

UDK:547.15+631.4:(497.11)

Originalni naučni rad

## **PROCENA REZERVE ORGANSKOG UGLJENIKA U POLJOPRIVREDNOM ZEMLJIŠTU REPUBLIKE SRBIJE**

*D. Vidojević, M. Manojlović, A. Đorđević, B. Dimić\**

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati procene rezerve organskog ugljenika u poljoprivrednom zemljištu na prostoru Republike Srbije. Procena je rađena na osnovu podataka sadržaja organskog ugljenika sa ukupno 577 lokaliteta za izračunavanje sadržaja u t/ha i 757 lokaliteta za izračunavanje sadržaja u %. Lokaliteti obuhvataju različite tipove zemljišta i pod uticajem su različitih klimatskih faktora i nadmorske visine. Rezultati istraživanja pokazuju da srednja vrednost sadržaja organskog ugljenika do 30 cm dubine u poljoprivrednom zemljištu iznosi 68,99 t/ha, odnosno 1,58 % što pripada klasi niskog sadržaja (1-2%).

Procena sadržaja rezerve organskog ugljenika na ukupnoj površini poljoprivrednog zemljišta Republike Srbije iznosi 1,98% od ukupne procenjene vrednosti sadržaja za poljoprivredna zemljišta Evrope. Metodologija primenjena u okviru ovog istraživanja je omogućila dobijanje rezultata uporedivih na međunarodnom nivou.

**Ključne reči:** organski ugljenik, poljoprivredno zemljište, procena, rezerva

### **Uvod**

Zemljište je prirodni resurs u kome su akumulirane velike rezerve organskog ugljenika koji predstavlja jedno od centralnih pitanja u nauci o zemljištu (Manojlović, 2008). Zemljište je glavni kopneni rezervoar ugljenika i male promene njegovih zaliha mogu uticati na ukupni balans ugljenika u kopnenim ekosistemima. Procenjeno je da poljoprivredna zemljišta EU 15 imaju kapacitet skladišta za vezivanje 60-70 Mt CO<sub>2</sub>/god za vreme perioda od 5 godina prve predaje Kjoto Protokola (ECCP, 2003).

Adekvatno upravljanje zemljištem u cilju podizanja nivoa organskog ugljenika može povećati produktivnost i održivost poljoprivrednih ekosistema (Cole et al. 1997). Ovakvo upravljanje takođe ima ulogu u ublažavanju efekata gasova staklene bašte s obzirom da zemljište ima kapacitet da otpusti ili zadrži ugljenik. Povećanje organske materije u zemljištu predstavlja važnu strategiju biološkog vezivanja (imobilizacije) ugljenika (Manojlović i Aćin, 2007; Manojlović et al., 2008). Ovo je prepoznato i od strane Ujedinjenih Nacija i Okvirne Konvencije o klimatskim Promenama (United Nations Framework

---

\*Mr Dragana Vidojević, Branislava Dimić, Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine - Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd; dr Maja Manojlović, Poljoprivredni fakultet Novi Sad; dr Aca Đorđević, Poljoprivredni fakultet, Zemun;

E-mail prvog autora: dragana.vidojevic@sepa.gov.rs

Convention on Climate Change (UNFCCC, 1992) i Kjoto protokola (Kyoto Protocol), što se odnosi na uklanjanje ugljenika iz atmosfere, između ostalog i sa poboljšanim upravljanjem poljoprivrednim zemljištem (Article 3.4.). Korišćenjem različitih agronomskih scenarija, Smith et al. (1998) su pronašli da do 10 % CO<sup>2</sup> proizvedenog od strane čoveka u Evropi svake godine može biti sekvestirano (oduzeto, konfiskovano) kao organska materija u zemljištu. Lagreid (2002) naglašava da prakse za povećanje organske materije u zemljištu treba da se implementiraju intenziviranjem poljoprivrede na najboljem dostupnom zemljištu.

