

# ВАРИЈАБИЛНОСТ САДРЖАЈА АЗОТА И УГЉЕНИКА У КОРИ И ДРВЕТУ РАЗЛИЧИТИХ ВРСТА ЧЕТИНАРА У ЈУГОЗАПАДНОЈ СРБИЈИ

САБАХУДИН ХАДРОВИЋ<sup>1</sup>

САША ЕРЕМИЈА<sup>1</sup>

ТАТЈАНА ЂИРКОВИЋ МИТРОВИЋ<sup>1</sup>

ЉИЉАНА БРАШАНАЦ БОСАНАЦ<sup>1</sup>

**Извод:** Шумски екосистеми имају важну улогу у акумулирању и складиштењу угљеника и тако директно утичу на смањење емисије CO<sub>2</sub>. У раду су приказани резултати истраживања садржаја угљеника и азота, као и њихов међусобни однос (C/N) у кори и сржи дрвета, за одабране четинарске врсте дрвећа на подручју југозападне Србије. Анализиране врсте дрвећа показују различит садржај ових елемената, што треба посматрати као значајан фактор код избора врста за пошумљавања голети, пожаришта или мелиорацију деградираних шума. То значи да би се на одређеној површини за пошумљавање изабрала она врста дрвећа која, поред одговарајућих станишних услова, има и већу моћ складиштења угљеника. На тај начин би се, везивањем што већих количина угљеника, производњом кисеоника и биомасе ублажило штетно дејство „ефеката стаклене баште“.

**Кључне речи:** угљеник, азот, дуглазија, смрча, бели бор, црни бор, југозападна Србија

VARIABILITY OF NITROGEN AND CARBON IN THE BARK AND WOOD OF  
DIFFERENT CONIFER TREE SPECIES IN THE SOUTHWEST OF SERBIA

**Abstract:** Forest ecosystems play an important role in the accumulation and storage of carbon and thus directly contribute to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions. The paper presents the results of the research of the content of carbon and nitrogen, as well as their ratios (C/N) in the bark and wood of the selected conifer tree species in the southwest of Serbia. The analyzed tree species have different contents of these elements, which should be considered as a significant factor in the selection of species for the afforestation of barren land, fire sites or in the reclamation of degraded forests. This means that the selection of trees for afforestation would focus not only on the species that favour the given site conditions but also on the ones that have higher carbon storage capacity. In this way, binding of as much carbon as possible would increase the production of oxygen and biomass and consequently mitigate harmful consequences of 'greenhouse effects'.

**Keywords:** carbon, nitrogen, Douglas-fir, Norway spruce, Scots pine, Austrian pine, southwestern Serbia

## 1. УВОД

Шумски екосистеми, уз рационално и трајно коришћење и постепено повећање шумске биомасе, могу одиграти веома важну улогу у складиште-

<sup>1</sup> др Сабахудин Хадровић, научни сарадник, др Саша Еремија, научни сарадник, др Татјана Ђирковић Митровић, научни сарадник, др Љиљана Брашанац Босанац, научни сарадник, Институт за шумарство Београд

њу огромних количина угљеника. Глобално, они могу да ускладиште 20-100 пута веће количине угљен-диоксида по јединици површине у односу на пољопривредне културе.

Највеће светско складиштење угљеника је у бореалним шумама, са око 22% од укупног угљеника на земљиној површини (IPCC, 1995). Према Вучићевић, С. (1999), у процесу стварања биомасе, шума веже 9-16 t угљен-диоксида по 1 ha годишње, а ослободи 8-13 t кисеоника. Љешевић, М. (2005), истиче да 1 ha шуме апсорбује 5-10 t угљен-диоксида и емитује 10-20 t кисеоника. Резерве угљеника у односу на укупну површину под шумом у Србији износе 53,38 t·ha<sup>-1</sup> (Банковић, С. *et al.*, 2009).

Према бројним истраживањима, количине угљен-диоксида и кисеоника које при производњи биомасе вежу, односно ослободе поједини типови шумске вегетације, зависе од врсте дрвета, типа шуме и других фактора, па се различито и процењују (Брашанац Босанац, Љ., 2013). Очувањем шумских комплекса и побољшањем стања шума у наредним деценијама могуће је ублажити емисију штетних гасова (Хадровић, С., 2015).

