

Факултет ШУМАРСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

03-2734/1

05.04.2021.

Веће научних области биотехничких наука

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и
о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета",
број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**„Симулатор раста шумских стабала и састојина „РАСТко“: развој и параметризација за букву у
западној Србији“**

НАУЧНА ОБЛАСТ БИОТЕХНИЧКЕ НАУКЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Марко, Мирослав, Казимировић

Претходно образовање:

-основне академске студије-Универзитет у Београду-Шумарски факултет
2013.год.

-мастер академске студије-Универзитет у Београду -
Шумарски факултет - 2014.године

Година завршетка
претходног нивоа студија:

2014.

Година уписа на докторске студије:

2014.

Назив студијског програма
докторских студија:

ШУМАРСТВО – модул Планирање газдовања шумама

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Бранко Стајић, ван.проф.

Звање: ванредни професор Универзитета у Београду - Шумарски факултет

Списак објављених научних радова и саопштења:

1. Smiljanić, M., Seo, J.W., Läänelaid, A., Van der Maaten-Theunissen, M., **Stajić, B.**, Wilmking, M. (2014): Peatland pines as a proxy for water table fluctuations: Disentangling tree growth, hydrology and possible human influence. *Science of the Total Environment* 500–501, 52–63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.056>
2. **Stajic, B.**, Vuckovic, M., Janjatovic, Z. 2015. Preliminary Dendroclimatological Analysis of Sessile Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in "Fruška Gora" National Park, Serbia. *Baltic Forestry* 21(1): 83-95. [https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2015-21\[1\]/Preliminary%20Dendroclimatological%20Analysis%20of%20Sssile%20Oak.pdf](https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2015-21[1]/Preliminary%20Dendroclimatological%20Analysis%20of%20Sssile%20Oak.pdf)
3. **Stajić, B.**, Janjatović, Ž., Aleksić, P., Baković, Z., Kazimirović, M., Milojković, N. (2016): Anamorphic site index curves for Moesian beech (*Fagus × Taurica* Popl.) in the Region of Žagubica, Eastern Serbia. *Šumarski list*, 5–6: 251–258, Zagreb, Croatia. <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/201602510.pdf>
4. Gut, U., Árvai, M., Bijak, S., Camarero, J.J., Cedro, A., Cruz-García, R., Gamszegi, B., Hacket-Pain, A., Hevia, A., Huang, W., Isaac-Renton, M., Kaczka, R.j., Kazimirović, M., Kędziora, W., Kern, Z., Klisz, M., Kolář, T., Körner, M., Kuznetsova, V., Montwé, D., Petritan, A. M., Petritan, I. C., Plavcová, L., Rehschuh, R., Rocha, E., Rybniček, M., Sánchez-Salguero, R., Schröder, J., Schwab, N., **Stajić, B.**, Tomusiak, R., Wilmking, M., Sass-Klaassen, U., Buras A. (2019): No systematic effects of sampling direction on climate-growth relationships in a large-scale, multi-species tree-ring data set, *Dendrochronologia* Volume 57 125624, ISSN 1125-7865, <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2019.125624>
5. Del Rio, M., Vergarechea, M., Hilmers, T., Alday, J. G., Avdagic, A., Binder, F., Bosela, M., Dobor, L., Forrester, D. I., Halilovic, V., Ibrahimspahic, A., Klopčič, M., Levesque, M., Nagel, T. A., Sitkova, S., Schütze, G., **Stajić, B.**, Stojanovic, D., Uhl, E., Zlatanov, T., Tognetti, R., Pretzsch, H., (2021): Effects of elevation-dependent climate warming on intra-and inter-specific growth synchrony in mixed mountain forests. *Forest Ecology and Management* 479, 118587, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118587>

Обавештавамо вас да је

Наставно-научно веће Шумарског факултета

на седници одржаној

31.03.2021.

_____ размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог 1.

Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора

2.

Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ
Број: 01-2/42
Датум: 31.3.2021.
Б Е О Г Р А Д

На основу члана 58. Статута Универзитета у Београду-Шумарског факултета бр. 01-1/36 од 14.3.2019. год, а у складу са Извештајем Комисије бр. ДД1-1878/1 од 11.3.2021. год. и Предлогом Већа одсека за шумарство бр. ДД1-2152/1 од 18.3.2021. год, Наставно-научно веће Факултета на електронској седници одржаној 30-31. марта 2021. год, доноси следећу

О Д Л У К У

Усваја се научна заснованост теме докторске дисертације **кандидата Марка Казимировића** под насловом: **„Симулатор раста шумских стабала и састојина „РАСТко“: развој и параметризација за букву у западној Србији“**.

Одређује се ментор др Бранко Стајић, ванредни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета.

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Служби за наставу и студентска питања x2, декану, писарници.

Председник
Наставно-научног већа
Проф. др РАТКО РИСТИЋ

ОБРАЗАЦ ЗА ПИСАЊЕ ИЗВЕШТАЈА О НАУЧНОЈ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ И
ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина-

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Орган који је именовао (изабрао) комисију и датум: Наставно-научно веће Шумарског факултета, на електронској седници одржаној 23-24. фебруара 2021. године (Одлука бр. 01-2/24 од 24.02.2021). 2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: 1. Др Бранко Стајић, ванредни професор, Планирање газдовања шумама, избор у звање 18.10.2016. год, Универзитет у Београду – Шумарски факултет 2. др Дамјан Пантић, редовни професор, Планирање газдовања шумама, избор у звање 2015. год, Универзитет у Београду – Шумарски факултет 3. др Ненад Петровић, доцент, Планирање газдовања шумама, избор у звање 16.01.2018 год, Универзитет у Београду – Шумарски факултет 4. др Оливера Кошанин, ванредни професор, Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине, 16.01.2018. године, Универзитет у Београду- Шумарски факултет; 5. др Војислав Дукић, ванредни професор, Планирање газдовања шумама, избор у звање 27. 10. 2016. год, Универзитет у Бањој Луци – Шумарски факултет
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
1. Име, име једног родитеља, презиме: Марко (Мирослав) Казимиrowић 2. Датум и место рођења, општина, држава: 26.08.1990. године, Зворник, Република Српска (БиХ) 3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе/мастер рада: 24.10.2014. године, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд, Прираст биомасе букве у састојинама на подручју Мајданпека, 4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука/мастера: Биотехничке науке; Шумарство; Планирање газдовања шумама, Раст и производност шума 5. приказ научних и стручних радова са оценом (референце кандидата): Научни часописи категорије M21, 1 рад: Gut, U., M. Árvai, S. Bijak, J. J. Camarero, A. Cedro, R. Cruz-García, B. Garamszegi, A. Hacket-Pain, A. Hevia, W. Huang, M. Isaac-Renton, R. J. Kaczka, M. Kazimirović, W. Kędziora, Z. Kern, M. Klisz, T. Kolář, M. Körner, V. Kuznetsova, D. Montwé, A. M. Petritan, I. C. Petritan, L. Plavcová, R. Rehschuh, E. Rocha, M. Rybniček, R. Sánchez-Salguero, J. Schröder, N. Schwab, B. Stajić, R. Tomusiak, M. Wilmking, U. Sass-Klaassen, и A. Buras. 2019. „No systematic effects of sampling direction on climate-growth relationships in a large-scale, multi-species tree-ring data set“. Dendrochronologia 57. Научни часописи категорије M23, 2 рада: Stajić B., Janjatović Ž., Aleksić, P., Baković, Z., Kazimirović, M., Milojković, N. (2016): Anamorphic site index curves for Moesian beech (<i>Fagus × Taurica</i> Popl.) in the Region of Žagubica, Eastern Serbia. Sumarski list, volume 5-6, pp. 251-258; UDK 630* 101 + 561 (001) ISSN No.:

1846-9140

Stajić, Branko, Živan Janjatović, **Marko Kazimirović**, Zvonimir Baković, и Snežana Obradović. (2021): Polymorphic site index curves for beech (*fagus sylvatica* l.) in central and eastern Serbia. Šumarski list (1–2):31–41.