Prateći veliku ekspanziju i intenzifikaciju poljoprivrede za vreme dvadesetog veka, jasno je da opadanje sadržaja organskog ugljenika u većini zemljišta nastaje kao posledica ovog trenda (Sleutel *et al.*, 2003). Ovo opadanje ima veliki uticaj na poljoprivrednu proizvodnju s obzirom da je organski ugljenik jedna od glavnih komponenti organske materije u zemljištu. U okviru oficijalnog saopštenja 'Towards a Thematic Strategy for Soil Protection' (CEC, 2002), usvojenog aprila 2002. godine, identifikovano je osam glavnih pritisaka na zemljište, i smatra se da je smanjenje organske materije jedno od najozbiljnijih procesa degradacije, posebno u južnoj Evropi.

Na prostoru Republike Srbije nije vršena sistematska procena rezervi organske materije u zemljištima (Vidojević i Manojlović, 2010). Navodi ukazuju da je glavni problem u identifikaciji trenda promena u sadržaju organske materije u poljoprivrednom zemljištu, ali i u drugim zemljištima, poteškoća u prikazu statistički značajne razlike u promeni sadržaja organske materije kao posledica promene upravljanja poljoprivrednim zemljištem (Kucharik *et al.*, 2003) usled velike nesigurnosti podataka i ekstremno velike prostorne varijabilnosti. Statistički značajna razlika u npr. trendu kretanja sadržaja organske materije kroz vreme može se jedino dobiti kada je dostupna adekvatna baza podataka (Sleutel *et al.*, 2003; Van Meirvenne *et al.*, 1996).

Cilj ovog istraživanja je da se izračuna sadržaj organskog ugljenika u poljoprivrednom zemljištu, kao i da se izračuna njegova akumulacija, odnosno rezerva, u sloju do jedan metar dubine. Korišćenjem ovih podataka, kao i podataka o tipu zemljišta, načinu korišćenja, klimi i morfometrijskim karakteristikama reljefa, može da se predvidi stepen razgradnje organske materije u budućnosti na određenom području.

### **Materijal i metod rada**

Izračunavanje rezerve organskog ugljenika u zemljištima na teritoriji Republike Srbije rađeno na osnovu rezultata srednjih vrednosti sadržaja do 30 cm i 100 cm dubine datih u t/ha i u %. U toku istraživanja korišćeni su podaci iz baze podataka pedoloških profila koja obuhvata ukupno 577 lokaliteta za izračunavanje sadržaja organskog ugljenika u t/ha i 757 lokaliteta/profila za izračunavanje sadržaja u %. Baza podataka pedoloških profila je sastavni deo informacionog sistema zaštite životne sredine Agencije za zaštitu životne sredine.

Sadržaj organskog ugljenika je dobijen iz sadržaja organske materije koji je podeljen korekcionim faktorom  $f=1,724$ . Ovaj faktor se zasniva na

predpostavci da organska materija zemljišta sadrži 58% organskog ugljenika (Nelson and Sommers 1982; USDA et al., 1996).

Rezerva organske materije u zemljištu (SOC t ha<sup>-1</sup>) su obračunate na osnovu vrednosti SOC g kg<sup>-1</sup>, zapreminske mase i dubine zemljišta korišćenjem sledeće formule:

$$SOC (t ha^{-1}) = \frac{SOC \text{ g kg}^{-1}}{1000000} \times dubina(m) \times ZM (Mg m^3) \times 10000 (m^2 ha^{-1}) \times 1000 (kg Mg^{-1})$$

Formula je izvedena prema metodi koju daju Evrendilek and Wali (2001):

(1) masa zemljišta (kg ha<sup>-1</sup>) = dubina (m) x zapreminska masa (Mg m<sup>-3</sup>) x 10.000 (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) x 1.000 (kg Mg<sup>-1</sup>)

(2) SOC rezerva (Mg ha<sup>-1</sup>) = (g SOC kg<sup>-1</sup>/1.000.000) x masa zemljišta (kg ha<sup>-1</sup>)

### Rezultati istraživanja i diskusija

U cilju procene rezerve organskog ugljenika u poljoprivrednom zemljištu Republike Srbije analizirani su rezultati sa ukupno 577 lokaliteta za određivanje rezerve organskog ugljenika u t/ha i ukupno 757 lokaliteta za određivanje rezerve organskog ugljenika u %. Rezultati istraživanja predstavljeni su u Tab 1.

