

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Prispjelo - *Received*: 12. 06. 2012.
Prihvaćeno - *Accepted*: 04. 10. 2012.

Damir Ugarković^{1✉}, Zvonko Seletković²,
Branko Samaržija³

MIKROKLIMA ŠUMSKIH ZAJEDNICA OBIČNE JELE (*Abies alba* Mill.) NA PODRUČJU GORSKOGA KOTARA

*MICROCLIMATE OF SILVER FIR
(Abies alba Mill.) FOREST ASSOCIATIONS
IN THE AREA OF GORSKI KOTAR*

SAŽETAK

Na šumske ekosustave utječu brojne lokalne meteorološke i klimatske prilike.

Brojni ekološki procesi ovisni su o klimatskim prilikama. Mikroklimatska istraživanja provedena su u gorskoj Hrvatskoj, u arealu bukovo-jelovih i jelovih šuma na rubu areala obične jele prema toplijem području i u unutrašnjosti Gorskoga kotara. Dvije mikroklimatske stanice "Rotronic" postavljene su u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi, i to jedna u unutrašnjosti, a druga na rubu areala obične jele u Gorskom kotaru. Po jedna mikroklimatska stanica postavljena je u šumi jele s rebračom i dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima. Mjerena je temperatura zraka (°C), relativna zračna vlaga (%), temperatura vlažnog termometra (°C) i temperatura rosišta (°C). Najveće vrijednosti srednjih temperatura zraka, vlažnog termometra i rosišta izmjerene su u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima, a najmanje u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi. Najmanja relativna zračna vlaga izmjerena je u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima. Mikroklimatskim istraživanjima dinarskih bukovo-jelovih šuma utvrđeno je da se šume na rubu areala obične jele prema toplijem području razvijaju u klimatski nepovoljnijim uvjetima.

Ključne riječi: mikroklima, obična jela (*Abies alba* Mill.)

^{1✉} Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, e-adresa: damir.ugarkovic@gs.htnet.hr

² Hrvatski šumarski institut, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Cvjetno naselje 41, 10 450 Jastrebar-sko; e-adresa: zvonkos@sumins.hr

³ Kula bb, 53 274 Krasno

UVOD

INTRODUCTION

Poznavanje zakonitosti djelovanja ekoloških čimbenika i reakcija članova ekosustava na te čimbenike nužno je kako bi se podržavalo prirodno funkcioniranje šumskih ekosustava kojima gospodarimo.

Na šumske ekosustave utječu brojne lokalne meteorološke i klimatske prilike. Brojni ekološki procesi (fotosinteza, evapotranspiracija, respiracija, dekompozicija ili razlaganje tvari itd.) ovisni su o meteorološkim i klimatskim prilikama. Štete na šumama u Europi sve se više i više naglašavaju (Mueller-Edzards i dr. 1997). Meteorološki stresni čimbenici (kao što su suša, visoke i niske temperature, hladnoća i dr.) smatraju se mogućim uzrocima tih šumskih oštećenja (Mueller i dr. 2005, Bréda i dr. 2006, Deshayes i dr. 2006). Za proučavanje tih procesa i otkrivanje mogućih uzroka potrebni su nam točni podatci o šumskoj klimi, za naše područje interesa i istraživanja (Xia i dr. 2001). Iz tog razloga važno je poznavanje šumske klime, odnosno mikroklime.

U Hrvatskoj o šumskoj klimi ima relativno malo znanstvenih istraživanja i spoznaja. Najstarija su ona L. Petrovića (1928). Prva istraživanja mikroklimatskih prilika bukovo-jelovih šuma obavio je Bertović (1966). Detaljnija mikroklimatska istraživanja, ali panonskih bukovo-jelovih šuma, obavio je Medvedović (1990) u sklopu sinekoloških istraživanja. U sklopu tih istraživanja mjerena je temperatura zraka i tla te relativna vlaga zraka i isparavanje. Na panonskom je gorju mikroklima mjerena 1971. godine (Cindrić 1972) te 1986, 1988, 1998. godine (Medvedović 1991, 2001, Medvedović i dr. 1998). Utvrđeno je da su mikroklimatska obilježja staništa i sastojina bukovo-jelovih šuma različita prema gorskim masivima (Macelj, Medvednica, Papuk), prema ekspozicijama i prema šumskim zajednicama. U hrvatskoj šumarskoj literaturi nema podataka o mikroklimi šuma obične jele na području Gorskoga kotara.