Научни часописи категорије M24, 1 рад:

Stajić, Branko, **Marko Kazimirović**, Vojislav Dukić, и Nenad Radaković. 2020. „First Dendroclimatological Insight into Austrian Pine (*Pinus nigra* Arnold) Climate-Growth Relationship in Belgrade Area, Serbia“. South-East European Forestry 11(2):1–8.

Научни часописи категорије M51, 4 рада:

Stajić B., Vukić K., Janjatović Ž., **Kazimirović M.** (2017): Ефикасност коришћења простора за раст белог јасена (*Fraxinus excelsior* L.) са подручја мајданпечке домене. Гласник Шумарског факултета - Bulletin of the Faculty of Forestry, volume 115, pp. 99-126; DOI: 10.2298/GSF1715099S eISSN: 2217-8600

Stajić B., Dimitrijević S., **Kazimirović M.**, Dukić V. (2017): debljinski prirast stabala kao bioindikator njihove vitalnosti: studija slučaja sa područja despotovca- Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci- Bulletin of the Faculty of Forestry , University of Banja Luka, volume 27, pp 17–29; DOI: 10.7251/GSF1727017S e-ISSN 2303-694X"

Jovic, Goran, Vojislav Dukic, Branko Stajic, **M. Kazimirovic**, и Danijela Petrovic. 2018. „A dendroclimatological analysis of fir (*Abies alba* Mill.) growth in the Borja mountain area of Bosnia and Herzegovina“. Glasnik Sumarskog fakultetaBulletin of the Faculty of Forestry (118):27–45.

Stajić, Branko и **M. Kazimirović**. 2018. „The influence of temperature and precipitation on the increment of black pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold): A case study from the area of Mt. Rudnik“. Glasnik Sumarskog fakultetaBulletin of the Faculty of Forestry (118):143–64.

Зборници међународних научних скупова – радови штампани у целини M33, 4 рада:

Baković Z., Stajić B., Janković V., Janjatović Ž., **Kazimirović M.** (2015): Activities of public enterprise "Srbijašume" on the rehabilitation of negative effects caused by ice wave in 2014. year on forest and environment at east serbia. Nacionalna asocijacija za bezbednost, krizne i vanredne situacije – Bezbedna Srbija, Ministarstvo unutrašnjih poslova – Sektor za vanredne situacije, Fakultet Bezbednosti, pp 131-140; ISBN 978-86-89401-06-68, COBISS.SR-ID 299495943. "

Baković Z., Stajić B., **Kazimirović M.** (2017): Afforestation and melioration of degraded forests in the function of environmental protection. Association of Economists and Managers of the Balkans, pp 1058-1068; ISBN 978-86-80194-06-6 COBISS.SR-ID 240265228"

Stajić, Branko, **M. Kazimirović**, и Nenad Radaković. 2018. „The common population signal in the European ash (*Fraxinus excelsior* L.) tree–ring chronologies in NP „Djerdap“, Serbia“. Стр. 59–65 у EcoTer.

Stajić B., **Kazimirović M.**, Baković Z., Dukić V. (2017): Pointer years in beech growth in the region of Žagubica, eastern Serbia. Vol 16 TRACE 2017 Svetlogorsk, Kaliningrad region, Russia.

Зборници међународних научних скупова – апстракти M34, 6 апстраката:

Stajić B., **Kazimirović M.**, Janjatović Ž., Dukić V., Radaković N. (2017): First dendroclimatological insight into black pine (*Pinus nigra* Arnold) climate-growth relations in Belgrade area. Vol 16 TRACE 2017 Svetlogorsk, Kaliningrad region, Russia.

Stajiić, B., **Kazimirović, M.**, Dukić, V., Janjatović, Ž. (2017). Growth-climate relations of european ash (*Fraxinus excelsior* L.) in last century in "Djerdap" National park, Serbia: the first results. Šumarska nauka u funkciji održivog razvoja šumarstva- 25 godina šumarstva Republike Srpske, 07.-09. Decembar. Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina.

Baković, Zvonimir, Goran Čaldović, **M. Kazimirović**, и Vladimir Vasić. 2020. „šumski požar na staroj planini površinama – ekološke i ekonomske štete na 2019. godine kojima gazduje JP „Srbijašume““. у 4th International Scientific Conference – EMAN 2020 – Economics and Management: How to Cope With Disrupted Times, Online/Virtual, September 3, 2020, CONFERENCE PROCEEDINGS. Association of Economists and Managers of the Balkans, Belgrade, Serbia; ISBN.

Stajić, Branko, **Marko Kazimirović**, и Živan Janjatović. 2018. „Climate-growth variability of beech chronologies: a case study from NP “Djerdap”, Serbia“. Стр. 26 у Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. Том 91, уредио Т. S. and M. W. Jill Harvey, Jelena Lange. 24-27 April 2018, Greifswald, Germany.

Buras, Allan, Arvai Matyas, Szymon Bijak, Jesús Julio Camarero, Petritan Catalin, Any Mary Catalin, Roberto Cruz Garcia, Balasz Garmszegi, Urs Gut, Andrew Hacket-Pain, Andrea Hevia, Hong Ling Hu, Weiwei Huang, Miriam Isaac-Renton, R. J. Kaczka, **Marko Kazimirović**, Wojciech Kedziora, Zoltan Kern, Marcin Klisz, Tomas Kolar, Michael Körner, Veronica Kuznetsova, Jirka Masek, Montwe David, Romy Rehschuh, Eva Rocha, Michal Rybnicek, Raul Sanchez-Salguero, Jens Schröder, Niels Schwab, Branko Stajic, Robert Tomusiak, Jan Tumajer, Martin Wilmking, и Ute Sas-Klaassen. 2018. „Introducing the Individualistic Growth Response network (IGR) Allan“. Т. S. and M. W. Jill Harvey, Jelena Lange. Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, 24-27 April 2018, Greifswald, Germany.

