composition. In this research some principles can be verified and may lead to connection with forest fires. First, large amounts of litter in the area eumediterranean are subject to slow decomposition for a long dry season and less humidity. On the other hand, such conditions may affect biological properties of species, that is the creation of small quantities of needles because of less favorable habitat conditions. In sub-Mediterranean area habitat conditions are more favorable, but due to lack of implementation of forest-silvicultural work and large amounts of organic matter mineralization processes and humification are slowing down. In a case of monocultures where return of deciduous vegetation is less frequent, climate-zonal problem is even more pronounced. However, in the research area and area along the Croatian Adriatic coast is dominated by pine culture. Measures that would affect the reduction of fire risk relate to quality approach to forest and forest land management. It is necessary to evaluate and better management of forest pine cultures, and to encourage more intensive forms of stand conversion where the major is protective role.

Keywords: organic matter, forest fires, soil degradation, the stability of ecosystems

UVOD Introduction

Šumski požari jedan su od glavnih čimbenika devastacije i degradacije šuma na području Sredozemlja. Tijekom dugotrajnog razdoblja antropogeni utjecaj narušio je stabilnost i smanjio površine šumskih ekoloških sustava (Barbero et al. 1990, Aerts, 1995). Povezujući nastanak i širenje požara presudno je u inicijalnoj fazi gorenja, između ostalog, i postojanje dovoljne količine gorive tvari. Posebno je u tom smislu za šumske požare važna fina goriva tvar koju nalazimo u šumskoj prostirci. Šumska prostirka (organični horizont tla) bitan je ekološki činitelj važan u razmjeni tvari između biljaka, tla i atmosfere. Ona je neophodna za reguliranje hidroloških uvjeta tla, smanjuje evaporaciju, povećava infiltracijsku sposobnost, njezin sastav i svojstva zavise o većem broju procesa i čimbenika (Martinović, 2003). Vegetacijski pokrivač je primarni izvor organske i mineralne tvari prostirke. Prema Bilandžiji (1992) šumska prostirka je sloj na humusu ili tlu koji se sastoji od svježih palih iglica i lišća, dijelova kore, dijelova češera (češeri koji se nalaze do polovine svoje veličine) i odumrlih dijelova travne vegetacije. Posebna važnost prostirke je njezina uloga u izmjeni hraniva i utjecaju na kemijske i biološke značajke tla. Naime, u sastavu šumske prostirke nalazi se nerazgrađena organska tvar i ona u procesu

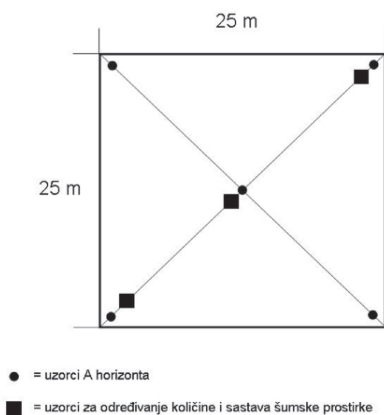
razgradnje (Vitousek et al. 1995; Berg i Meentemeyer, 2001; Barčić (2007)) ukazuje na povezanost podneblja i procesa transformacije (mineralizacije i humifikacije) šumske prostirke što je istovremeno važno i za nastanak te širenje šumskih požara. Ukoliko se radi o većim količinama prostirke onda se može govoriti o izravnoj povezanosti s intenzitetom širenja požara jer je riječ o šumskom gorivu. Šumskim gorivom se smatra ukupna količina biljnoga materijala, odumrlog i živog, koja se nalazi iznad mineralnog dijela tla (Ford-Robertson 1971, u Chandler et al. 1983). Šumsko gorivo dijeli se na drvenasti materijal, travnu vegetaciju, šumsku prostirku i humus. Požari u šumskim ekosustavima imaju utjecaj u ekološkom i gospodarskom smislu. Njihov negativan utjecaj može se umanjiti na različite načine: odnosom prema sastavu, strukturi i gustoći sastojine (Albrektson, 1988; Cuevas i Lugo, 1998; Starr et al., 2005; Diaz-Maroto i Vila Lameiro, 2006). U tom smislu svi šumsko-gospodarski zahvati i radovi utječu na svojstva šumske prostirke, bilo u pozitivnom ili negativnom pravcu (Martinović, 2003). Razlozi navedenoj tvrdnji su mnogobrojni. Jedan od njih je posebno važan, ali zanemaren u praksi: provođenje šumsko-uzgojnih radova, točnije radova na njezi (čišćenje i prorjeđivanje) kod mladih sastojina. Navedeni, više nego potrebni i propisivani zahvati, ne samo da poboljšavaju kvalitetu šumskih sastojina u proizvodnom smislu, nego i ograničavaju količine šumskog goriva. Naravno, time ne nestaju svi uzroci nastanka i širenja šumskog požara, ali se svakako smanjuje rizik. Taj odnos prema gorivoj tvari spominje se i u sustavima procjene ugroženosti od požara. U njima, posebno u kanadskom sustavu procjene opasnosti od šumskih požara, primjenjuje se metoda koja razlikuje tri veličine gorivog materijala (Bertović et al. 1987; Dimitrov, 1999). Prvi je pokazatelj vlažnosti finog goriva (FFMC), zatim pokazatelj vlažnosti srednje krupnog goriva (DMC) i pokazatelj vlažnosti krupnog goriva (DC).

