

22.11.2019.

Министарству пољопривреде,  
шумарства и водопривреде  
- УПРАВИ ЗА ШУМЕ

# РЕВИЗИЈА РЕГИОНА ПРОВЕНИЈЕНЦИЈА БУКВЕ У СРБИЈИ

## КОНАЧНИ ИЗВЕШТАЈ

О РЕАЛИЗАЦИЈИ ПРОЈЕКТА

ПО УГОВОРУ БР.

401-00-412/2019-10

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Др Владан Иветић, руководилац Пројекта

Пројекат „РЕВИЗИЈА РЕГИОНА ПРОВЕНИЈЕНЦИЈА БУКВЕ У СРБИЈИ“ реализован је на основу Уговора број 401-00-412/2019-10 од 23.05.2019. године о коришћењу средстава Буџетског фонда за шуме Републике Србије за реализацију развојно-истраживачких и осталих пројеката у складу са стратегијом развоја шумарства РС.

Пројекат је реализовао мултидисциплинарни истраживачки тим са Универзитета у Београду – Шумарски факултет и са Института за шумарство у Београду, у следећем саставу:

Р.бр.	Име и презиме, звање
1.	Др Владан Иветић, ван.проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета
2.	Др Мирјана Шијачић-Николић, ред. проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета
3.	Др Владан Поповић, научни сарадник Института за шумарство у Београду
4.	Др Александар Лучић, научни сарадник Института за шумарство у Београду

## Извод

Пројекат ревизије региона провенијенција букве у Србији имао је за циљ решавање недостатака уочених у практичном раду при сакупљању, доради и промету семена букве, према установљеним регионима провенијенција. Неки од ових недостатака су везани за нејасне границе региона на терену, постојање популација букве ван региона провенијенција и непокривеност целе територије Републике Србије регионима провенијенција букве. Синтезом резултата претходних истраживања која су се бавила просторном компонентом генетичког диверзитета и таксономске припадности букве у Србији, од којих су нека финансирана од стране Управе за шуме, са резултатима истраживања спроведеним у току реализације овог Пројекта, урађена је ревизија постојећег решења и дат је предлог за ново решење разграничења региона провенијенција букве у Србији. Поред тога, у обзир су узете и примедбе колега из праксе као и запажања стечена изласком на терен. Понуђено решење узима у обзир и еколошке карактеристике станишта букве, природне границе које представљају препреку за проток гена између популација букве, као и административне границе. Истраживања спроведена приликом реализације овог Пројекта, као и досадашња искуства из праксе, указују на оправданост спајања постојећих региона 32 и 33 у један регион, као и спајање постојећег региона 34 са деловима региона 35 у други регион. Као крајњи и најважнији резултат овог Пројекта издваја се дефинисање следећих региона букве у Србији: 31 – Војводина, 32 – Централна и западна Србија, и 33 – Источна и јужна Србија.



## Extended summary

The Project on Revision of Beech Provenance Regions in Serbia aimed to address the shortcomings observed in practice of the collection, processing and transfer of beech seeds. Some of these deficiencies are related to the unclear boundaries of the regions in the field, the existence of beech populations outside the provenance regions and the non-coverage of the entire territory of the Republic of Serbia by regions of beech provenances. Synthesis of the results of previous research that dealt with the spatial component of genetic diversity and taxonomy of beech populations in Serbia, some of which was financed by the Forest Directorate, with the results of research conducted during the implementation of this Project, revised the existing solution and made a proposal for a new solution for the delineation of the beech regions of provenances in Serbia. In addition, the remarks of colleagues from the practice were taken into account as well as the observations gained on the field. The solution offered also takes into account the ecological characteristics of beech sites, the natural boundaries that impede the geneflow between beech populations, as well as the administrative boundaries. The research conducted during the implementation of this Project, as well as the experience gained so far in practice, indicate the justification of merging existing regions 32 and 33 into one region, as well as merging the existing region 34 with parts of region 35 to another region. The final and most important result of this Project is the defining of the following beech regions of provenances in Serbia: 31 - Vojvodina, 32 - Central and Western Serbia, and 33 - Eastern and southern Serbia.



# САДРЖАЈ

<b>1. УВОД</b> .....	<b>7</b>
1.1. Значај букве у Србији .....	7
1.2. Региони провенијенција .....	16
<b>2. ЦИЉЕВИ ПРОЈЕКТА</b> .....	<b>21</b>
<b>3. ИЗВРШЕНЕ АКТИВНОСТИ НА РЕАЛИЗАЦИЈИ ПРОЈЕКТА</b> .....	<b>22</b>
3.1. Утврђивање недостатака постојећег решења о Установљавању региона провенијенција букве у Србији .....	22
3.2. Анализа генетичке варијабилности на основу досадашњих резултата применом различитих маркера .....	22
3.3. Употпуњавање досада извршених истраживања анализом две популације: Јастебац и Јелова гора .....	22
3.4. Редифинисање установљених региона провенијенција букве на бази најновијих резултата испитивања генетичке варијабилности и еколошке припадности истраживаних популација.....	26
3.5. Провера и прилагођавање граница на терену.....	26
3.6. Дефинисање препорука за трансфер репродуктивног материјала букве у хоризонталном и вертикалном смислу .....	26
<b>4. РЕЗУЛТАТИ</b> .....	<b>27</b>
4.1. Утврђивање недостатака постојећег решења о регионима провенијенција букве у Србији .....	27
4.2. Анализа генетичке варијабилности на основу досадашњих резултата применом различитих маркера .....	27
4.3. Употпуњавање досада извршених истраживања анализом две популације: Јастебац и Јелова гора .....	43
4.4. Ревизија региона провенијенција букве у Србији .....	51
4.5. Дефинисање препорука за трансфер репродуктивног материјала букве.....	54
<b>5. ЛИТЕРАТУРА</b> .....	<b>56</b>

## Списак табела

Табела 1: Преглед провенијенција коришћених за испитивање генетичке варијабилности букве у Србији у претходним истраживањима	23
Табела 2: Преглед популација са бројем узоркованих индивидуа по локалитету и типу сакупљеног материјала за изолацију ДНК	24
Табела 3: Карактеристике коришћених једарних микросателита	25
Табела 4: Популације истраживане применом укупних протеина (Ivetić 2009)	28
Табела 5: Популације истраживане применом RAPD маркера (Ivetić 2009)	30
Табела 6: Процент варијабилности обухваћен са прве три осе	32
Табела 7: Обрачун површина региона провенијенција букве у Србији (на основу Монмонијерових баријера добијених из географски исправљених генетичких дистанци)	37
Табела 8: Преглед популација са бројем узоркованих индивидуа по локалитету и типу сакупљеног материјала за изолацију ДНК (пупољци или листови)	43
Табела 9: Карактеристике коришћених једарних микросателита	44
Табела 10: Параметри генетичког диверзитета и индекси фиксације	46
Табела 11: Fst вредности између парова популација	48
Табела 12: Резултати AMOVA анализе	50

## Списак карата

Карта 1: Ареал букве у Србији (без Косова и Метохије) на основу података из Националне инвентуре шума из 2009. године	9
Карта 2: Историја колонизације букве у Европи, Comps et al. 2001	11
Карта 3: Положај популација које су у претходним истраживањима коришћене за анализу укупних протеина (лево), RAPD маркера (у средини) и нуклеарних микросателита (десно)	22
Карта 4: Границе Србије (1. слој)	36
Карта 5: Полигони ареала букве (2. слој)	36
Карта 6: Положај испитиваних популација (3. слој)	36
Карта 7: Delaunay триангулација (4. слој)	36
Карта 8: Монмонијерове баријере (5. слој)	36
Карта 9: Подела ареала букве на регионе (6. слој)	36
Карта 10: Преклапање претходних слојева са геореференцираном географском картом Србије (7. слој)	36
Карта 11: Региони провенијенција букве у Србији (на основу Монмонијерових баријера добијених из географски исправљених генетичких дистанци)	36
Карта 12: Интрепретација РСОА	50
Карта 13: Важећи региони провенијенција букве у Србији	51
Карта 14: Предложени региони провенијенција букве у Србији	52

## Списак графикона

Графикон 1: Положај популација у координатном систему, из којих су сакупљани узорци за анализу укупних протеина	28
Графикон 2: Надморске висине популација из којих су сакупљани узорци за анализу укупних протеина	29
Графикон 3: Дендрограм кластер анализе генетичких дистанци израчунатих по коефицијенту заједничких предака	29
Графикон 4: Положај популација у координатном систему, из којих су сакупљани узорци за анализу применом RAPD маркера (Ivetić 2009)	30

Графикон 5: Надморске висине популација из којих су сакупљани узорци за анализу применом RAPD маркера (Ivetić 2009)	31
Графикон 6: Дендрограм кластер анализе генетичких дистанци збирних узорака, на основу RAPD маркера, израчунатих по Jaccard коефицијенту генетичке дистанце	31
Графикон 7: Резултати PcooA анализе на основу прве две осе које обухватају највећи део варијабилности (52,54%)	32
Графикон 8: Резултати интерполације генетичког рељефа применом сирових података и Delaunay триангулације за прављење мреже између испитиваних популација	33
Графикон 9: Изглед генетичког рељефа добијеног применом сирових података и Delaunay триангулације, са највишим и најнижим вредностима генетичке дистанце	34
Графикон 10: Баријере добијене применом Монмонијеровог алгоритма, коришћењем генетичких дистанци исправљених на основу географских дистанци (pseudoslopes)	35
Графикон 11: Дендрограм кластер анализе свих мерених показатеља купула букве (лево) и географски положај популација (десно).	40
Графикон 12: Дендрограм кластер анализе свих мерених показатеља купула букве (лево) и висинска дистрибуција популација (десно).	40
Графикон 13: MDS график на којем су визуелизоване Fst вредности између парова популација са подручја Србије путем представљања у дводимензионалном простору (stress вредност 0.2272).	41
Графикон 14: Резултати PCoA анализе популација са подручја Србије	42
Графикон 15: Резултати PCoA анализе свих испитиваних популација	49

## 1. Увод

На основу члана 9. Закона о репродуктивном материјалу шумског дрвећа, 2010. године установљени су региони провенијенција за букву („Службени гласник РС”, број 15/10). У решењу је установљено пет региона, дефинисаних једним делом на основу истраживања генетичке варијабилности популација букве у Србији. Међутим, усвојено решење се не поклапа у потпуности са резултатима истраживања и није праћено одговарајућим описом граница на терену. Због овога је у пракси забележен низ проблема приликом примене овог решења у сакупљању и промету семена букве.

С обзиром на значај букве за шумарство Србије и на њен укупни социо-економски значај, а имајући у виду и неизвесност климатских промена праћених учесталијим временским непогодама, у скоријој будућности се очекује повећана потреба за вештачком обновом и оснивањем шума букве, која се у Србији до сада обнављала претежно природним путем. Ова повећана активност захтева и повећан обим промета и трансфера репродуктивног материјала букве. Због тога је потребно решити у пракси уочене проблеме приликом примене постојећег решења о регионима провенијенција.

Пројекат ревизије региона провенијенција букве у Србији имао је за циљ решавање недостатака уочених у практичном раду, чиме би се отклониле све препреке потпуној примени Закона о репродуктивном материјалу шумског дрвећа. Такође, с обзиром да Република Србија има могућност да извози репродуктивни материјал шумског дрвећа у земље чланице ОЕЦД шеме, реализацијом овог Пројекта повећава се конкурентност домаћих региона провенијенција за извоз шумског репродуктивног материјала.

### 1.1. Значај букве у Србији

Распрострањеност неке врсте представља резултат реакције те врсте на промену рељефа и фрагментацију станишта (Карта 1). Од свих врста дрвећа у Србији, буква има најширу висинску амплитуду, од 40 м н.в. у Ђердапу, до 2.100 м н.в. на Проклетијама (Јовановић и Цвјетићанин 2005). Карактеристика појаса букових шума (висинског ареала) у Србији је померање доње и горње границе на већу надморску висину, идући од севера ка југу. Тако се границе крећу од (40) 250 до 1.100 м н.в. у североисточној Србији, а на југу од 600-800 м до (1.300) 1.800 м н.в. (Сува планина, Копаоник) (Крстић 2005).

Шуме букве у Србији припадају свези мезијских шума букве (*Fagenion moesiaca* Blečić et Lakušić 1970). Ова свеза је подељена на седам подсвеза, од којих су четири издвојене на основу надморских висина, а три на основу едафских разлика (Јовановић и Цвјетићанин 2005):

1. Брдске шуме букве (подсвеза: *Fagenion moesiaca submontanum* V. Jovanović 1976) су орографско-едафски условљене и јављају се у појасу храстових шума (40) 250-600 (1.000) м н.в., као трајни стадијуми вегетације. Јављају се у специфичним микроклиматским условима – на сеновитим увалама и хладнијим експозицијама и на дубљим формама земљишта. Најзаступљеније су седиментне карбонатне стене – кречњаца, доломити и лапорци, затим пешчари и глинци. На кречњацима и другим карбонатним супстратима најраспрострањеније су термофилне заједнице. Једна од најзначајнијих карактеристика земљишта на кречњаку је смењивање различитих типова земљишта на малом простору, што је условљено геоморфологијом терена. Овакви еколошки услови погодују формирању полидоминантних заједница. Следе метаморфне силикатне стене, а најређе су еруптивне стене. У увалама се јављају



дубока делувијална земљишта на којима су типичне монодоминантне брдске шуме букве. На силикатним стенама су најзаступљенија смеђа земљишта – кисела смеђа и еутрична смеђа. На еутричним смеђим земљиштима, као и на делувијумима, образују се типичне монодоминантне брдске шуме букве. Еутрична смеђа земљишта, као и умерено кисела, иловаста, слабо до умерено скелетна земљишта, су у главном типична станишта брдске шуме букве. Хумусно-силикатна земљишта (ранкери) еутричног или дистричног подтипа, заузимају знатно мање површине и то стрмије падине, гребене и главице.

2. Планинске шуме букве (подсвеза: *Fagenion moesiacaе montanum* В. Јовановић 1976) јављају се на надморским висинама од (500) 800-1.200 (1.400) m, на свим експозицијама. У овом висинском појасу доминирају смеђа (камбична) земљишта. На силикатним стенама (еруптивним и метаморфним) јављају се кисела смеђа и еутрична смеђа земљишта, а на кречњаку смеђе кречњачко земљиште. Хумусно силикатна земљишта, рендзине и црнице на кречњаку заузимају знатно мање површине. На мањим површинама у благим увалама и по ободу равница на које належу стрмије падине, образују се делувијална земљишта. На кречњачким теренима најчешће се јављају двочлане и трочлане комбинације типа мозаика. На силикатним стенама су најраспрострањенија кисела смеђа земљишта.
3. Шуме букве и јеле (подсвеза: *Abieti-Fagenion moesiacaе* В. Јовановић 1953) јављају се на високим планинама, између појаса планинских шума букве и појаса смрчевих шума. У овом појасу доминирају кисела смеђа земљишта.
4. Субалпијске шуме букве (подсвеза: *Fagenion moesiacaе subalpinum* В. Јовановић 1976) јављају се на горњој граници распрострањености букве, најчешће од 1.300-1.800 m н.в. У овом појасу земљишни покривач је мање хетероген. На кречњачким супстратима, углавном се јављају кречњачке црнице, а на силикатној подлози – хумусно силикатна земљишта. Смеђа земљишта су веома мало заступљена.
5. Шуме букве и црног граба (подсвеза: *Ostryo-Fagenion moesiacaе* В. Јовановић 1976) су ксеромезофилне шуме, распрострањене у региону брдске и планинске букве у југозападној и западној Србији и на Метохији. Имају углавном заштитну улогу. Земљишта су углавном образована на кречњацима, ређе на серпентинима и то стадије А-С или А-Р.
6. Шуме букве и мечије леске (подсвеза: *Corylocolurnae-Fagenion moesiacum* В. Јовановић 1979), јављају се у источној и југоисточној Србији, на надморским висинама између 700 и 1.200 m н.в., на лапоровитим и песковитим кречњацима и другим карбонатним супстратима.
7. Ацидофилне шуме букве (подсвеза: *Luzulo-Fagenion moesiacaе* В. Јовановић 1976) јављају се на киселим силикатним геолошким подлогама и земљиштима киселе реакције, и то на еродираним плитким до средње дубоким киселим смеђим земљиштима, као и оподзољеним киселим смеђим земљиштима.

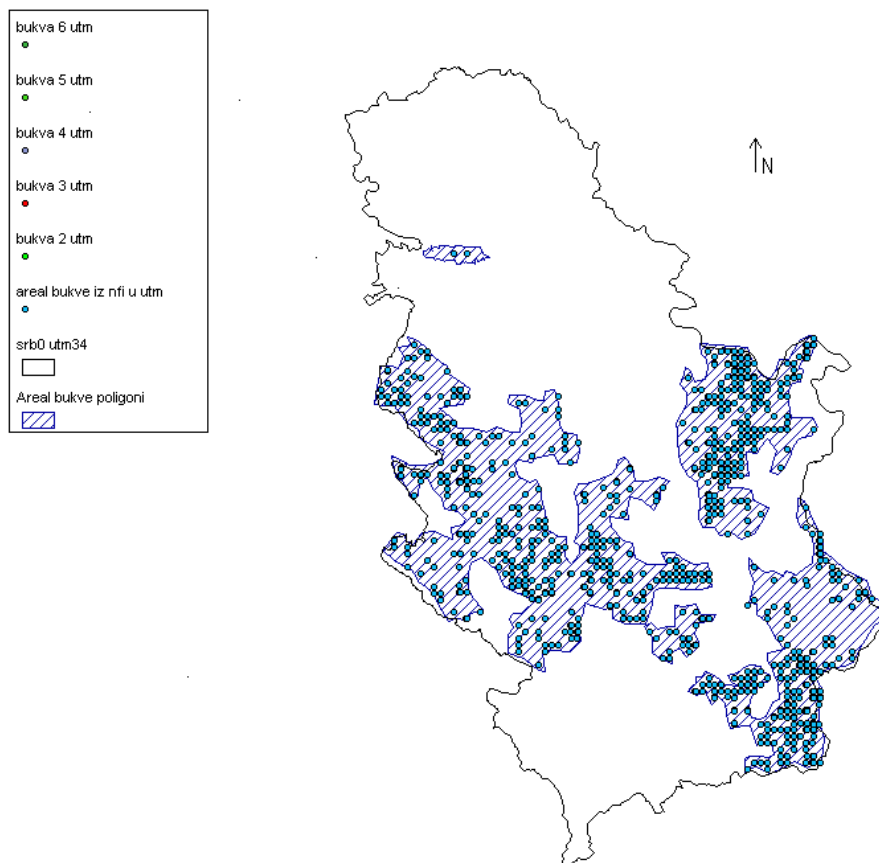
Међутим, приликом ревизије и преименовања фитоценоза мезијске букве у Србији (Томић 2006), а у складу са Међународним кодексом фитоценолошке номенклатуре, четири подсвезе које су претходно дефинисане по еколошком принципу, тј. на основу разлика у надморским висинама, редефинисане су и преименоване на основу флористичких, а не орографских разлика, док су остале три, од укупно седам дефинисаних подсвеза, само преименоване.

Тако је сада свеза *Fagenion moesiacaе* Blečić et Lakušić 1970 подељена на следећих седам подсвеза (Томић 2006):

1. Подсвеза брдске (субмонтане) припанонске шуме букве – *Helleboroodori-Fagenion moesiacaе* Soó & Borhidi 1960 (раније брдске шуме букве – *Fagenion moesiacaе*

- submontanum* V. Jovanović 1976);
2. Подсвеза планинске букове шуме – *Asperulo-Fagenion moesiacaе* Knapp 1944 (раније планинске шуме букве – *Fagenion moesiacaе montanum* V. Jovanović 1976);
  3. Подсвеза буково-јелове шуме – *Abieti-Fagenion moesiacaе* V. Jovanović 1976;
  4. Подсвеза субалпијске букове шуме – *Aceri heldreichii-Fagenion moesiacaе* V. Jovanović 1957 (раније *Fagenion moesiacaе subalpinum* V. Jovanović 1976);
  5. Подсвеза шуме букве и црног граба – *Ostryo-Fagenion moesiacaе* . Jovanović 1976;
  6. Подсвеза шуме букве и мечије леске – *Fago-Corylenion colurnae* Borhidi 1964 (раније *Corylocolurnae-Fagenion moesiacum* V. Jovanović 1979);
  7. Подсвеза ацидофилне шуме букве – *Luzulo-Fagenion moesiacaе* V. Jovanović 1976.

