

UDK: 582.632.2:631.41(497.11)

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## REZULTATI MONITORINGA DISANJA ZEMLJIŠTA DVE RAZLIČITE BUKOVE ZAJEDNICE U TOKU VEGETACIONOG PERIODA

Pilipović A.<sup>1\*</sup>, Orlović S.<sup>1</sup>, Galić Z.<sup>1</sup>, Stojnić S.<sup>1</sup>, Borišev M.<sup>2</sup>, Nikolić N.<sup>2</sup>

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati merenja disanja zemljišta u dve asocijacije bukve na Staroj planini i Fruškoj gori. Merenja su izvršena u periodu maj-septembar na prethodno obeleženim tačkama u izabranim sastojinama. Pored disanja zemljišta, u isto vreme su izvršena i merenja evaporacije, sadržaja vlažnosti zemljišta i temperature vazduha. Rezultati su pokazali različite vrednosti disanja zemljišta zavisno od lokaliteta i termina kada su izvršena merenja. Razlike u dobijenim rezultatima se mogu objasniti različitim temperaturnim režimom na istraživanim lokalitetima i kao i dnevnim variranjima u intenzitetu disanja zemljišta koji su zabeleženi u istraživanjima drugih autora.

**Ključne reči:** monitoring, disanje zemljišta, bukva

### *THE RESULTS OF MONITORING OF SOIL RESPIRATION IN TWO DIFFERENT BEECH ASSOCIATIONS DURING VEGETATION PERIOD*

**Abstract:** *This paper presents the results of measurements of soil respiration in two beech associations on the mountains Stara Planina and Fruška gora. The measurements were carried out from May to September on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of evaporation, soil moisture content and air temperature were made. The results showed different values of soil respiration in relation to site and timing when measurements were made. The results can be explained by differences in temperature regimes of measurement locations and the daily variation in the intensity of soil respiration.*

**Keywords:** *monitoring, soil respiration, beech*

---

<sup>1</sup> Mr Andrej Pilipović, istraživač saradnik, prof. dr Saša Orlović, naučni savetnik, dr Zoran Galić viši naučni saradnik, dipl. ing. Srđan Stojnić, istraživač saradnik, Istraživačko razvojni institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad

<sup>2</sup> Dr Milan Borišev, naučni saradnik, dr Nataša Nikolić, naučni saradnik, Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i životnu sredinu, Novi Sad

## UVOD

Odavanje ugljen dioksida sa površine zemljišta, odnosno disanje zemljišta, je jedna od glavnih komponenata kruženja ugljenika u biosferi i prema Law et al. (2001) može da iznosi i do tri četvrtine ukupnog disanja ekosistema. Informacija o disanju zemljišta se, pored ostalog, koristi i za interpretaciju eddy kovarijanse koja pokazuje neto produktivnost ekosistema (NEP), a predstavlja neto zbir fotosinteze i disanja. Zbog činjenice da ona ne pruža pojedinačnu informaciju o fotosintezi, autotrofnom i heterotrofnom disanju kao i zbog toga što su i sami mehanizmi ovih procesa različiti, razdvajanje podataka eddy kovarijanse dobija sve veći značaj (Piovesan i Adams, 2000).

Globalno zagrevanje i klimatske promene su posledica uticaja razvoja civilizacije kako sa aspekta razvoja tehnologije, tako i sa aspekta porasta broja stanovništva. Emisija stakleničkih gasova predstavlja najveću pretnju životnoj sredini danas. Prema Kjoto protokolu (1998), ugljen dioksid zauzima vodeću poziciju na listi stakleničkih gasova. Emisija ugljen dioksida spaljivanjem fosilnih goriva konstantno povećava njegovu koncentraciju u atmosferi i prema Forster et al. (2007) od početka industrijske revolucije od 2005. godine se povećao sa 280 na 375 ppm. Balans ugljenika u biosferi predstavlja odnos fotosinteze i disanja, a prema Valentini et al. (2000) disanje zemljišta predstavlja njegovu glavnu determinantu u šumama umerenog pojasa. Značaj disanja zemljišta se ogleda i u činjenici da ono predstavlja drugi najvažniji terestrijalni ponor ugljenika odmah posle šuma (Pregtizer et al., 2006). Nasuprot činjenici da predstavljaju glavni ponor ugljenika, prema Lindner (2010) šume su posebno osetljive na klimatske promene jer dugovečnost stabala ne dozvoljava njihovo brzo prilagođavanje promenama uslova sredine.