U radu se nastoji prikazati značajke i razlike šumske prostirke prema vegetacijskim zonama i uvjetima podneblja za obalno i priobalno područje sjevernog dijela Jadrana. Uz navedeno, potrebno je istaknuti kako je najveći problem glede pojave požara i šumske vegetacije vezan uz šumske (borove) kulture. Radi se uglavnom o pionirskim, brzorastućim vrstama koje mogu povoljno djelovati u melioracijskom smislu. S druge strane, te vrste, a radi se uglavnom o crnogoričnom drveću (borovi), s obzirom na biološka svojstva imaju veću zapaljivost od listopadnog i zimzelenog drveća.

Materijal i metode – *Material and methods*

Uzorkovanje je obavljeno tijekom ljetnih mjeseci radi velike požarne opasnosti. Na taj način uzorci više odgovaraju količini i stanju šumskih goriva u vrijeme lake zapaljivosti. Uzimanje uzoraka na terenu obavljeno je prema standardiziranom postupku, a shema je prikazana na slici 1. Uzorci su uzimani iz O horizonta (organski površinski horizont koji leži iznad mineralnog dijela tla u pretežno aerobnim uvjetima) i A horizonta (akumulativni hu-

musni horizont). O horizont sastoji se od tri podhorizonta, Ol, Of i Oh. Ol predstavlja organsku prostirku (listinac) u kojoj se jasno razlikuju dijelovi biljaka međusobno povezani micelijima gljiva, a karakterističan je za sva šumska tla.



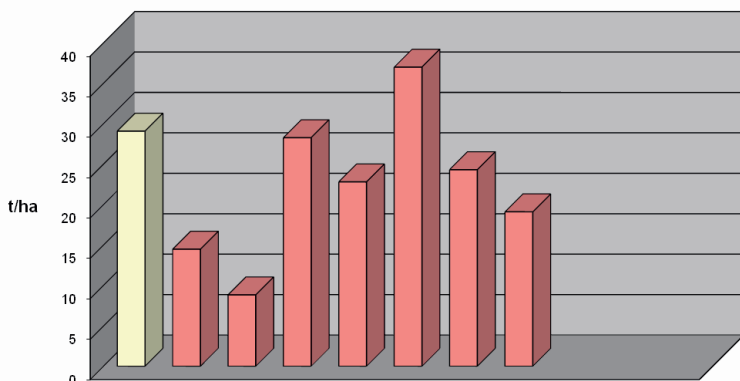
Slika 1. Uzimanje uzoraka na terenu

Figure 1 Taking samples on the field

Tipološke jedinice tla determinirane su prema važećoj klasifikaciji tala u Republici Hrvatskoj (Škorić et al. 1985). Napravljene su sljedeće kemijske analize tla: količina humusa po Tjurinu, sadržaj ukupnog dušika po Kjeldahlu (ISO 11261:2004), reakcija tla u H₂O (ISO 10390:2005), ukupni P₂O₅ i K₂O u organskoj tvari mokrim spaljivanjem dušičnom kiselinom, te ukupni sadržaj bakra, cinka, olova i kadmija AAS metodom (ISO 11047:2004).