Zang, Christian, Allan Buras, Andrew Hacket-Pain, Volodymyr Trotsiuk, C. Baittinger, Giovanna Battipaglia, Franco Biondi, N. Bonde, Vojtěch Čada, Jesús Julio Camarero, E. Martinez del Castillo, L. Cavin, Hugues Claessens, Katarina Cufar, Igor Drobyshev, B. Garamszegi, Michael Grabner, Jožica Gričar, J. Kehlet Hansen, C. Hartl, Eva Hevia, Weiwei Huang, Alistar Jump, Marko Kazimirović, S. Keren, A. Land, N. Latte, Fransoa Lebourgeois, Tom Levanič, I. Dorado Linan, L. A. Longares, Martin de Luis, Ernst Van Der Maaten, Marieke Van Der Maaten Theunissen, A. Menzel, Maks Merela, Renzo Motta, L. Muffler, Paula Nola, M. Payanatov, I. C. Petritan, Any M. Petritan, Ionel Popa, Catalin Roibu, A. Rubio-Cuadrado, Raul Sanchez-Salguero, T. Scharnweber, Branko Stajić, Miroslav Svoboda, Willy Tegel, Roberto Tognetti, E. Toromani, D. Turcu, S. Versace, R. Weigel, Martin Wilmking, T. Zlatanov, и A. Ramming. 2019. „The potential of ecologically focused tree-ring networks for benchmarking vegetation models“. у Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. TRACE 2019 6-11 May 2019, San Leucio, Caserta, Italy.

III ОБРАЗЛОЖЕНИ КРИТЕРИЈУМИ И РАЗЛОЗИ НА ОСНОВУ КОЈИХ СЕ ЗАСНИВА ПОЗИТИВНА ОЦЕНА ДА ЈЕ КАНДИДАТ ПОДОБАН ДА РАДИ ДИСЕРТАЦИЈУ

МСц Марко Казимировић, асистент, рођен је 26. 08. 1990. године у Зворнику, Републици Српској. На Шумарски факултет Универзитета у Београду, Одсек за шумарство, уписао се 2009. године. Упоредо са студијама, стекао је званичан ESOL International сертификат о познавању енглеског језика FCA, који издаје Britishcouncil. Дипломирао је календарске 2013. године, као најбољи студент у генерацији Одсека за шумарство. Исте године уписао је мастер студије, које је завршио на крају 2014. године. Упоредо са мастер студијама, одradio приправнички уговор као референт за планирање газдовања у шумском газдинству „Борања“ из Лознице. Након завршених мастер студија уписује докторске студије. Радни однос на Шумарском факултету у Београду засновао је 2015. године, у својству асистента на катедри Планирања газдовања шумама, где ангажован на предмету Раст и производност шума.

У оквиру основних студија, учествује у извођењу наставе на предмету Раст и производност шума. Поред тога, акредитовани сарадник је на изборном предмету Продукција и прираст биомасе брзорастућих шума и шумских плантажа.

У свом досадашњем раду учествовао је у изради 18 библиографских јединица, које се баве истраживањима утицаја биотичких и абиотичких фактора на раст и производност стабала и састојина. Поред тога, посебно је посвећен унапређењу рада и метода које се користе у оквиру Лабораторији за прираст и дендрохронолошка истраживања Шумарског факултета. У часописима са SCI листе има објављена два рада, а учествовао је и у раду једне COST акције и реализацији више од 10 домаћих и међународних пројеката. У склопу усавршавања, заједничког рада на пројектима и писања научних радова, учествовао је у радионицама које су одржане у научно-образовним институцијама:

- FAU Erlangen-Nuremberg, Немачка, од 19 до 23 септембра 2016 године;
- TU Zvolen, Словачка, 27-29 септембру, 2017 године;
- WUR Wageningen, Холандији, од 7 до 9 фебруара 2018 године;
- FUM Freising, Немачкој, 13 до 16 марта 2019 године;
- FEM San Michele, All'Adige, TN, Italy, Италији, од 1 до 3 јула 2019 године;

Члан је Асоцијације истраживача прстенова прираста (Association for Tree-Ring Research-ATR), део је европске мреже истраживача прираста букве (The European Beech Tree-Ring Network) и мреже истраживача индивидуалне реакције стабала промену услова за раст (Individual

growth reaction- IGR). На међународним конференцијама које организује ATR, под називом TRACE, које су одржане 2017 године у Калињинграду, Русији и 2018. године у Грајсфалду, Немачкој, учествовао је у дискусијама и одржао је усмену презентацију три апстракта.

IV ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ ПРЕДЛОЖЕНОГ МЕНТОРА

Др Бранко Стајић, ванредни професор

Списак радова у часописима са SCI листе:

1. **Stajić, B.**, Janjatović, Ž., Kazimirović, M., Baković, Obradović, S. (2021): Polymorphic site index curves for Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Central and Eastern Serbia. Šumarski list, 1–2: 31–41, Zagreb, Croatia. <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/202100310.pdf>
2. Radaković, N., **Stajić, B.** (2021): Climate Signals in Earlywood, Latewood and Tree-Ring Width Chronologies of Sessile Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) from Majdanpek, North–Eastern Serbia. Drvna industrija 72 (1): 79–87. <https://doi.org/10.5552/drvind.2021.2016>
3. Del Rio, M., Vergarechea, M., Hilmers, T., Alday, J. G., Avdagic, A., Binder, F., Bosela, M., Dobor, L., Forrester, D. I., Halilovic, V., Ibrahimspahic, A., Klopčič, M., Levesque, M., Nagel, T. A., Sitkova, S., Schütze, G., **Stajić, B.**, Stojanovic, D., Uhl, E., Zlatanov, T., Tognetti, R., Pretzsch, H., (2021): Effects of elevation-dependent climate warming on intra-and inter-specific growth synchrony in mixed mountain forests. Forest Ecology and Management 479, 118587, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118587>
4. Pretzsch, H., Hilmers, T., Biber, P., Avdagic, A., Binder, F., Andrej Boncina, A., Bosela, M., Dobor, L., Forrester, D. I., Levesque, M., Ibrahimspahic, A., Nagel, T. A., Del Rio, M., Sitkova, Z., Schütze, G., **Stajić, B.**, Stojanovic, D., Uhl, E., Zlatanov, T., Tognetti, R. (2020): Evidence of elevation-specific growth changes of spruce, fir, and beech in European mixed mountain forests during the last three centuries. Canadian Journal of Forest Research 50: 689–703, [dx.doi.org/10.1139/cjfr-2019-0368](https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0368)
5. Pretzsch, H., Hilmers, T., Uhl, E., Bielak, K., Bosela, M., Del Rio, M., Dobor, L., Forrester, D. I., Nagel, T. A., Pach, M., Avdagic, A., Bellan, M., Binder, F., Boncina, A., Bravo, F., de-Dios-García, J., Dinca, L., Drozdowski, S., Giammarchi, F., Hoehn, M., Ibrahimspahic, A., Jaworski, A., Klopčič, M., Kurylyak, V., Levesque, M., Lombardi, F., Matović, B., Ordóñez, C., Petraš, R., Rubio-Cuadrado, A., Stojanovic, D., Skrzyszewski, J., **Stajić, B.**, Svoboda, M., Versace, S., Zlatanov, T., Tognetti, R. (2020): European beech stem diameter grows better in mixed than in mono-specific stands at the edge of its distribution in mountain forests. European Journal of Forest Research, <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01319-y>
6. Hilmers, T., Avdagic, A., Bartkiewicz, L., Bielak, K., Binder, F., Bončina, A., Dobor, L., Forrester, D. I., Hobi, M. L., Ibrahimspahic, A., Jaworski, A., Klopčič, M., Matović, B., Nagel, T. A., Petraš, R., Del Rio, M., **Stajić, B.**, Uhl, E., Zlatanov, Z., Tognetti, R., Pretzsch, H. (2019): The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe. Forestry: An International Journal of Forest Research, 92, (5), 512–522, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz035>
7. Gut, U., Árvai, M., Bijak, S., Camarero, J.J., Cedro, A., Cruz-García, R., Garamszegi, B., Hacket-Pain, A., Hevia, A., Huang, W., Isaac-Renton, M., Kaczka, R.j., Kazimirović, M., Kędziora, W., Kern, Z., Klisz, M., Kolář, T., Körner, M., Kuznetsova, V., Montwé, D., Petritan, A. M., Petritan, I. C., Plavcová, L., Rehschuh, R., Rocha, E., Rybníček, M., Sánchez-Salguero, R., Schröder, J., Schwab, N., **Stajić, B.**, Tomusiak, R., Wilmking, M., Sass-Klaassen, U., Buras A. (2019): No systematic effects of sampling direction on climate-growth relationships in a large-scale, multi-species tree-ring data set, Dendrochronologia Volume 57 125624, ISSN 1125-7865, <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2019.125624>
8. **Stajić, B.**, Janjatović, Ž., Aleksić, P., Baković, Z., Kazimirović, M., Milojković, N. (2016): Anamorphic site index curves for Moesian beech (*Fagus × Taurica* Popl.) in the Region of Žagubica, Eastern Serbia. Šumarski list, 5–6: 251–258, Zagreb, Croatia. <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/201602510.pdf>
9. **Stajić, B.**, Vuckovic, M., Janjatovic, Z. (2015): Preliminary Dendroclimatological Analysis of Sessile Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in "Fruška Gora" National Park, Serbia. *Baltic Forestry* 21(1): 83–95. [https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2015-21\[1\]/Preliminary%20Dendroclimatological%20Analysis%20of%20Sessile%20Oak.pdf](https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2015-21[1]/Preliminary%20Dendroclimatological%20Analysis%20of%20Sessile%20Oak.pdf)
10. Koprivica, M., Matovic, B., Vuckovic, M., **Stajić, B.** (2013): Estimates of biomass and carbon stock in uneven-aged beech stands in Eastern Serbia. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 184. Jg., 1/2:17–25. https://www.researchgate.net/publication/266206973_Estimates_of_biomass_and_carbon_stock_in_uneven-aged_beech_stands_in_Eastern_Serbia

11. Andrašev, S., Bobinac, M., Rončević, S., Vučković, M., **Stajić, B.**, Janjatović, G., Obućina, Z. (2012): Učinci prorjede u nasadu topole klona I-214 rijetke sadnje. Šumarski list br. 1–2, CXXXVI, 37-56. <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/201200370.pdf>
12. Stavretović N., Vučković M., **Stajić B.** (2010): Classification of trees and tree species in Obrenovac 'Mali park' by the elements of growth, vitality and ornamentalness, Archives of Biological Sciences, vol. 62, br. 4, str. 1119-1124. http://serbiosoc.org.rs/arch_old/VOL62/SVESKA_4/29%20-%20Stavretovic.pdf

V ОЦЕНА НАУЧНЕ ЗАСНОВАНOSTИ ТЕМЕ:

ОЦЕНА:

1. Формулације назива тезе (наслова)

„Симулатор раста шумских стабала и састојина „РАСТко“: развој и параметризација за букву у западној Србији“

2. Предмет (проблем) истраживања

С обзиром на трајање и комплексност процеса раста у шумама, истраживање остварене и потенцијалне продукције дрвне запремине и биомасе у односу на 1) ефекте газдинских интервенција, 2) утицаје фактора средине и 3) њихове међусобне интеракције, захтева континуитет вишедеценијског рада. С друге стране, компјутерски програми као што су симулатори раста, пружају могућност да се резултујуће дејство поменутих фактора предвиди поступком симулације, која се може реализовати у кратком временском року и са задовољавајућом тачношћу. У том смислу, симулатор раста представља интерактивно софтверско решење, који омогућује експериментисање са дигиталним системима моделирања и представља оруђе за реализацију симулације. Најбитнија одлика симулатора јесте широка могућност управљања параметрима симулације. Симулација је поступак којим се врши опонашање одређеног система, односно процеса. Симулатор се може састојати од једног или више усклађених модела. Модел представљају основу симулатора и подразумевају постојање функција и параметара, који описују везе међу карактеристичним величинама једног процеса или система.

Симулатори раста имају важну улогу у контексту усавршавања поступка газдовања, које данас више него икад настоји да успостави равнотежу између нарастајућих друштвених потреба за дрветом са једне стране и природи блиског газдовања са друге стране. То пре свега подразумева оптимизацију газдинског поступка, где је један од примарних циљева смањење диспропорције између станишно могуће продукције дрвета и продукције дрвета која се тренутно остварује (Vučković и Stajić, 2003). Да би се то постигло, неопходно је да газдински поступак буде базиран на познавању карактеристике раста и развоја састојина, те да се у складу са тим ускладе производни циљеве газдовања. Најприкладнији основ за успостављање природи блиског газдовања јесу параметризовани модели раста, који на најсвеобухватнији начин одражавају састојинску динамику. Овакве информације су посебно важне када су у питању букове састојине, које доминирају у нашем шумског фонду. У целини посматрано, састојине букве у Србији су, због деловања низа неповољних фактора доста удаљене од оптималног стања и могућег нивоа производности (Vučković и Stajić, 2005). С обзиром да су поуздане информације о динамици раста букве у Србији доступне за релативно малу територију, од изузетног стручног интересе је да се база података о расту букве прошири на нова подручја и станишта. С друге стране, поред самих модела раста, можда чак и битнија ствар јесте обезбеђивање могућности за њихову интегрисану и ефикасне примену у времену и простору. Симулатори раста представљају практичан, али и преко потребан алат, на основу којег је у кратком временском интервалу могуће извршити симулацију вишедеценијских процеса раста. Целокупан поступак предикције даљег развоја може да се оствари уз уважавање затеченог састојинског стања и конкретних станишних услова, што пружа могућност да се у кратком временском року тестирају ефекти различитих газдинских поступака. На бази добијених резултата у симулацијама, врши се предлагање одговарајуће варијанте газдовања шумама, која превасходно има за циљ да обезбеди трајност продукције и сачува виталност састојина, али и да се испуне све остале опште-корисне функције шума (Fabrika, 2018).