Svaka biljna vrsta javlja se samo u granicama svojega areala i u njemu naseljava ponajprije svoja odgovarajuća staništa. Čimbenici koji uvjetuju konfiguraciju i granice areala mogu biti klimatski, reljefni, biotski, povijesni i ljudski. Ako promatramo ekološku nišu neke vrste šumskog drveća sa stajališta populacije određenoga geografskog podneblja, tada klimatski i reljefni čimbenici imaju veću važnost za prostornu razdiobu i oblikovanje areala vrste. Ekstremne vrijednosti klimatskih čimbenika uvjetuju opseg rasprostranjenosti određene vrste duž gradijenta ekološkog čimbenika. Djelovanjem klimatskih promjena neke vrste drveća pokazuju regresivne promjene, tj. smanjenje prostorne distribucije, dok druge pokazuju pozitivan smjer promjena, odnosno povećanje prostorne distribucije (Vukelić i dr. 2010).

Granica areala može biti vertikalna i horizontalna. Na granicama areala uvjeti za rast i razvoj biljnih vrsta nisu optimalni. Ekološka valencija vrsta smanjena je na rubu areala, kao i ekološka amplituda određenih ekoloških čimbenika. Populacije šumskog drveća koje se nalaze na rubu svojeg areala ili prirodne rasprostranjenosti vrste razvijaju se u ograničenim uvjetima u odnosu na populacije u unutrašnjosti areala (Macias i dr. 2006, Peguero-Pina i dr. 2007, Chauchard i dr. 2010). Macias i dr. (2006), istražujući dendroklimu obične jele na rubu njezina areala na Piri-nejskom poluotoku, utvrdili su da je radijalni prirast obične jele ograničen nedo-

statkom vode tijekom ljeta. Chauchard i dr. (2010) uočili su pomicanje vertikalnog areala obične jele uslijed klimatskih promjena i promjena u korištenju zemljišta. Peguero-Pina i dr. (2007) utvrdili su nepovoljniju ishranu i fiziologiju populacija obične jele na rubu areala u odnosu na unutrašnjost areala.

Može se pretpostaviti je da je u šumama na rubu areala prema moru toplije nego u šumama središnjeg dijela Gorskoga kotara. S obzirom na različite sinekološke uvjete razvoja šumskih zajednica obične jele moguće je pretpostaviti da je u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima toplije nego u šumi jele s rebračom i dinarskoj bukovo-jelovoj šumi.

Cilj ovih istraživanja bio je utvrditi mikroklimatske prilike u različitim šumskim zajednicama obične jele na području Gorskoga kotara te je li u bukovo-jelovim šumama na rubu areala, u sličnim strukturnim i reljefnim karakteristikama kao i šumama u optimumu areala, toplije i manje vlažno.

MATERIJALI I METODE

MATERIALS AND METHODS

Istraživanja su provedena u gorskoj Hrvatskoj, u arealu bukovo-jelovih i jelovih šuma, u Gorskom kotaru. Istraživanjima su obuhvaćene sastojine na rubu areala obične jele prema toplijem području (šumarije Fužine i Rijeka) kao i optimalno područje pridolaska obične jele, tj. središnji dio Gorskoga kotara (Šumarija Ravna Gora).