У буковим шумама Србије дефинисано је 10 основних типова земљишта: делувијум, рендзина, црница на кречњаку, хумусно-силикатно земљиште, кисело смеђе земљиште, еутрично смеђе, смеђе на кречњаку, илимеризовано земљиште, смеђе подзоласто и подзол. У оквиру њих је издвојен већи или мањи број подтипова и варијетета (Кнежевић и Кошанин 2005). Климатске карактеристике висинских појасева букових шума у Србији обрадио је Крстић 2005.



Карта 1: Ареал букве у Србији (без Косова и Метохије) на основу података из Националне инвентуре шума из 2009. године

Биогеографска подела неке територије врши се на основу биљних заједница, које представљају основу сваког екосистема. Територија Србије се одликује веома хетерогеним флористичко-фаунистичким саставом, пре свега због постојања интразоналних и

азоналних типова екосистема, што је последица сложених биогеографских и историјских услова. Ово знатно компликује општи биогеографски статус датог региона и отежава његову класификацију. Биогеографска класификација територије Југославије извршена је на основу распореда климазоналне и климаксне вегетације (Стевановић 1995). Како је укупна светска флора подељена на флористичка царства, терестрични живи свет Србије припада холарктичком флористичком царству. Овај највиши хорион је у Србији представљен следећим биогеографским регионима:

1. Средњеевропски,
2. Понтски,
3. Циркумбореални и
4. Средње-јужноевропско планински регион.

Буква се у Србији јавља у оквиру средњеевропског биогеографског региона и то у оквиру средњеевропског илирско-балканског региона, који се дели на три провинције:

1. Панонска провинција (*Fagenion illyricum* на Фрушкој Гори и *Fagenion dacicum* на Вршачком Брегу),
2. Илирска провинција (*Fagenion illyricum*) и
3. Балканска провинција (*Fagenion moesiacum*, *Fagenion moesiaca subalpinum*).

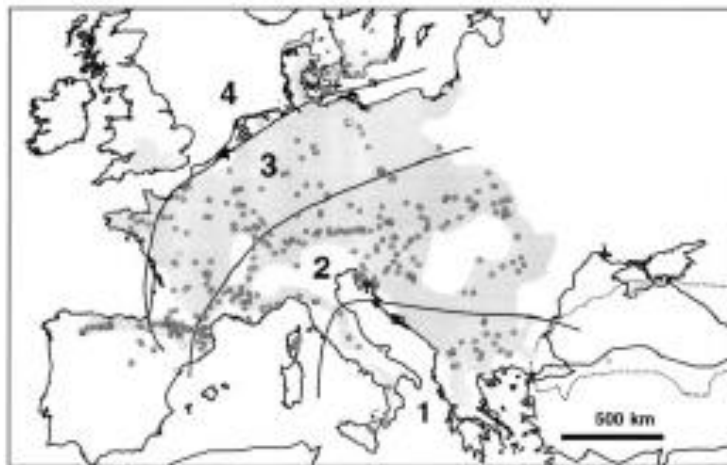
Сматра се да је колевка букве у Колхидији (област Кавказа). У предгласцијалу се јако раширила по Европи. За време леденог доба рефугијуми букве су били Кавказ, северни делови Мале Азије, Балкан, Апенини и Пиринеји. После леденог доба, буква се ширила на север. У Неолиту заузима читаву Средњу Европу и јужни део Енглеске, а за време бронзаног и гвозденог доба и јужне делове Скандинавије. Из овога произилази да је кавкаска буква најстарија, да је балканска постала еволуцијом у другој половини терцијара (миоцен, плиоцен), а да се европска буква формирала тек у посквартарном периоду.

Такође, сматра се да европска и источна буква воде порекло од *Fagus pliocenica* из Неогена и да су се током глацијалног периода у Плеистоцену повукле у рефугијуме у Југоисточној Европи, претежно на Балканском полуострву. Експанзија обичне букве повећава се у Суб-Атлантском периоду, потискујући смрчу и јелу навише у планине, а храст и граб на ниже у долине. Буква је највероватније заузела своја данашња станишта пре око 5.000 година када је вертикално (висинско) зонирање вегетације формирано.

Често присутна хипотеза историје букве у Европи током холоцена, претпоставља да је буква почела са ширењем из рефугијума у јужним Динаридима у правцу северозапада и да се након достизања јужних падина Алпа проширила на целу Европу, мешајући се са миграционим струјама из других секундарних рефугијума (Comps *et al.* 1991, Hazler *et al.* 1997, Gömöry *et al.* 1999). Ова хипотеза се базира на мапама фосилног полена. Међутим, мапа фосилног полена се може тумачити и у другом правцу. Буква је сигурно почела са ширењем из јужних Динарида, и 9.000 година пре н.е., ова миграција је покрила цео простор бивше Југославије. Неких 500 година касније, вредности полена поново опадају у јужном делу Динарског региона, а високе вредности се појављују на јужним падинама Алпа. Не постоје докази о континуитету између ова два феномена. Ова експанзија 8.500 г. пре н.е. се такође могла догодити и из локалних извора. Ова појава донекле може објаснити разлике између балканске букве и букових шума из других делова ареала, Gömöry *et al.* 1999.

Comps *et al.* 2001 ареал букве у Европи деле у четири зоне, према историји колонизације. Тако, Зона 1 одговара распрострањењу букве током последњег леденог доба,

Зоне 2 и 3 одговарају буковим шумама прелазног периода (старије и млађе од 4.000 година) док Зона 4 представља најскорије колонизована подручја (пре мање од 2.000 година), карта 2.



Карта 2: Историја колонизације букве у Европи, Comps et al. 2001

Bradshaw and Mountford 2002 на мапи дистрибуције букве од пре 7.000 година издвајају 5 издвојених центара дистрибуције: 1. грчка популација, 2. јужноиталијанска популација, 3. шпанска популација, 4. француско-швајцарска популација и 5. северноапенинска популација. Према њима, популације из јужне Италије и Грчке спадају у праве рефугијуме јер показују континуитет у подацима о полену са леденим добом. Међутим, велики недостатак овог рада је одсуство података са Балкана.

У Србији, крајем терцијера буква показује велику полиморфност, те су констатоване три врсте: *Fagus feroniae*, *Fagus ferruginea miocenica* и *Fagus pliocenica*, Јовановић М. 1971.

Према Јовановић и Цвјетићанин 2005, род *Fagus* L. има укупно 10 врста. Међутим, упркос бројним таксономским студијама, још увек постоји неслагање међу ботаничарима и шумарима, о броју, идентитету и дистрибуцији врста унутар рода *Fagus* L. Тако, и ако се у Европи најчешће разликују *Fagus sylvatica* L. и *Fagus orientalis* Lipsky, Greuter and Burdet 1981 рекласификују *Fagus orientalis* Lipsky, као *Fagus sylvatica* ssp. *orientalis* (Lipsky) Greuter & Burdet. Оваква подела је прихваћена и у Flora Europaea (Akeroyd 1993) и потврђена у новијим систематским радовима. Кримска буква (*Fagus taurica* Popl.) и мезијска буква (*Fagus moesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott.) се од локалних аутора сматрају за засебне врсте, док их у новије време већина аутора сматра за прелазне форме између *Fagus sylvatica* и *Fagus orientalis*. Denk et al. 2002 наводе да се на основу резултата испитивања полиморфизма секвенци ITS (internal transcribed spacer) једарне rDNK, може закључити о постојању само једне врсте у Европи и Малој Азији, и то *Fagus sylvatica* L., док се претходно описани таксони *Fagus orientalis* Lipsky и *Fagus moesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott. требају сматрати за синониме *Fagus sylvatica* L. Према истом аутору, род *Fagus* Tourn ex. L. (буква, *Fagaceae*) обухвата од 9-19 врста, које су дисјунктивно дистрибуиране у Европи и југоисточној Азији (1-5 врста), источној Северној Америци (1-2 врсте) и источној Азији (7-12 врста). Такође, овај род се састоји од два подрода: 1) подрод *Engleriana* – источна Азија и 2) подрод *Fagus* – Евроазија и Северна Америка. Закључке Denk et al. 2002 потврђују и Gailing and von Wüelisch 2004, који су испитивањем разлика између европске и источне букве применом нуклеарних маркера (AFLP) и хлоропластних микросателита, класификовали 10 узорака из северне Турске (где би требала да се налази источна буква) као европску букву, и то не само на основу поменутих маркера већ и на основу

морфолошких карактеристика. Овај налаз доводи у сумњу тумачење да су *F.sylvatica* и *F.orientalis* два географски раздвојена (алопатријска) таксона.

Балканску букву као посебну врсту описују Јовановић М. 1971, Јовановић Б. 1985, Јовановић и Цвјетићанин 2005 и многи други. Hazler *et al.* 1997 наводи присуство «оспораване» врсте *Fagus moesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott. у буковим шумама Босне.

Од домаћих аутора који мезијску букву не описују као посебни врсту, нарочито се истиче Мишић 1957, као и Јанковић 1970, који у Флори Србије наводи да је у Србији аутохтона европска буква са 3 подврсте: *Fagus sylvatica ssp. moesiaca*, *Fagus sylvatica ssp. sylvatica* и *Fagus sylvatica ssp. orientalis*. Сличну поделу на *Fagus sylvatica ssp. sylvatica* и *Fagus sylvatica ssp. orientalis* дају и Götöry *et al.* 2007. Такође, Comps *et al.* 2001 наводе да је европска буква нарочито погодна за изучавање фактора који утичу на ниво њене дивергентности унутар ареала, јер обрасци дивергентности нису закомпликовани постојањем интерфертилних врста, осим присуства алопатријски повезане врсте букве у Малој Азији (*Fagus orientalis* Lipsky).

Götöry *et al.* 1999 сматрају да је балканску букву природније описати као подврсту *Fagus sylvatica*, јер и ако се популације из овог региона могу разликовати по морфологији, и ако су генетички диференциране, ниво засебне врсте је превисок, јер постоје и друге популације у оквиру ареала европске букве, које се још више разликују, али се сматрају за *Fagus sylvatica* (нпр. Калабријске популације). Овакав став се подржава у Götöry *et al.* 2007, закључком да је на основу истраживања алозимских маркера, демаркација између балканске и источне букве веома јасна, док је прелаз од популација балканске букве ка популацијама европске букве клиналан и образован изолацијом путем дистанце (Götöry *et al.* 1999), што указује да презентовани алозимски подаци не подржавају постојање балканске букве као засебног и добро дефинисаног таксона.

Такође, према Götöry *et al.* 1999, аутори који препознају балканску букву као засебну врсту, формулисали су три основне хипотезе о њеном таксономском статусу и еволуционом пореклу:

1. Балканска буква је екотип европске, тј. производ селекције услед (углавном) специфичних климатских услова.
2. Балканска буква је хибрид између европске и источне. Ова хипотеза предпоставља да је европска буква филогенетски старија од балканске. После образовања европске букве, које се по овој хипотези морало десити на северу или западу, врста се проширила на Балканско полуострво, где је дошла у контакт са источном и образовала балканску букву као прелазну форму.
3. Балканска буква је интермедијарна фаза еволуције од источне ка европској букви. Ова хипотеза предпоставља да је европска буква еволуирала из балканске букве путем селекције и генетичког дрефта током глацијације.

С обзиром да се неки ретки алели на локусима Mdh-2 и Skdh јављају много чешће на Балкану него у другим деловима ареала букве, а такође Mdh-1 локус који је мономорфан у већем делу ареала, на Балканском полуострву се јавља као полиморфан, што је типично за кавкаску букву, Götöry *et al.* 1998 наводе да се мезијска буква често сматра за хибрид или филогенетску везу између европске и кавкаске букве. Такође, Hazler *et al.* 1997 наводе да су најполиморфније популације оне из бивших рефугијума.

Морфолошки опис *Fagus moesiaca* је нејасан. Аутори се не слажу око морфолошких карактеристика које је одвајају од европске букве. За више испитиваних особина, средње вредности се разликују али се опсежи варирања значајно преклапају. Götöry *et al.* 1999 наводе да су профили алела балканске букве сличнији европској него источној букви. Даље, на основу

сличних девијација алелних профила, наводи да су популације букве са Балкана најсличније онима са Калабрије.

У смислу дискусије о систематском положају букве у Србији највећи допринос представљају резултати пројекта Дефинисање таксономског статуса букве, финансираног од стране Управе за шуме. На основу свеобухватних истраживања генетичке варијабилности букве на нивоу природних популација у Србији и различитих провенијенција из провенијеничног тетста који је основан у наставној бази „Мајданпечка домена“ Шумарског факултета, Универзитета у Београду, применом морфолошких, анатомских и молекуларних маркера закључено је да генетички профили популација букве из Србије не одступају значајније од генетичких профила популација из Европе, што говори да се, на основу анализираних узорка, буква у Србији не може издвојити као посебна врста.

Познавање генетичког диверзитета неке врсте омогућује прецизно разграничење њених популација и даје основу за издвајање региона провенијенција. Генетички диверзитет открива варијабилност на нивоу индивидуалног генома и открива механизме адаптирања популација на животну средину која се стално мења. У том смислу, велики генетички диверзитет представља позитивну особину, јер, што је више варијабилности, веће су шансе да ће бар нека од индивидуа имати алелну варијанту која је погодна за нове, измењене услове животне средине и која ће обезбедити потомство са варијантама које ће продужити живот популације.

Буква је широко распрострањена врста која се опрашује ветром. И ако се одликује високим степеном генетичке варијабилности, већина варијабилности букве се налази унутар популација, док међупопулациона компонента варијабилности ретко прелази 5% (Pauleet *al.* 1995, Leonardi and Menozzi 1995, Larsen 1996). Ипак, то не значи да се обрасци ове варијабилности не могу уочити. Тако, провенијенције букве у Словачкој показују релативно велику географску варијабилност (Paule 1982) и то нарочито у прирасту, изгледу круне, карактеристикама дебла и коре (Paule 1985). Enescu 1985 такође пријављује варијабилност букве између региона у Румунији. Horvat-Marlot 1985 такође описује морфолошку, фенолошку и анатомску варијабилност букве у различитим регионима Словеније. Thomsen and Kjær 2002 су утврдили значајне разлике између популација букве у тежини семена, клијавости, дормантности и средњем времену клијања. На индивидуалном нивоу, Wang 2003 је на узорку од 91 индивидуе, користећи 9 алозимских локуса, испитивао зависност процента празних семенки од генетичких фактора и утврдио је велику међузависност. Hansen *et al.* 2003 су утврдили значајне разлике између правости дебла, спиралног гранања и акумулираног економског повраћаја у будућем четрдесетогодишњем периоду, између седам провенијенција букве на 18 експерименталних површина.

Најбољи начин за тестирање унутарврсне генетичке варијабилности су провенијенични тестови. Први такви тестови са буквом, започети су крајем 19. века у Немачкој. Од тада су бројни огледи постављени широм европских земаља, како на националном, тако и на међународном нивоу. Резултати већине провенијеничних тестова букве указују да за већину параметара раста не постоје изражени географски обрасци, што указује да екотипска варијабилност преовлађује у односу на клиналну (Chmura and Rożkowski 2002).

Постгласијална историја миграције букве може објаснити само један део њене велике генетичке разноликости. Велики део генетичке хетерогености букве је дистрибуиран између популација на локалном нивоу, што се не може објаснити ни једним појединачним еволуционим фактором. Чињеница да се буква развија у веома различитим станишним условима указује на високо учешће природне селекције, док се један део њене варијабилности може објаснити генетичким дрифтотом. Наиме, и поред тога што популације букве образују велике састојине које покривају континуална подручја, проток гена путем полена је ограничен.

Изгледа да је делимично мозаични образац варијабилности букве најправилније објаснити као резултат заједничког утицаја природне селекције и генетичког дрифта (Gömöry *et al.* 1998; Gömöry 2000).

У анализама варијабилности дрвећа и жбуња, методе класичне генетике заснивају се на анализи квантитативних и квалитативних својстава, на микроскопском и макроскопском нивоу. Ове методе сваки генотип идентификују и проучавају кроз његов фенотипски ефекат, при чему је варијабилност између индивидуа обично квантитативног, ређе квалитативног карактера. Међутим, морфолошке карактеристике често могу бити подложне утицају фактора спољашње средине, што умањује експресију самог генотипа. За прецизније проучавање генетичке варијабилности дрвећа, данас се примењују методе молекуларне генетике, познатије као молекуларни (генетички) маркери, помоћу којих се утицај фактора спољашње средине знатно редукује, и посматра се варијабилност која је под директном генетичком контролом (Исајев 2005). Испитивање генетичке структуре и варијабилности букве методама молекуларне генетике било је предмет многобројних радова при чему су најчешће коришћени алозимски маркери (Thiebaut *et al.* 1982; Barriere *et al.* 1985; Belletti and Lanteri 1996; Hazler *et al.* 1997; Dounavi 2000; Wang 2003; Krzakowa and Matras 2005; Gömöry 1999, 2000, 2007); затим RAPD (Ivetičet *al.* 2008, 2010), AFLP (Gailing and von Wüelisch 2004, Scalfi *et al.* 2004, Veerasenan 2004); хлоропластна ДНК (cpDNA) (Demesure *et al.* 1996; Dounavi 2000; Shanjaniet *al.* 2004); микросателити (Dounavi 2000; Pastorelli *et al.* 2003; Vornam *et al.* 2004; Gailing and von Wüelisch 2004); ITS једарне РНК (Denk *et al.* 2002) и сл. Приликом реализације пројекта Дефинисање таксономског статуса букве у Србији, за молекуларно-генетичке анализе, на нивоу различитих провенијенција, коришћени су нуклеарни микросателити, који су коришћени и у првој фази истраживања за анализе индивидуа из природних популација са подручја Србије. Поред тога, у циљу повећања резолуције за извођење закључака о таксономском статусу букве у Србији, коришћени су и додатни молекуларни маркери - додатни нуклеарни микросателити, као и хлоропластни микросателити. Ови молекуларни маркери су тестирани како код индивидуа са подручја Србије, тако и код индивидуа из европских провенијенција. Истраживањима (у обе фазе) је обухваћено 328 индивидуа букве, од којих 192 индивидуе из 13 природних популација са подручја Србије и 136 индивидуа из 14 различитих европских провенијенција. У циљу дефинисања таксономског статуса букве у Србији, резултати молекуларно-генетичких анализа добијених на нивоу природних популација (фаза I), обједињени су и компарирани са резултатима молекуларно-генетичких анализа спроведених на нивоу различитих провенијенција букве (фаза II). Анализом варијабилности нуклеарних и хлоропластних микросателита у испитиваним популацијама и провенијенцијама утврђени су параметри генетичког диверзитета и генетичке диференцијације. Comps *et al.* 2001 наводе да су утврдили значајну корелацију између географске ширине, географске дужине, надморске висине и неколико показатеља диверзитета. Трендови у смислу географске дужине су обично јачи од оних у смислу географске ширине, нарочито за показатеље богатства алела<sup>46</sup>. Утврдили су и висинске трендове, али надморска висина снажно корелира са географском ширином. Генерално, корелација је јача на групном нивоу. Belletti and Lanteri 1996 су такође утврдили значајну корелацију између фреквенције алела bPgdh-B1 и надморске висине, док се популације са северних експозиција одликују већом средњом хетерозиготношћу. Hazler *et al.* 1997 су испитујући популације букве у југоисточној Европи (осим Србије) утврдили јасно груписање популација које је повезано са географским и климатским условима.

У Србији, прво Мишић 1957, а затим и Јовановић М. 1971, издвајају у оквиру балканске букве у Србији три еколошке расе (екотипа):

1. *brevipedunculata*,

2. *macrocarpa*,
3. *longipedunculata*.

Поред тога, оба аутора наводе још и варијетете:

1. *rotundicarpa* (на влажним клисурастим теренима, у склопу екотипа *brevipedunculata*),
2. *microcarpa* (топла и сува станишта, на киселим земљиштима);

а Јовановић још и варијетете:

3. *quercoides* (са храстоликом кором) и
4. *folioidentata* (са назубљеним лишћем).