Imajući u vidu uticaj klimatskih promena na šumske ekosisteme, cilj ovog istraživanja je bio da se istraži uticaj klimatskih promena, odnosno različitih temperaturnih režima na intenzitet disanja zemljišta.

## MATERIJAL I METODE

Za potrebe ovog istraživanja izabrane su dve različite asocijacije bukve koje pripadaju mreži šumskih ekosistema u kojima se vrši monitoring prema projektu „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima“ (43002) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine. Prva satojina je izdanačka šuma kitnjaka (*Quercetum montanum typicum*) sa primesom bukve na kiselom smeđem i lesiviranom zemljištu, na vrlo strmom terenu, Nadmorske visine 475-505 m, jugoistočne ekspozicije. Ova satojina se nalazi na području nacionalnog parka Fruška gora, GJ Popovica - Majdan - Zmajevac, 20/c. Druga satojina se nalazi na Staroj Planini, izdanačka šuma bukve *Fagenion moesiace montanum* na smeđem zemljištu. Satojina se nalazi u G.J. Vidlič odeljenje 22/a na 990 do 1080 m.n. visine, na strmom terenu. Geološka podloga je krečnjak a ekspozicija je sever-

severoistok. U svakoj satojini je postavljena ogledna površina dimenzija 25x25m koja je podeljena na polja dimenzija 5x5m. U centru svakog polja su označene tačke na kojima je izvršeno merenje disanja zemljišta.



Slika 1. Izgled komore za merenje disanja zemljišta  
*Figure 1. The chamber for soil respiration measurement*

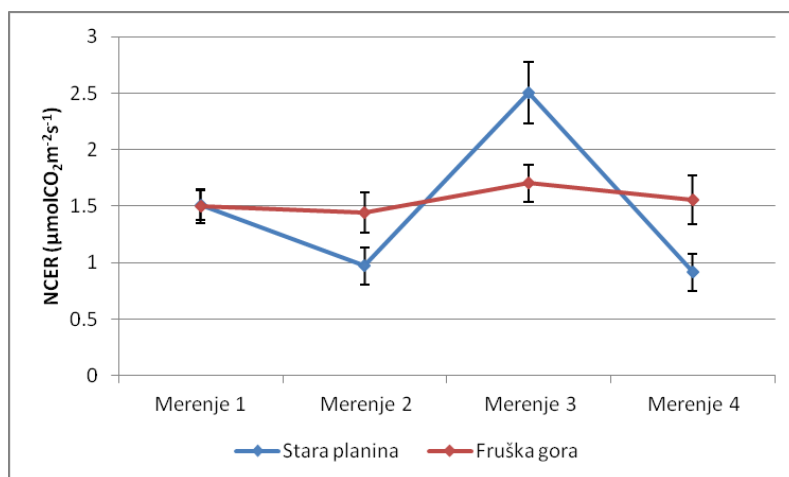
Merenje disanja zemljišta je urađeno pomoću prenosnog aparata za izmenu gasova ADC LCPro+ koji se najčešće koristi za određivanje intenziteta fotosinteze i transpiracije u biljkama. Na aparat je umesto komore za određivanje fotosinteze stavljena komora za merenje disanja zemljišta. Merenje disanja zemljišta se kod ovog uređaja vrši na principu „otvorenog sistema“ gde se za svaku analizu dovodi nov spoljašnji vazduh u komoru. Postupak merenja je izvršen na sledeći način: na tački na kojoj je planirano merenje se ukloni eventualna vegetacija i nerazgrađeno opalo lišće i stavi komora za merenje disanja zemljišta. U cilju što manjeg poremećaja zemljišta, komora je bila utisnuta u zemlju max. 1cm, zavisno od rastresitosti zemljišta. Prilikom merenja, instrument beleži podatke o evaporaciji H<sub>2</sub>O, disanju zemljišta i temperaturi vazduha u komori. Nakon postavljanja komore na tačku, sačekano je da se parametri stabilizuju i nakon čega je izvršeno merenje. Jednodnevna merenja su izvršena u toku prepodneva u periodu od maja do septembra 2011. godine sa razmakom od 45 dana u maju (Merenje 1), julu (Merenje 2), avgustu (Merenje 3) i septembru (Merenje 4). Pored merenja disanja zemljišta istog dana je izvršeno određivanje sadržaja vlage u zemljištu na dubinama od 10, 30 i 50cm. U vreme merenja disanja zemljišta izvršeno je i praćenje temperature vazduha u trajanju od 24 časa. Podaci merenja su obrađeni programom Statistica 10.