Na ukupno četiri lokacije postavljene su mikroklimatske stanice Rotronic HydroLog D (Rotronic AG, Švicarska). Dvije mikroklimatske stanice postavljene su u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi (*Omphalodo-Fagetum* /Tregubov 1957/ Marinček i dr. 1993), i to jedna u unutrašnjosti Gorskoga kotara, a jedna na rubu areala obične jele u Gorskom kotaru. Po jedna mikroklimatska stanica postavljena je u šumi jele s rebračom (*Blechno-Abietetum* Horvat /1938/1950) i dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima (*Calamagrostio-Abietetum* Horvat 1950). Na visini od 1,5 m iznad tla u vremenskom intervalu od svaka dva sata mjerena je temperatura zraka (°C), relativna zračna vlaga (%), temperatura vlažnog termometra (°C) i temperatura rosišta (°C). Mjerenja su obavljena od srpnja do studenog 2005. godine. Kako bi se mogla napraviti komparativna istraživanja, pokusne plohe istih su reljefnih obilježja te istog omjera smjese glavnih vrsta drveća. Sve pokusne plohe bile su smještene na 950 m nadmorske visine, umjerenog nagiba terena i razne ekspozicije. Svi klimatski podatci obrađeni su u programu HW3 (Rotronic AG, Švicarska). Statistička obrada podataka (deskriptivna statistika i analiza varijance) provedena je u statističkom programu Statistica 7.1. (StatSoft, Inc. 2003).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

RESEARCH RESULTS

Najveća vrijednost srednje temperature zraka izmjerena je u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima gdje je izmjereno 12,05 °C, a najmanja u iznosu

od 10,92 °C u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi u unutrašnjosti areala. Najmanja minimalna temperatura zraka u iznosu od –4,44 °C izmjerena je u šumi jele s rebračom, a najveća minimalna temperatura zraka od –1,94 °C u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima. Najveće maksimalne temperature zraka izmjerene su u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima te u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi na rubu areala (Tablica 1.).

Tablica 1. Deskriptivna statistika temperature zraka (°C) u šumskim zajednicama obične jele
Table 1. Descriptive statistics of the air temperature (°C) in silver fir forest associations

Šumska zajednica <i>Forest associations</i>	N <i>N</i>	Prosjeak <i>Mean</i>	Min. <i>Min.</i>	Max. <i>Max.</i>	Std. Dev <i>Std. Dev</i>
Bukovo-jelova šuma (unutrašnjost areala) <i>Beech-fir forest (interior)</i>	1500	10,92	- 3,16	28,43	5,19
Bukovo-jelova šuma (rub areala) <i>Beech-fir forest (edge of areal)</i>	1500	11,49	- 2,12	29,00	5,06
Šuma jele s rebračom <i>Fir forest with blechnum</i>	1500	11,28	- 4,44	27,81	5,07
Din. jelova šuma na vapnen. blokovima <i>Fir forest with small-reed</i>	1500	12,05	- 1,94	29,06	5,11

Prema rezultatima u Tablici 1. srednja i maksimalna temperatura zraka imala je veću vrijednost u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi na rubu areala u odnosu na istu šumu u unutrašnjosti areala. Minimalna temperatura zraka bila je niža u unutrašnjosti areala Gorskoga kotara.

Tablica 2. Deskriptivna statistika relativne vlage zraka (%) u šumskim zajednicama obične jele
Table 2. Descriptive statistics of the relative humidity (%) in silver fir forest associations

Šumska zajednica <i>Forest associations</i>	N <i>N</i>	Prosjeak <i>Mean</i>	Min. <i>Min.</i>	Max. <i>Max.</i>	Std. Dev <i>Std. Dev</i>
Bukovo-jelova šuma (unutrašnjost areala) <i>Beech-fir forest (interior)</i>	1500	89,78	41,34	99,34	10,98
Bukovo-jelova šuma (rub areala) <i>Beech-fir forest (edge of areal)</i>	1500	88,43	35,31	100,00	13,80
Šuma jele s rebračom <i>Fir forest with blechnum</i>	1500	88,77	39,38	100,00	12,40
Din. jelova šuma na vapnen. blokovima <i>Fir forest with small-reed</i>	1500	84,58	31,25	100,00	13,65