Еколошка раса *brevipedunculata* Мишић, јавља се на влажним и топлим стаништима. Најчешће у депресијама храстовог појаса у субмонтанској буковој шуми – *Fagetum submontanum* Јовановић и у средогорју и брдском појасу до 900 m н.в., у различитим типовима брдске шуме букве – *Fagetum montanum* Rudski. По својим особинама, ближа је кавкаској букви.

Еколошка раса *macrocarpa* Мишић, заузима влажна и нешто хладнија станишта. Јавља се у типовима брдске букове шуме – *Fagetum montanum* Rudski, у различитим заједницама букве и других врста, а нарочито у шуми букве и јеле – *Abieto-Fagetum* Јовановић. Ова еколошка раса се налази на најоптималнијим стаништима за букву, те због тога показује и највећи прираст масе, најбољи квалитет дрвета и највећу виталност, како стабала тако и састојина. Заузима висински појас између 600 и 1.400 m н.в.

Еколошка раса *longipedunculata* Мишић понекад се спушта до 1.100 m н.в., али се компактне састојине најчешће јављају у појасу између 1.400 и 1.750 m н.в. У доњем делу овог појаса, то су шуме букве и јеле – *Abieto-Fagetum* Јовановић, а у горњем субалпска шума букве – *Fagetum subalpinum* Јовановић и субалпска шума букве и смрче – *Piceetum-Fagetum subalpinum* Јовановић. Према својим особинама, овај екотип је близак европској букви. Шуме ове расе су слабог квалитета и прираста и претежно су заштитног карактера, јер се јављају на горњој граници шумске вегетације.

Поред ових унутарврских таксона, забележена је и појава форми “ране” и “касне” букве. Ове форме се јављају измешане појединачно или у мањим групама, независно од надморске висине, геолошке подлоге, хемијских и физичких особина земљишта.

На основу истраживања генетичке варијабилности употребом алозима у Србији нема јасних географских трендова у фреквенцијама алела (Gömöry *et al.* 1998). Мала тенденција у правцу исток-запад може се наћи за Got-2, као и за Mnr-B. Међутим, упркос одсуству трендова, фреквенција алела се значајно разликује између популација, за скоро све локусе, како је потврђено Gтестом хетерогености. Географски обрасци генетичке диференцијације, изражене преко генетичке дистанце, нису уједначени, али се могу уочити одређена груписања популација према географском пореклу. Источне испитиване популације (Ртањ, Озрен и делом Сува планина) су генетички најсличније са регионима са којима се граниче на југу и истоку (Стара планина, Шар планина и Пиндски регион). Централне испитиване популације (Копаноник, Рогозна) формирају потпуно засебну, благо ексцентрично позиционирану групу. Западне популације, од Јавора, заједно са географски издвојеном популацијом са Фрушке Горе, су најсличније суседним регионима са запада и севера (Динарски појас и јужнопанонска брда), (Gömöry *et al.* 1998).



Свакако да је генетички диверзитет букве под великим антропогеним притиском. Имајући у виду климатске промене, генетички аспект треба нагласити у газдовању шумама, а у циљу обезбеђивања шумских популација да одрже одговарајући ниво генетичке варијабилности за одржавање краткорочне виталности и дугорочног еволуционог потенцијала (Vuiteveld *et al.* 2007). У принципу, газдовање шумама утиче на генетичке изворе преко: 1) процеса у вези са генетичким дрифтом (нпр. ограничен број семених стабала), 2) процеса повезаних са укрштањем (нпр. репродуктивна изолација), 3) процеса повезаних са селекцијом (нпр. селекција плус и стабала будућности) и 4) процеса повезаних са миграцијама (нпр. трансфер репродуктивног материјала).

За букву постоји више различитих система газдовања, али у Европи преовлађује оплодна сеча (за високе шуме) у комбинацији са природном обновом. Овај систем газдовања је одговарајући у смислу избегавања краткотрајних промена генетичког састава букве. Вероватно да овај систем газдовања уопште нема или има минимални утицај на диверзитет букве, јер подражава процесе природног обнављања.

За овај пројекат нарочито су значајна истраживања реализована у оквиру пројекта Дефинисање таксономског статуса букве у Србији (фаза II и фаза II) финансираног од стране Управе за шуме (руководилац Др Мирјана Шијачић-Николић, ред. проф. Шумарског факултета), који указују да се, на основу анализираних узорка, буква у Србији не може издвојити као посебна врста.

## 1.2. Региони провенијенција

Регион провенијенција за једну врсту је географски заокружена површина или скуп површина са повољним еколошким условима, у којима се налазе семенске састојине или групе стабала одговарајућих фенотипских карактеристика и генетичке основе, без уопштавања у висинском смислу, директива ЕУ 1999/105/ЕС (\*2000). Скоро идентична је и дефиниција у старој (Nanson 2001) и новој OECD шеми (\* 2007), а слична је и дефиниција Словачког националног савета (\*2004).

Региони провенијенција пре свега треба да помогну у организацији и праћењу промета репродуктивног материјала шумског дрвећа. Самим тим, њихово издвајање и разграничење је наметнуто, не биолошким, већ административним разлозима. Међутим, ово не умањује биолошку оправданост категорије региона провенијенција у селекцији извора шумског семена и потребу да се њихово разграничење изврши пре свега на основу генетичког диверзитета врсте и еколошких особина станишта унутар њеног ареала.

Директива Европске Уније 1999/105/ЕС (\*2000) прописује земљама чланицама издвајање региона провенијенција и израду одговарајућих карата са њиховом поделом. Ове карте се морају послати Европској комисији и другим земљама чланицама. Свака држава чланица је дужна да припреми национални регистар полазног репродуктивног материјала различитих врста, које су одобрене на њеној територији. При томе су дате јасне дефиниције:

Порекло репродуктивног материјала – географски локалитет унутар географског ареала врсте где родитељи извора семена или његови дивљи преци расту.

Провенијенција – географски локалитет састојине или стабала са којих је сакупљено семе.

Порекло и провенијенција су синоними у случају природних врста које се природно обнављају на локалитету, што је најчешћи случај у семенарству Србије, које се првенствено ослања на семенске састојине.

Методологија издвајања и дефинисања региона провенијенција није прописана и разликује се од државе до државе:

**Аустрија (OECD data base).** Аустрија је подељена на 9 великих региона провенијенција за све врсте дрвећа. Сваки регион је подељен на два, три или четири подрегиона, укупно 22. Ови региони провенијенција су базирани на „зонама раста“, које су издвојене не основу климатских, геолошких, педолошких, фенотипских и генетичких података.

**Велика Британија (Statutory Instruments 2002, Hubert and Cundall 2006)** је подељена на 24 семене зоне које формирају четири региона провенијенција.

**Канада –Онтарио (Parker and Niejenhuis 1996).** Исте границе семених зона су установљене за све комерцијалне врсте и кореспондирају са: 1) границама из система класификације станишта и 2) границама административних јединица, узимајући у обзир и постојеће саобраћајнице.

**Мађарска (OECD data base).** Региони провенијенција су издвојени на основу еколошких и генетичких принципа, узимајући у обзир и административне границе. Врсте са OECD листе имају своје регионе провенијенција (највише шест) који су дефинисани и са припадајућим мапама. Региони се могу разликовати за различите врсте.

**Грчка (OECD data base).** Грчка је подељена на пет региона провенијенција, који су издвојени на основу просечног годишњег броја биолошки сувих дана.

Регион провенијенција	Број биолошки сувих дана
1	100-150
2	75-100
3	40-75
4	1-40
5	0

**Немачка (OECD data base).** Региони су издвојени за сваку врсту. Издвајање региона за различите врсте је базирано на шумским еколошким зонама (зонама раста) чијим је комбиновањем добијено 46 хоризонталних „основних еколошких јединица“ које покривају целу територију. Узимајући у обзир фенотипске и генетичке карактеристике врста дрвећа у различитим регионима, „основне еколошке јединице“ су груписане ради формирања региона провенијенција. У планинским регионима, висинске зоне се могу издвојити као посебни региони провенијенција, у зависности од распрострањења и значаја врсте.

**Румунија (OECD data base).** Румунија је подељена на 15 еколошких региона (обележених од А до О), од којих је сваки подељен на један до четири еколошких подрегиона, који су опет подељени на семене зоне које се сматрају регионима провенијенција.

**САД – Вашингтон (Randall and Berrang 2002).** Дате су семене зоне и препоруке за трансфер семена за 16 врста дрвећа. Нова подела представља надоградњу резултатима генетичких истраживања, старе поделе на семене зоне, која се ослањала искључиво на климатске, вегетативне и топографске информације.

**Словенија (Kutnaret al. 2002, Pučko and Kraigher 2007).** Словенија је подељена на седам еколошких региона који су према потреби подељени на подрегионе. Региони и подрегиони су подељени на четири висинске зоне. Ове зоне су делимично дефинисане висином, а делимично еколошким карактеристикама на терену. Еколошки региони и подрегиони су издвојени на

основу следећих критеријума: вегетација, геолошке и педолошке карактеристике, фенологија репрезентативне врсте и клима. Границе између појединих региона и подрегиона су прилагођене постојећем газдовању, инфраструктури или постојећим административним границама, због чега их је лако наћи и пратити на терену. Ови региони и подрегиони су основа за издвајање региона провенијенција, при чему се региони провенијенција могу састојати од неколико еколошких региона и подрегиона. Даље, региони провенијенција су подељени на 4 висинске зоне:

- 1) низијска зона – до 300 m;
- 2) нижа планинска зона – 300-700 m;
- 3) средње планинска зона – 700-1.000 m и
- 4) виша планинска зона – преко 1.000 m.

**Словачка (Act of March... \*2004, OECD data base).** У Словачкој су издвојени региони провенијенција посебно за смрчу, јелу, бели бор, европски ариш, букву, китњак и лужњак. За све остале врсте дрвећа, територија Словачке је један регион провенијенција. Границе региона провенијенција су идентичне са спољним границама шумских региона које су укључене у један регион провенијенција. За потребе вертикалног трансфера репродуктивног материјала установљене су висинске зоне ширине 200 m, у распону од 200 до 1.400 m н.в., при чему репродуктивни материјал може бити премештен само у суседне висинске зоне.

**Француска (OECD data base).** Француска је подељена на неколико региона провенијенција, различитих за сваку врсту. Региони провенијенција су издвојени груписањем еколошких шумских региона који су дефинисани у француској инвентури шума. Узети су у обзир климатски, геолошки, педолошки, фенотипски и генетички подаци.

**Шведска (OECD data base).** Шведска је подељена на пет региона провенијенција који се простиру од југа ка северу.

Према OECD шеми за шумско семе и биљке (OECD Scheme for... 2007), установљавање региона провенијенција је фундаментално за примену шеме, чиме се издвајање региона провенијенција намеће као први обавезни корак за укључивање у ову организацију. Међутим, ово није само административни захтев, већ је пораст трансфера репродуктивног материјала шумског дрвећа, како по обиму, тако и по дистанци, условио потребу за праћењем кретања семена. Како природни семенски објекти (семенске састојине, групе стабала) нису у стању да задовоље растуће потребе за семенским материјалом, јавила се природна потреба за дефинисањем региона провенијенција. Наиме, још осамдесетих година 20. века, постојао је пораст тренда увоза семена букве из земаља југоисточне Европе у тадашњу Западну Немачку (Muhs 1985). Већина тог семена је долазила из Румуније. Поновна пошумљавања буквом страним семеном из различитих земаља, укључује одређене проблеме у вези са адаптацијом и генетичким материјалом увезеног материјала (Barriereet al. 1985). Овај проблем сам по себи оправдава истраживања у вези са регионима провенијенција.

Најбоље методе за издвајање региона провенијенција су комбинације провенијеничних огледа и генетичке анализе одређене врсте. Тренутно се издвајање региона провенијенција препоручује на основу особина станишта (вегетација, локалитет, геолошка подлога, земљиште, рељеф итд.) за које се претпоставља да утичу на генетичку варијабилност појединачних аутохтоних популација дрвећа. Накнадно се подела на регионе провенијенција проверава и допуњује на основу резултата провенијеничних тестова и анализе молекуларним маркерима.

Алозимски маркери су сматрани неодговарајућим за дефинисање региона провенијенција собзиром на чињеницу да је највећи део генетичке варијабилности алозимских локуса смештен унутар, а не између популација и да је стога тешко одредити обрасце дистрибуције морфолошких и квантитативних особина унутар ареала врсте. Ипак, у више радова је доказано да постоје јасни географски обрасци варијабилности појединих локуса, што указује на адаптивне механизме који руководе овим локусима (Belletti and Lanteri 1996; Hazler *et al.* 1997; Götöry *et al.* 1998; Götöry 2000). Изозимски маркери су коришћени од стране Götöry *et al.* 1998, за издвајање семених зона букве у Чешкој Републици; затим Götöry *et al.* 2003, за утврђивање просторних образаца генетичке варијабилности на Карпатима. Основни недостатак ових маркера, као и уосталом RAPD, је чињеница да се ради о неутралним маркерима, док је за издвајање региона провенијенција захвалније рад базирати на адаптивним маркерима (Götöry, D., приватна кореспонденција). ДНК маркери, микросателити, су успешно коришћени од стране Belletti *et al.* 2005, за идентификацију региона провенијенција белог јасена у Италији. Такође, у Италији су коришћена и понављања простих секвенци хлоропласта (cpSSR) за разграничење генетичких зона смрче (Vucci and Vendramin 2000).

Занимљив је приступ издвајања «станишно специфичних» фокалних тачака региона провенијенција. Овај метод је развијен за *Pinus banksiana* Lamb. и базира се на резултатима краткотрајног пољског огледа (Parker 1992). Овај приступ омогућује издвајање јединствене семене зоне за свако станиште пошумљавања, према потреби и базира се на поређењу биолошких података и коришћењу географског информационог система за укрштање оса варијабилности у циљу добијања полигона или фокалних тачака семених зона. Методологија фокалних тачака семених зона детерминише просторно експлицитне области адаптивне сличности за било коју изабрану географску тачку и користи се за упаривање семеног извора и места пошумљавања (Lesser and Parker 2006).

Hamann *et al.* 2000 су одређивали генералне препоруке за трансфер семена црвене јове (*Alnus rubra* Bong.), помоћу PCA анализе (Principal Component Analysis) за предвиђање норми реакције. Parker and Niejenhuis 1996 су за издвајање региона провенијенција *Picea mariana* Mill. у северозападном Онтарију, користили два сета података: 1) биолошке податке добијене у два уобичајена огледа у расаднику, једном огледу у пластенику и тесту измрзавања 75 провенијенција и 2) климатске податке за 30-то годишњи период. PCA анализа је коришћена за сумирање варијабилности главних компоненти раста и теста измрзавања, а PCA оса семенских извора је регресована насупрот климатских промењивих. Регресиона једначина је коришћена за моделовање обрасца адаптивне варијације и ови обрасци су репродуковани као контурне мапе помоћу ГИС-а. Упоредјујући резултате добијене PCA анализом, са другим приступима мултиваријантне анализе, пре свега анализом канонијских промењивих и канонијске корелације (CANCOR), Parker and Niejenhuis 1996 закључују да су ови приступи мање задовољавајући јер мапе семених зона садрже више дисконтинуитета. Међутим, упоредјујући семене зоне добијене канонијском корелацијом и оне базиране на регресионим фокалним тачкама, Lesser and Parker 2006 закључују да и ако и PCA и CANCOR користе податке климе за моделирање адаптивне варијације, CANCOR смањује број корака у анализи тако што симултано одређује односе биолошке и климатске промењиве који максимизују коваријансу између два сета података. И ако коришћење PCA регресионог модела преко климатске промењиве, описује више варијабилности адаптивних биолошких особина, овај метод производи мање реалистичне обрасце.

Campbell 1986 и Campbell and Sugano 1989, 1993, за издвајање семених зона и зона оплемењивања шумских врста дрвећа на северозападу САД, користе анализу која обухвата 11 корака: 1) анализирање варијансе (или коваријансе) података за свако станиште за сваку особину (или комбинацију 2 особине) на основу облика класификације; 2) процена компоненти варијансе и коваријансе, адитивне генетичке варијансе и наследности на индивидуалном нивоу садница; 3) процена генетичке корелације између особина на нивоу локације и на

фамилијарном нивоу генетичке варијабилности; 4) редуковање димензије у подацима применом анализе основних компоненти (PCA – Principal Component Analysis) матрице генетичке корелације; 5) рачунање резултата фактора из еугенвектора за сваку сигнификантну основну компоненту; 6) описивање образаца генетичке варијабилности у резултатима фактора за сваку основну компоненту помоћу регресионе анализе (backward stepwise) коришћењем индекса станишта родитељских стабала као независно промењиву; 7) рачунање недостатка кондиције коришћењем варијабилности између дрвећа на локалитету као чисте грешке; 8) мапирање образаца генетичке варијабилности на основу предвиђања из регресионе једначине из корака 6; 9) подела региона на привремене семене зоне базиране на визуелном прегледу образаца генетичке варијабилности; 10) рачунање фактора ризика као фракције непоклапања између дистрибуције резултата фактора унутар природног и интродукованог извора семена и 11) понављање корака 10 двестотине пута у свакој привременој зони, свако понављање представља један хипотетички трансфер између случајно изабраних локација за садњу и случајно изабраних извора семена. Кораци 9, 10 и 11 се понављају све док мање од 5% трансфера унутар зоне ствара ризик већи од 0,5. Просечан ризик повезан са таквом зоном треба да буде мањи од 0,25, тј. унутар такве зоне за око 25% посађених садница се очекује да буду лоше адаптиране, у поређењу са локалним извором семена. Од станишних карактеристика, на локацијама порекла репродуктивног материјала, мерили су надморску висину, географску ширину, нагиб, експозицију, вертикалну удаљеност од врха и од подножја нагиба и правац речних дренажа испод локације полазног материјала. Такође, користили су и педолошке карте имапе водотокова ради класификације сваке локације.

Ducci *et al.* 2005 дају предлог еколошког зонирања Италије, базиран на еко-педолошким мапама као помоћ за дефинисање региона провенијенција. При томе наглашавају потребу за снажном координацијом са административним регионима, у смислу терминологије и протокола. Према OECD шеми за шумско семе и биљке (OECD Scheme for... 2007), установљивање региона провенијенција треба извршити на основу административних и географских граница, и где је то примењиво, на основу висинских или других одговарајућих граница које су значајне у некој земљи.

Постојеће решење о регионима провенијенција букве у Србији донекле се ослања на резултате докторске дисертације о примени просторне анализе генетичког диверзитета у дефинисању и разграничењу региона провенијенција шумских врста дрвећа (Ivetić 2009). У циљу утврђивања методологије издвајања региона провенијенција у Србији, на примеру букве, као врсте са највећом хоризонталном и висинском амплитудом, примењене су различите методе просторне анализе генетичког диверзитета. На основу претходних истраживања, која су обухватила шест популација у оквиру природног распрострањења букве у Србији, изабране су методе за дефинисање региона провенијенција. Основна истраживања у овом раду, обухватила су материјал из 27 природних популација букве у Србији. Генетичка компонента истраживања базира се на анализи RAPD маркера из збирних узорака, коришћењем 28 прајмера. Конвенционални приступ обраде генетичких података обухватио је рачунање различитих коефицијената генетичке дистанце (њих 13) између испитиваних популација и њихово груписање на основу ових дистанци кластер анализом - методом UPGMA. Климатска компонента истраживања базирасе на основним параметрима климе (температура ваздуха и количина падавина), интерполираним за локације испитиваних популација методом кригинга, на основу тридесетогодишњих података (нормале) из 29 сталних метеоролошких станица у земљи и 10 у окружењу. На основу ових података, израчунате су климатске дистанце између локација испитиваних популација. Однос генетичких и климатских дистанци је испитан рачунањем Пирсоновог коефицијента корелације и том приликом није утврђена статистички значајна зависност између ова два параметра. Просторна компонента истраживања, базира се на географском положају испитиваних популација. Географски положај популација, у форми координата (X m, Y m) и надморске висине (m), у координатном систему UTM, зона 34,

коришћен је за рачунање Еуклидових просторних дистанци. Генетичке и просторне дистанце су коришћене за просторну анализу генетичког диверзитета, применом просторне аутокорељације, Мантеловог теста и методе PCoA. Даља истраживања, као и визуализација просторне дистрибуције генетичког диверзитета, вршена су интерполацијом генетичког рељефа. Груписање испитиваних популација у регионе, као и њихово разграничење, извршено је применом Монмонијеровог алгоритма највећих разлика. За визуализацију резултата и израду карата региона провенијенција букве у Србији, коришћен је ГИС, чија је база података обухватила резултате наведених истраживања.