Због изражене енергетске кризе и климатских промена, проучавање биомасе и залихе угљеника у шумским екосистемима један је од приоритетних задатака савремене науке у свету, а и код нас све више добија на значају (Dewar, R. C., Cannel, M. G. R., 1992; Cannel, M. G. R., Milne, R., 1995; Pussinen, A. *et al.*, 2002; Mund, M., 2004; Mund, M. *et al.*, 2002; Laiho R. *et al.*, 2003; Agren G. I., Hyvönen, R., 2003; Joosten, R. *et al.*, 2004; Farkas, Cs. *et al.*, 2011; Копривица, М., Матовић, Б., 2011; Копривица, М. *et al.*, 2012; Vachnadze, G. S. *et al.*, 2016 *etc.*). При избору дрвенастих врста, односно садног материјала за пошумљавање, неопходно је да он, по свом пореклу и биоеколошким својствима, одговара станишту, јер од тога у великој мери зависи успех пошумљавања (Исајев, В. *et al.*, 2004, 2006; Вукин, М., Бјелановић, И., 2009; Бјелановић, И., Вукин, М., 2009 и др.).

Циљ овог рада је утврђивање садржаја азота (N) и угљеника (C) у кори и дрвету и односа ова два хемијска елемента (C/N) код четинарских врста дрвећа дуглазије (*Pseudotsuga mensiesii* (Mirb.) Franco), смрче (*Picea abies* (L.) Karst.), белог бора (*Pinus sylvestris* L.) и црног бора (*Pinus nigra* Arnold) на подручју југозападне Србије. Резултати истраживања треба да допринесу што бољем избору врста дрвећа код шумско-узгојних радова, како би се ублажио негативни утицај климатских промена путем везивања што већих количина CO<sub>2</sub> из атмосфере.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

### 2.1 Објекат истраживања

Истраживања су извршена у току 2015. године, на подручју југозападне Србије, југозападне шумске области, горње ибарског шумског подручја, шумске управе Нови Пазар. Узорковање је извршено у газдинским јединицама „Дебељак-Меденовац“, „Винорог-Пауње“, „Дебељак-Меденовац“ и „Нинаја-Козник“. Основне станишне и састојинске карактеристике прика-

зане су у табели 1.

Узети су узорци коре и дрвета за четири четинарске врсте, на следећим локалитетима: узорци дуглазије узети су из вештачки подигнуте културе, у одељењу 1а, Газдинска јединица „Дебељак-Меденовац“. У истој газдинској јединици, у одељењу 8а, узети су узорци белога бора, док су узорци црног бора узети у Газдинској јединици „Винорог-Пауње“, одељење број 58а. Узорци смрче узети су из природне састојине, у одељењу 72а, у Газдинској јединици „Нинаја-Козник“ (табела 1.).

**Табела 1.** Основне карактеристике истраживаних састојина

**Table 1** Basic characteristics of the study stands

Газдинска Јединица Management unit	Врста дрвећа Tree species	Одељење/ Одсек Compartment/ Section	Старост Састојине Stand age	Надм. висина Altitude	Запремина (m <sup>3</sup> /ha) Volume (m <sup>3</sup> /ha)
„Дебељак- Меденовац“	Дуглазија	1b	45	920	307,6
„Винорог-Пауње“	Црни бор	58а	40	900	88,9
„Дебељак- Меденовац“	Бели бор	8а	22	780	27,8
„Нинаја-Козник“	Смрча	72а	разнодобна	1.600	274,4

## 2.2 Метод рада

Узорци коре и дрвета дуглазије и белога бора узорковани су у вештачким подигнутим састојинама, док су узорци црног бора и смрче узети у природним састојинама.

Узорци коре и дрвета обрађени су у лабораторији Института за низијско шумарство и заштити животне средине у Новом Саду, помоћу CHNS анализатора (Elementar CHN analyzer vario EL III). На основу аналитичких података добијених лабораторијском анализом утврђене су разлике у садржају азота и угљеника код узоркованих врста дрвећа.

Добијени подаци обрађени су одговарајућим процедурама и израчунати су стандардни статистички параметри коришћењем програмског статистичког пакета Statistica 7.