**Tab 1.** Sadržaj rezerve organskog ugljenika (OC) u poljoprivrednom zemljištu  
*The content of organic carbon stock (OC) in agricultural soils*

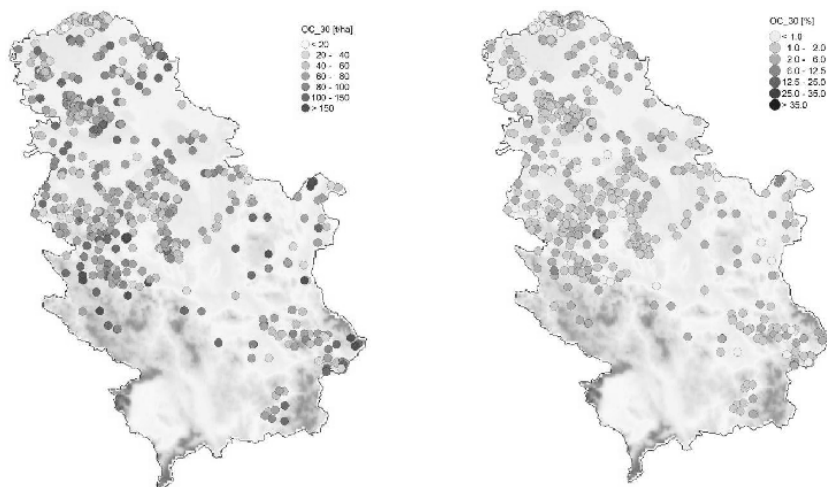
Analizirani parametar <i>Analyzed parameter</i>	Dubina <i>Depth</i>			
	do 30 cm (OC_t/ha)	do 100 cm (OC_t/ha)	do 30 cm (OC_%)	do 100 cm (OC_%)
<b>Broj lokaliteta (n)</b> <i>No. of localities</i>	577	577	757	757
<b>Min OC</b>	3,72	18,25	0,08	0,13
<b>Aritmetička sredina (<math>\bar{x}</math>)</b> <i>Arithmetic mean (<math>\bar{x}</math>)</i>	68,99	136,57	1,58	0,94
<b>Max OC</b>	328,23	658,4	9,04	5,35
<b>Standardna devijacija (<math>\sigma</math>)</b> <i>Standard deviation (<math>\sigma</math>)</i>	36,6750	72,8564	1,0271	0,5701
<b>Koeficijent varijacije V (%)</b> <i>Coefficient of variation V (%)</i>	53,16	53,35	65,01	60,65

Rezultati analiza pokazuju da se sadržaj organskog ugljenika (t/ha) na poljoprivrednom zemljištu do 30 cm dubine kretao u vrednostima od 3,72 t/ha do 328,23 t/ha, odnosno od 0,08 % do 9,04 %, srednja vrednost 68,99 t/ha, odnosno 1,58 % što pripada klasi niskog sadržaja (1-2%) (prema Van Ranst et al. 1995), pri čemu je prosečno odstupanje od srednje vrednosti sadržaja

organskog ugljenika 36,6750 t/ha, odnosno 1,0271 % i koeficijent varijacije 53,16 % za OC u t/ha i 65,01 za OC u %. (Slika 1).