## **2. Циљеви пројекта**

У смислу отклањања недостатака и препрека у примени постојећег решења о регионима провенијенција букве у Србији, постављени су следећи циљеви:

1. Утврђивање недостатака постојећег решења о Установљавању региона провенијенција букве у Србији.
2. Редифинисање установљених региона провенијенција букве на бази претходних и најновијих резултата испитивања молекуларно-генетичке варијабилности и еколошке припадности истраживаних популација.

### 3. Извршене активности на реализацији пројекта

#### 3.1. Утврђивање недостатака постојећег решења о Установљавању региона провенијенција букве у Србији

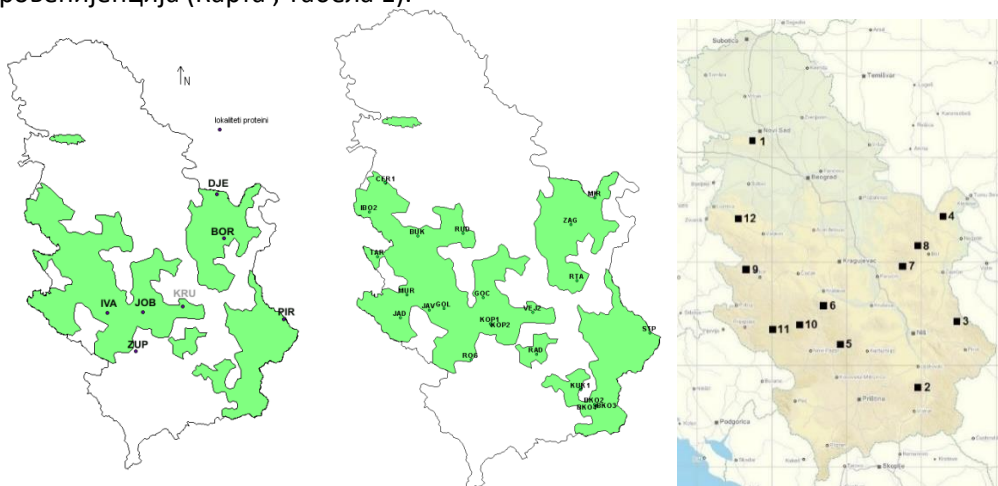
У циљу утврђивања недостатака постојећег решења, прикупљене су и анализирани примедбе колега са терена. Ова активност је обављена путем телефонских разговора, као и личних сусрета, првенствено са колегама из источне Србије и нишког газдинства у оквиру ЈП „Србијашуме“, код којих је пријављен највећи број примедби.

#### 3.2. Анализа генетичке варијабилности на основу досадашњих резултата применом различитих маркера

Ова анализа је пре свега заснована на проучававању и синтези резултата једне докторске дисертације (Ivetić 2009) и Пројекта финансираног од стране Управе за шуме: Дефинисање таксономског статуса букве у Србији (Šijačić-Nikolić et al. 2016 и 2017). Поред ова два извора која су у својим истраживањима користила молекуларне маркере, коришћена је и бројна литература домаћих аутора која је проучавала варијабилност анатомских, физиолошких и морфолошких карактеристика различитих провенијенција букве у Србији, укључујући и два провенијенцијна теста букве основана у Србији.

#### 3.3. Употпуњавање досада извршених истраживања анализом две популације: Јастебац и Јелова гора

Претходна истраживања генетичке варијабилности букве у Србији обухватила су велики број провенијенција (Карта, Табела 1).



Карта 3:

Положај популација које су у претходним истраживањима коришћене за анализу укупних протеина (лево), RAPD маркера (у средини) и нуклеарних микросателита (десно)

Табела 1: Преглед провенијенција коришћених за испитивање генетичке варијабилности букве у Србији у претходним истраживањима

РБ	Провенијенција	н.в. (m)	Маркери	Извор
1	Авала	475	Морфо-, физиолошки, анатомски	Stojnić 2013, Šijačić-Nikolić et al. 2017
2	Бесна Кобила 2	1.132	RAPD	Иветић 2009
3	Бесна Кобила 3	1.220	RAPD	Иветић 2009
4	Бесна Кобила 4	1.250	RAPD	Иветић 2009
5	Бор	880	Протеини	Иветић 2009
6	Борања	410	Морфо-, физиолошки, анатомски	Stojnić 2013, Šijačić-Nikolić et al. 2017
7	Борања	650	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
8	Букови	768	RAPD	Иветић 2009
9	Велики Јастребац 2	561	RAPD	Иветић 2009
10	Голија	860	RAPD	Иветић 2009
11	Голија	1300	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
12	Гоч	834	RAPD	Иветић 2009
13	Гоч	870	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
14	Ђердап	540	Протеини	Иветић 2009
15	Жагубица	774	RAPD	Иветић 2009
16	Жагубица	460	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
17	Зубин Поток	1.160	Протеини	Иветић 2009
18	Ивањица	1.250	Протеини	Иветић 2009
19	Источна Борања 2	870	RAPD	Иветић 2009
20	Јавор	1.534	RAPD	Иветић 2009
21	Јавор	1350	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
22	Јадовник	646	RAPD	Иветић 2009
23	Јошаничка Бања	620	Протеини	Иветић 2009
24	Копаник	820	Морфо-, физиолошки, анатомски	Stojnić 2013, Šijačić-Nikolić et al. 2017
25	Копаник	1000	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
26	Копаник 1	1.580	RAPD	Иветић 2009
27	Копаник 2	1.097	RAPD	Иветић 2009
28	Кукавица	1060	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
29	Кукавица 1	731	RAPD	Иветић 2009
30	Кукавица 2	985	RAPD	Иветић 2009
31	Кукавица 3	1.041	RAPD	Иветић 2009
32	Кукавица 5	1.122	RAPD	Иветић 2009
33	Мироч	286	RAPD	Иветић 2009
34	Мироч	500	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
35	Муртеница	1.348	RAPD	Иветић 2009
36	Пирот	1.050	Протеини	Иветић 2009
37	Радан	635	RAPD	Иветић 2009
38	Рогозна	865	RAPD	Иветић 2009
39	Ртањ	728	RAPD	Иветић 2009
40	Рудник	637	RAPD	Иветић 2009
41	Рудник	850	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
42	Сењски Рудник	920	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
43	Стара Планина	917	RAPD	Иветић 2009
44	Стара планина	800	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
45	Тара	1.089	RAPD	Иветић 2009
46	Тара	1075	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
47	Фрушка гора	370	Морфо-, физиолошки, анатомски	Stojnić 2013, Šijačić-Nikolić et al. 2017
48	Фрушка гора	300	Нуклеарни микросателити	Шијачић-Николић et al. 2017
49	Цер	745	Морфо-, физиолошки, анатомски	Stojnić 2013, Šijačić-Nikolić et al. 2017
50	Цер 1	644	RAPD	Иветић 2009
51	Цер 2	645	RAPD	Иветић 2009

Анализом популација које су у претходним истраживањима коришћене за истраживање генетичке варијабилности букве у Србији, уочен је изостанак две веома важне популације



букве: Јастебац и Јелова гора. Ове две популације су обухваћене реализацијом овог Пројекта. Наиме, молекуларно-генетичка варијабилност природних популација букве на подручју Србије утврђена је на бази истраживања која су реализована у оквиру пројекта "Дефинисање таксономског статуса букве у Србији" фаза I и II, којим је обухваћено 13 природних популација и истраживања спроведених у оквиру овог пројекта која су обухватили још ове две природне популације.

Табела 2: Преглед популација са бројем узоркованих индивидуа по локалитету и типу сакупљеног материјала за изолацију ДНК

Бр.	Локалитет	Надморска висина
1	Фрушка гора	300
2	Кукавица	1060
3	Стара планина	800
4	Мироч	500
5	Копаноник	1000
6	Гоч	870
7	Сењски Рудник	920
8	Жагубица	460
9	Тара	1075
10	Голија	1300
11	Јавор	1350
12	Борања	650
13	Рудник	850
14	Јастребац	1150
15	Јелова гора	950

Молекуларно-генетичка истраживања су спроведена у више фаза, у складу са претходним истраживањима у оквиру пројекта "Дефинисање таксономског статуса букве у Србији" фаза I и II и обухватила су:

1. Одабир природних популација букве;
2. Сакупљање и припрема биљног материјала (листова или пупољака);
3. Хомогенизација биљног материјала;
4. Екстракцију тоталне геномске ДНК;
5. Проверу приноса и квалитета ДНК изолата;
6. Одабир нуклеарних микросателита;
7. Паралелно умножавање нуклеарних микросателита ланчаном реакцијом полимеразе (*PCR - Polymerase Chain Reaction*);
8. Проверу успешности PCR амплификације на агарозном гелу;
9. Утврђивање дужине продукта PCR амплификације (*scoring*);
10. Утврђивање нивоа генетичког диверзитета и генетичке диференцијације испитиваних популација букве.

Тотална геномска ДНК је из биљног материјала екстрахована коришћењем различитих комерцијалних китова за екстракцију биљне ДНК према протоколу произвођача (*peqGOLDPlantDNAMiniKit*(PEQLAB)<sup>1</sup>*DNeasyPlantMiniKit*(QIAGEN)<sup>2</sup>,*NucleoSpin® PlantII* (Macherey Nagel)<sup>3</sup>).

<sup>1</sup>[https://de.vwr.com/assetsvc/asset/de\\_DE/id/17035093/contents](https://de.vwr.com/assetsvc/asset/de_DE/id/17035093/contents)

<sup>2</sup>[http://clough.cropsci.illinois.edu/protocols/qiagen/DNeasy\\_Plant\\_Handbook\\_October\\_2012.pdf](http://clough.cropsci.illinois.edu/protocols/qiagen/DNeasy_Plant_Handbook_October_2012.pdf)

<sup>3</sup>[https://www.mn-net.com/Portals/8/attachments/Redakteure\\_Bio/Protocols/Genomic%20DNA/UM\\_gDNAPlant\\_NSPlantII.pdf](https://www.mn-net.com/Portals/8/attachments/Redakteure_Bio/Protocols/Genomic%20DNA/UM_gDNAPlant_NSPlantII.pdf)

Листа 13 нуклеарних микросателита који су коришћени за умножавање код индивидуа букве, њихове карактеристике, секвенце прајмера за њихову амплификацију и аутори локуса, дата је у Табели 3.

Табела 3: Карактеристике коришћених једарних микросателита

Редни број	Назив локуса	Секвенце прајмера (5'-3') (Forward/Reverse Primers)	Мотив поновка	Бр. алела	Дужина фр. (bp)	Референца	Боја
1	csolfagus_31	F: TCTATTGACACAAGAATAAGAACACC R: CTTGGCAAGAAAAGGGGATT	(AG) <sub>12</sub>	9	104-126	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	PET
2.	Fagsyl_003994	F: ACAAGGAATCGTGGAGCTG R: ACACATTCTGCCTCAAAGTACC	(GA)	10	110-136	Pluess and Määttänen (2013)	6-FAM
3.	Fagsyl_000905	F: GATCATAGCGCCGAATTGG R: GGTCTCTCTCTGGTACAAC	(TGT)	5	146-168	Pluess and Määttänen (2013)	VIC
4.	csolfagus_19	F: TGCCCATGAGGTTTGTATCA R: GCCGAATAACCCAGAAAACA	(TC) <sub>13</sub>	10	154-182	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	NED
5.	Fagsyl_003273	F: GGATCCACTGGCACTTTTG R: TGCAATATTACCCTGGGCTG	(GT)	6	185-191	Pluess and Määttänen (2013)	PET
6.	FS 1-03	F: CACAGCTTGACACATCCAAC R: TGGTAAAGCACTTTTCCCACT	(GA) <sub>18</sub>	21	90-132	Pastorelli <i>et al.</i> (2003)	VIC
7.	FS 1-15	F: TCAAACCCAGTAAATTCTCA R: GCCTCAATGAACCTCAAAAAC	(GA) <sub>26</sub>	11	105-149	Pastorelli <i>et al.</i> (2003)	NED
8.	DE576_A_0	F: TCTCCTTAGATCCACAATCACA R: AGCTCTTATTGCTCAGAACG	(CAA) <sub>10</sub>	7	211-232	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	VIC
10.	mfc5	F: ACTGGGACAAAAAACA R: GAAGGACCAAGGCACATAAA	(AG) <sub>10</sub>	21	277-329	Tanaka <i>et al.</i> (1999)	NED
11.	csolfagus_06	F - GTTGTGCTCACAGCAGTCG R - ACGCTTGGTCTTCTGCACT	(AG) <sub>13</sub>	9	203-221	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	6-FAM
12.	sfc1143	F - TGGCATCCTACTGTAATTTGAC R - ATTCCACCCACCATCTGTC	(AG) <sub>21</sub>	17	96-136	Asuka <i>et al.</i> (2004)	PET
13.	sfc0018	F - GAAGCAGAGCATTGTATTGG R - CATCTGTTTCAGTCTGTAAAGG	(AG) <sub>17</sub>	11	161-191	Asuka <i>et al.</i> (2004)	PET

#### Параметри генетичког диверзитета

Варијабилност једарних микросателита је коришћена за израчунавање параметара генетичког диверзитета: број алела (A), ефективни број алела (Ae), број приватних алела по популацији (PA), добијена хетерозиготност (H<sub>o</sub>) и очекивана хетерозиготност (H<sub>e</sub>) који су утврђени за сваки локус у свакој популацији, за сваку популацију, и у укупном узорку коришћењем програмског пакета GenAlEx 6.5 (Peakall и Smouse 2006).

Параметри генетичког диверзитета у природним популацијама са подручја Србије су представљени у табели 10.

#### Генетичка диференцијација популација

За процену генетичке диференцијације популација је коришћена Рајтова (Wright - ова) F статистика (F<sub>st</sub>). F<sub>st</sub> вредности између парова популација, утврђење коришћењем програмског пакета су представљене у табели 11, у поглављу Резултати.

### **3.4. Редифинисање установљених региона провенијенција букве на бази најновијих резултата испитивања генетичке варијабилности и еколошке припадности истраживаних популација**

У оквиру ове активности извршено је редифинисање постојећих региона провенијенција (Карта 13 у поглављу Резултати), на основу претходних (Карта 11 у поглављу Резултати) и најновијих (Карта 12 у поглављу Резултати) резултата испитивања генетичке варијабилности и еколошке припадности истраживаних популација. Поред овога, нови региони су дефинисани узимајући у обзир и природне и административне границе од значаја за сакупљање и промет семена букве. Поред израде дигиталне карте, извршен је и опис граница региона, како би се на терену олакшало одређивање припадности одређеном региону.

### **3.5. Провера и прилагођавање граница на терену**

У оквиру ове активности извршене су посете појединим локалитетима од интереса за реализацију Пројекта, како би се на терену или у разговору са колегама из праксе, утврдиле најбоље границе између појединих региона провенијенција. У том смислу извршене су посете следећих локалитета:

1. Кукавица,
2. Камена гора,
3. Пријепоље,
4. Фрушка гора,
5. Крушевац,
6. Пожега,
7. Стара планина.

### **3.6. Дефинисање препорука за трансфер репродуктивног материјала букве у хоризонталном и вертикалном смислу**

У биогеографском смислу, буква се јавља у средњеевропском биогеографском региону, у оквиру кога највеће популације гради у балканској провинцији. С обзиром на хетерогеност и фрагментираност станишта букве у Србији, оваква класификација нема практичног значаја у семенарству због чега је неопходно установити додатне препоруке за трансфер њеног репродуктивног материјала. Семенске објекте букве у Србији скоро искључиво чине семенске састојине, које својим бројем, површином па самим тим и капацитетом, далеко превазилазе тренутне потребе за семенским материјалом букве на домаћем тржишту. Ово је пре свега последица система газдовања буковим шумама у Србији, који се пре свега, или тачније, искључиво ослања на природну обнову.

У оквиру ове активности израђене су препоруке за трансфер репродуктивног материјала букве у хоризонталном и вертикалном смислу.

## 4. Резултати

### 4.1. Утврђивање недостатака постојећег решења о регионима провенијенција букве у Србији

Најважнији уочени недостаци примене постојећег решења о регионима провенијенција букве у Србији су:

- 1) нејасне границе на терену,
- 2) постојање природних популација букве које нису обухваћене постојећим регионима провенијенција, и
- 3) непокривеност целе територије Републике.

Највише примедби је било у ШГ Нишу оквиру ЈП „Србијашуме“, конкретно у газдинским јединицама: ГЈ Буковик-Мратиња, ГЈ Буковик-Алексиначки, ГЈ Обла Глава, ГЈ Озрен-Лесковик, ГЈ липовачко- црногорске шуме, ГЈ Девица, ГЈ Каменички ви I и II, ГЈ Селичевица-Коритник И ГЈ Бабичка гора.

Такође, пријављен је и проблем са популацијама букве на Авали и Космају, која није обухваћена ниједним важећим регионом провенијенција. Овај недостатак је последица чињенице да ова популација није забележена у Националној инвентури шума из 2009. године.

Чињеница да постојећи региони провенијенција букве не покривају целу територију Републике Србије представља конкретан проблем у случајевима популација које нису приказане у Националној инвентури шума из 2009. године, као што је приказано на примеру Авале и Космаја, јер се постојеће решење заснива на карти ареала букве у Србији која је израђена на основу резултата те инвентуре. Међутим, овај недостатак може представљати проблем и у случајевима обнове или оснивања нових шума букве на стаништима ван ареала утврђеног на овај начин, а која представљају природна станишта букве.

### 4.2. Анализа генетичке варијабилности на основу досадашњих резултата применом различитих маркера

До сада су у Србији спроведена бројна истраживања употребом различитих молекуларних маркера, па су и тренутни региони провенијенција установљени једним делом на истраживањима извршеним RAPD маркерима. Међутим, због ограничених средстава, као и других објективних разлога, ни једна истраживања нису обухватила све најважније популације букве у Србији. Такође, у међувремену су развијени много информативнији маркери у виду микросателита који су коришћени у неким истраживањима букве у Србији.

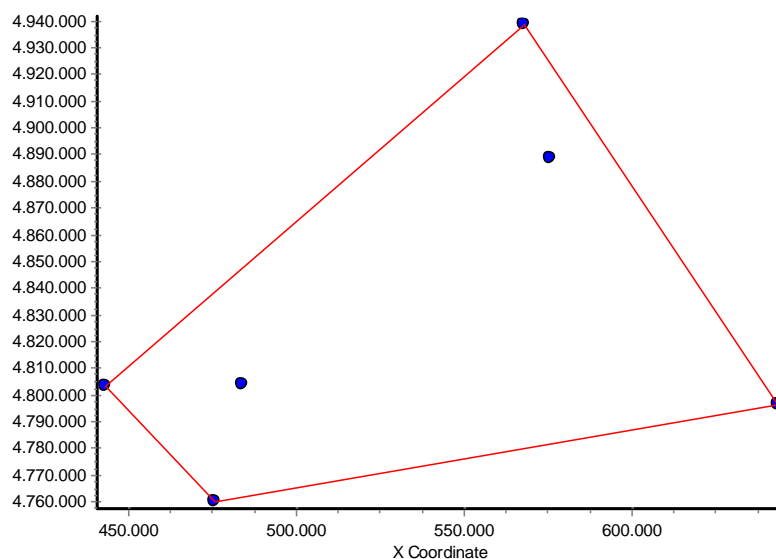
У овом поглављу дат је преглед резултата досадашњих истраживања генетичког диверзитета букве у Србији са акцентом на просторни распоред њених популација и њихово груписање.

Први покушај дефинисања региона провенијенција букве у Србији применом просторне анализе генетичког диверзитета извршен је применом укупних протеина и RAPD маркера (Ivetić 2009). У оба случаја коришћени су различити методи и технике за израчунавање генетичких дистанци између популација и њихово касније груписање.