Приликом израде симулатора раста шумских стабала и састојина, први задатак јесте конципирање одговарајућег алгорита, који ће обезбедити функционалност програма. Степен сложености структуре симулатора, зависи од његове намене односно од најмање просторне и временске резолуције за коју симулатори дају излазне информације. У том смислу, према

хијерархијском нивоу на којем се реализују симулације, Pretzsch (2001) разликује симулаторе екофизиолошких процеса, раста појединачних стабала, раста састојина (нпр. таблице прираста и приноса), сукцесионих токова и симулаторе промена на нивоу биома. У практичном раду, као посебно сврсисходни су се показали симулатори раста појединачних стабала. Њиховом апликацијом симулирају се промене на нивоу појединачних стабала, а затим се добијени ефекти преносе и исказују за састојину. Минимална програмска поставка, у којој симулатор раста појединачних стабала може да несметано функционише, укључује 1) модул за приказ постојеће базе података у дводимензионалној или тродимензионалној форми, 2) модул за утврђивање величина елемената раста, 3) модул природног одумирања стабала, 4) модул проредних захвата, 5) модул за одређивање нивоа конкуренције којој је изложено свако стабло, 6) модул раста пречника и висина у зависности од производног потенцијала станишта и 7) модул који симулира процес обнове.

Један од највећих изазова приликом формирања симулатора раста, представљају програмски модули који се базирају на емпиријским подацима. Ту се пре свега мисли на моделе дебљинског и висинског раста стабала, чије евентуално постојање у виду резултата претходних истраживања, у многоме поспешује израду симулатора. У случају да овај тип резултата није доступан за истраживано подручје, онда је најпре неопходно извршити калибрацију емпиријских модела, којим ће бити квантификовани алометријски односи између елемената раста и структурне изграђености шумских стабала и састојина. Сложеност поступка моделовања зависности између елемената раста, огледа се у чињеници да се раст и развој стабала и састојина одвија под истовременим утицајем јако великог броја фактора. У оквиру тога, посебно се издваја улога станишних фактора, који опредељујуће делују на процесе раста стабла и састојина. Међусобна интеракција различитих станишних фактора омета доношење реалних закључака о ефекту њиховог дејства на раст и прираст, што у многоме отежава прогнозу и квантификовање релација између станишних услова и раста стабала и састојина. У ту сврху, полу-емпиријски (хибридни) симулатори раста појединачних стабала, садрже посебно прилагођен механизам квантификовања ових комплексних утицаја.

Да би се оценила прецизност и тачност симулатора раста, неопходно је спровести верификацију на независном сету података, који нису коришћени приликом калибрације модела. Поступак верификације има за циљ да потврди реалност података који се добијају применом симулатора (Gadow и Hui, 2013). У ту сврху, биће упоређени резултати добијени симулацијом, са износима елемената раста на некој од сталних огледних површина, постављеној на подручју на којем је вршена калибрација.

3. Познавања проблематике на основу изабране литературе

Моделовање подразумева математички израз природних или друштвених појава (Trifunović, 1995), односно апстракцију стварног света (Fabrika и Pretzsch, 2013). На самом почетку развоја, релативно мали сет емпиријских података послужио је као основ за формирање првих модела раста, чијим удруживањем су давне 1795-те године настале Паулсенове таблице приноса и прираста. Истовремено, ове таблице сматрају се првим и најстаријим моделима у шумарској струци (Fabrika и Pretzsch, 2013). Од тог тренутка отпочела је више од два века дуга историја моделовања раста и прираста шумских стабала и састојина. Појава првих персоналних рачунара у другој половини 20-ог века, значила је прекретницу у развоју ове, као и свих осталих научних дисциплина. У том периоду отпочела је експанзија на пољу моделовања раста стабала и састојинске динамике, која је између осталог резултирала и настанком првих симулатора раста.

Последњих неколико деценија појавио се велики број симулатора и модела раста, који се могу систематизовати и структурно представити по више основа. У том смислу, једну од основних и најсвеобухватнијих класификација дао је Kurth (1994). Он је троуглом илустровао постојање различитих приступа у моделовању, на чијим је врховима поставио емпиријске, структурне и процесно базиране моделе, док саме странице троугла представљају прелазне (хибридне) конструкције. За разлику од тога, поделе представљене од стране Pretzsch (2001) и Lischke (2001) конципиране су на основу нивоа оперативности модела у временској и просторној равни. У оквиру обе посматране димензије, извршена је даља хијерархијска подела на ниже инстанце. Имајући у виду ове поделе, највећи потенцијал у погледу практичне примене, показали су хибридни симулатори раста појединачних стабала (Fabrika, 2005). На тај начин, раст и развој састојине је могуће реализовати помоћу симулатора појединачних стабала, при чему је састојина представљена као фрагментисан скуп појединачних стабала, чија се коегзистенција компјутерски симулира у просторно-временском систему (Fabrika и Pretzsch, 2013; Pretzsch, 2001). Конструкција хибридних симулатора заснива на интегрисању узрочно-последичних веза у чисто емпиријске моделе, што омогућава боље представљање екофизиолошких процеса раста. Из тог

разлога, овакви симулатори се често називају и полу-емпиријским. Типични симулатори овог типа су SILVA (Pretzsch и остали, 2002) и SIBYLA (Fabrika, 2005).

Допринос ранијих студија приликом формирања симулатора огледа се у обезбеђивању параметризованих емпиријских модела, који служе као основ за симулацију раста и прираста. У том случају, готова сва пажња приликом креирања симулатора раста усмерена је на 1) интеграцију модела у усклађени алгоритам и 2) на што веродостојнији приказ добијених резултата. С обзиром на карактеристике емпиријских модела, важно је имати у виду и ограничења приликом њихове употребе. Примена емпиријских модела је валидна само у оним подручјима која су обухваћена приликом калибрације. Стога, поуздана база података о расту стабала и састојина на одређеном подручју представља неопходан основ за адекватну параметризацију модела. Кроз тако конципиран поступак моделовања зависности између елемената раста, целисходно се уважавају услови и карактеристике раста шумских врста дрвећа и њихова зависност од различитих фактора (Stamenković и Vučković, 2000).