Rezultati i rasprava – Results and discussion

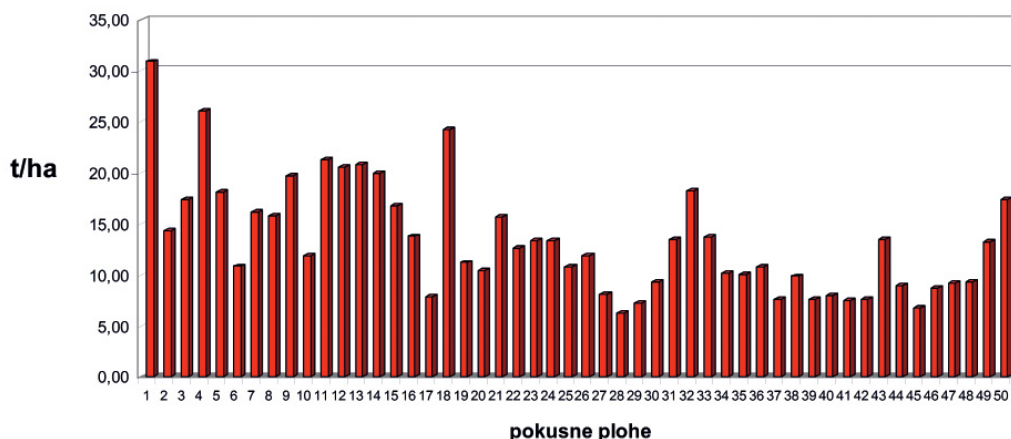
Na istraživanom području uzorci su uzimani s ploha smještenih u borovim kulturama. Najveći dio ploha smješten je u kulturama crnoga bora, manji dio odnosio se na kulture alepskog i primorskog bora. U prikazima na slikama 2 i 3 uspoređene su količine šumske prostirke na istraživanom području.



Slika 2. Količine šumske prostirke u kulturama alepskog i primorskog bora

Figure 2 Quantity of forest litter in aleppo pine and maritime pine cultures

Količina šumske prostirke



Slika 3. Količine šumske prostirke u kulturama i prirodnim sastojinama crnoga bora

Figure 3 Quantity of forest litter in cultures and natural stands of black pine

Na slici 2. količina šumske prostirke pod kulturom primorskog bora na 1. pokusnoj plohi iznosi 29,1 t/ha, kod alepskog bora vrijednosti se kreću od 8,8 t/ha do 37,0 t/ha. Raspon je velik, a dijelom se može tumačiti različitom starošću borovih kultura od 20 godina do 100 godina. Zajedničko je da se u tim kulturama nisu obavljali šumsko-uzgojni zahvati i da nijedna od tih kultura nema primarno gospodarsku ulogu.

Na slici 3. prikazane su količine šumske prostirke u kulturama i prirodnim sastojinama crnoga bora. Značajno je da se radi o sastojinama prosječne starosti 80 godina, a u njima je prosječna količina 13,36 t/ha šumske prostirke.

Tablica 1. Prosječne količine šumske prostirke po istraživanim sistematskim jedinicama tla

Table 1 Average amount of forest litter according to research soil unit

Sistematska jedinica tla, Soil unit	Kamenjar, Lithosol	Rendzina na brečastom vapnencu, Rendzina	Rendzina na laporu erodirana, Rendzina	Vapnenačko dolomitna crnica, organogena, Calcimelanosol	Smeđe na vapnencu, tipično Calcicambisol	Crvenica, tipična Terra rossa	Crvenica lesivirana Luvic Terra rossa
Količina šumske prostirke tla, t/ha Amount of forest litter, t/ha	11,01	11,96	7,66	12,49	15,89	9,55	8,94

U tablici 1 prikazane su vrijednosti samo za sastojine crnoga bora. Rezultati se odnose na prosječne količine šumske prostirke po istraživanim sistematskim jedinicama tla. Najviše organske tvari imaju smeđa tla na vapnencu, tipična (15,89 t/ha), a najmanja količina zabilježena je kod rendzine na laporu (7,66 t/ha). Na temelju rezultata istraživanja moguće je utvrditi redosljed istraživanih sistematskih jedinica tla prema organskoj tvari i prikazati u sljedećem nizu: smeđe na vapnencu tipično > vapnenačko dolomitna crnica organogena > rendzina na brečastom vapnencu > kamenjar > crvenica tipična > crvenica lesivirana > rendzina na laporu erodirana (nepovoljan položaj u reljefu). U sličnim je istraživanjima Martinović (2003) utvrdio da edafski niz tala prema proizvodnosti u kojoj najveću proizvodnost imaju kalcikambisoli (smeđa tla na vapnencu) u bioklimatu hrasta medunca i crnoga graba.