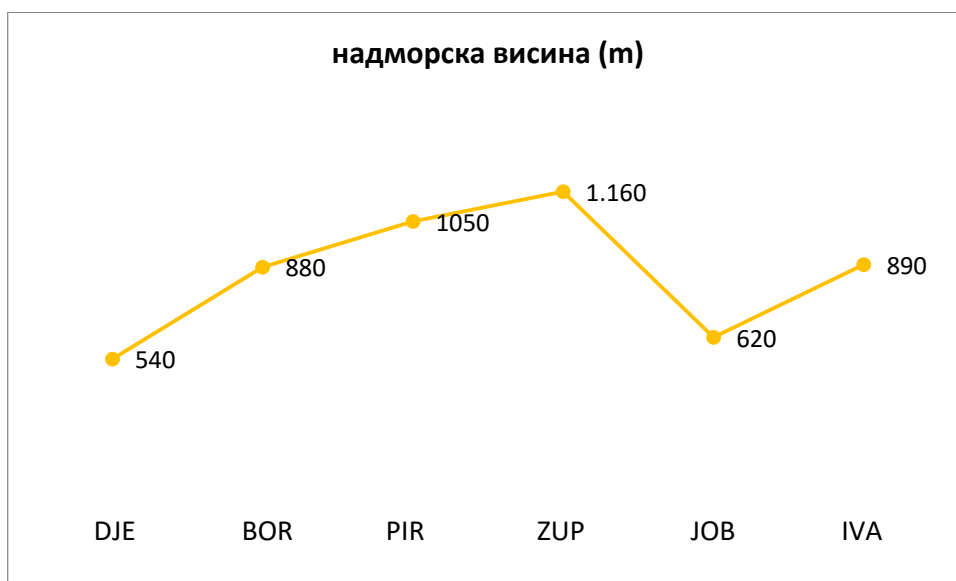
У случају протеина, истраживано је шест популација (Табела 4, Графики 1 и 2), најпрецизнијим се показала кластер анализа (UPGMA) укупних протеина применом генетичких дистанци израчунатих помоћу коефицијента заједничких предака. Наиме, примена метода bootstrapping са 10.000 пермутација применом овог метода произведено је свега 119 повезаних стабала, односно 1,19 % репликација. Резултати ове кластер анализе (Графикон 3) показују да се на најмањој дистанци повезују популације Бор и Ивањица (0,2662). Њима се на доста већој дистанци (0,4098) придружује популација Зубин Поток, те се ове три популације могу сврстати у једну групу. Другу групу чине популације Ђердап и Јошаничка Бања, које се повезују на дистанци од 0,4293. Ова група се са првом повезује на дистанци од 0,5050. Једино што је заједничко у резултатима кластер анализе применом коефицијента процене коефицијента заједничких предака на бази индивидуалних узорака и резултата кластер анализе применом осталих коефицијента генетичке дистанце на бази збирних узорака, је велика издвојеност популације Пирот од осталих популација. Популација Пирот се може сврстати у трећу групу и повезује се са осталим популацијама на дистанци од 0,8738.

Табела 4: Популације истраживане применом укупних протеина (Ivetić 2009)

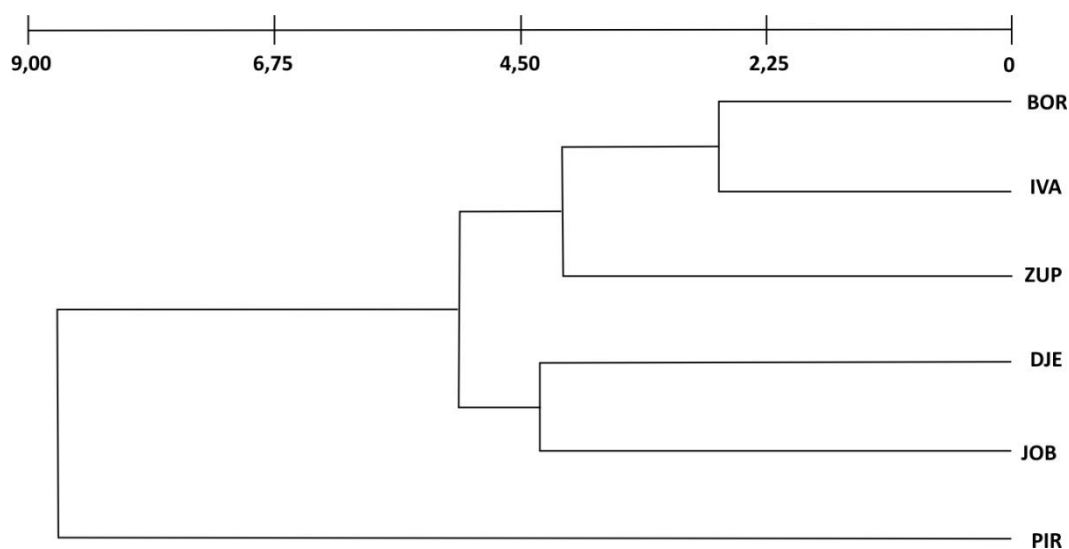
РЕДНИ БРОЈ	ШИФРА	ЛОКАЛИТЕТ	X (m)	Y (m)	H (m н.в.)
1	DJE	Ђердап	567.958	4.938.651	540
2	BOR	Бор	575.731	4.888.442	880
3	PIR	Пирот	643.797	4.796.217	1.050
4	ZUP	Зубин Поток	475.523	4.760.083	1.160
5	JOB	Јошаничка Бања	483.926	4.803.881	620
6	IVA	Ивањица	442.960	4.803.150	1.250



Графикон 1: Положај популација у координатном систему, из којих су сакупљани узорци за анализу укупних протеина



Графикон 2: Надморске висине популација из којих су сакупљани узорци за анализу укупних протеина

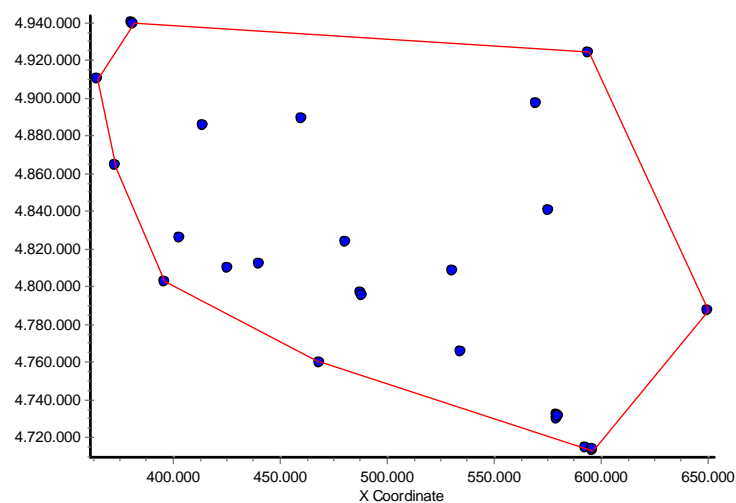


Графикон 3: Дендрограм кластер анализе генетичких дистанци израчунатих по коефицијенту заједничких предака

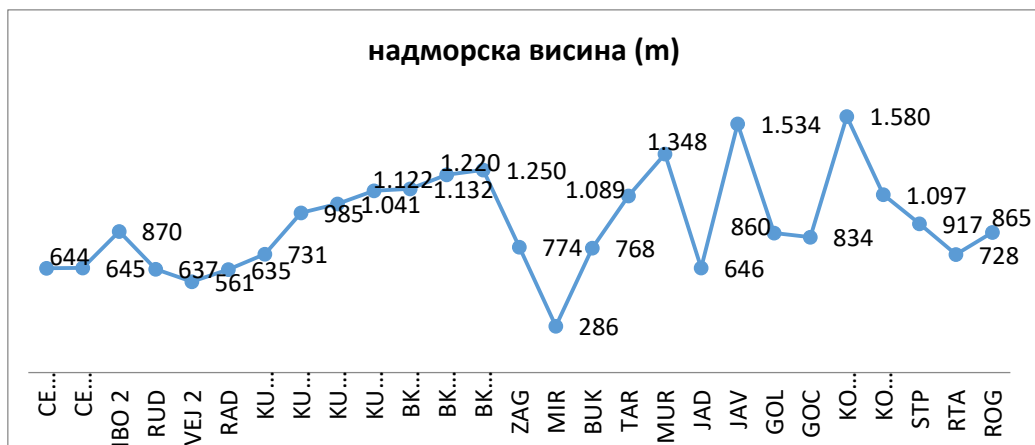
У случају RAPD маркера, истраживања су обухватила 27 популација букве (Табела 5) са широким обухватом у хоризонталном (Графикон 4) и вертикалном (Графикон 5) смислу.

Табела 5: Популације истраживане применом RAPD маркера(Ivetić 2009)

Редни број	Шифра	Локалитет	X (m)	Y (m)	H (m н.в.)
1	CER 1	Цер 1	381.506	4.939.240	644
2	CER 2	Цер 2	380.965	4.939.670	645
3	IBO 2	Источна Борања 2	364.735	4.909.790	870
4	RUD	Рудник	460.073	4.888.475	637
5	VEJ 2	Велики Јастребац 2	530.548	4.807.902	561
6	RAD	Радан	534.459	4.765.121	635
7	KUK 1	Кукавица 1	579.310	4.729.560	731
8	KUK 2	Кукавица 2	579.917	4.730.770	985
9	KUK 3	Кукавица 3	580.032	4.731.459	1.041
10	KUK 5	Кукавица 5	579.128	4.731.578	1.122
11	BKO 2	Бесна Кобила 2	593.073	4.714.355	1.132
12	BKO 3	Бесна Кобила 3	596.375	4.713.339	1.220
13	BKO 4	Бесна Кобила 4	596.332	4.712.968	1.250
14	ZAG	Жагубица	569.673	4.896.900	774
15	MIR	Мироч	594.123	4.923.968	286
16	BUK	Букови	413.983	4.885.454	768
17	TAR	Тара	373.111	4.864.294	1.089
18	MUR	Муртеница	403.225	4.825.801	1.348
19	JAD	Јадовник	396.291	4.802.298	646
20	JAV	Јавор	425.408	4.809.939	1.534
21	GOL	Голија	440.379	4.811.762	860
22	GOC	Гоч	480.413	4.823.148	834
23	KOP 1	Копаоник 1	487.561	4.796.468	1.580
24	KOP 2	Копаоник 2	488.711	4.794.821	1.097
25	STP	Стара Планина	649.909	4.786.947	917
26	RTA	Ртањ	575.766	4.840.057	728
27	ROG	Рогозна	468.330	4.759.644	865



Графикон 4: Положај популација у координатном систему, из којих су сакупљани узорци за анализу применом RAPD маркера (Ivetić 2009)



Графикон 5: Надморске висине популација из којих су сакупљани узорци за анализу применом RAPD маркера (Ivetić 2009)

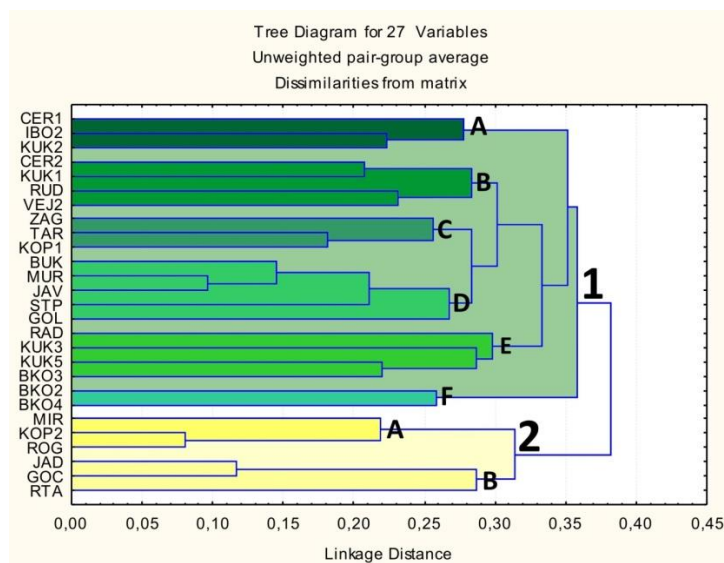
Као и у случају укупних протеина, коришћени су различити методи и технике за израчунавање генетичких дистанци између популација и њихово касније груписање. Резултати кластер анализе RAPD маркера на основу генетичке дистанце израчунате по Jaccard коефицијенту на збирним узорцима, показују да се све испитиване популације могу сврстати у две групе, 1 и 2, са више подгрупа (Графикон 6) и то:

Група 1 – 21 популација, са шест подгрупа:

- подгрупа А – 3 популације: Цер 1, Источна Борања 2 и Кукавица 2;
- подгрупа В – 4 популације: Цер 2, Кукавица 1, Рудник и Велики Јастребац 2;
- подгрупа С – 3 популације: Жагубица, Тара и Копаоник 1;
- подгрупа D – 5 популација: Букови, Муртеница, Јавор, Стара планина и Голија;
- подгрупа Е – 4 популације: Радочело, Кукавица 3, Кукавица 5 и Бесна Кобила 3;
- подгрупа F – 2 популације: Бесна Кобила 2 и Бесна Кобила 4.

Група 2 – 6 популација, са две подгрупе:

- подгрупа А – 3 популације: Мироч, Копаоник 2 и Rogозна;
- подгрупа В – 3 популације: Јадовник, Гоч и Ртањ.



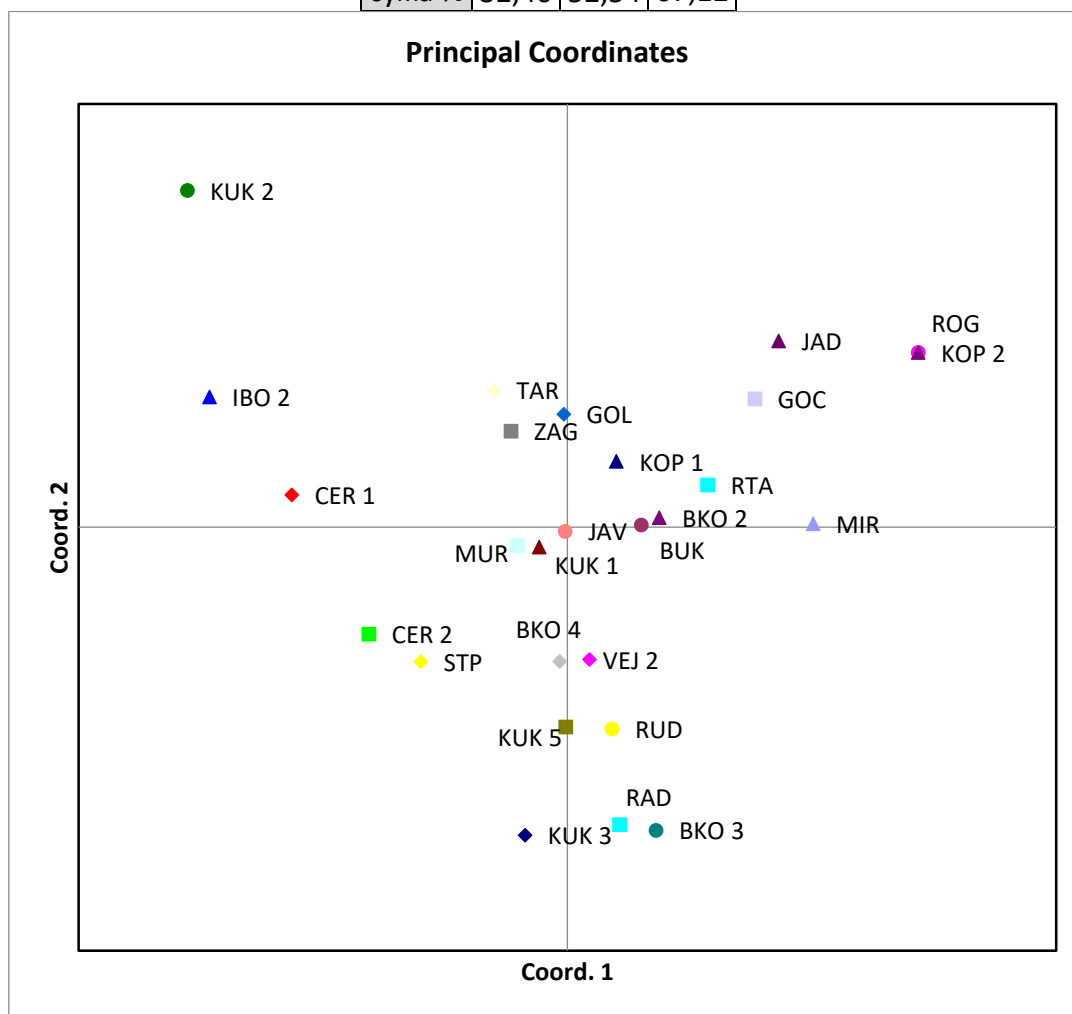
Графикон 6: Дендрограм кластер анализе генетичких дистанци збирних узорака, на основу RAPD маркера, израчунатих по Jaccard коефицијенту генетичке дистанце



PcoorA анализа је урађена на основу стандардизованих података из матрица Еуклидових географских дистанци и генетичких дистанци, израчунатих по формули 19. Резултати PcoorA анализе позатују да прве три осе варијабилности обухватају 67,12% укупне варијабилности.

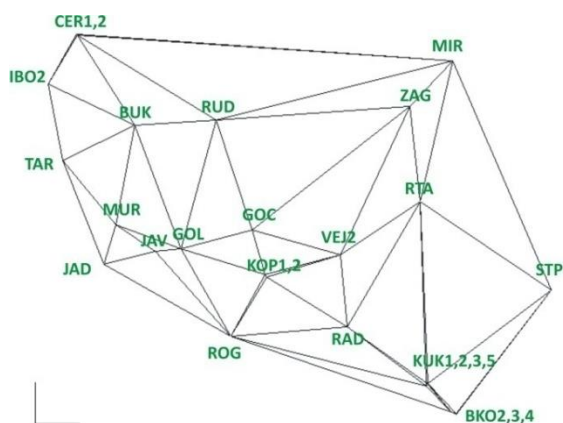
Табела 6: Процент варијабилности обухваћен са прве три осе

оса	1	2	3
%	32,40	20,14	14,59
сума %	32,40	52,54	67,12

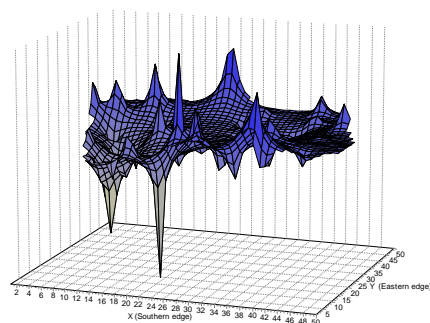


Графикон 7: Резултати PcoorA анализе на основу прве две осе које обухватају највећи део варијабилности (52,54%)

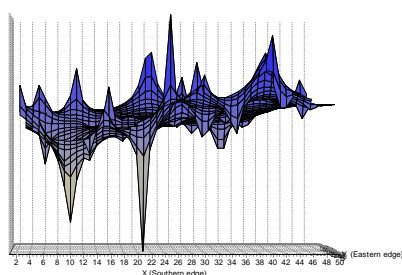
Ова истраживања су даље ишла у правцу интерполације генетичког рељефа применом сирових података и Delaunay триангулације. Недостатак прављења мреже између испитиваних популација путем Delaunay триангулације лежи у чињеници да се генетичка дистанца рачуна само између суседних локација, а не између свих парова испитиваних локација. Због ове чињенице имамо само 70 тачака са реалним вредностима генетичке дистанце, док се за осталих 2.430 чворова мреже генетичког рељефа, вредности генетичке дистанце добијају интерполацијом.