## 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Основни показатељи дескриптивне статистике за садржај угљеника и азота у кори и сржи дрвета, по врстама дрвећа, приказани су у табели 2.

Аналитички подаци о садржају угљеника и азота, као и њихов међусобни однос C/N у кори и сржи дрвета, по врстама дрвећа, приказани су на графиконима 1, 2, 3 и 4.

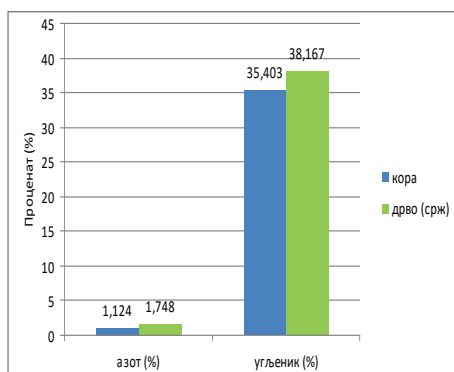
Лабораторијском анализом је установљено да у кори дуглазије има 1,124% азота и 35,403% угљеника из чега произилази да је однос C/N 31,50. У сржи дрвета садржај азота је 1,748%, угљеника 38,167%, што чини однос C/N 21,80. Садржај азота је за 55,51% више у дрвету у односу на његов садржај у

кори. Вредност угљеника, такође, већа је у дрвенастом делу у односу на кору за 7,80%. Однос C/N је већи у кори за 9,70%.

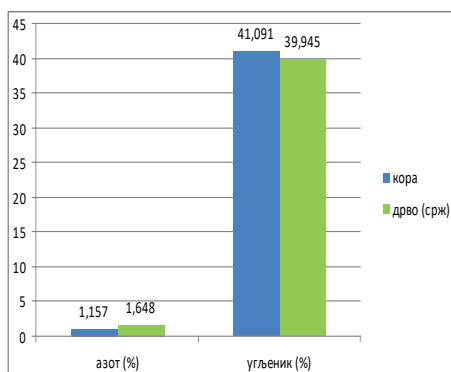
**Табела 2.** Основни показатељи дескриптивне статистике о садржају угљеника и азота у кори и сржи дрвета

**Table 2** Basic indicators of descriptive statistics on the content of carbon and nitrogen in the bark and core of wood

Врста дрвећа/ Tree species	Средња вредност/ Mean	Min/ Min	Max/ Max	Станд. дев. / Stand. Deviation
<b>N (%) – кора</b>				
Дуглазија	1,124	1,003	1,239	0,16
Црни бор	1,157	0,986	1,216	0,14
Бели бор	1,500	1,388	1,470	0,18
Смрча	1,911	1,782	2,029	0,21
<b>N (%) – срж-дрво</b>				
Дуглазија	1,748	1,561	2,003	0,18
Црни бор	1,648	1,511	1,987	0,16
Бели бор	1,500	1,447	1,538	0,17
Смрча	1,033	0,998	1,114	0,09
<b>C (%) – кора</b>				
Дуглазија	35,403	31,299	27,140	4,71
Црни бор	41,091	38,993	42,772	6,17
Бели бор	40,807	39,002	42,108	6,89
Смрча	45,764			7,02
<b>C (%) – срж-дрво</b>				
Дуглазија	38,167	37,121	40,001	5,02
Црни бор	39,945	37,019	41,911	6,11
Бели бор	40,807	38,031	42,212	4,98
Смрча	43,127	41,099	45,030	6,22