Prema rezultatima iz Tablice 2. najveća srednja vrijednost relativne zračne vlage bila je u bukovo-jelovoj šumi u unutrašnjosti areala u iznosu od 89,78 %, a najmanja u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima, 86,7 %. Najmanji minimum relativne zračne vlage u iznosu od 31,1 % izmjeren je u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima te u bukovo-jelovoj šumi na rubu areala u iznosu od 35,31 %. Najveći maksimumi u iznosu od 100 % relativne zračne vlage izmjereni su na rubu areala u šumi bukve i jele, u šumi jele s rebračom i dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima.

Tablica 3. Deskriptivna statistika temperature vlažnog termometra (°C) u šumskim zajednicama obične jele

Table 3. Descriptive statistics of the wet bulb temperatures (°C) in silver fir forest associations

Šumska zajednica <i>Forest associations</i>	N <i>N</i>	Prosjeak <i>Mean</i>	Min. <i>Min.</i>	Max. <i>Max.</i>	Std. Dev <i>Std. Dev</i>
Bukovo-jelova šuma (unutrašnjost areala) <i>Beech-fir forest (interior)</i>	1500	9,92	- 3,13	21,97	4,39
Bukovo-jelova šuma (rub areala) <i>Beech-fir forest (edge of areal)</i>	1500	10,32	- 2,18	20,31	4,17
Šuma jele s rebračom <i>Fir forest with blechnum</i>	1500	10,18	- 4,67	20,70	4,35
Din. jelova šuma na vapnen. blokovima <i>Fir forest with small-reed</i>	1500	10,52	- 2,03	20,37	4,24

Najveća vrijednost srednje temperature vlažnog termometra u iznosu od 10,52 °C izmjerena je u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima, a najmanja srednja vrijednost od 9,92 °C izmjerena je u šumi bukve i jele u unutrašnjosti areala. Najveći minimum temperature vlažnog termometra izmjeren je u šumi jele s rebračom (-4,67 °C), a najmanji minimum u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima (-2,03 °C). Najveći maksimum od 21,97 °C izmjeren je u šumi bukve i jele u unutrašnjosti areala, a najmanji maksimum u iznosu od 20,70 °C u bukovo-jelovoj šumi na rubu areala (Tablica 3.).

Tablica 4. Deskriptivna statistika temperature rosišta (°C) u šumskim zajednicama obične jele
Table 4. Descriptive statistics of the dew point/frost point temperatures (°C) in silver fir forest associations

Šumska zajednica <i>Forest associations</i>	N <i>N</i>	Prosjeak <i>Mean</i>	Min. <i>Min.</i>	Max. <i>Max.</i>	Std. Dev <i>Std. Dev</i>
Bukovo-jelova šuma (unutrašnjost areala) <i>Beech-fir forest (interior)</i>	1500	9,12	- 3,47	20,45	4,27
Bukovo-jelova šuma (rub areala) <i>Beech-fir forest (edge of areal)</i>	1500	9,40	- 3,19	18,24	4,06
Šuma jele s rebračom <i>Fir forest with blechnum</i>	1500	9,31	- 4,75	18,87	4,27
Din. jelova šuma na vapnen. blokovima <i>Fir forest with small-reed</i>	1500	9,29	- 3,45	17,66	4,24

Najveća srednja vrijednost temperature rosišta izmjerena je u šumi bukve i jele na rubu areala u iznosu od 9,40 °C, a najmanja u šumi bukve i jele u unutrašnjosti areala u iznosu od 9,12 °C. Najveća minimalna temperatura rosišta izmjerena je u šumi jele s rebračom (-4,75 °C), a najmanji minimum u šumi bukve i jele na rubu areala (-3,19 °C). Najveći maksimum izmjeren je u šumi jele i bukve u unutrašnjosti areala (20,45 °C), dok je najmanji maksimum temperature rosišta izmjeren u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima u iznosu od 17,66 °C (Tablica 4.).