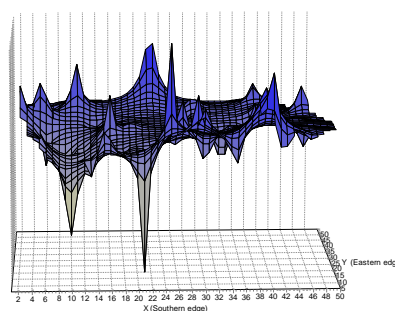
Delaunay триангулација



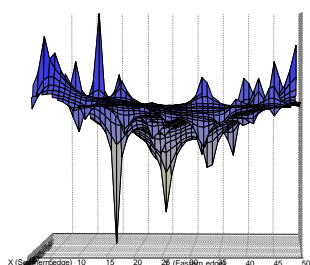
поглед из правца југоистока



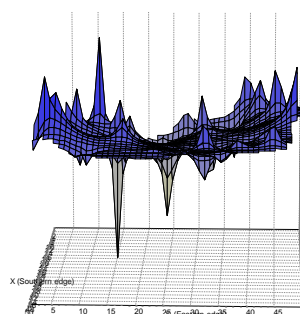
поглед са југа – хоризонтално



поглед са југа – косо



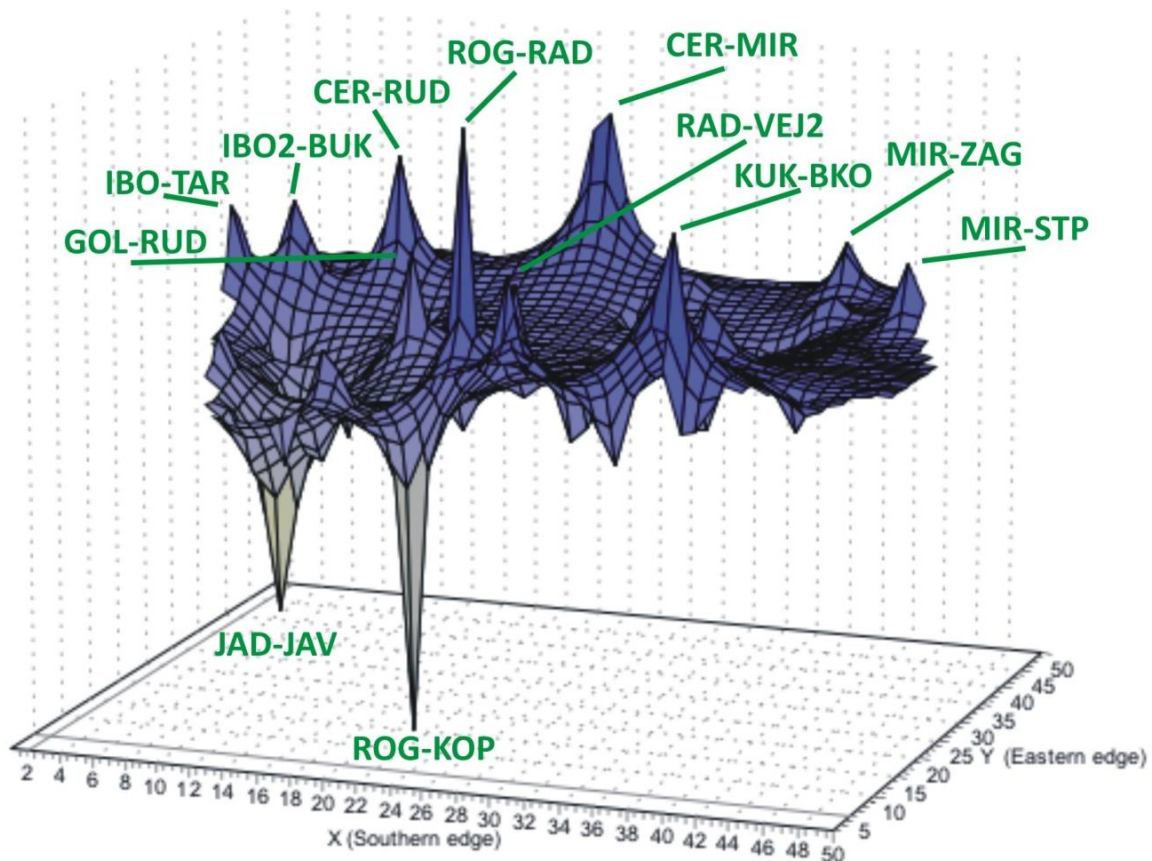
поглед са истока – хоризонтално



поглед са истока – косо

Графикон 8: Резултати интерполације генетичког рељефа применом сирових података и Delaunay триангулације за прављење мреже између испитиваних популација

Коришћењем сирових података о вредностима генетичке дистанце и Delaunay триангулације за прављење мреже између испитиваних популација (графикон 8 и 9) добијен је генетички рељеф са неколико изражених пикова. Тако можемо видети да је најмања генетичка дистанца између популација ROG (Рогозна) и KOP2 (Кобаоник 2), и JAD (Јадовник) и JAV (Јавор). Највећи пикови се јављају између популација ROG (Рогозна) и RAD (Радочело), CER (Цер) и MIR (Мироч) и група популација KUK (Кукавица) и BKO (Бесна Кобила).



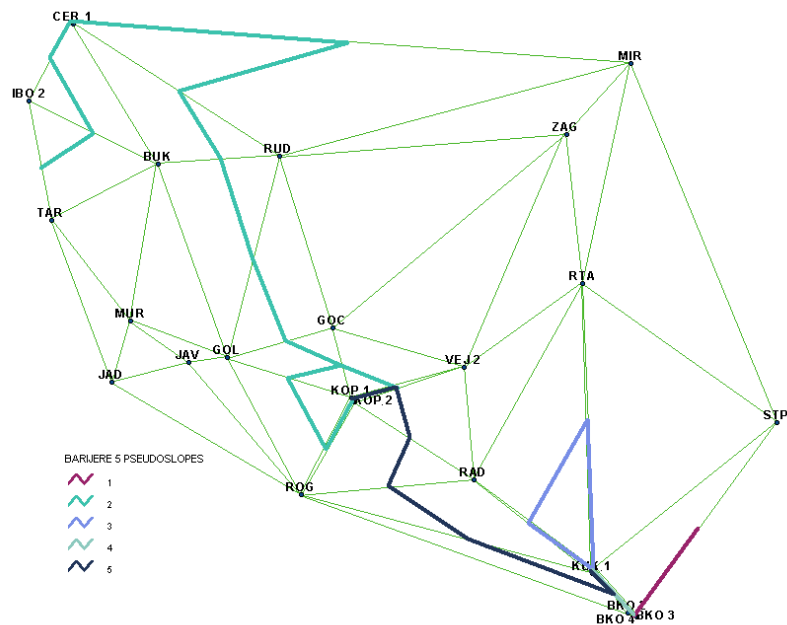
Графикон 9: Изглед генетичког рељефа добијеног применом сирових података и Delaunay триангулације, са највишим и најнижим вредностима генетичке дистанце

Коришћење остатака вредности генетичких дистанци за интерполацију, дало је исте резултате, односно исти рељеф као и код употребе сирових података, због чега ови резултати нису приказани.

За одређивање граница између популација букве у Србији примењен је Монмонијеров алгоритам максималних разлика. Број детектованих баријера у анализи може се мењати. На основу више проба са испитиваним подацима утврђено је да се у оквиру овог истраживања, најбоља визуализација постиже са пет баријера. Такође, у зависности од начина обраде сирових генетичких података, баријере (границе) се могу значајно разликовати (Ivetić *et al.* 2009<sup>f</sup>). Због тога су приказани резултати три начина припреме генетичких дистанци (при чему је коришћена једноставна генетичка дистанца – Miller 2005).

Резултати примене Монмонијеровог алгоритма на основу генетичких дистанци исправљених на основу географских дистанци (PSEUDOSLOPES) показују шест сегмената (графикон 10), и то:

1. Северозападни регион – обухвата Цер и Источну Борању;
2. Југозападни регион – обухвата локалитете Букови, Тара, Муртеница, Јадовник, Јавор, Голија и Рогозна;
3. Копаоник;
4. Источни регион – обухвата локалитете Рудник, Гоч, Велики Јастребац, Радан, Мироч, Жагубицу, Ртањ и Стару планину;
5. Кукавица;
6. Југоисточни регион – југоисточно од Бесне Кобиле.



Графикон 10: Баријере добијене применом Монмонијеровог алгоритма, коришћењем генетичких дистанци исправљених на основу географских дистанци (pseudoslopes)

Коришћење географски исправљених генетичких дистанци је пожељно када се ради о узорцима сакупљеним у тродимензионалном простору, односно када се поред географске ширине и дужине, мора узети у обзир и надморска висина локалитета са кога потичу подаци. Поред тога, овај начин рачунања је потребно користити када се ради са релативно малим бројем узорака (Ivetić *et al.* 2008).

На крају, генетичко-просторна компонента података употребљена је за израду базе и карата у ГИС-у. Уношење података и резултата анализе генетичког диверзитета у географски информациони систем, омогућило је израду одговарајућих карата региона провенијенција, односно визуализацију генетичког диверзитета букве у Србији.

Поред израде карата, као најочигледнијег резултата примене ГИС-а, добијени су и подаци о површини сваког региона и подрегиона. Међутим, можда је најважнији резултат примене ГИС-а постојање интерактивних карата, односно могућност да се уношењем координата било које тачке у Србији, за пар тренутака добије њена припадност одређеном региону или подрегиону. Уношење добијених share докумената у преносне уређаје, знатно олакшава рад на терену.

Резултате примене компјутерског програма DIVA-GIS и израде географског информационог система за букву у Србији, свакако је лакше представити интерактивно и графички него у писаној форми. У овом раду поступно ће бити приказани сви слојеви помоћу којих су израђене карте региона провенијенција букве и то за три начина обраде података. Како се прва четири слоја (карте 10, 11, 12 и 13) користе у сва три случаја, биће приказани само једном. Такође, поред графичког приказа карата региона провенијенција, за сва три начина припреме генетичких дистанци за израду баријера применом Монмонијеровог алгоритма, дат је и детаљан опис граница региона. Овај опис треба да помогне при одређивању припадности неке локације одређеном региону у случају када нам координате нису познате или када не располажемо техничким могућностима за употребу било ког ГИС рачунарског програма.



Карта 4: Границе Србије (1. слој)



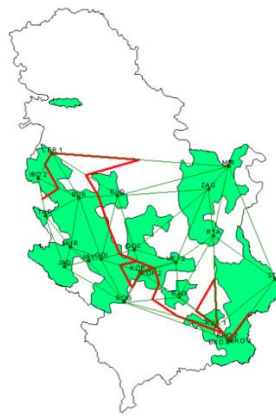
Карта 5: Полигони ареала букве (2. слој)



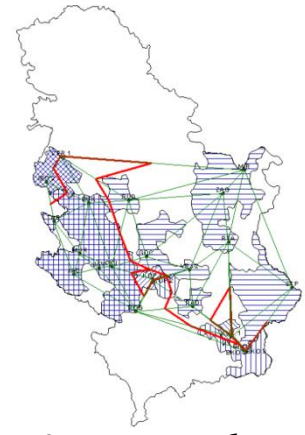
Карта 6: Положај испитиваних популација (3. слој)



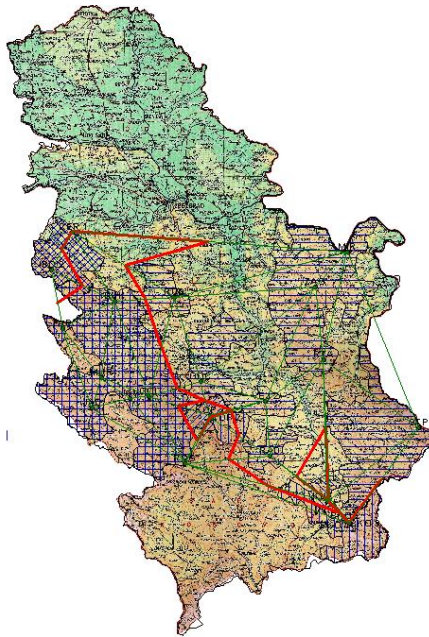
Карта 7: Delaunay триангулација (4. слој)



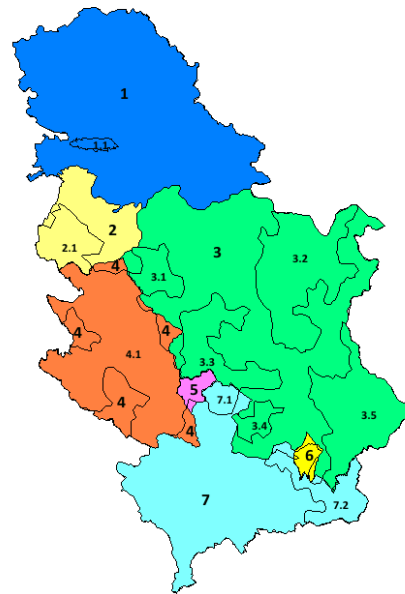
Карта 8: Монмонијерове баријере (5. слој)



Карта 9: Подела ареала букве на регионе (6. слој)



Карта 10: Преклапање претходних слојева са геореференцираном географском картом Србије (7. слој)



Карта 11: Региони провенијенција букве у Србији (на основу Монмонијерових баријера добијених из географски исправљених генетичких дистанци)

Као резултати ових истраживања понуђени су и прорачуни површина (Табела 7) и детаљан опис граница региона.

Табела 7: Обрачун површина региона провенијенција букве у Србији (на основу Монмонијерових баријера добијених из географски исправљених генетичких дистанци)

РЕГИОН	ОЗНАКА	ПОВРШИНА (m <sup>2</sup> )	ПОВРШИНА (ha)	УЧЕШЋЕ У РЕГИОНУ (%)	ПОКРИВЕНОСТ РЕГИОНА (%)
СЕВЕР	1	22.260.396.491	2.226.040	100,00	1,35
	1.1	300.744.281	30.074	1,35	
СЕВЕРОЗАПАД	2	4.860.425.167	486.043	100,00	37,47
	2.1	1.821.068.835	182.107	37,47	
ЦЕНТРАЛНО-ИСТОЧНИ РЕГИОН	3	34.047.085.725	3.404.709	100,00	45,86
	3.1	1.217.397.775	121.740	3,58	
	3.2	5.893.692.225	589.369	17,31	
	3.3	2.946.762.372	294.676	8,65	
	3.4	713.756.496	71.376	2,10	
	3.5	4.841.609.298	484.161	14,22	
ЗАПАД	4	12.085.417.507	1.208.542	100,00	76,56
	4.1	9.252.291.732	925.229	76,56	
КОПАОНИК	5	618.461.880	61.846	100,00	90,52
	5.1	559.830.859	55.983	90,52	
КУКАВИЦА	6	596.815.202	59.682	100,00	63,90
	6.1	381.383.471	38.138	63,90	
ЈУГ	7	14.935.386.646	1.493.539	100,00	17,75
	7.1	606.050.319	60.605	4,06	
	7.2	2.044.638.504	204.464	13,69	

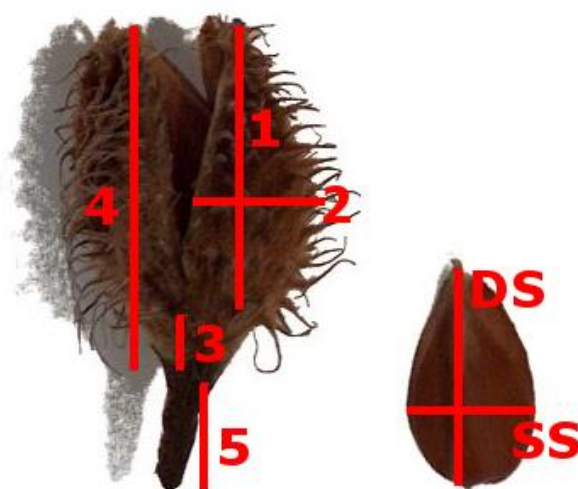
#### ОПИС ГРАНИЦА РЕГИОНА

1. СЕВЕРНИ РЕГИОН – Овај регион је издвојен на основу географских података. Наиме, узорци са Фрушке Горе, применом RAPD маркера, нису дали читљиве траке, тако да генетичка баријера између овог и других региона, ако постоји, није могла бити утврђена. Ипак у целом овом региону, буква се јавља само на Фрушкој гори (подрегион 1.1) и само на њој се може и садити. При томе, овај комплекс је довољно велик да задовољи сопствене потребе за репродуктивним материјалом. Западну, северну и источну границу овог региона чини граница Србије са Хрватском, Мађарском и Румунијом. Јужну границу, идући са запада ка истоку, чини река Сава, до свог ушћа у Дунав у Београду. Од Београда до границе са Румунијом, јужну границу Северног региона чини река Дунав.
2. СЕВЕРОЗАПАДНИ РЕГИОН – Од природе буква се у Северозападном региону јавља на Јагодњаку, Влашићу, Источној Борањи, Церу и Соколској планини. Северна граница Северозападног региона иде од ушћа Дрине у Саву, односно од границе са Републиком Српском, низводно Савом у правцу истока до ушћа Колубаре у Саву код Барича. Источна граница иде од ушћа Колубаре у Саву узводно Колубаром до села Дивци, а даље регионалним путем преко Попучке до Ваљева. Од Ваљева јужна граница овог региона иде на исток узводно реком Обницом до Суводање, а затим даље на исток до Пецке па на југозапад преко Доње Љубовиће до Љубовије на граници са Републиком Српском. Западна граница од Љубовије иде на север низводно Дрином до њеног ушћа у Саву.

3. ЦЕНТРАЛНОИСТОЧНИ РЕГИОН – У Централноисточном региону буква се од природе јавља на Суворору, Букуљи и Руднику (подрегион 3.1). Затим на Хомољским планинама, Лисковцу, Мирочу, Бељаници, Малом и Великом кршу, Дели Јовану, Кучајским планинама, Маљенику, Самајцу и Ртњу (подрегион 3.2). Даље, на Јухору, Гледићким планинама, Котленику, Жељину и Великом Јастребцу (подрегион 3.3). Поред тога, на Видојевици, Соколовици и Радану (подрегион 3.4). и на крају, на Заглавку, Тресибаци, Старој планини, Видличу, Сврљишким планинама, Сувој планини, Влашкој планини, Крушевици и Острозубу (подрегион 3.5). Северна граница овог региона прати реку Саву од ушћа Колубаре у Саву на запад до ушћа Саве у Дунав у Београду, а затим Дунавом даље на исток и на југ до ушћа Тимока у Дунав. Даље источна граница иде дуж државне границе са Бугарском у правцу југа до Стрезимировца, а затим преко Клисуре регионалним путем до Власинске Округлице. На југозапад преко врха Велики Стрешер на Варденику до Криве Феје, а затим у правцу северозапада регионалним путем преко Клисурице до Корбевца. Од Корбевца јужна граница овог региона иде у правцу севера Грделичком клисуром и путем Е75 до Лесковца. Од Лесковца у правцу југозапада узводно Јабланицом преко Лебана до Медвеђе. Од Медвеђе даље, пратећи узводно Јабланицу до Тулара, а затим локалним путем преко Брвеника и Орлана до Батлавског језера па северном обалом Батлавског језера пратећи низводно Батлаву до њеног ушћа у Лаб. Од ушћа Батлаве у Лаб узводно Лабом до Подужева, а затим путем Е80 у правцу севера до Раче и даље низводно Косаницом преко Куршумлије до Белољина. Од Белољина регионалним путем у правцу северозапада до Блаца, а затим кроз Јанкову клисуру до Разбојне и даље на запад преко Лепенца до Бруса. Од Бруса граница даље иде пратећи Расину у правцу северозапада преко Грдиловине до Грчка, а затим локалним путем преко Плоча, Рокца па низводно Јошаницом до Јошаничке Бање. Од Јошаничке Бање даље у правцу запада путем до Биљановца. Од Биљановца на север низводно Ибром преко Ушћа и Краљева до ушћа Ибра у Западну Мораву. Западна граница овог региона иде узводно Западном Моравом до Чачка. Од Чачка на север путем Е763 до Прељине па затим на запад до Трбушана и затим узводно Чемерницом до Прањана. Од Прањана локалним путем преко Леушћа до Брезне и затим на северозапад преко Суворора, Планинице и Струганика до Мионице. Од Мионице низводно, односно даље у правцу северозапада до села Дивци, а затим низводно Колубаром до њеног ушћа у Саву.
4. ЗАПАДНИ РЕГИОН – Од природе буква се у Западном региону јавља на Повлену, Азбуковици, Јагодњи, Соколским планинама, Дарији, Јелици, Мучњу, Јавору, Побјенику, Златару, Јадовнику, северној страни Гиљева, Голији, Чемерном, Рогозни, Нинаји и Хуму. Северна граница Западног региона иде од Љубовије на граници са Републиком Српском у правцу североистока локалним путем преко Доње Љубовије и Пецке до Суводње, а затим пратећи низводно Обницу до Ваљева. Од Ваљева регионалним путем преко Попучке до села Дивци. Од Дивца на југоисток преко Мионице до Струганика, Планинице, а затим преко Суворора до Брезне и даље преко Леушћа до Прањана. Од Прањана низводно Чемерницом преко Трбушана до Прељине и од Прељине на југозапад путем Е763 до Чачка. Од Чачка Западном Моравом низводно до ушћа Ибра у Западну Мораву, а затим Ибром узводно преко Рашке и Лепосавића до Косовске Митровице. Јужна граница западног региона иде даље на запад узводно Ибром преко Газиводског језера до места Шпиљани на граници са Црном Гором и даље прати државну границу са Црном Гором до тремеђе Црне Горе, Републике Српске и Републике Србије. Западна граница даље прати државну границу Републике Србије са Републиком Српском, у правцу севера до Љубовије.
5. КОПАОНИК – Северна граница овог региона креће од Биљановца у правцу истока, пратећи узводно Јошаницу преко Јошаничке Бање и даље путем преко Ропца, Плоча до Грчка, а затим у правцу југоистока преко Будилловине пратећи низводно Расину до Бруса. Од Бруса, јужна граница региона Копаник иде у правцу југозапада путем преко Лајковца, Брзећа до Блажева, а затим низводно Дренском Реком до њеног ушћа у Ибар код места Дрен. Даље, граница овог региона прати низводно Ибар све до Биљановца.
6. КУКАВИЦА – Граница овог региона иде од Лесковца у правцу југоистока путем Е75 и Грделичком клисуром до Владичиног Хана и даље преко Стубала до Врања. Од Врања у правцу севера преко Дреновца до Големог Села, а затим низводно Ветерницом до Лесковца.