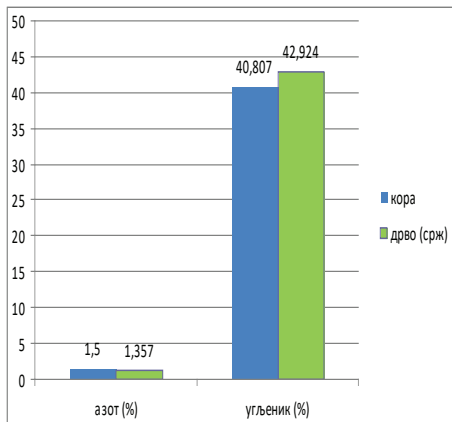


**Графикон 1.** Садржај N и C код дуглазије  
**Graph 1** The content of N and C in Douglas-fir



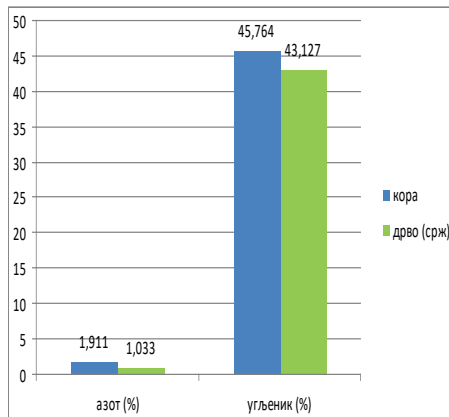
**Графикон 2.** Садржај N и C код црног бора  
**Graph 2** The content of N and C in Austrian pine

У кори црног бора установљено је да азота има 1,157% и 41,091% угљеника из чега произилази да је однос C/N 35,51. У сржи дрвета садржај азота је 1,648%, угљеника 39,945%, што чини однос C/N 24,23. Садржај азота је за 42,43% већи у дрвету у односу на његов садржај у кори. Вредност угљеника је већа у кори у односу на дрво за 2,86%. Однос C/N је већи у кори за 46,55%.



**Графикон 3.** Садржај N и C код белог бора

**Graph 3** The content of N and C in Scots pine



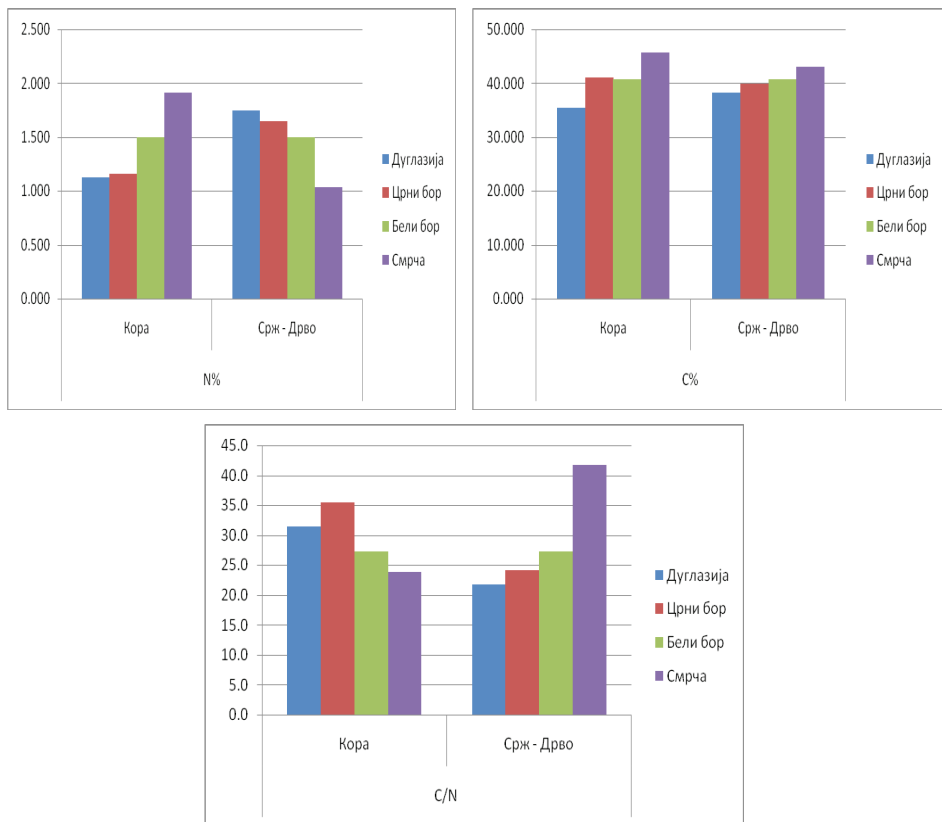
**Графикон 4.** Садржај N и C код смрче

**Graph 4** The content of N and C in Norway spruce

Код белог бора садржај азота у кори је 1,50%, садржај угљеника 40,807% из чега произилази да је однос C/N 27,20. У дрвету је садржај азота 1,357%, угљеника 42,672%, што чини однос C/N 31,60. Садржај азота у кори већи је у односу на његов садржај у дрвету за 10,53%. Вредност угљеника већа је у дрвенастом делу у односу на кору за 5,18%. Однос C/N је већи у дрвету у односу на кору за 16,17%. Sandström, F. *et al.* (2007) наводе да садржај угљеника у стаблима белог бора на одређеним локалитетима у Шведској око 51%.