Да би се адекватно одговорило изазовима са којима се среће савремено газдовање шумама, неопходно је да газдински поступак буде заснован на уважавању свих специфичности динамике природних процеса у састојини (Stajić, 2010). У том контексту, посебан фокус интересовања усмерен је на чисте и мешовите састојине букве, која представља нашу еколошки и економски најважнију врсту. Према резултатима последње националне инвентуре, буква доминира у шумским екосистемима у Србији. Она чини 40,5% укупне дубеће запремине, а у запреминском прирасту учествује са 30,6% (Banković и остали, 2009). Имајући у виду широко распрострањење и огроман значај букових шуме у Србији, као и изузетно хетерогено стање у којем се налазе, ове састојине заслужују већу стручну пажњу од до сада исказане (Vučković и Stajić 2005). С друге стране, постоји дуга традиција проучавање елемената раста и структуре букових састојина у Србији, као и велики број истраживача који су се кроз историју бавили овом тематиком. Пре готово једног века, Милетић (1930) је у својој дисертацији истраживао структуру у састојинама прашумског типа. У дисертацијама Мишчевића (1964), Панића (1964), Милина (1965) и Стајића (2010) опсежно је анализирана структурна изграђеност састојина букве различитог састојинског облика и станишних карактеристика. Почетком овог века, Vučković и Stajić (2005) су у оквиру монографије о букви, систематично представили досадашња сазнања у погледу развојно-производних карактеристика букових састојина. Том приликом, они су указали да резултати досадашњих истраживања „нису довољни за потпуно сагледавање и систематизацију станишта и састојина према тренутном и потенцијалном нивоу продукције“. Недостатак оваквих информације онемогућава успостављање и примену правилног концепта газдовања, посебно ако имамо у виду да се савремени начин спровођења узгојних интервенција базира на познавању динамике висинског раста доминантних стабала. Један од корака ка отклањању ових непознаница на одређеном подручју, представљају и резултати истраживања Stajić et al (2016), који су утврдили карактеристике висинског раста у буковим састојина на територији Жагубице. Том приликом су применом конвенционалног метода израде, прву пут у Србији конструисане анаморфне криве станишних индекса. Након тога, у циљу унапређења методологије и добијања нових сазнања о расту и прирасту букве у висину и класификовања станишта према производности, Stajić et al. (2021) дефинишу су и полиморфне криве станишних индекса, базиране на методу предикције параметара коришћених функција раста.

4. Образложење о потреби истраживања

Потреба за оваквим видом истраживања лежи у чињеници да симулатори раста истовремено пружају изузетно широке могућности у погледу научне и практичне примене. У оба случаја, резултати симулација раста и развоја шумских стабала и састојина под конкретним околностима, помажу приликом разматрање постојећих недоумица и доношење објективних одлука у погледу њиховог разрешавања. Уопштено, симулатори раста представљају савремени и иновативни програмски алат, са низом уклопљених дефинисаних модела раста стабала, али и осталих модела, који струци и науци пружају могућност доношења практичних решења у функцији реалног газдовања шумама. Израдом симулатора раста шумских стабала и састојина у нашој земљи, било би олакшано и оптимизовано доношење одлука на различитим нивоима одлучивања у шумарском сектору Србије. Поред конкретне израде програма, допринос дисертације би се огледао и у непосредном представљању и приближавању овог интегрисаног алата шумарској оперативи Србије.

Приликом израда симулатора раста, неопходно је реализовати више комплексних научно-истраживачких задатака. У том смислу, прва активност везана је за преглед досадашњих проучавања и утврђивање доступних података о моделима раста стабала букве у оквиру истраживаног подручја. Подаци о расту и прирасту стабала букве са овог подручја постоје, али су

недовољног обима и нису систематизовани у потребној мери. Стога, као први задатак наметнула се потреба успостављања нове и функционалне базе података, која ће поред систематизације досадашњих сазнања, бити допуњена новим релевантним емпиријских подацима. На тај начин биће формирана једна сврсисходна и употребљива база података о карактеристикама раста стабала и састојина различитих старости и њиховој вези са станишним факторима. Као таква, ова база послужиће као основ за параметризацију различитих алометријских модела и модела раста у висину и дебљину. Конструкција ових модела је од изузетног практичног и научног значаја, јер омогућава стицање нових сазнања о карактеристикама раста букве у зависности од станишних услова западне Србије, што представља основ за закључивања о утицају променљивих фактора раста на шуме ове врсте дрвећа у Србији. Из тог разлога, Gadow и Hui (2013) констатују да газдински поступак заснован на целисходном познавању динамике раста стабала и састојина представља конкретизацију опредељења ка „природи блиском газдовању“.

Поред научног значаја, резултати овог истраживања изузетни интересантни за шумарску струку Србије. Напори уложени у конструкцију симулатора нису сами себи сврха, него су пре свега намењени практичној примени (Fabrika, 2005). На овај начин уоквирена сазнања о расту стабала и састојина букве, ће имати практичну примену у газдовању шумама „као темељ за доношења одлука на пољу планирања, шумарске политике и екологије“ (Stajić и сар., 2016). Између осталог, измењени циљеви газдовања и растући практични интерес за инкорпорирањем бројних утицајних фактора у моделе раста, учинили су да примена симулатора раста шума и стабала постане уобичајена пракса у газдовању шумама (Bartelink и Mohren, 2004). Примена оваквих програмских решења омогућава симулацију узгојних третмана и евалуацију њихових ефеката на раст састојина. Упоредо са тим, у поступак симулације је инкорпориран утицај станишних и састојинских услова на динамику раста, што омогућава тестирање различитих сценарија промене услова за раст, али и њихове интеракције са газдинским мерама. Његова ефикасност и апликативност посебно долази до изражаја са чињеницом да су применљиви на различитим нивоима планирања газдовања.

Иако на овај начин формиран симулатор има ограничену могућност апликације, његово формирање, не само у Србији, већ и у овом делу Европе, има пионирски карактер. У том погледу, поред израде прве верзије програма, сврха овог рада јесте и систематизација методологије и савладавање технике израде програма. На тај начин, биће успостављен темељ за даљи рад на активностима усавршавања, унапређења и израде коначне верзије симулатора „РАСТко“, који ће омогућити његову примену и на другим подручјима у Србији. Даља разрада симулатора раста "РАСТко" претпоставља и разматрање и конкретне истраживачке напоре на дефинисању модела раста стабала и других, за Србију привредно значајних врста дрвећа. Поред тога, резултати ових истраживања омогућиће "богаћење" централне информационе базе података, која је од кључног значаја за спознају раста стабала букве, а тиме и за целисходније дефинисање одрживих планова газдовања шумама букве у Србији.

4. Циљеви истраживања

Циљ истраживања и примарни резултат рада јесте развој и тестирање прве верзије симулатора раста шумских стабала и састојина под називом „РАСТко“. У функцији његовог развоја и статистичке формулације, извршиће се калибрација модела раста стабала на основу емпиријских података из високих букових састојина на подручју западне Србије. Секундарни резултат истраживања представљаће систематизација и додатно усавршавање постојеће методологије израде хибридних симулатора раста, која је успостављена приликом израде симулатора SILVA (Pretzsch и остали, 2002) и SIBYLA (Fabrika, 2005).

5. Очекивани резултати (хипотезе):

- X1: У истраживаном подручју буква у зрелим састојинама достиже висине преко 40 m, што ова станишта сврстава у једна од најпроизводнијих за ову врсту дрвећа код нас и у Европи.
- X2: Износ станишног индекса SI100 на станишту највећег производног потенцијала (бонитета) на подручју ШГ "Борања"-Лозница већи је него на подручју НП "Тара" и подручја источне и централне Србије.
- X3: Раст стабала букве се разликује по анализираним типовима станишта.
- X4: Симулатор „РАСТко“ поуздано симулира раст стабала и састојина букве на подручју на којем је вршена параметризација модела.
- X5: Примена генерализованог алгебарско-диференцијалних приступа (ГАДА) приликом

конструкције модела висинског раста прикладнија је за разврставање станишта по производности у односу на приступ који је коришћен приликом израде станишних индекса у склопу симулатора SILVA (Немачка) и SYBILA (Словачка).