## REZULTATI

Intenzitet disanja zemljišta na Fruškoj gori se kretao u rasponu od 1,44 do 1,70  $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Grafikon 1). Najmanji intenzitet disanja je zabeležen prilikom merenja 2, dok je najveći intenzitet zabeležen pri merenju 3. Analiza varijanse nije pokazala postojanje značajnih razlika između termina merenja. Nasuprot Fruškoj gori, na Staroj Planini su zabeležene značajne razlike između vremena merenja. Disanje zemljišta je imalo vrednosti od 0,91  $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (merenje 4) do 2,50  $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (merenje 3).

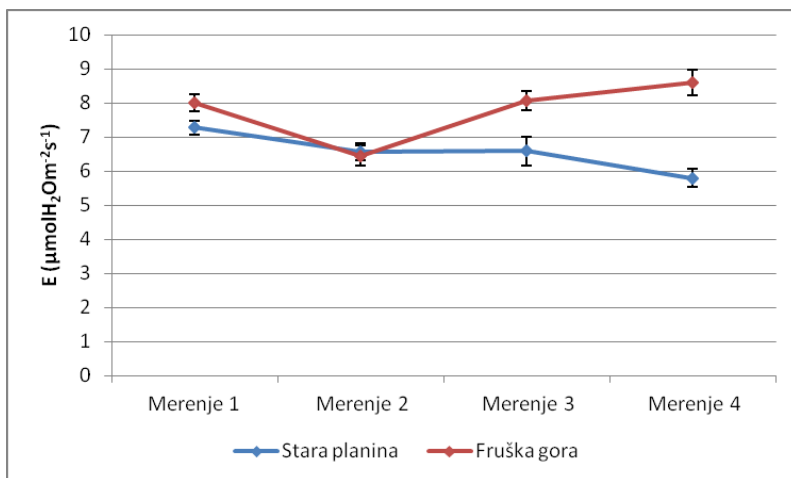
Grafikon 1. Intenzitet disanja zemljišta na ispitivanim lokalitetima