Код смрче садржај азота у кори је 1,911%, садржај угљеника 45,764% из чега произилази да је однос C/N 23,90. У дрвету садржај азота је 1,033%, угљеника 43,127%, што чини однос C/N 41,70. Садржај азота у кори већи је у односу на његов садржај у дрвету за 84,99%. Вредност угљеника већа је у кори у односу на дрвенасти део за 6,11%. Однос C/N је већи у дрвету у односу на кору за 74,47%. Sandström, F. *et al.* (2007) наводе да је садржај угљеника у стаблима смрче на локалитетима у Шведској око 50%.

На графикону 5 приказан је упоредни преглед садржаја азота, угљеника и њихов међусобни однос у кори и сржи дрвета код анализираних врста дрвећа.



**Графикон 5.** Упоредни преглед садржаја азота, угљеника и њихов међусобни однос у кори и сржи дрвета код анализираних врста дрвећа

**Graph 5** Comparative overview of the content of nitrogen and carbon and their mutual ratio in the bark and wood of the studied tree species

У кори анализираних четинарских врста дрвећа најмањи садржај азота и угљеника је код дуглазије, а највећи код смрче. У сржи дрвета најмањи садржај азота је код смрче, а највећи код дуглазије. Карактеристично је то да је садржај азота у кори и сржи дрвета потпуно исти код белог бора. Смрча има већи садржај азота у кори у односу на срж, док је код дуглазије и црног бора тај садржај већи у сржи дрвета у односу на кору. Код дуглазије је установљен најмањи садржај угљеника и у кори и у сржи дрвета. Смрча је анализирана врста са највећим садржајем угљеника и у кори, и у сржи дрвета. Садржај угљеника у сржи дрвета је незнатно већи код белог бора у односу на црни бор, док је тај садржај у кори незнатно већи код црног бора.

У својим истраживањима Tobin, B., Nieuwenhuis, M. (2007) констатују да проценат угљеника код стабала ситканске смрче различите старости у Ирској варира од  $45,1 \pm 0,48$  до  $46,5 \pm 0,84\%$  и да не зависи од старости и димензија дрвета. Насупрот њему, Vachnadze, G. S. *et al.* (2016) навели су да у Сванетском региону, у Грузији, процентуално учешће залиха угљеника

расте са старошћу, па у младим састојинама неких врста из рода *Abies* чини 57,7%. Аналогни процентуални састав уочен је код неких врста рода *Picea*, 54,5%. Кинески црвени бор (*Pinus massoniana* Lamb.) у Хуан провинцији у Кини садржи 47,4% угљеника (Wu, H. *et al.*, 2017), што је око 6-7% више у односу на добијене резултате за црни и бели бор у спроведеном истраживању.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Резултати спроведених истраживања имају значајан допринос у заштити животне средине што се тиче ефеката текућих климатских промена, где је пошумљавање препознато као кључна активност у глобалном напору да се ови ефекти ублаже.

Лабораторијске анализе показале су значајна варирања у садржају угљеника код анализираних врста дрвећа и тај фактор се, поред еколошких услова станишта, мора узети у обзир приликом одабира врсте дрвећа за пошумљавање.

То значи да би се на одређеној површини за пошумљавање изабрала она врста дрвећа која поред одговарајућих станишних услова, има и већу моћ складиштења угљеника. На хумиднијим стаништима, између смрче и дуглазије, предност треба дати смрчи због могућности везивања већих количина угљеника. Такође, на сувљим стаништима којима за пошумљавање више одговарају борови, предност би имао бели бор у односу на црни.