X6: Оперативна верзија симулатора са одговарајућим интерфејсом, може бити формирана у функционално-оријентисаном програмском језику R и представљена корисницима у форми интернет апликације.

6. План рада

Истраживање постављеног проблема обухвата шест фаза и то:

Фаза I – Теренски радови

1. Анализа литературе везане за тему;
2. Рекогносцирање терена и успостављање коначног плана истраживања;
3. Постављање и тотални премер огледних површина, укључујући узимање извртка из стабала помоћу преслеровог сврдла. Поред тога, биће извршено и обарање стабала за анализу раста и прираста;

Фаза II – Лабораторијски радови

4. Површинска припрема, премер узорака и контрола добијених резултата;
5. Сублимација и евалуација прикупљених података;

Фаза III – Параметризација емпиријских модела;

6. Селекција и параметризација одговарајућих емпиријских модела за истраживано подручје;

Фаза IV – Формирање симулатора

7. Дефинисање структуре и основног алгорита програма;
8. Писање извршног кода и израда симулатора, који ће бити доступан у виду интернет апликације са корисничким интерфејсом;
9. Тестирање могућности и верификација програма;

Фаза V

10. Писање текста дисертације;

7. Научне методе истраживања

Од општих научних метода, у раду ће се користити опште и специфичне статистичке методе, метода моделовања и аналитичко-дедуктивна метода. Да би омогућили примену статистичких метода моделовања, неопходно је најпре успоставити релевантну базу података. Новоформирана база података послужиће као основ за даљу статистичку анализу података добијених премером и моделовање раста стабала (Hadživuković, 1991; Koprivica, 2015). Величине основних елемената раста и структуре биће детерминисани за сваку постављену огледну површину. Добијени износи користиће се за успостављање неопходних алометријских зависности између анализираних елемената раста и састојинске изграђености. Том приликом биће примењени поступци линеарне и нелинеарне регресионе анализе (van Laar и Акча, 2007; West, 2016).

Приликом моделовања висинског раста и конструкције станишних индекса, биће примењен савремени генерализовани алгебарско-диференцијални приступ (ГАДА) (Cieszewski и Strub, 2008; Tait и остали, 1988). За разлику од параметарских метода моделовања висинског раста, које су примењене приликом израде симулатора SILVA (Немачка) и SYBILA (Словачка), ово ће бити први пут да се у хибридне симулаторе раста појединачних стабала инкорпорирају генерализоване криве бонитетног снопа. Развој алгебарско диференцијалног приступа везује се за настојање да се превазиђе проблем старосне инваријантности (Bailey и Clutter 1974). Зависност облика кривих бонитетног склопа од референте старости, уочена је код метода конструисања станишних индекса, у којима се полиморфизам локалних параметара остваривао у односу на њихову везу са доминантним висинама у референтној старости (Halaj 1978), у SYBILA) или са висинским прирастом на одабраној висини (Stage 1963). Применом алгебарско диференцијалног приступа добијен је полиморфни бонитетни сноп независан од референтне старости, али је тада главни недостатак био у јединственом износу асимптота за све бонитете. Да би се превазишли

недостаци који се јављају у случају заједничке асимптоте, Cieszewski и Bailey (2000) уводе генерализовани алгебарско диференцијални приступ (ГАДА). У циљу избора генерализованог модела који најцелисходније описује раст стабала на истраживаном подручју, биће тестирана више функција које одликује асимптота и бар један параметар облика (Zeide, 1993). Неке од најчешће примењиваних динамичких ГАДА модела, јесу различите генерализације базичних Schumacher, Chapman-Richards, Lundqvist, Weibull, и Hossfeld модела (Bravo-Oviedo, del Río, и Montero 2007; Nord-larsen 2006; Nunes и остали 2011; Socha и остали 2020). Између осталих, у литератури се као погодне често параметризује следеће динамичне формулације:

Chapman-Richards модела

$$H = H_0 \left(\frac{1 - e^{-\beta_1 T}}{1 - e^{-\beta_1 T_0}} \right)^{(\beta_2 + \beta_3 X_0^{-1})}, \quad (1)$$

где је X_0

$$X_0 = \frac{(\ln H_0 - \beta_2 \ln(1 - e^{-\beta_1 T_0})) + \sqrt{(\ln H_0 - \beta_2 \ln(1 - e^{-\beta_1 T_0}))^2 - 4\beta_3 \ln(1 - e^{-\beta_1 T_0})}}{2} \quad (2)$$

и Hossfeld IV модела предложеног од стране Cieszewski (2001)

$$H = H_0 \left(\frac{T^{\beta_1} (T_0^{\beta_1} R_0 + e^{\beta_2})}{T_0^{\beta_1} (T^{\beta_1} R_0 + e^{\beta_2})} \right) \quad (3)$$

где је R_0

$$R_0 = H_0 - \beta_3 + \sqrt{(H_0 - \beta_3)^2 + \frac{2H_0 e^{\beta_2}}{T_0^{\beta_1}}} \quad (4)$$

у којима су β_{1-3} параметри модела, H_0 је доминантна висина у референтној старости T_0 , H доминантна висина у старости T . Параметризација ГАДА модела биће извршена је итеративним путем и проверена уз помоћ вештачке (енгл. “dummy”) променљиве (Cieszewski 2001). Провера хетероскедастичности и аутокорељације унутар резидуала биће извршена графичким увидом у дистрибуцију резидуала, а затим и оцењена применом Durbin-Watson теста. У случају детекције присуства ових нежељених својстава, биће извршено њихово уклањање моделовањем варијансе и применом одговарајуће аутокорељационе структуре (Quiñonez-Barraza, García-Espinoza, и Aguirre-Calderón 2018). Евалуација слагања параметризованих модела са оригиналним подацима, биће реализована кроз графичку проверу и рачунањем стандардне грешке резидуала (RSE), коефицијента детерминације (R^2). Поред тога, биће одређени Akaike (AIC) и Bayesov (BIC) информациони критеријум, као и коефицијенти дистрибуције резидуала. Верификација добијених модела биће извршена на независном сету података који нису учествовали у параметризацији. Том приликом, биће одређена просечна апсолутна разлика (MAD - Mean Absolute Difference) између моделованих и емпиријских износа.

Симулатор раста „РАСТко“ ће бити урађен по угледу на симулаторе SILVA (Pretzsch и остали, 2002) и SYBILA (Fabrika, 2005), који су калибрисани за услове Немачке и Словачке. Извршни код и интернет апликација симулатора „РАСТко“ биће написани у програмском језику R, уз помоћ осталих чeonих програмских језика (HTML, CSS и JavaScript).