Odnosi temperatura zraka, vlažnog termometra i rosišta prema relativnoj zračnoj vlazi negativni su, tj. povećavanjem relativne zračne vlage znatno se smanjuju

temperature zraka, vlažnog termometra i rosišta. Prema jačini te su korelacije srednje jake. Nasuprot tome međusobni odnosi temperatura zraka, vlažnog termometra i rosišta pozitivni su. Povećavanjem temperatura zraka znatno se povećavaju i temperature vlažnog termometra i rosišta. Prema jačini te su korelacije za temperature zraka, vlažnog termometra i rosišta jake (Tablica 5.).

Tablica 5. Spearmanovi korelacijski koeficijenti klimatskih elemenata u šumskim zajednicama obične jele
Table 5. Spearman's coefficients correlations of the climate elements in silver fir forest associations

Klimatski elementi <i>Climatic elements</i>	Temperatura zraka (°C) <i>Air temperature</i>	Relativna vlaga zraka (%) <i>Relative air humidity</i>	Temperatura vl. term. (°C) <i>Wet bulb temperature</i>	Temperatura rosišta (°C) <i>Dew point temperature</i>
Temperatura zraka (°C) <i>Air temperature</i>	1,00			
Relativna vlaga zraka (%) <i>Relative air humidity</i>	- 0,48*	1,00		
Temperatura vl. term. (°C) <i>Wet bulb temperature</i>	0,95*	- 0,31*	1,00	
Temperatura rosišta (°C) <i>Dew point temperature</i>	0,92*	- 0,19*	0,97*	1,00

* signifikantno na razini $p < 0,05$
significant at $p < 0.05$

Tablica 6. Usporedba srednjih vrijednosti klimatskih elemenata u različitim šumskim zajednicama obične jele
Table 6. Comparison of the mean values of the climate elements in different silver fir forest associations

Šumska zajednica <i>Forest associations</i>	Klimatski elementi <i>Climatic elements</i>			
	Temperatura zraka <i>Air temperature</i>	Relativna vlaga zraka (%) <i>Relative air humidity</i>	Temperatura vl. term. (°C) <i>Wet bulb temperature</i>	Temperatura rosišta (°C) <i>Dew point temperature</i>
Bukovo-jelova šuma (unurašnjost areala) <i>Beech-fir forest (interior)</i>	10,92 ^a	89,78 ^a	9,92 ^a	9,12
Bukovo-jelova šuma (rub areala) <i>Beech-fir forest (edge of areal)</i>	11,49 ^b	88,43 ^b	10,32 ^{bc}	9,40
Šuma jele s rebračom <i>Fir forest with blechnum</i>	11,28 ^{ab}	88,77 ^b	10,18 ^{ab}	9,31
Din. jelova šuma na vapnen. blokovima <i>Fir forest with small-reed</i>	12,05 ^c	84,58 ^c	10,52 ^c	9,29

^{a,b,c} Vrijednosti unutar stupca označene različitim slovom značajno se razlikuju, ($p < 0,05$)
^{a,b,c} *Values within a column marked with different letter differ significantly ($p < 0.05$)*

S obzirom na rezultate analize varijance u Tablici 6. srednja vrijednost temperature zraka u bukovo-jelovoj šumi na rubu areala statistički je znatno veća u odnosu na istu zajednicu u unutrašnjosti areala. Ne postoje znatne razlike u temperatu-

rama zraka između bukovo-jelovih šuma i šume jele s rebračom. Vrijednost srednje temperature zraka u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima statistički je znatno najveća. Bukovo-jelova šuma na rubu areala imala je znatno manju srednju vrijednost relativne zračne vlage u odnosu na istu zajednicu u unutrašnjosti areala. Vrijednost relativne zračne vlage bila je znatno najmanja u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima. Srednja temperatura vlažnog termometra bila je znatno najmanja u bukovo-jelovoj šumi u unutrašnjosti areala, a najveća u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima. Ne postoje statistički znatne razlike u temperaturi rosišta između šumskih zajednica obične jele (Tablica 6.).