У будућим истраживањима треба интензивније наставити са проучавањем акумулације угљеника из атмосфере и њихове везе са избором адекватних врста дрвећа за шумскоузгојне радове.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Agren G.I., Hyyönen R. (2003): Changes in carbon stores in Swedish forest soils due to increased biomass harvest and increased temperatures analysed with a semi-empirical model. *For. Ecol. Manage.* 174: 25-37.
- Банковић, С., Медаревић, М., Пантић, Д., Петровић, Н. (2009): Национална инвентура шума Републике Србије, Шумски фонд Републике Србије. Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије – Управа за шуме, Београд, стр. 43-90.
- Брашанац Босанац, Љ. (2013): Шумски екосистеми Србије у функцији заштите животне средине од негативног утицаја климатских промена. Докторска дисертација у рукопису, Универзитет у Београду Географски факултет, Београд.
- Vachnadze, G.S., Tiginashvili, Z.T., Tsereteli, G.V., Aptsiauri, B.N., Nishnianidze, Q.G. (2016): Carbon stock sequestered from the atmosphere by coniferous forests in svaneti, *Annals of agrarian science* Vol. 14, Issue 3, p. 269-272.
- Букин, М., Бјелановић, И. (2009): Значај култура бора у функцији унапређења стања животне средине. Шумарство бр. 1-2. УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 127-141.
- Вучићевић, С. (1999): Шума и животна средина, ЈП за газдовање шумама „Србијашуме“ и Шумарски факултет, Београд, стр. 254-442.

- Cannel, M. G. R., Milne, R. (1995): Carbon pools and sequestration in forest ecosystems in Britain, *Forestry*, 68:361-378, Oxford.
- Dewar, R. C., Cannel, M. G. R. (1992): Carbon sequestration in the trees, products and soils of forest plantations: an analysis using UK examples, *Tree Physiol* 11:49-71.
- Farkas, Cs., Alberti, G., Balogh, J., Barcza, Z., Birkás, M., Czóbel, Sz., Davis, K. J., Führer, E., Gelybó, Gy., Grosz, B., Kljun, N., Koós, S., Machon, A., Marjanović, H., Nagy, Z., Peresotti, A., Pintér, K., Tóth, E., Horváth, L. (2011): Measurements and estimations of biosphere-atmosphere exchange of greenhouse gases: Methodologies. In: Haszpra L. (Ed.) *Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective*. Dordrecht; London; New York: Springer-Science, 65-90.
- Иветић, В., Вукин, М. (2006): Наменска производња садног материјала за пошумљавање у заштитним шумама китњака, сладуна и цера. Шумарство бр. 3. УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 141-149.
- Исајев, В., Бјелановић, И., Вукин, М. (2010): Прореде у вештачки подигнутим састојинама дуглазије, смрче, црног и белог бора на подручју Мајданпечке домене. Шумарство бр. 1-2. УШИТС, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд, стр. 79-93.
- Исајев, В., Вукин, М., Иветић, В. (2004): Уношење четинара у изданачке букове шуме у Србији, Шумарство бр. 3. УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 63-74.
- Joosten, R., Schumacher, J., Wirth, C., Schulte, A. (2004): Evaluating tree carbon predictions for beech (*Fagus sylvatica* L.) in western Germany. *For. Ecol. Manag.* 189: 87-96.
- Копривица, М., Матовић, Б. (2011): Регресионе једначине биомасе и угљеника стабала букве у високим шумама на подручју Србије, Шумарство бр. 1-2, УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 29-42.
- Копривица, М., Матовић, Б., Стајић, С., Јовић, Ђ. (2012): Процена биомасе и залихе угљеника високих састојина букве у јабланичком шумском подручју, Шумарство бр. 1-2, УШИТС, Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, стр. 61-72.
- Laiho, R., Sanchez, F., Tiarks, A., Dougherty, Ph.M., Trettin, C.C. (2003): Impacts of intensive forestry on early rotation trends in site carbon pools in the southeastern US, *Forest Ecology and Management*, Volume 174, Issue 1-3, pages 177-189.
- Љешевевић, М. (2005): Шуме и животна средина. In: *Животна средина села и ненастањених подручја*, Универзитет у Београду, Географски факултет, Институт за животну средину и ГИС, стр. 243-278.
- McKinley, Duncan C.; Ryan, Michael G.; Birdsey, Richard A.; Giardina, Christian P.; Harmon, Mark E.; Heath, Linda S.; Houghton, Richard A.; Jackson, Robert B.; Morrison, James F.; Murray, Brian C.; Pataki, Diane E.; Skog, Kenneth E. (2011): A synthesis of current knowledge on forests and carbon storage in the United States. *Ecological Applications*. 21(6): 1902-1924.
- Mund, M., Kummert, E., Hein, M., Bauer, G.A., Schulze, E.D. (2002): Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe, *Forest Ecology and Management*, Volume 171, Issue 3, Pages 275-296.
- Mund, M. (2004): Carbon pools of European beech forests (*Fagus sylvatica*) under different silvicultural management. University Goettingen, Goettingen.
- Pussinen, A., Karjalainen, T., Mäkipää, R., Valsta, L., Kellomäki, S. (2002): Forest carbon sequestration and harvests in Scots pine stand under different climate and nitrogen deposition scenarios, *Forest Ecology and Management*, Volume 158, Issues 1-3, Pages 103-115.
- Хадровић, С. (2015): Акумулација угљеника и азота у органској простирци, шумском земљишту и шумској биомаси. Докторска дисертација, Универзитет „Унион - Никола