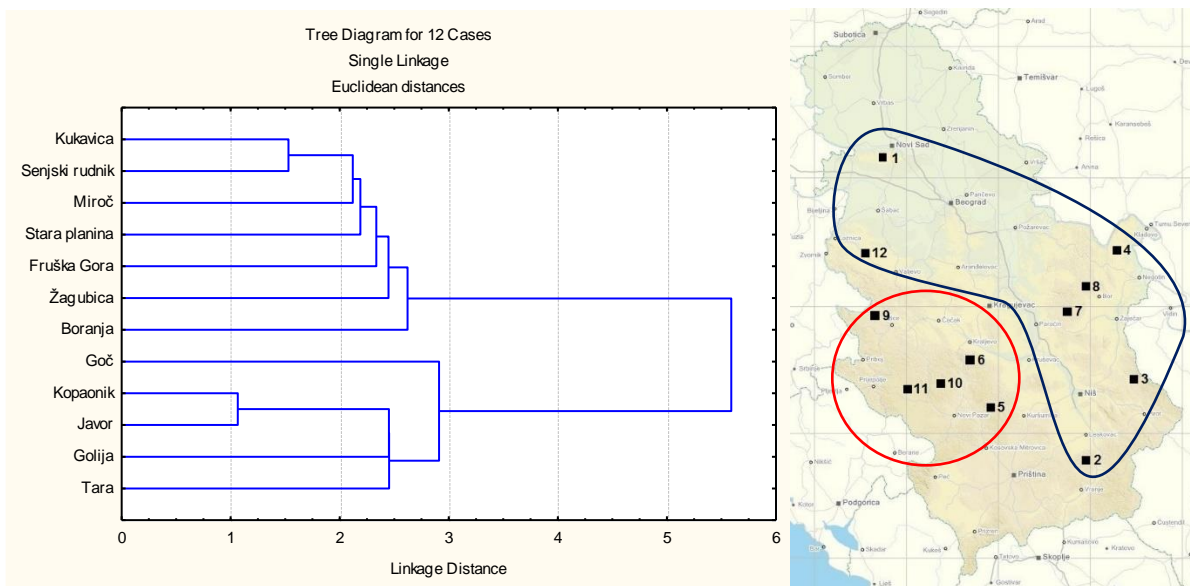
7. ЈУЖНИ РЕГИОН – У Јужном региону буква се од природе јавља на Пожару (подрегион 7.1) и на јужним обронцима Кукавице, затим југоисточним обронцима Варденика, Милевској планини, Дукату, Широкој планини и Рујену (подрегион 7.2). Северна граница јужног региона прати Ибар низводно од њеног уласка у Србију код места Шпиљани на државној граници Србије са Црном Гором, па преко Газиводског језера, Зубиног Потока, Косовске Митровице, Лепосавића до ушћа Дренске реке у Ибар код места Дрен. Од места Дрен и ушћа Дренске реке у Ибар, узводно Дренском реком до Блажева, а затим путем у правцу севера до Брзеће, па даље у правцу североистока преко Влајковца до Бруса. Од Бруса у правцу југоистока узводно Расином, преко Лепенца и Разбојне до Јанкове клисуре и даље Јанковом клисуром до Блаца, па до Белољина. Од Белољина у правцу југа путем Е80 до Подујева и даље узводно реком Лаб до ушћа Батлавске реке у Лаб. Од ушћа Батлавске реке код Батлаве у Лаб, на исток северном страном Батлавског језера па преко Орлана и Брвеника локалним путем до Тулара. Од Тулара низводно Јабланицом преко Медвеће и Лебана до Лесковца, а затим од Лесковца у правцу југа узводно Ветерницом до Големог Села, па путем од Големог Села преко Дреновца до Врања. Од Врања, путем Е75 у правцу североистока до Кордевца, па на исток преко Клисуре до Криве Феје. Од Криве Феје у правцу североистока преко врха Стрешер на Варденику до Власинске Округлице и јужне обале Власинског језера. Од Власинске Округлице у правцу североистока путем преко Клисуре до Стрезимировца на граници са Бугарском. Источна граница јужног региона иде од Стрезимировца дуж државне границе са Бугарском до тремеђе Србије, Бугарске и БЈР Македоније. Од тремеђе Србије, Бугарске и БЈР Македоније јужна граница Јужног региона прати државну границу са БЈР Македонијом до тремеђе Србије, БЈР Македоније и Албаније, а од тремеђе Србије Македоније и Албаније граница даље прати државну границу са Албанијом до тремеђе Србије, Албаније и Црне Горе. Западна граница јужног региона иде од тремеђе Србије, Албаније и Црне Горе, државном границом са Црном Гором до места Шпиљани, односно до места уласка реке Ибар у Србију.

У оквиру Пројекта Дефинисање таксономског статуса букве у Србији – I фаза, дато је груписање популација букве на основу морфолошких маркера, конкретније морфометрије купула (Šijačić-Nikolić et al. 2016, Ivetić et al. 2017). За анализу варијабилности купула мерене су следеће особине (Мишић 1955, слика 1): 1) Дужина најдужег режња купуле ( без израштаја у основи купуле), 2) Ширина најдужег режња (на најширем месту), 3) Дужина израштаја између основе мереног режња и дршке, 4) Дужина читаве купуле (без дршке) и 5) Дужина дршке. За анализу варијабилности орашица мерене су дужина и ширина (Слика 1).

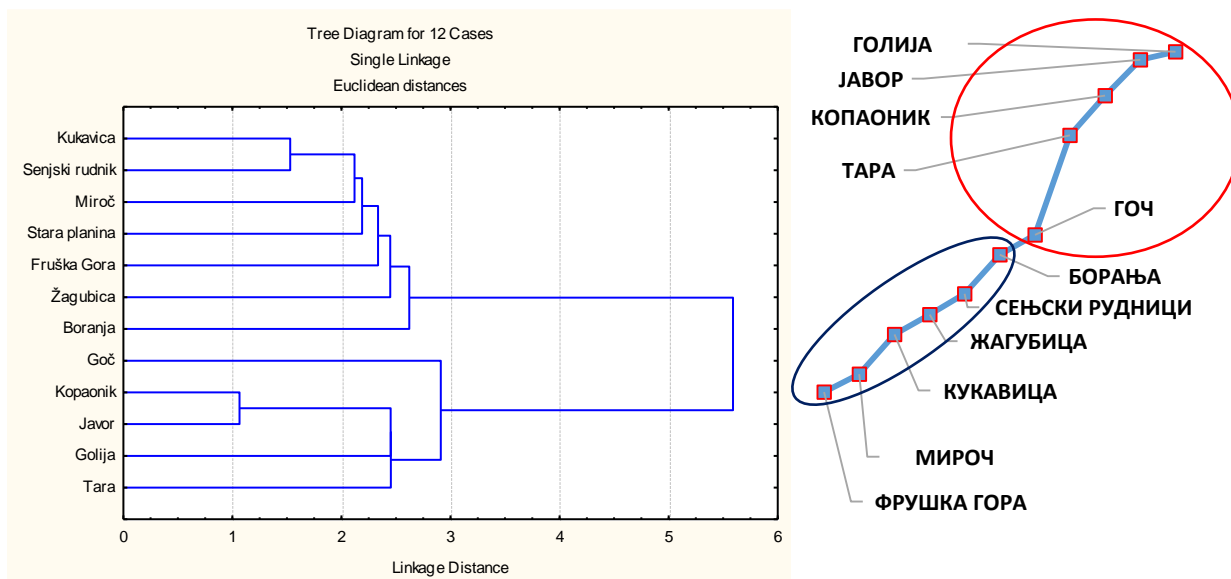


Слика 1: Мерене особине купула: 1) Дужина најдужег режња купуле ( без израштаја у основи купуле), 2) Ширина најдужег режња (на најширем месту), 3) Дужина израштаја између основе мереног режња и дршке, 4) Дужина читаве купуле (без дршке) и 5) Дужина дршке; и орашица букве: дужина (DS) и ширина (SS).





Графикон 11: Дендрограм кластер анализе свих мерених показатеља купула букве (лево) и географски положај популација (десно).

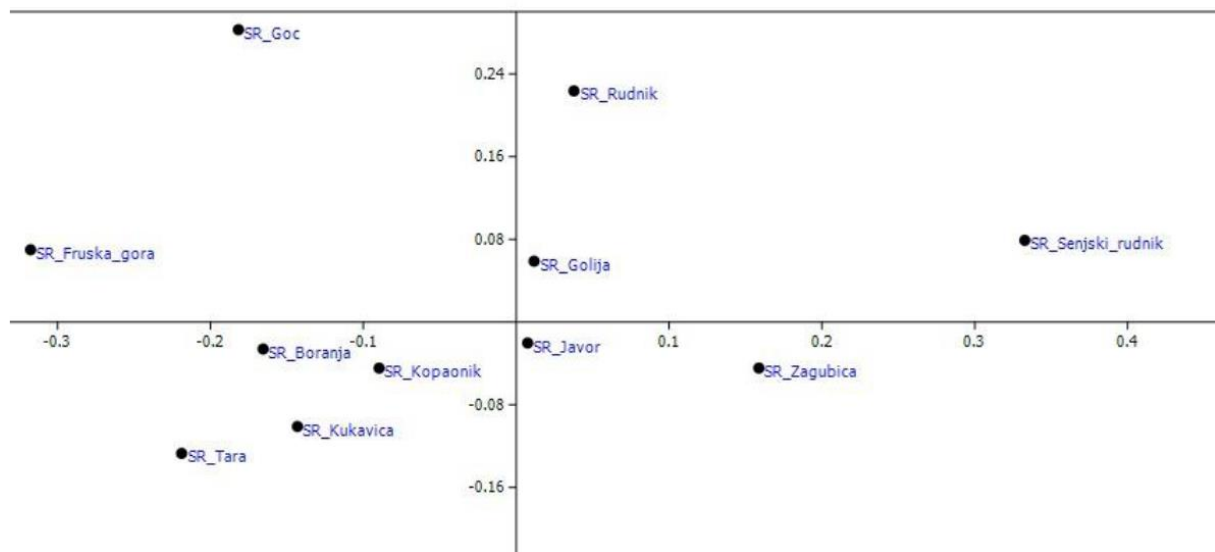


Графикон 12: Дендрограм кластер анализе свих мерених показатеља купула букве (лево) и висинска дистрибуција популација (десно).

Резултати кластер анализе на основу свих испитиваних показатеља купуле букве (графикони 11 и 12 - лево) указују на јасно издвајање популација у две групе: 1) Голија, Јавор, Копаоник, Тара и Гоч; и 2) Борања, Сењски рудник, Жагубица, Мироч и Фрушка гора. У хоризонталном смислу (Графикон 11 – десно) јасно се издваја југоисточна група популација (Голија, Јавор, Копаоник, Тара и Гоч), док другу групу чине популације из северозападне, источне и југоисточне Србије. У висинском смислу (Графикон 12 – десно) јасно се издваја група популација изнад 850 m надморске висине (Голија, Јавор, Копаоник, Тара и Гоч), и група

популација испод 850 m надморске висине (Борања, Сењски рудник, Жагубица, Мироч и Фрушка гора).

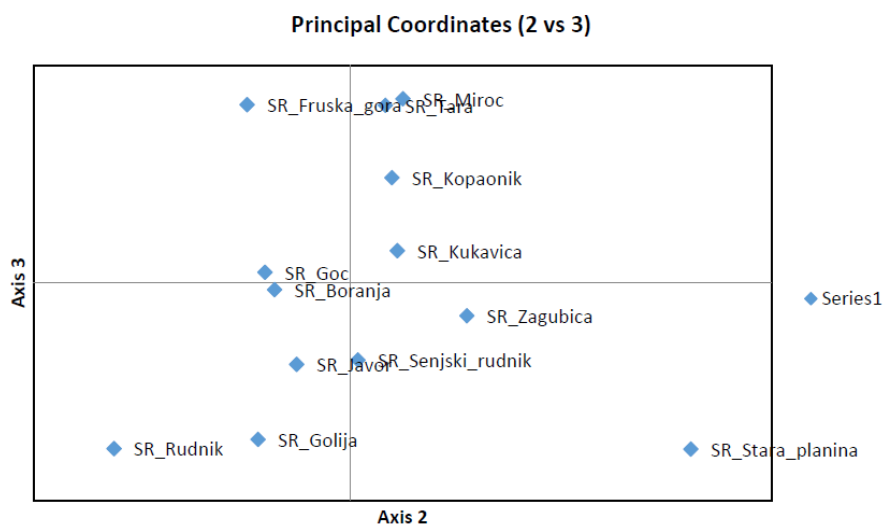
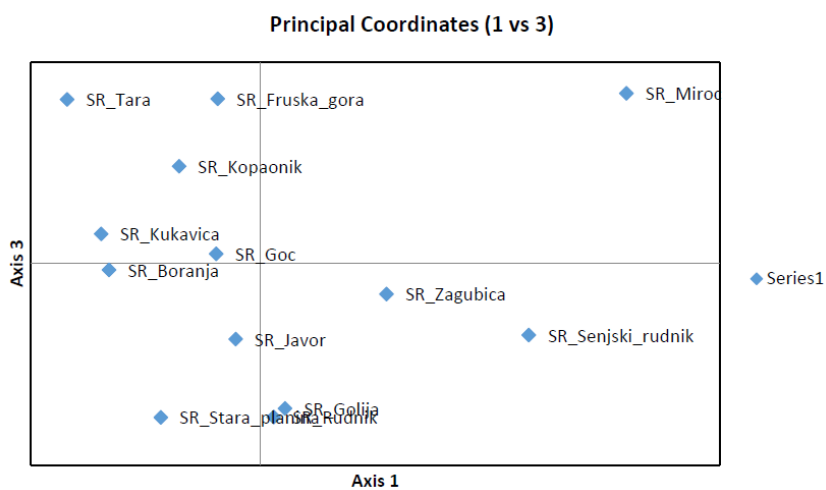
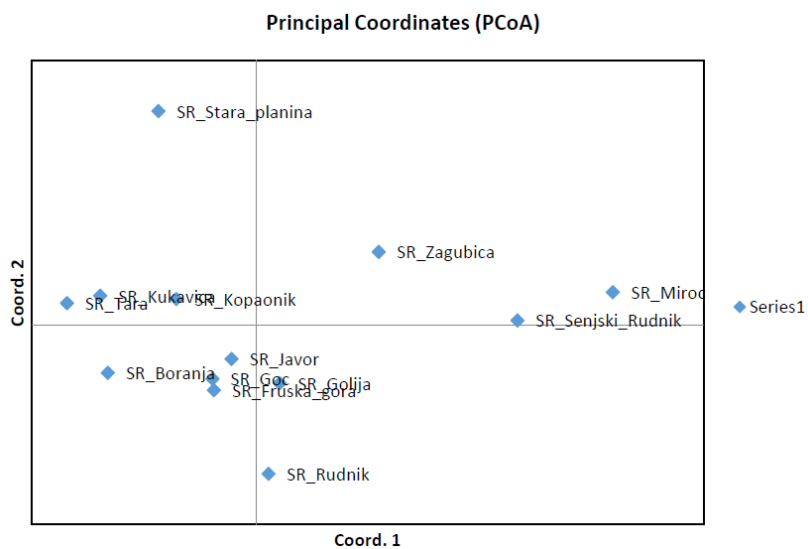
Наредни искорак у правцу дефинисања генетичког диверзитета букве на простору Србије је Пројекат Дефинисање таксономског статуса букве у Србији – II фаза, у оквиру кога су поред мотфолошких маркера коришћени и нуклеарни микросателити (Šijačić-Nikolić et al. 2017), који су знатно информативнији од RAPD маркера. Поред тога, у циљу повећања резолуције за извођење закључака о таксономском статусу букве у Србији, коришћени су и додатни молекуларни маркери и то додатни једарни микросателити, као и хлоропластни микросателити. Ова истраживања су обухватила 13 популација из Србије (Табела 2). Добијене матрице генетичких дистанци између парова популација су визуелизоване методом неметричког вишедимензионог скалирања (*non-metric MultiDimensional Scaling*, MDS). За конструкцију MDS графика је коришћен програм PAST3 (Hammer et al., 2001).



Графикон 13: MDS график на којем су визуелизоване Fst вредности између парова популација са подручја Србије путем представљања у дводимензионалном простору (stress вредност 0.2272).

На MDS графикону (Графикон 13), који је дефинисан осама које објашњавају 55,80% (DIM 1) и 9,10% варијабилности (DIM 2), уочава се да су популације са подручја Србије расуте по целом дводимензионалном простору, као и да се по оси 1, која објашњава највећи део генетичке варијабилности, одвајају популације Жагубица, Сењски Рудник и Мироч (ова група је уочена и у анализама из фазе 1), као и популације Рудник, Голија, Јавор (и ова група је уочена у анализама из фазе 1). Међутим, овој групи би се могла прикључити и популација Стара планина, која се од осталих споменутих популација раздваја по другој оси. Трећу групу чине популације расуте по MDS графику дуж негативних вредности осе 1: Борања, Копоник, Кукавица, Тара, Гоч и Фрушка гора, при чему се последње две популације могу сматрати *outlier*-има у овој групи. Добијени резултати указују на то да постоји генетичка диференцијација међу популацијама са подручја Србије.

На основу матрикса коваријанси уз стандардизацију података урађене су анализе главних координата (*Principal Coordinates Analysis* - PCoA) у програму GenAlEx. Подаци добијени у овој анализи су представљени у дводимензионалним графицима дефинисаним са две од три осе, које објашњавају 44,88% укупне варијабилности (оса 1), 16,37% варијабилности (оса 2) и 13,65% варијабилности (оса 3), односно, кумулативно 74,90% укупне варијабилности (Графикон 14).



Графикон 14: Резултати PCoA анализе популација са подручја Србије

На основу резултата PCoA анализе, уочава се груписање популација из Србије на PCoA графикау дефинисаном осама 1 и 3, које одговара груписању добијеном у MDS графикау.

### 4.3. Употпуњавање досада извршених истраживања анализом две популације:

#### Јастебац и Јелова гора

Молекуларно-генетичка варијабилност природних популација букве на подручју Србије утврђена је на бази истраживања која су реализована у оквиру пројекта „Дефинисање таксономског статуса букве у Србији“ фаза I и II, којим је обухваћено 13 природних популација и истраживања спроведених у оквиру овог пројекта која су обухватила још 2 природне популације (Јастребац и Јелова гора).

Истраживањима је обухваћено укупно 295 индивидуа из 15 популација пореклом са Фрушке горе, Кукавице, Старе плане, Мироча, Копаоника, Гоча, Сењског Рудника, Жагубице, Таре, Голије, Рудника, Јавора, Борање, Јастребац и Јелове горе. Преглед популација дат је у табели 1.