Graph 1. Soil respiration at investigated sites

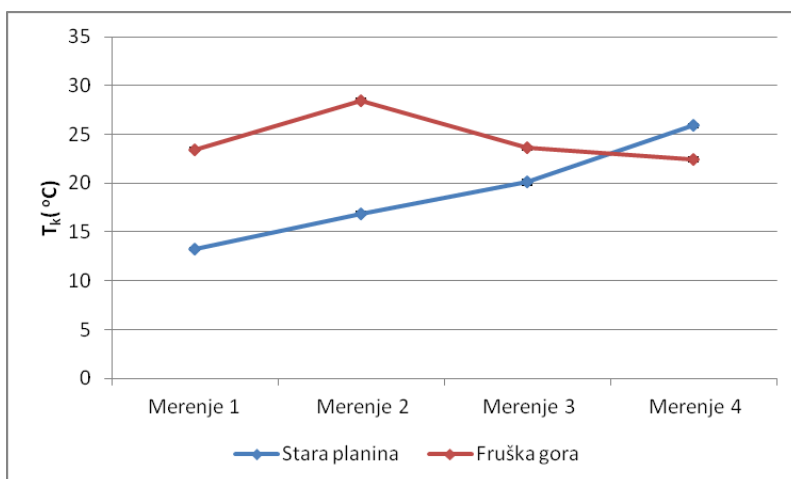


Evaporacija zemljišta je na oba lokaliteta pokazala značajne razlike u pogledu termina merenja (Grafikon 2). Na Fruškoj gori je najveća vrednost bila pri merenju 4 (8,59  $\text{mmolH}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), dok je najniža evaporacija zabeležena prilikom merenja 2 (6,44  $\text{mmolH}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Na Staroj planini je zabeležen pad evaporacije u vegetacionom periodu. Najviši intenzitet evaporacije je bio pri merenju 1 (7,38  $\text{mmolH}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) dok je najniža evaporacija zabeležena pri merenju 4 (5,79  $\text{mmolH}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Temperatura vazduha u komori prilikom merenja disanja zemljišta na staroj planini se kretala od 13,3 do 25,9°C sa konstantnim povećanjem od maja do septembra (Grafikon 3). Temperatura komore prilikom merenja intenziteta disanja na Fruškoj gori je bila najveća pri merenju 2 (28,5°C), dok je najniža bila u pri merenju 4 (22,5°C).

Grafikon 2. Evaporacija zemljišta na ispitivanim lokalitetima  
 Graph 2. Soil evaporation at investigated sites



Grafikon 3. Temperature vazduha u komori na ispitivanim lokalitetima  
 Graph 3. Air temperature in chamber during measurements



Rezultati istraživanja sadržaja vlage (% vol.) u zemljištu ukazuju na činjenicu da je prilikom svakog merenja sadržaj vlage u zemljištu bio veći u sastojini na Staroj planini nego na Fruškoj gori (Grafikon 4).

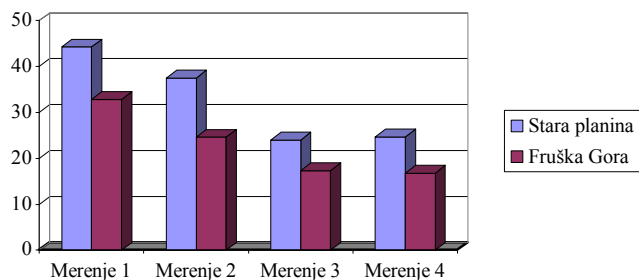
Rezultati određivanja sadržaja vlage (%vol) u zemljištu, isto tako su pokazali da je najveće smanjenje vlažnosti zemljišta u vegetacionom periodu bilo na

dubini od 10cm, dok je najmanje smanjenje vlažnosti zabeleženo za dubinu od 50cm. Tokom merenja vlažnosti zemljišta utvrđen je konstantan pad sadržaja vlage na dubini od 30 cm na Fruškoj Gori. Na Staroj planini to nije slučaj budući da je u poslednjem merenju vlažnost na 30 cm bila veća nego kod merenja 3. Na Fruškoj gori je sa svaki sledećim merenjem došlo do smanjenja sadržaja vlage na dubini od 30cm. Navedeni pokazatelji potvrđuju kserotermnije uslove na Fruškoj Gori.

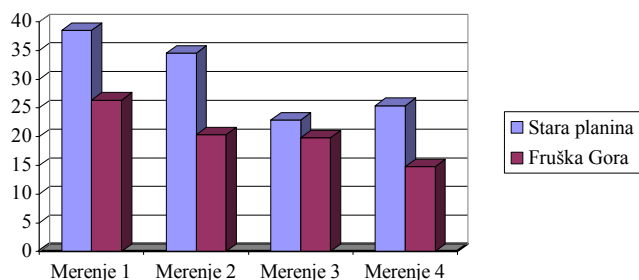
Grafikon 4. Sadržaj vlage zemljišta na dubinama od a) 10, b) 30 i c) 50 cm u vreme merenja disanja zemljišta