Tablica 2. Rezultati kemijskih značajki šumske prostirke tla

Table 2 Results of chemical properties of the forest litter soil cover

Sistematska jedinica tla, <i>Soil unit</i>	pH, H ₂ O	Humus, g kg ⁻¹	N, g kg ⁻¹	% -tni udio <i>amount, %</i>		Ukupni sadržaj teških metala, <i>Total amount of heavy metals</i> mg kg ⁻¹			
				P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Pb	Cd
Kamenjar, <i>Lithosol</i>	6,94 ^b	2,98 ^c	0,16 ^c	4,55 ^b	8,12 ^{bc}	10,30 ^c	40,53 ^a	4,38 ^b	0,13 ^b
Rendzina na brečastom vapnencu, <i>Rendzina</i>	6,95 ^b	4,10 ^{ab}	0,20 ^{bc}	5,23 ^b	8,83 ^{ab}	10,97 ^{ab}	37,38 ^c	4,29 ^{bc}	0,04 ^b
Rendzina na laporu erodirana, <i>Rendzina</i>	7,60 ^a	4,41 ^a	0,24 ^{ab}	6,78 ^a	8,12 ^{bc}	11,19 ^a	34,25 ^d	3,29 ^c	0,04 ^b
Vapnenačko dolomitna crnica, organogena, <i>Calcimelanosol</i>	7,39 ^a	3,60 ^b	0,24 ^{ab}	4,84 ^b	7,10 ^d	10,43 ^{bc}	36,54 ^{od}	3,83 ^d	0,05 ^b
Smeđe na vapnencu, tipično <i>Calcicambisol</i>	6,84 ^b	3,35 ^c	0,20 ^{bc}	4,78 ^b	8,00 ^c	10,24 ^c	36,78 ^c	4,52 ^b	0,13 ^b
Crvenica, tipična <i>Terra rossa</i>	6,38 ^c	3,24 ^c	0,24 ^{ab}	6,80 ^a	7,15 ^d	10,14 ^c	37,93 ^{bc}	3,88 ^{od}	0,05 ^b
Crvenica, lesivirana <i>Luvic Terra rossa</i>	5,90 ^c	3,48 ^c	0,25 ^a	4,67 ^b	9,04 ^a	9,37 ^d	39,82 ^{ob}	5,28 ^a	0,33 ^a

Legenda: ^{a,b,c,d} Vrijednosti u istom redu označene različitim slovima odnose se na signifikantnost ($p < 0.05$)

U tablici 2 signifikantno veće vrijednosti reakcije tla mjerene u vodi utvrđene su kod vapnenačko-dolomitne crnice i rendzine na laporu erodirane u odnosu na ostale istraživane jedinice tla, a opravdano manja vrijednost bila je kod crvenice lesivirane i crvenice tipične ($p < 0,05$). Statistički opravdano veće vrijednosti količine humusa ustanovljene su kod rendzina na laporu erodiranih u odnosu na ostala istraživana tla, osim u odnosu na rendzinu na brečastom vapnencu ($p < 0,05$). U skladu s očekivanjem, signifikantno manja vrijednost sadržaja ukupnog dušika utvrđena je kod kamenjara u odnosu na gotovo sva tla, osim prema smeđem tlu na vapnencu tipičnom i rendzini na brečastom vapnencu ($p < 0,05$).

Istraživanja šumske prostirke pokazala su jak utjecaj klimatskog čimbenika na njene količine i sastav (Jensen, 1974; Meentemeyer et al. 1982; Starr et al. 2005; Astel et al. 2009). U provedenom istraživanju neke zakonitosti se mogu potvrditi te dovesti u svezu sa šumskim požarima. U prvom redu velike količine prostirke u eu-mediteranskom području podložne su sporijem razlaganju radi dužeg sušnog razdoblje i manje zračne vlage. S druge strane, takvi uvjeti mogu utjecati na biološka svojstva vrste, tj. na stvaranje manjih količina iglica jer se radi o nepovoljnijim stanišnim uvjetima. U submediteranskom području povoljniji su stanišni uvjeti, ali uslijed neprovođenja šumsko-uzgojnih radova i velikih količina organske tvari procesi mineralizacije i humifikacije se usporavaju. Ukoliko se radi o monokulturama gdje je slabije zastupljen i povratak klimazonalne vegetacije listača problem je još izraženiji.

U prikazu na tablici 3 prikazani su odnosi i čimbenici važni za pojavu požara, prema Bilandžija i Lindić (1993). Oni su raznovrsni i radi toga je utvrđivanje zakonitosti kod pojave požara vrlo zahtjevan postupak. Šumska prostirka je jedan od važnijih čimbenika osobito kod nastajanja požara. Naravno, tu su bitni i neki osnovni činitelji za pojavu šumskog požara (tip vegetacije, reljefna obilježja, uvjeti podneblja) i način nastanka vezan uz prirodnu pojavu ili češće uz antropogeni utjecaj (Vázquez i Moreno, 2001).