**Sl. 1.** Raspored lokaliteta i sadržaj organskog ugljenika (OC) u poljoprivrednom zemljištu na dubini do 30 cm (t/ha i %)

*Distribution of sites and organic carbon content (OC) in agricultural soils for the top 30 cm depth (t/ha and %)*

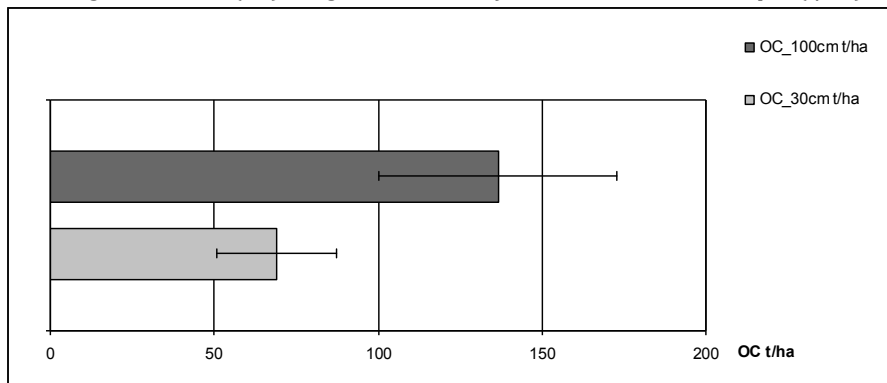


Sadržaj organskog ugljenika (t/ha) do 100 cm dubine kretao se u vrednostima od 18,25 t/ha do 658,4 t/ha, odnosno 0,13 % do 5,35 %, srednja vrednost 136,57 t/ha, odnosno 0,94 %, pri čemu je prosečno odstupanje od srednje vrednosti sadržaja organskog ugljenika 72,85 t/ha, odnosno 0,57 % i koeficijent varijacije 53,35 % za OC u t/ha i 60,65 za OC u % do 100 cm dubine. Analize koeficijentata varijacije pokazuju da vrednosti aritmetičke sredine nisu dovoljno reprezentativne za ovaj način korišćenja zemljišta ( $V > 50\%$ ) (Slika 2, Slika 3). Istraživanja su pokazala da je u okviru analizirane kategorije zemljišta prisutna velika varijabilnost rezultata što nas navodi da zaključimo da je sadržaj organskog ugljenika uslovljen u većoj meri drugim faktorima kao što su tip zemljišta, klimatski faktori, nadmorska visina.

Na osnovu istraživanja kojim je procenjena rezerva organskog ugljenika u poljoprivrednom zemljištu Evrope korišćenjem CENTURY modela (Lugato et al, 2014), dobijena je vrednost od 17,63 Gt za sloj 0-30 cm. Model je obuhvatio teritoriju EU i zemalja van njene teritorije (Srbije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Crne Gore, Albanije, Makedonije i Norveške). Rezultati dobijeni modelom testirani su korišćenjem rezultata iz evropske mreže za životnu sredinu i osmatranje (European Environment and Observation Network (EIONET) i približno 20.000 uzoraka zemljišta iz istraživanja 2009 LUCAS.

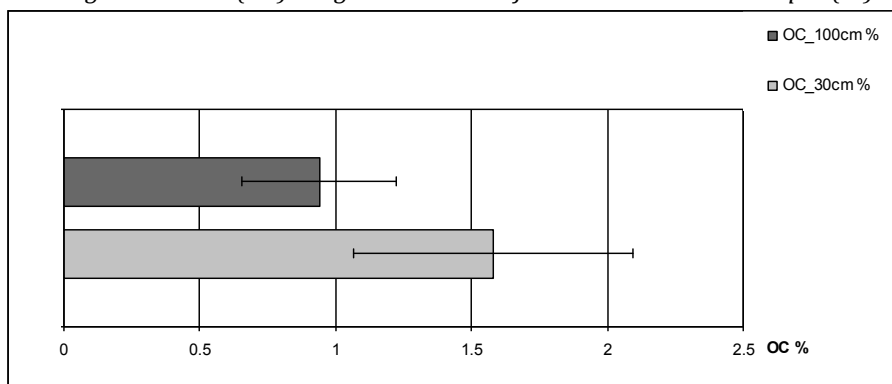
**Sl. 2.** Sadržaj organskog ugljenika (OC) u poljoprivrednom zemljištu na dubini do 30 cm i 100 cm ( t/ha)