Figure 4. Soil moisture content (%vol) at depths of a) 10, b) 30 and c) 50 cm

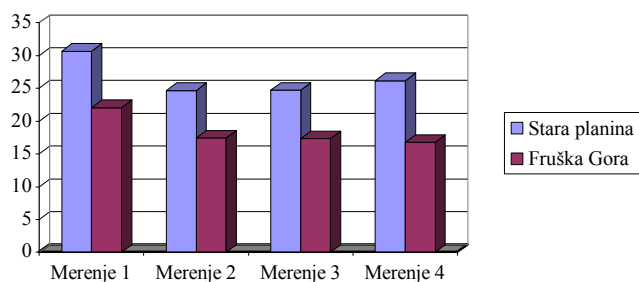
a) Dubina 10 cm *Depth 10 cm*



b) Dubina 30 cm *Depth 30 cm*



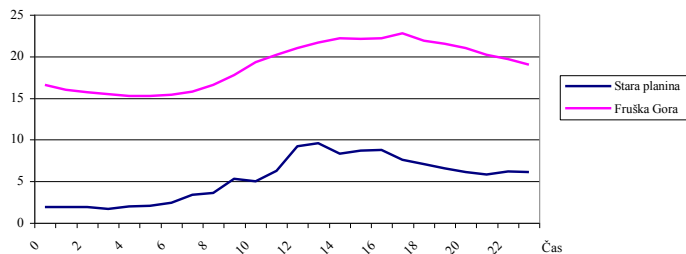
c) Dubina 50 cm *Depth 50 cm*



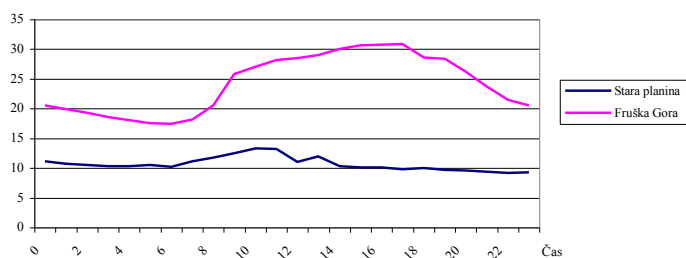
Grafikon 5. 24-časovne temperature vazduha na dan merenja disanja zemljišta prvog (a), drugog (b), trećeg (c) i četvrtog (d) merenja

Figure 5. 24-hour air temperatures for days of measurement of soil respiration on the first (a), second (b), third (c) and fourth (d) measurement

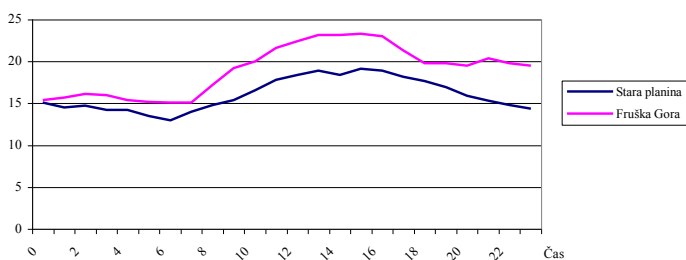
a) Prvo merenje *The first measurement*



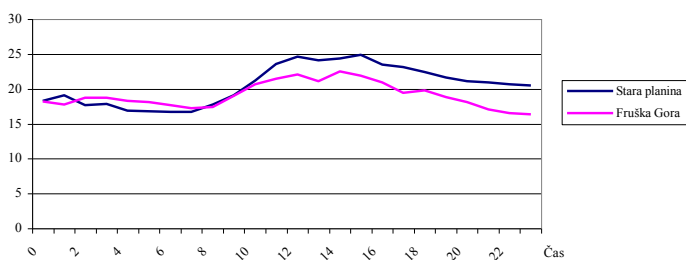
b) Drugo merenje *Second measurement*



c) Treće merenje *Third measurement*



d) Četvrto merenje *Fourth measurement*



Temperature vazduha u vreme merenja su pokazale da se razlika u temperaturi vazduha na ispitivanim lokalitetima smanjuje sa dužinom trajanja vegetacionog perioda (Grafikon 5). Najveće razlike su bile prilikom merenja 1 i 2. Prilikom merenja u maju, julu i avgustu temperatura vazduha je bila veća na Fruškoj gori, dok je u septembru temperatura vazduha u periodu merenja (9-12h) bila veća na Staroj planini.