Ulazne varijable - <i>Input variables</i>			
Šumsko gorivo - <i>Forest fuel</i>	Meteorološke veličine - <i>Meteorological parameters</i>	Topografija - <i>Topography</i>	Uzrok - <i>Cause</i>
VEGETACIJA (šumska, travna)	VJETAR	NAGIB	PRIRODNO
DRVENASTI MATERIJAL	TEMPERATURA ZRAKA	IZLOŽENOST	ANTROPOGENO
PROSTRIKA	TEMPERATURA GORIVA	NADMORSKA VISINA	
HUMUS	VLAGA ZRAKA		
	VLAGA GORIVA		
	OBORINE		

Tablica 3. Ulazne varijable za pojavnost i razvoj šumskog požara

Table 3 Types of input variables for fire probability and behaviour of forest fire

Tablica 3 bitna je za razumijevanje osnovnih elemenata pojave šumskog požara. Prvi je zasigurno vjerojatnost nastanka požara u zadanim uvjetima, zatim brzina širenja požara (vatre) te intenzitet požara. Svakako da je preventivnim mjerama potrebno utjecati na smanjenje broja požara i, naravno, na što manju izgorenu površinu po jednom požaru. U suprotnom, požar vegetacije izravno utječe na tlo i ishranu šumskog drveća (Martinović et al. 1978). U vlastitom istraživanju pokazane su vrijednosti šumske prostirke i povezanost s kemijskim značajkama tla (vidi Tablicu 2). Dosadašnja istraživanja pokazala su da pod utjecajem požara dolazi do promjena bitnih komponenti plodnosti tla. Isti autori navode kako uništenje šumske prostirke smanjuje sadržaj humusa u tlu, ali prolazno i kratkotrajno dolazi do povećanja dušika i fiziološki aktivnog fosfora i kalija te donekle magnezija (Martinović et al. 1978). Također, isto istraživanje nekih vrsta šumskog drveća i grmlja (*Quercus ilex* – hrast crnika, *Arbutus unedo* – planika, *Pinus halepensis* – alepski bor, *Pinus pinaster* – primorski bor) pokazalo je da stanje na spaljenim površinama poslije požara povoljne uvjete zadržava samo u prvim godinama. Radi se o velikim količinama izgorene organske tvari koja se mineralizirala, ali je istovremeno podložna vodenoj i eolskoj eroziji.

Mjere kojima bi se utjecalo na smanjivanje požarne opasnosti odnose se i na kvalitetniji pristup gospodarenju šumama i šumskim zemljištem. Potrebno je vrednovanje i kvalitetnije upravljanje šumskim borovim kulturama, te poticanje intenzivnije konverzije sastojinskog oblika gdje je glavna uloga zaštitna. Konverzija bi osiguravala veći povratak klimazonalne vegetacije listača, što je pozitivno u ekološkom smislu. Naravno i vegetacija listača, posebno zimzelenih, stvara uvjete u kojima šumska prostirka zadržava više vlage u tlu. Iznimka su devastirani i degradirani oblici šumske vegetacije (garizi, makije).

ZAKLJUČAK Conclusion

Osnovni čimbenici utjecaja šumske prostirke na požare posebno su izraženi prirodnim opterećenjem sastojina šumskim gorivima. Prema podjeli šumskih goriva šumska prostirka važna je radi početne faze gorenja. Ovisno ponajviše o veličini gorivog materijala i sadržaju vlage može se govoriti o utjecaju na brzinu širenja požara.

Količine organske tvari variraju i ne postoji pravilo u odnosu prema starosti sastojine. Uzete su obzir borove sastojine od 20 do 100 godina. Ne samo što je veliki raspon u starosti sastojina, već se i stanišni uvjeti u velikoj mjeri razlikuju. Od razine mora pa do 1082 m nadmorske visine, od klasične eumediteranske vegetacijske zone do prijelaznog područja između submediteranske zone i gorskog kontinentalnog područja.

Šumska prostirka ne predstavlja samo mogućnost za pojavu i širenje požara; ona je prema svojim kemijskim značajkama i važan regulator ekoloških i melioracijskih procesa. Stoga je potrebno pridonijeti mjerama u gospodarenju njezinu očuvanju radi stabilnosti u ekosustavu, ali i prepoznati u okviru preventivnih mjera zaštite šuma od požara šumsku prostirku kao izvor gorivog materijala u šumskom ekosustavu.