- Тесла“ у Београду, Факултет за екологију и заштиту животне средине, Београд.
- Tobin., B., Nieuwenhuis, M. (2007): Biomass expansion factors for Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.), Carr.) in Ireland, Eur J Forest Res (2007) 126: 189-196.
- Wu, H., Xiang, W., Fang, X., Lei, P., Ouyang, S., Deng, X. (2017): Tree functional types simplify forest carbon stock estimates induced by carbon concentration variations among species in a subtropical area. Sci Rep. 2017; 7: 4992. DOI: 10.1038/s41598-017-05306-z
- Sandström, F., Petersson, H., Kruys, N., Ståhl, G. (2007): Biomass conversion factors (density and carbon concentration) by decay classes for dead wood of *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. in boreal forests of Sweden. Forest Ecology and Management. Volume 243, Number 1, pp. 19-27.
- \*\*\*IPCC Second Assessment Report (1995): Climate change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I, Cambridge University Press, UK, p. 19-24, <http://www.ipcc.ch>.
- \*\*\* (2009): Општа основа газдовања шумама за Горњеибарско шумско подручје (2009-2018).
- \*\*\* (2008): Посебна основа газдовања шумама за Газдинску јединицу „Винорог-Пауње“ (2008-2017).
- \*\*\* (2010): Посебна основа газдовања шумама за Газдинску јединицу „Дебељак-Меденовац“ (2010-2019).
- \*\*\* (2011): Посебна основа газдовања шумама за Газдинску јединицу „Нинаја-Козник“ (2011-2020).

#### VARIABILITY OF NITROGEN AND CARBON IN THE BARK AND WOOD OF DIFFERENT CONIFER TREE SPECIES IN THE SOUTHWEST OF SERBIA

*Sabahudin Hadrović*  
*Saša Eremija*  
*Tatjana Ćirković-Mitrović*  
*Ljiljana Brašanac-Bosanac*

#### Summary

Forest ecosystems play an important role in the accumulation and storage of carbon and thus directly contribute to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions. Since the amount of carbon to be bound depends on the tree species, the type of forest and other factors, the obtained estimates are different. The results of these investigations make a significant contribution to environmental protection in terms of the effects of climate change, where afforestation is recognized as a key activity in the global effort to mitigate the effects of climate change. Laboratory analyses showed significant variations in the content of carbon of the analyzed tree species and this factor, in addition to the environmental site conditions, must be taken into account when selecting tree species for afforestation. This means that the selection of trees for afforestation should focus not only on the species that favour the given site conditions but also on the ones that have a higher carbon storage capacity. For instance in humid areas, when selecting between spruce and Douglas-fir, priority should be given to spruce because of its capacity to bind large amounts of carbon. On the other hand, in dry sites suitable for the afforestation with pine trees, preference should be given to Scots pine rather than Austrian pine. Future research should include more intensive investigations of the storage of atmospheric carbon and relate them to the selection of tree species most suitable for silvicultural treatments.