*Organic carbon (OC) in agricultural soils for 30 cm and 100 cm depth (t/ha)*



**Sl. 3.** Sadržaj organskog ugljenika (OC) u poljoprivrednom zemljištu na dubini do 30 cm i 100 cm (%)

*Organic carbon (OC) in agricultural soils for 30 cm and 100 cm depth (%)*



Vrednost rezerve organskog ugljenika u poljoprivrednom zemljištu Republike Srbije izračunata je korišćenjem podataka koji se odnose na površinu poljoprivrednog zemljišta u Republici Srbiji i koja iznosi 5.092.986 ha (Izveštaj o stanju životne sredine za 2012. godinu) i vrednosti prosečnog sadržaja organskog ugljenika u sloju 0-30 cm koja iznosi 68,99 t/ha.

$$68,99 \text{ t/ha} \times 5.092.386 \text{ ha} = 351.323.710 \text{ t} = 351 \times 10^6 \text{ t}$$

Ukoliko se vrednost prikaže u Gt dobijamo da je rezerva sadržaja organskog ugljenika u poljoprivrednim zemljištima Republike Srbije 0,35 Gt, odnosno 1,98% od ukupne vrednosti sadržaja za poljoprivrednog zemljišta Evrope procenjene korišćenjem CENTURY modela.

## Zaključak

Srednja vrednost sadržaja organskog ugljenika do 30 cm dubine u poljoprivrednom zemljištu Republike Srbije iznosi 68,99 t/ha, odnosno 1,58 % što pripada klasi niskog sadržaja (1-2%). Istraživanja su pokazala da je prisutna velika varijabilnost rezultata ispitivanja što navodi na zaključak da je sadržaj organskog ugljenika uslovljen u većoj meri drugim faktorima kao što su tip zemljišta, klimatski faktori, nadmorska visina. U koliko se vrednost sadržaja prikaže kao rezerva organskog ugljenika na ukupnoj površini poljoprivrednog zemljišta Republike Srbije (Gt) dobijamo vrednost 0,35 Gt, odnosno 1,98% od ukupne procenjene vrednosti sadržaja za poljoprivredna zemljišta Evrope. Metodologija primenjena u okviru ovog istraživanja je omogućila dobijanje rezultata uporedivih na međunarodnom nivou.

## Literatura

1. CEC. 2002. 'Towards a Thematic Strategy for Soil Protection'. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Bruxelles, 16.4.2002 COM(2002) 179 final: 35.
2. Cole, C.V., Duxbury J., Freney J., Heinemeyer, O., Minami, K., Mosier, A., Paustian, K., Rosenburg, N., Sampson, N., Sauerbeck, D., Zhao, Q. (1997): Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49 (1-3): 221-228.
3. ECCP (*European Climate Change Programme*) (2003): Working group sinks related to agricultural soils. Final report: 76.
4. Evrendilek, F., Wali, M. (2001): Modelling long-term C dynamics in croplands in the context of climate change: a case study from Ohio. *Environmental Modelling and Software*, 16(4): 361-375
5. Izveštaj o stanju životne sredine za 2012. godinu, Agencija za zaštitu životne sredine, dostupno na sajtu [http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj\\_2012.pdf](http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj_2012.pdf)
6. Kucharik, C.J., Roth, J.A., Nabielski, R.T. (2003): Statistical assessment of a paired-site approach for verification of carbon and nitrogen sequestration on Wisconsin Conservation Reserva Program land. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58: 58-67.
7. Lagreid, M. (2002): The binding and release of CO<sub>2</sub> from agricultural soils. Agri Research Centre Porsgrunn. Report 02S\_AU0 for the Kongelige Landbruksdepartement.
8. Lugato, E., Panagos, P., Bampa, F., Jones, A. and Montanarella, L. (2014): A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach. *Global Change Biology*, 20: 313-326. doi: 10.1111/gcb.12292
9. Manojlović, M. (2008): Đubrenje i zaštita životne sredine. Poglavlje u monografiji "Đubrenje u održivoj poljoprivredi", urednik Maja Manojlović, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad: 118-136.