LITERATURA References

1. Aerts, R., 1995: *The advantage of being evergreen*. *Trends Ecol. Evol* 10, p. 402-407.
2. Albrektson, A., 1988: *Needle litterfall in stands of Pinus sylvestris L., in relation to site quality, stand age and latitude*. *Scan. J. Forest Res.*, 3: p. 333-342.
3. Astel, A., A. Parzych, J. Trojanowski, 2009: *Comparasion of litterfall and nutrient return in a Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis and an Empetro nigri-Pinetum forest ecosystem in northern Poland*. *For. Ecol. Manage*, 257: p. 2331-2341.
4. Barbero, M., G. Bonin, R. Loisel, P. Quézel, 1990: *Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin*. *Vegetatio*, No 87, p. 151-173.
5. Barčić, D., 2007: *Odnosi stanišnih čimbenika u sastojinama crnoga bora (Pinus nigra J.F. Arnold) u Hrvatskom primorju i u Istri*. *Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet*, 114 p.
6. Berg, B., V. Meentemeyer, 2001: *Litter fall in some European coniferous forests as dependent on climate: a synthesis*. *Can. J. Forest Res.*, 31: p. 292-301.
7. Bertović, S. et al. 1987: *Osnove zaštite šuma od požara*, CiP, Zagreb.
8. Bilandžija, J., 1992: *Prirodno opterećenje sastojina alepskog, primorskog i crnog bora šumskim gorivima*. *Radovi*, Vol 27, No 2, Jastrebarsko, p. 105-113.
9. Bilandžija, J., V. Lindić, 1993: *Utjecaj strukture šumskog goriva na vjerojatnost pojave i razvoj požara u sastojinama alepskog bora*. *Radovi*, Vol 28, No 1-2, Jastrebarsko, p. 215-224.
10. Chandler, C. et al. 1983: *Fire in Forestry*, Vol 1, John Wiley & Sons. Inc., Canada.
11. Cuevas, E., Lugo, A.E., 1998: *Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of tropical tree plantation species*. *For. Ecol. Manage*, 112: p. 263-279.
12. Diaz-Maroto, I.J., P. Vila-Lameiro, 2006: *Litter production and composition in natural stands of Quercus robur L. (Galicia, Spain)*. *Pol. J. Ecol.* 54 (3): p. 429-439.
13. Dimitrov, T., 1999: *Šumski požari u Hrvatskoj – povod za razmišljanje*. *Šumarski list*, Vol 123, No 9-10, Zagreb, p. 461-468.
14. Jensen, V., 1974: *Decomposition of angiosperm tree leaf litter*. In: Dickinson, C.H., Pugh, G.J.R. (Eds.) *Biology of Plant Litter Decomposition*. Academic Press, London, p. 66-104.
15. Martinović, J., N. Komlenović, D. Jedlowski, 1978: *Utjecaj požara vegetacije na tlo i ishranu šumskog drveća*. *Šumarski list*, No 4-5, Zagreb, p. 139-148.
16. Martinović, J., 2003: *Gospodarenje šumskim tlama u Hrvatskoj*, Šumarski institut, Jastrebarsko i Hrvatske šume d.o.o., p. 521, Zagreb.
17. Meentemeyer, V., E.O. Box, R. Thompson, 1982: *Patterns and amounts of terrestrial plant litter*. *BioScience*, 32: p. 125-128.
18. Starr, M., A. Saarsalmi, T. Hokkanen, P. Merilä, H.S. Helmisaari, 2005: *Models of litterfall production for scots pine (Pinus sylvestris L.) in Finland using stand, site and climate factors*. *For. Ecol. Manage*, 205: p. 215-225.
19. Škorić, A., G. Filipovski, M. Čirić, 1985: *Klasifikacija zemljišta ex. Jugoslavije*. *Akademija nauka i umjetnosti BiH. Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka*, Knjiga 13, Sarajevo.
20. Vázquez, A., J.M. Moreno, 2001: *Spatial distribution of forest fires in Sierra Gredos (Central Spain)*. *For. Ecol. Manage*, 147: p. 55-65.
21. Vitousek, P.M., G. Gerrish, D.R. Turner, L.R. Walker, D. Mueller-Dumbois, 1995: *Litterfall and nutrient cycling in four Hawaiian montane rainforests*. *J. Trop. Ecol*, 11: p. 189-203.