## DISKUSIJA

Rezultati merenja disanja zemljišta su pokazali razlike između ispitivanih lokaliteta Stare Planine i Fruške gore. Smanjenje disanja zemljišta na Staroj planini prilikom merenja 2, kao i povećanje pri merenju 3 se mogu obrazložiti dnevnim varijacijama u disanju koje su zabeležene prilikom konstantnog praćenja disanja zemljišta (Drewitt et al., 2002). U prilog ovoj tvrdnji ide i činjenica da su temperature vazduha prilikom merenja 1 i merenja 2 bile relativno slične, dok je temperatura prilikom merenja 3 bila veća oko 5°C. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima Boone et al. (1998) koji su među prvima dokazali temperaturnu osetljivost intenziteta disanja mešovitenih šuma umerenog pojasa. Povećanjem temperature na Staroj planini pri merenju 3 i merenju 4 može se objasniti smanjenje intenziteta disanja zemljišta. Analizom podataka sadržaja vlage u u površinskim sloju zemljišta (10 cm), rezultata merenja evaporacije i temperature u komori se takođe može objasniti smanjenje disanja zemljišta pri merenju 4. Sa smanjenjem sadržaja vlage u zemljištu dolazi do smanjenja disanja zemljišta. Istraživanja Fenn et al. (2010) su pokazala da vlažnost zemljišta ima manji uticaj na godišnje varijacije u disanju zemljišta, ali da je sezonski uticaj vlažnosti zemljišta veoma izražen u periodu jul-septembar kada dolazi do smanjenja disanja zemljišta. Istraživanja Nsabimana et al. (2009) su pokazala da je disanje zemljišta u nelinearnoj korelaciji sa sa sadržajem vlage u zemljištu i da je najveći intenzitet disanja zabeležen pri 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> dok su vrednosti disanja zemljišta pri većem ili manjem sadržaju vlage u zemljištu bile manje. Na ovaj način se takođe može objasniti visok intenzitet disanja pri merenju 3 dobije u našim istraživanjima. Razlike u rezultatima disanja zemljišta između ispitivanih lokaliteta se mogu objasniti uslovima staništa. Lokalitet na Fruškoj gori se nalazi na jugoistočnoj ekspoziciji, dok se lokalitet na Staroj planini nalazi na ekspoziciji sever-severoistok. Pored toga razlika u nadmorskoj visini je preko 500m, što takođe ima uticaj na uslove staništa. Usled toga što se Fruška gora nalazi u južnom delu panonske nizije, uticaj kontinentalne klime je izraženiji nego na Staroj planini koja je deo rodopskog masiva. Ove činjenice su potvrđene rezultatima merenja temperature vazduha iz kojih se vidi da su od samog početka merenja one bile veće na Fruškoj gori. Time se takođe mogu objasniti male razlike u disanju zemljišta između termina merenja na tom lokalitetu. Vrednosti disanja zemljišta prilikom merenja 2 i merenja 4 su bile veće na lokalitetu Fruška gora, što je u skladu sa rezultatima Bergera et al. (2010) koji je zabeležio veći intenzitet disanja zemljišta u mešovitim sastojinama. Ovu pojavu Schmidt (2002) objašnjava biomasaom korena koja učestvuje u autotrofnom disanju, a veća



je u mešovitim sastojinama nego u sastojinama koje formira samo jedna vrsta drveća.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu prvih rezultata monitoringa disanja zemljišta utvrđene su razlike medju ispitivanim lokalitetima u pogledu disanja zemljišta i njegove evaporacije, što je u bliskoj vezi sa njihovim klimatskim uslovima. Rezultati merenja intenziteta disanja zemljišta su pokazali da dnevne varijacije mogu imati značajan uticaj na interpretaciju podataka zbog čega treba povećati broj merenja u toku vegetacije da bi se dobila što jasnija slika i smanjio uticaj dnevnih varijacija. Još jasnija slika će se dobiti nastavkom merenja u narednim sezonama, posebno zbog činjenice da će rezultati iz narednih godina pokazati uticaj ovogodišnje suše na disanje zemljišta ispitivanih šumskih ekosistema.