RASPRAVA

DISCUSSION

Na lokalnoj razini šumsko drveće i sastojine imaju velik utjecaj na klimu. Uz to šuma ima i svoju određenu mikroklimu. Šumska mikroklima ovisi o lokalnoj klimi i tipu sastojine. Sječom šumskog drveća, čitavih šuma, prorjedama u sastojini mijenjamo i mikroklimatske prilike (Aussenac 2000, Potter i dr. 2001). Obična jela u svojem je razvoju pod velikim utjecajem vlage i temperature te čovjeka s obzirom na intenzitet preborne sječe (Matić i dr. 1996, Prpić i Seletković 2001).

Predmetnim istraživanjem mikroklimе šumskih zajednica obične jele u Gorskom kotaru, najveće vrijednosti srednjih temperatura zraka, vlažnog termometra i rosišta izmjerene su u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima, a najmanje u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi. Najveća vrijednost srednje relativne vlage zraka (%) izmjerena je u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi u unutrašnjosti areala, a najmanja u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima. Najveća srednja vrijednost temperature rosišta izmjerena je u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi na rubu areala, a najmanja u dinarskoj bukovo-jelovoj šumi u unutrašnjosti areala Gorskoga kotara.

S obzirom na izmjerene srednje vrijednosti temperature zraka i vlažnog termometra te vrijednosti relativne vlage zraka dinarska jelova šuma na vapnenačkim blokovima razvija se u najtoplijim uvjetima. Dinarske bukovo-jelove šume razvijaju se u najhladnijim uvjetima, dok se jelova šuma s rebračom prema vrijednostima klimatskih elemenata nalazi između tih dviju šumskih zajednica.

Mikroklimatskim istraživanjima dinarskih bukovo-jelovih šuma utvrđeno je da se šume na rubu areala obične jele prema toplijem području razvijaju u klimatski nepovoljnijim uvjetima.

Srednje vrijednosti temperature zraka, vlažnog termometra i rosišta bukovo-jelovih šuma povećavaju se od unutrašnjosti Gorskoga kotara prema rubu areala bukovo-jelovih šuma. Za razliku od temperatura zraka, vlažnog termometra i rosišta, srednje vrijednosti relativne zračne vlage smanjuju se od unutrašnjosti Gorskoga kotara prema rubu areala bukovo-jelovih šuma. Apsolutno najveća temperatura zraka i apsolutno najmanja vrijednost relativne vlage zraka izmjerene su u dinarskoj jelovoj šumi na vapnenačkim blokovima, što potvrđuje određenu kserofilnost te šumske zajednice.

Suha atmosfera uvjetovana je nedostatkom vodene pare. Ako se relativna vlaga atmosfere znatno smanji, onda se pojača transpiracija. Terestričke biljke opskrbljuju se vodom uglavnom samo korijenovim sustavom, a u manjoj mjeri koriste se izravno i vodom atmosfere (Gračanin i Ilijanić 1977). Prema rezultatima Oršanića i dr. (2011) vlaga tla statistički je znatno uvjetovana temperaturom zraka, točkom rosišta i količinom oborina. Poznato je da relativna vlaga zraka ima ekološko značenje za opskrbu površinskih slojeva tla vodom kondenzacijom.