10. *Manojlović, M., Aćin, V.* (2007): Globalne promene klime i ciklus ugljenika u životnoj sredini, *Letopis naučnih radova*, b.31(11): 187-195.
11. *Manojlović, M., Aćin, V., Šeremešić, S.* (2008): Long-term effects of agronomic practices on the soil organic carbon sequestration in Chernozem, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54:4: 353-367.
12. *Nelson, D.W., Sommers, L.E.* (1982): Total carbon, organic carbon, and organic matter. U: *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Soil Science Society of America (2nd Ed). American Society of Agronomy: Madison, USA.
13. *Sleutel, S., De Neve, S., Hofman, G.* (2003): Estimates of carbon stock changes in Belgian cropland. *Soil Use and Management*, 19: 166-171.
14. *Sleutel, S., De Neve, S., Hofman, G., Boeckx, P., Beheydt, D., Van Cleemput, O., Mestdagh, I., Lootens, P., Carlier, L., Van Camp, N., Verbeeck, H., Van De Walle, I., Samson, R., Lust, N., Lemeur, R.* (2003): Carbon stock changes and carbon sequestration potential of Flemish cropland soils. *Global Change Biology*, 9: 1193-1203.
15. *Smith P., Powelson, D., Glendining, M., Smith, J.* (1998): Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology*, 4: 679-685.
16. *United Nation* (1992): United Nations framework convention on climate change.  
[https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf)
17. *USDA, NRCS, NSSC.* (1996): Chemical analyses of organic carbon (6A). *Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigation Report No. 42, Version 3.0*, US Government Printing Office.
18. *Van Meirvenne, M., Pannier, J., Hofman, G., Louwagie, G.* (1996): Regional characterisation of the long-term change in soil organic carbon under intensive agriculture. *Soil Use and Management*, 12: 86-94.
19. *Van Ranst, E., Thomasson, A.J., Daroussin, J., Hollis, J.M., Jones, R.J.A., Jamagne, M., King, D., Vanmechelen, L.* (1995): Elaboration of an extended knowledge database to interpret the 1:1,000,000 EU Soil Map for environmental purposes. In: *European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring*. D. King, R.J.A. Jones and A.J. Thomasson (eds). European Soil Bureau Research Report No.1, EUR 16232 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg: 71-84.
20. *Vidojević, D., Manojlović, M.* (2010): Procena sadržaja organske materije u zemljištima Srbije. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, XXIV Savetovanje agronoma, veterinara i tehnologa, Beograd*, Vol. 16, br. 1-2: 231-244.

UDC:547.15+631.4:(497.11)

Original scientific paper

## **ESTIMATION OF SOIL ORGANIC CARBON STOCKS IN AGRICULTURAL SOILS IN THE REPUBLIC OF SERBIA**

*D. Vidojević, M. Manojlović, A. Đorđević, B. Dimić\**

### **Summary**

This paper shows the assessment results of organic carbon stock in agricultural soils on the territory of the Republic of Serbia. The estimates for the calculation of content in t/ha were based on data from 577 sites and from 757 sites for calculation of the content in %. There are various types of soils, climate and altitude on a soil sampling sites. The results show that the average rate of soil organic carbon for the top 30 cm depth of the agricultural soils is 68.99 t/ha, or 1.58 %, that belongs to the class of low soil organic carbon content (1-2%).

We estimated organic carbon stocks of the agricultural soils of the Republic of Serbia at 1.98% from the total estimated value of the contents on agricultural land in Europe. The methodology applied in this research allows an estimation that is comparable to the international level.

**Key words:** organic carbon, agricultural soil, assessment, stock.

---

\*Dragana Vidojević, M.Sc., Branislava Dimić, Ministry of Energy, Development and Environmental Protection of the Republic of Serbia –Environmental Protection Agency, Belgrade; Maja Manojlović, Ph.D., Faculty of Agriculture, Novi Sad; Aca Đorđević, Ph.D., Faculty of Agriculture, Zemun;

E-mail of corresponding author: dragana.vidojevic@sepa.gov.rs