### *Zahvalnica*

*Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima“ (43002) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.*

### Reference

- Law, B.E., et al., 2001. Spatial and temporal variation in respiration in a young ponderosa pine forests during a summer drought. *Agric. For. Meteorol.* 110, 27–43.
- Piovesan, G., Adams, J.M., 2000. Carbon balance gradient in European forests: interpreting EUROFLUX. *J. Veg. Sci.* 11, 923–926
- United Nations (1998): Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change.
- Forster, P., V. , Ramaswamy, P., Artaxo, T., Berntsen, R., Betts, D.W., Fahey, J., Haywood, J., Lean, D.C., Lowe, G., Myhre, J., Nganga, R., Prinn, G., Raga, M., R., S.a., & Van Dorland, (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (2007): Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* In (eds S. Solomon, D., M. Qin, Z. Manning, M. Chen, K.B. Marquis & Averyt), pp. 234.
- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A.J., Schulze, E.-D., Rebmann, C., Moors, E.J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N.O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C., Gruendwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A.S., Vesala, T., Rannik, U., Berbigier, P., Loustau, D., Gumundsson, J., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement,

- R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S., & Jarvis, P.G. (2000): Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature*, 404.
- Pregitzer, K., Loya, W., Kubiske, M., & Zalk, D. (2006): Soil respiration in northern forests exposed to elevated atmospheric carbon dioxide and ozone. *Global Change Biology*, 148, 503-516.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidi, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M., Machetti, M., (2010): Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest ecology and management* 259, p. 698-709
- Drewitt, G.B., Black, T.A., Nesic, Z., Humphreys, E.R., Jork, E.M, Swanson, R., Ethier, G.J., Griffis T., Morgenstern K. (2002): Measuring forest floor CO<sub>2</sub> fluxes in a Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 110, 299–317
- Boone RD, Nadelhoffer KJ, Canary JD, Kaye JP (1998): Roots exert a strong influence on the sensitivity of soil respiration. *Nature* 396:570–572
- Fenn K.M., Malhi Y., Morecroft M. (2010): Soil CO<sub>2</sub> efflux in a temperate deciduous forest: Environmental drivers and component contributions. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 1685-1693
- Nsabimana D., Klemedtson L., Kaplin B.A., Wallin G. (2009): Soil CO<sub>2</sub> flux in six monospecific forest plantations in Southern Rwanda. *Soil Biology & Biochemistry* 41, 396–402
- Berger T. W., Inselsbacher E., Zechmeister-Boltenstern S. (2010): Carbon dioxide emissions of soils under pure and mixed stands of beech and spruce, affected by decomposing foliage litter mixtures. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 986-997
- Schmid I. (2002): The influence of soil type and interspecific competition on the fine root system of Norway spruce and European beech. *Basic and Applied Ecology* 3, 339-346.

### *Summary*

#### *THE RESULTS OF MONITORING OF SOIL RESPIRATION IN TWO DIFFERENT BEECH ASSOCIATIONS DURING VEGETATION PERIOD*

*by*

74

*Andrej Pilipović, Saša Orlović, Zoran Galić, Srđan Stojnić, Milan Borišev, Nataša Nikolić*

*This paper presents the results of measurements of soil respiration in two beech associations on the mountains Stara Planina and Fruška gora. The measurements were carried out from May to September on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of evaporation, soil moisture content and air temperature were made. The results showed different values of soil respiration in relation to site and timing when measurements were made. Highest values of soil respiration was recorded at Stara planina in August, while soil respiration in September was higher at Fruška gora. Evaporation decreased at Stara planina with time, while at Fruška gora it was increased in second half of summer. Soil moisture showed decrease in all three investigated depths (10 cm, 30 cm and 50 cm) at Fruška gora, while there was no decrease at depth of 50cm at Stara planina. The results can be explained with differences between site conditions regarding climate and daily variances which were recorded in studies of other authors.*