U dinarskim bukovo-jelovim šumama na rubu areala prema toplijem području toplije je nego u istim šumama u unutrašnjosti Gorskoga kotara. Intenzivnim odumiranjem stabala obične jele na rubu areala u Gorskom kotaru te stvaranjem većih ili manjih progala i plješina u jelovim šumama postaje još toplije (Ugarković 2009). Ekološke prilike u sušnim vegetacijskim periodima lošije su u starijim sastojinama s rjeđim sklopom i obrastom, jer je evaporacija vode iz tla u tim sastojinama pojačana. Pogotovo su loše prilike u sastojinama izloženim stalnim suhim vjetrovima, koje su bez podstojnog grmlja i drveća i bez dobrih zaštitnih plašteva. Tlo se u njima brzo isuši. U takvim sastojinama nema uvjeta da se stvori i održi povoljna mikroklima. I stanje tla u njima se postupno, ali stalno pogoršava. Isušenje tla vrlo nepovoljno djeluje na mikroorganizme, kojih mora u tlu biti u dovoljnom broju. Promjene temperature zraka u vanjskoj atmosferi oko šume utječu i na šumsku mikroklimu. One se najjače odražavaju neposredno na površini samih krošanja, gdje i najmanje povećanje temperatura vanjske atmosfere dolazi najjače do izražaja (Vajda 1965, Medvedović 2001).

LITERATURA

REFERENCES

- Aussenac, G. 2000. Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Ann. For. Sci.* 57(3): 287-301.
- Bertović, S. 1966. Prilog poznavanju proizvodnih mogućnosti šume bukve s jelom (*Fagetum cr. Abietetosum* Horv.) na Ličkoj Plješivici. *Radovi* (Institut za šumarska istraživanja Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu) 5:1-66.
- Bréda, N., Huc, R., Granier, A., Dreyer, E. 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological response, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.* 63(3): 625-644.
- Chauchard, S., Beilhe, F., Denis, N., Carcaillet, C. 2010. An increase in the upper tree-limit of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Alps since the mid-20th century: A land-use change phenomenon. *For. Ecol. Manag.* 259(8):1406-1415.
- Cindrić, Ž. 1972. Komparativna mikroklimatska istraživanja u šumskim fitocenozama na području Macelja (manuskript). Zagreb: Šumarski institut, Jastrebarsko.
- Deshayes, M., Guyon, D., Jeanjean, H., Stach, N., Jolly, A., Hagole, O. 2006. The contribution of remote sensing to the assessment of drought effects in forest ecosystems. *Ann. For. Sci.* 63(6): 579-598.
- Gračanin, M., Ilijanić, Lj. 1977. Uvod u ekologiju bilja. Zagreb: Školska knjiga, 318 str.
- Macias, M., Andreu, L., Bosch, O., Camarero, J. L., Gutiérrez, E. 2006. Increasing aridity is enhancing Silver fir (*Abies alba* Mill.) water stress in its south-western distribution limit. *Climatic Change* 79(3-4): 289-313.