8. Начин избора, конструкција и величина узорка:

У сврху успостављања нове базе података о динамици раста шумских стабала и састојина, на стаништима различитог производног потенцијала биће извршено постављање и премер неопходног броја огледних површина. У склопу делова шуме који се карактеришу истим или јако сличним станишних условима, биће извршен премер огледних површина у састојинама различите старости. Оваквим поступком биће формиране уређене секвенце, сачињене од премера састојина различите старости, које расту у сличним станишним условима. У једном делу истраживаног подручја, као резултат претходних пројеката и научних активности, постоји карта дефинисаних станишних типова, која ће послужити као стратификациона основа приликом постављања огледних површина у том појасу. Тамо где овакве информације нису доступне, узорковање ће бити конципирано уз уважавање експозиције и рељефних облика. Услед различите дужине и интензитета инсолације, експозиције су подељене на групу топлих (SE, S, SW, W), хладних (N, E, NE, NW) и неутралних (нагиб до 12,5°). Код неутралних експозиција, огледне површине ће бити постављане у састојинама различите старости, док ће код топлих и

хладних експозиција, мерења бити обављена код састојина различите старости и рељефних облика. У том смислу, огледне на површине биће постављене на врху, средини и дну падине. На тај начин, имплементирано је настојање да се приликом формирања узорка обухвати широк спектар станишних услова, за које се претпоставља да имају различит производни потенцијал када је у питању буква.

Приликом постављања и премера огледних површина, користиће се упутства везана за састојинску инвентуру шума (Banković и Pantić, 2006). За постављање, бираће се хомогени и нормално обрасли делови састојина. Величина примерних површина облика круга са константним полупречником одређиваће се према броју стабала по хектару. Корекција полупречника постављених површине вршиће се управно на изохипсе, а у зависности од нагиба терена. Сва стаблима на површини биће позиционирана мерењем дистанце и азимута у односу на центар круга. Поред тога, стаблима ће се одређивати пречници, висине, висине крошње светлости, висине почетка крошње, као и осам полупречника крошње према главним и споредним странама света.

Сва премерена стабла биће узоркована преслеровим сврдлом, ради прецизног утврђивања старости и токова дебљинског прираста. Поред тога, базу података ће употпунити информације о токовима раста доминантна стабла. Стабла за анализу биће одабрана и оборена на претходно дефинисаним стаништима различитог производног потенцијала. У склопу лабораторијског рада, узети котурови и извртци ће бити подвргнути површинској припреми до момента јасне видљивости година (Crivellaro и Schweingruber, 2015). На тако припремљеним узорцима биће извршено мерење ширине прстенова прираста. Посебна пажња биће посвећена прецизности мерења и евалуацији квалитета измерених података, јер поступак синхронизације токова прираста представља један од најважнијих корака приликом истраживања раста и прираста (Grissino-Mayer 2001). Тачност мерења оцениће се преклапањем нормализованих кривих радијалног прираста и провером слагања упадљиво уских или широких (карактеристичних) година. Такође, квалитет премера биће проверен рачунањем интерсеријске и мастер корелације.

9. Место, лабораторија и опрема за експериментални рад

За подручје које ће бити шире место истраживања одабране су букове састојине у реону западне Србије. У административном погледу, ту се убрајају мачвански, колубарски и златиборски округ. Иако се генерално буква сврстава међу најпроизводније домаће врсте дрвета, чисте букове састојине у овом делу земље сматрају се једним од најбољих и највреднијих. Такође, ово подручје је и у претходном периоду спроведено доста различитих истраживања везаних за шуме и шумске екосистеме, а посебно у задњих неколико година, те стога постоје добре полазне основе за даља истраживања.

Лабораторијска мерења узорака дрвета вршиће се у Лабораторији за истраживање прираста и дендрохронологију Шумарског факултета.

Приликом теренског рада и рада на премеру узорака, биће коришћена најсавременија опрема, која се налази у склопу ове лабораторије.

10. Методе статистичке обраде података осталих релевантних података

Формирање извршног програмског кода симулатора и верификација добијених резултата биће имплементирано у програмском језику R, при чему ће бити примењен функционално оријентисани приступ програмирању. Поред података који ће бити прикупљени приликом рада на докторској дисертацији, за параметризацију модела и верификацију добијених резултата биће коришћени и доступни подаци из претходних научно-истраживачких пројеката, који су спровођени на овом подручју.

VI ЗАКЉУЧАК СА ОБРАЗЛОЖЕНОМ ОЦЕНОМ О НАУЧНОЈ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ И ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА:

На основу анализе поднете пријаве теме докторске дисертације кандидата, мастер инжењера шумарства Марка Казимировића, под насловом „Симулатор раста шумских стабала и састојина „РАСТко“: развој и параметризација за букву у западној Србији“, Комисија сматра да је одабрана тематика за истраживања изузетно атрактивна и актуелна. Овако конципирана дисертација, која за резултат претпоставља израђен симулатор раста, својим обимом и методолошким приступом представља пионирски подухват у овом делу Европе. Чак, ово ће бити, вероватно, први пут да се у светској научној и стручној литератури појављује симулатор раста у виду интернет апликације, јер су до сада сви познати симулатори раста

израђивани у форми класичног компјутерског програма, писаног у неком од објектно оријентисаних програмских језика.

У приложеној пријави пројекта докторске дисертације, кандидат је детаљно и систематично образложио анализирану проблематику и циљеве истраживања, те је њихову заснованост поткрепио релевантном научном и стручном литературом. Методе истраживања које су представљене у пријави, адекватне су за решавање конкретних истраживачких задатака. Кроз правилно дефинисање поступка истраживања, омогућени су иницијални услови за добијање веродостојних резултата приликом израде дисертације. Први део резултата овог рада, који се односи на информације о расту букових састојина на истраживаном подручју, представљају нов и значајан допринос у функцији допуне и провере постојећих података и сазнања о токовима раста, прираста и продукције букве у Србији. То ће допринети свеобухватном сагледавању проблематике везане за оптимизацију газдинског поступка у високим буковим састојинама. Поред дела који се тиче анализе токова раста и прираста шумских стабала и састојина, посебно се истиче чињеница да ће резултат рада бити представљен у виду конкретне апликације. Израдом симулатора раста „РАСТко“ биће омогућена ефикасна анализа података премера и симулације развоја стабала на огледним површинама у оквиру истраживаног подручја и створиће се услови за давање низа прогноза од значаја за одрживо газдовање састојинама букве у Србији.

На основу изложеног, комисија позитивно оцењује поднету пријаву и предлаже Научно-наставном већу Шумарског Факултета да кандидату Марку Казимировићу одобри израду докторске дисертације, под називом: „**Симулатор раста шумских стабала и састојина „РАСТко“: развој и параметризација за букву у западној Србији**“, а за ментора се предлаже др Бранко Стајић, ванредни професор.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Бранко Стајић, ванр. проф.
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

др Дамјан Пантић, ред. проф.
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

др Ненад Петровић, доцент,
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

др Оливера Кошанин, ванр. проф.
Универзитет у Београду – Шумарски факултет

др Војислав Дукић, ванр. проф.