- Matić, S., Oršanić, M., Anić, I. 1996. Neke karakteristike i problemi prebornih šuma obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Šumar. list 120(3-4): 91-99.
- Medvedović, J. 1990. Sinekologija zajednica obične jele (*Abies alba* Mill.) u sjevernoj Hrvatskoj i floristički parametri važni za gospodarenje bukovo-jelovim šumama, Disertacija. Zagreb: Šumarski fakultet.
- Medvedović, J. 1991. Sinekologija zajednice obične jele (*Abies alba* Mill.) u sjevernoj Hrvatskoj i floristički parametri važni za gospodarenje bukovo-jelovim šumama. Šumar. list. 6-9: 303-316.
- Medvedović, J., Milković, J., Vrbek, B., Pilaš, I., Seletković, I., Potočić, N., Novosel, D. 1998. Motrenje stanja šume bukve i jele na pokusnoj plohi "Sljeme". Rad. -Šumar. inst. Jastrebar. 33(2): 33-52.
- Medvedović, J. 2001. Klima i hidrološke prilike u jelovim šumama panonske Hrvatske. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Zagreb: Akademija šumarskih znanosti, Hrvatske šume, p.o. Zagreb, str. 147-155.
- Mueller-Edzards, C., de Vries, W., Erisman, J. W. (ur.) 1997. Ten years of monitoring forest condition in Europe. Studies on temporal development, spatial distribution and impacts of natural and anthropogenic stress factors. Technical background report. United Nations Economic Commission for Europe/European Commission, Geneva and Brussels.
- Mueller, R. C., Scudder, C. M., Porter, M. E., Trotter, R. T., Gehring, C. A., Whitham, T. G. 2005. Differential tree mortality in response to severe drought: evidence for long-term vegetation shifts. J. Ecol. 93(6): 1085-1093.
- Oršanić, M., D. Drvodelić, Ugarković, D. 2011. Ekološko-biološke značajke hrasta crnike (*Quercus ilex* L.) na otoku Rabu. Croat. J. For. Eng. 32(1): 31-42.
- Peguero-Pina, J., Camarero, J. J., Abadía, A., Martín, E., Gonzalez-Cascon, R., Morales, F., Gil-Pelegrin, E. 2007. Physiological performance of silver fir (*Abies alba* Mill.) populations under contrasting climates near the south-western distribution limit of the species. Flora 202(3): 226-236.
- Petrović, L. 1928. Uticaj šume na klimu i meteorološka opažanja. Šumar. list 52(8-9): 348-357.
- Potter, B., Teclaw, R. M., Zasada, J. C. 2001. The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes. Agr. Forest. Meteorol. 106(4): 331-336.
- Prpić, B., Seletković, Z. 2001. Ekološka konstitucija obične jele. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Zagreb: Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, p.o. Zagreb, str. 255-276.
- StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA for Windows. Tulsa: StatSoft, Inc.
- Ugarković, D. 2009. Utjecaj stanišnih i strukturnih čimbenika na odumiranje obične jele (*Abies alba* Mill.) u Gorskom kotaru, Disertacija. Zagreb: Šumarski fakultet.
- Vajda, Z. 1965. Uloga klime u sušenju šuma. Glas. šum. pokuse 28: 1-12.
- Vukelić, J., Vojniković, S., Ugarković, D., Bakšić, D., Mikac, S. 2010. The Influence of Climate Change on Tree Species Distribution in South-East Europe. U: S. Simrad (ur.), Climate Change and Variability. Rijeka: Sciyo, str. 211-224.
- Xia, Y., Fabian, P., Winterhalter, M., Zhao, M. 2001. Forest climatology: estimation and use of daily climatological data for Bavaria, Germany. Agr. Forest. Meteorol. 106(2): 87-103.

MICROCLIMATE OF SILVER FIR (*Abies alba* Mill.)
FOREST ASSOCIATIONS IN THE AREA OF GORSKI KOTAR

Summary

*Forest ecosystems are influenced by numerous local meteorological and climatic conditions. Many ecological processes are dependent on climatic conditions. Microclimatic research was carried out in the mountainous part of Croatia, in beech-fir and silver fir forest natural distribution area, on the edge of silver fir forest natural distribution area towards a warmer area and in the interior of Gorski kotar region. Two microclimate stations “Rotronic” were set up in Dinaric beech-fir forest; one in the interior and the other on the edge of silver fir forest natural distribution area in Gorski kotar. In silver fir forest with hard fern (*Blechnum*) and in silver fir forest with small-reed, one microclimate station was set up in each forest respectively. Air temperature (°C), relative air humidity (%), wet bulb temperature (°C) and dew point temperature (°C) were measured. The highest values of mean air temperatures, wet-bulb temperatures and dew-point temperatures were measured in silver fir forest with small-reed, while the lowest values were measured in Dinaric beech-fir forest. The lowest relative air humidity was measured in silver fir forest with small-reed. Microclimate research of Dinaric beech-fir forests established that forests on the edge of silver fir natural distribution area towards a warmer area develop in less favourable climatic conditions.*

*Key words: microclimate, silver fir (*Abies alba* Mill.)*