Табела 8: Преглед популација са бројем узоркованих индивидуа по локалитету и типу сакупљеног материјала за изолацију ДНК (пупољци или листови)

Бр.	Локалитет	Ознака попул.	Надморска висина	Број индивидуа	Тип сакупљеног материјала за изолацију ДНК	
					Пупољци	Листови
1	Фрушка гора	FG	300	20		+
2	Кукавица	KU	1060	20	+	
3	Стара планина	SP	800	17		+
4	Мироч	MC	500	20		+
5	Копаоник	KO	1000	20		+
6	Гоч	GO	870	18		+
7	Сењски Рудник	SR	920	20	+	
8	Жагубица	ZG	460	20	+	
9	Тара	TR	1075	20	+	
10	Голија	GL	1300	20	+	
11	Јавор	JV	1350	20	+	
12	Борања	BR	650	20	+	
13	Рудник	RU	850	20	+	
14	Јастребац	JB	1150	20		+
15	Јелова гора	JG	950	20		+

Молекуларно-генетичка истраживања су спроведена у више фаза, у складу са претходним истраживањима у оквиру пројекта "Дефинисање таксономског статуса букве у Србији" фаза I и III обухватила су:

1. Одабир природних популација букве;
2. Сакупљање и припрема биљног материјала (листова или пупољака);
3. Хомогенизација биљног материјала;
4. Екстракцију тоталне геномске ДНК;
5. Проверу приноса и квалитета ДНК изолата;
6. Одабир нуклеарних микросателита;
7. Паралелно умножавање нуклеарних микросателита ланчаном реакцијом полимеразе (PCR - Polymerase Chain Reaction);

8. Проверу успешности PCR амплификације на агарозном гелу;
9. Утврђивање дужине продукта PCR амплификације (*scoring*);
10. Утврђивање нивоа генетичког диверзитета и генетичке диференцијације испитиваних популација букве.

Тотална геномска ДНК је из биљног материјала екстрахована коришћењем различитих комерцијалних китова за екстракцију биљне ДНК према протоколу произвођача (*peqGOLDPlantDNAMiniKit*(PEQLAB)<sup>4</sup> *DNeasyPlantMiniKit*(QIAGEN)<sup>5</sup>, *NucleoSpin® PlantII* (Macherey Nagel)<sup>6</sup>).

Листа 13 нуклеарних микросателита који су коришћени за умножавање код индивидуа букве, њихове карактеристике, секвенце прајмера за њихову амплификацију и аутори локуса, приказани су у табели 2.

Табела 9: Карактеристике коришћених једарних микросателита

Назив локуса	Секвенце прајмера (5'-3') (Forward/Reverse Primers)	Мотив поновка	Бр. алела	Дужина фр. (bp)	Референца	Боја
csolfagus_31	F: TCTATTGACACAAGAATAAGAACACC	(AG) <sub>12</sub>	9	104-126	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	PET
	R: CTTGGCAAGAAAAGGGGATT					
Fagsyl_003994	F: ACAAAGGAATCGTGGAGCTG	(GA)	10	110-136	Pluess and Määttänen (2013)	6-FAM
	R: ACACATTCTGCCTCAAAGTACC					
Fagsyl_000905	F: GATCATAGCGCCGGAATTGG	(TGT)	5	146-168	Pluess and Määttänen (2013)	VIC
	R: GGTCTCCTCCTGGTACAAC					
csolfagus_19	F: TGCCCATGAGTTTGTATCA	(TC) <sub>13</sub>	10	154-182	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	NED
	R: GCCGAATAACCCAGAAAACA					
Fagsyl_003273	F: GGATCCACCTGGCACTTTTG	(GT)	6	185-191	Pluess and Määttänen (2013)	PET
	R: TGCAATATTACCCTGGGCTG					
FS 1-03	F: CACAGCTTGACACATTCCAAC	(GA) <sub>18</sub>	21	90-132	Pastorelli <i>et al.</i> (2003)	VIC
	R: TGGTAAAGCACTTTTCCCACT					
FS 1-15	F: TCAAACCCAGTAAATTTCTCA	(GA) <sub>26</sub>	11	105-149	Pastorelli <i>et al.</i> (2003)	NED
	R: GCCTCAATGAACTCAAAAAC					
DE576_A_0	F: TCTCCTTAGATCCACAATCACA	(CAA) <sub>10</sub>	7	211-232	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	VIC
	R: AGCTCTTATTGCTCAGAACG					
mfc5	F: ACTGGGACAAAAAACA	(AG) <sub>10</sub>	21	277-329	Tanaka <i>et al.</i> (1999)	NED
	R: GAAGGACCAAGGCACATAAA					
csolfagus_06	F - GTTGTTGCTCACAGCAGTCG	(AG) <sub>13</sub>	9	203-221	Lefèvre <i>et al.</i> (2012)	6-FAM
	R - ACGCTTGGTCTTCTGCACT					
sfc1143	F - TGGCATCCTACTGTAATTTGAC	(AG) <sub>21</sub>	17	96-136	Asuka <i>et al.</i> (2004)	PET
	R - ATTCCACCCACCATCTGTC					
sfc0018	F - GAAGCAGAGCATTGTATTGG	(AG) <sub>17</sub>	11	161-191	Asuka <i>et al.</i> (2004)	PET
	R - CATCTGTTTCAGTTCTGTAAGG					

<sup>4</sup>[https://de.vwr.com/assetsvc/asset/de\\_DE/id/17035093/contents](https://de.vwr.com/assetsvc/asset/de_DE/id/17035093/contents)

<sup>5</sup>[http://clough.cropsci.illinois.edu/protocols/qiagen/DNeasy\\_Plant\\_Handbook\\_October\\_2012.pdf](http://clough.cropsci.illinois.edu/protocols/qiagen/DNeasy_Plant_Handbook_October_2012.pdf)

<sup>6</sup>[https://www.mn-net.com/Portals/8/attachments/Redakteure\\_Bio/Protocols/Genomic%20DNA/UM\\_gDNAPlant\\_NSPlantII.pdf](https://www.mn-net.com/Portals/8/attachments/Redakteure_Bio/Protocols/Genomic%20DNA/UM_gDNAPlant_NSPlantII.pdf)

#### Параметри генетичког диверзитета

Варијабилност једарних микросателита је коришћена за израчунавање параметара генетичког диверзитета: број алела ( $A$ ), ефективни број алела ( $A_e$ ), број приватних алела по популацији ( $P_A$ ), добијена хетерозиготност ( $H_o$ ) и очекивана хетерозиготност ( $H_e$ ) који су утврђени за сваки локус у свакој популацији, за сваку популацију, и у укупном узорку коришћењем програмског пакета GenAlEx 6.5 (Peakall и Smouse 2006).

Параметри генетичког диверзитета у природним популацијама са подручја Србије су представљени у табели 10.

#### Генетичка диференцијација популација

За процену генетичке диференцијације популација је коришћена Рајтова (*Wright* - ова)  $F$  статистика ( $F_{st}$ ).  $F_{st}$  вредности између парова популација, утврђење коришћењем програмског пакета су представљене у табели 11.

Табела 10: Параметри генетичког диверзитета и индекси фиксације

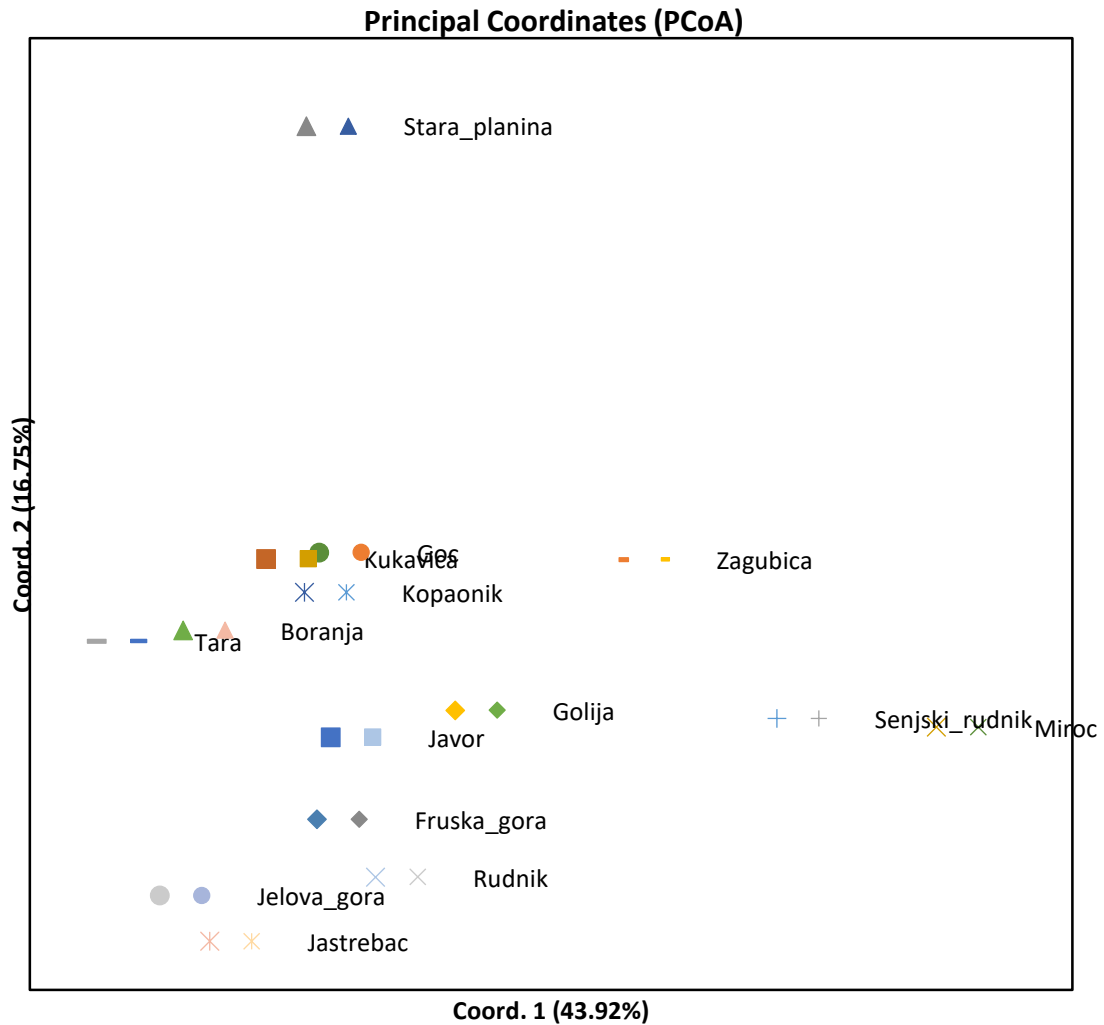
Локус	Pop	FG	KU	SP	MC	KO	GČ	SR	ZG	TR	GL	JV	BR	RU	JB	JG
	N	15	20	16	15	15	15	15	20	16	15	15	19	16	19	18
csolfagus_06	A	7	8	9	9	7	9	8	8	7	9	7	9	7	9	9
	Ae	5,056	4,908	6,024	6,429	5,114	5,172	4,327	4,061	6,400	6,818	5,233	6,278	5,069	6,119	7,448
	H <sub>o</sub>	0,867	0,750	1,000	0,800	0,800	0,867	0,800	0,750	0,938	0,933	0,867	0,842	0,688	0,789	0,889
	H <sub>E</sub>	0,802	0,796	0,834	0,844	0,804	0,807	0,769	0,754	0,844	0,853	0,809	0,841	0,803	0,837	0,866
	F	-0,080	0,058	-0,199	0,053	0,006	-0,074	-0,040	0,005	-0,111	-0,094	-0,071	-0,002	0,144	0,056	-0,027
csolfagus_19	A	8	10	7	8	7	9	9	11	8	7	9	10	8	9	8
	Ae	5,921	4,819	2,586	5,357	3,689	3,061	6,169	6,250	3,103	4,923	6,919	4,278	4,303	4,912	4,075
	H <sub>o</sub>	0,733	0,700	0,688	0,800	0,733	0,667	0,750	0,750	0,688	0,875	0,750	0,800	0,688	0,737	0,889
	H <sub>E</sub>	0,831	0,793	0,613	0,813	0,729	0,673	0,838	0,840	0,678	0,797	0,855	0,766	0,768	0,796	0,755
	F	0,118	0,117	-0,121	0,016	-0,006	0,010	0,105	0,107	-0,014	-0,098	0,123	-0,044	0,104	0,075	-0,178
csolfagus_31	A	7	11	10	9	9	9	8	11	9	9	9	11	9	11	10
	Ae	5,921	6,780	6,481	5,488	6,522	5,233	5,278	5,031	6,827	7,314	5,565	7,477	5,505	7,443	8,308
	H <sub>o</sub>	0,867	0,900	0,750	0,800	0,800	0,867	0,750	0,850	1,000	0,938	0,750	0,950	0,688	0,842	0,778
	H <sub>E</sub>	0,831	0,853	0,846	0,818	0,847	0,809	0,811	0,801	0,854	0,863	0,820	0,866	0,818	0,866	0,880
	F	-0,043	-0,056	0,113	0,022	0,055	-0,071	0,075	-0,061	-0,172	-0,086	0,086	-0,097	0,160	0,027	0,116
Fagsyl_003273	A	2	4	4	3	4	3	4	4	5	5	5	4	4	5	5
	Ae	1,965	2,192	2,160	1,515	2,153	2,174	2,522	2,305	1,910	2,960	2,381	2,319	2,547	2,490	2,746
	H <sub>o</sub>	0,600	0,650	0,688	0,400	0,600	0,667	0,813	0,450	0,500	0,688	0,438	0,650	0,688	0,526	0,833
	H <sub>E</sub>	0,491	0,544	0,537	0,340	0,536	0,540	0,604	0,566	0,477	0,662	0,580	0,569	0,607	0,598	0,636
	F	-0,222	-0,195	-0,280	-0,176	-0,120	-0,235	-0,346	0,205	-0,049	-0,038	0,246	-0,143	-0,132	0,120	-0,311
Fagsyl_003994	A	5	10	9	14	8	8	8	11	7	9	9	10	8	8	9
	Ae	3,814	6,400	5,278	10,465	5,556	3,383	4,571	5,195	4,923	4,697	5,069	6,154	4,655	3,800	4,730
	H <sub>o</sub>	0,800	0,900	0,688	1,000	0,867	0,667	0,688	0,750	0,813	0,750	0,750	0,800	0,750	0,737	0,833
	H <sub>E</sub>	0,738	0,844	0,811	0,904	0,820	0,704	0,781	0,808	0,797	0,787	0,803	0,838	0,785	0,737	0,789
	F	-0,084	-0,067	0,152	-0,106	-0,057	0,054	0,120	0,071	-0,020	0,047	0,066	0,045	0,045	0,000	-0,057
FS1-03	A	10	12	9	10	9	6	14	12	10	13	10	11	9	11	8
	Ae	3,516	5,031	3,580	5,114	3,285	1,940	9,309	5,517	3,346	5,333	5,626	3,030	3,103	4,126	4,408
	H <sub>o</sub>	0,867	0,700	0,688	0,800	0,733	0,400	1,000	0,750	0,688	0,813	0,938	0,700	0,688	0,684	0,667
	H <sub>E</sub>	0,716	0,801	0,721	0,804	0,696	0,484	0,893	0,819	0,701	0,813	0,822	0,670	0,678	0,758	0,773
	F	-0,211	0,126	0,046	0,006	-0,054	0,174	-0,120	0,084	0,019	0,000	-0,140	-0,045	-0,014	0,097	0,138
FS1-15	A	8	10	9	13	8	12	10	10	9	10	10	9	8	9	11

	Ae	5,357	4,762	5,626	10,227	3,333	5,357	8,127	6,723	4,376	7,627	7,529	5,369	6,169	4,979	6,968
	Ho	0,667	0,600	0,750	1,000	0,600	0,733	0,875	0,800	0,688	0,933	0,750	0,850	0,875	0,684	0,722
	He	0,813	0,790	0,822	0,902	0,700	0,813	0,877	0,851	0,771	0,869	0,867	0,814	0,838	0,799	0,856
	F	0,180	0,241	0,088	-0,108	0,143	0,098	0,002	0,060	0,109	-0,074	0,135	-0,045	-0,044	0,144	0,157
sfc0018	A	7	11	9	9	8	9	8	10	9	6	8	9	7	8	10
	Ae	4,592	4,494	2,653	5,357	4,639	3,414	3,368	3,008	5,565	3,012	3,629	2,367	2,500	3,760	3,880
	Ho	0,400	0,700	0,563	0,733	0,667	0,385	0,688	0,700	0,813	0,625	0,667	0,579	0,533	0,737	0,889
	He	0,782	0,778	0,623	0,813	0,784	0,707	0,703	0,668	0,820	0,668	0,724	0,578	0,600	0,734	0,742
	F	0,489	0,100	0,097	0,098	0,150	0,456	0,022	-0,049	0,010	0,064	0,080	-0,002	0,111	-0,004	-0,198
sfc1063	A	9	8	11	9	8	7	9	11	7	8	10	6	10	9	8
	Ae	5,769	4,819	7,111	5,625	5,000	3,879	5,389	7,273	4,231	6,649	6,321	4,020	5,020	3,592	5,226
	Ho	0,467	0,300	0,313	0,533	0,200	0,400	0,375	0,250	0,313	0,375	0,375	0,300	0,438	0,526	0,444
	He	0,827	0,793	0,859	0,822	0,800	0,742	0,814	0,863	0,764	0,850	0,842	0,751	0,801	0,722	0,809
	F	0,435	0,621	0,636	0,351	0,750	0,461	0,540	0,710	0,591	0,559	0,555	0,601	0,454	0,271	0,450
sfc1143	A	8	10	9	9	9	8	9	11	6	11	10	9	9	9	7
	Ae	5,921	5,926	5,447	5,422	5,696	6,759	5,696	7,619	3,507	7,758	5,626	4,126	6,338	4,429	4,909
	Ho	0,800	0,850	0,750	0,800	0,867	0,929	0,867	0,850	0,625	0,875	0,750	0,895	0,933	0,737	0,944
	He	0,831	0,831	0,816	0,816	0,824	0,852	0,824	0,869	0,715	0,871	0,822	0,758	0,842	0,774	0,796
	F	0,037	-0,023	0,081	0,019	-0,051	-0,090	-0,051	0,022	0,126	-0,004	0,088	-0,181	-0,108	0,048	-0,186
mfc5	A	10	13	11	10	13	13	15	16	11	14	13	15	9	14	14
	Ae	5,921	7,477	6,244	7,258	10,595	9,375	8,127	9,756	5,953	9,481	7,314	7,477	6,737	8,494	9,818
	Ho	0,667	0,850	0,938	0,733	0,714	0,533	0,875	0,650	0,750	0,813	0,563	0,700	0,438	0,895	0,500
	He	0,831	0,866	0,840	0,862	0,906	0,893	0,877	0,898	0,832	0,895	0,863	0,866	0,852	0,882	0,898
	F	0,198	0,019	-0,116	0,149	0,211	0,403	0,002	0,276	0,099	0,092	0,348	0,192	0,486	-0,014	0,443
Fagsyl_000905	A	4	5	4	5	6	5	5	5	3	5	4	4	4	5	3
	Ae	1,724	1,713	1,712	3,020	2,296	3,061	3,141	3,404	1,575	3,160	1,822	2,030	2,960	1,885	1,331
	Ho	0,533	0,350	0,375	0,667	0,667	0,800	0,750	0,700	0,438	0,563	0,438	0,400	0,813	0,421	0,278
	He	0,420	0,416	0,416	0,669	0,564	0,673	0,682	0,706	0,365	0,684	0,451	0,508	0,662	0,470	0,248
	F	-0,270	0,159	0,099	0,003	-0,181	-0,188	-0,100	0,009	-0,198	0,177	0,030	0,212	-0,227	0,103	-0,118
DE576_A_0	A	3	5	5	5	7	6	5	4	6	5	6	6	5	6	4
	Ae	2,571	3,774	2,626	4,245	4,639	3,488	2,462	3,226	4,491	3,220	4,531	3,101	4,571	3,967	3,161
	Ho	0,533	0,750	0,688	0,533	0,667	0,733	0,625	0,550	0,813	0,750	0,625	0,850	0,813	0,684	0,667
	He	0,611	0,735	0,619	0,764	0,784	0,713	0,594	0,690	0,777	0,689	0,779	0,678	0,781	0,748	0,684
	F	0,127	-0,020	-0,110	0,302	0,150	-0,028	-0,053	0,203	-0,045	-0,088	0,198	-0,255	-0,040	0,085	0,025



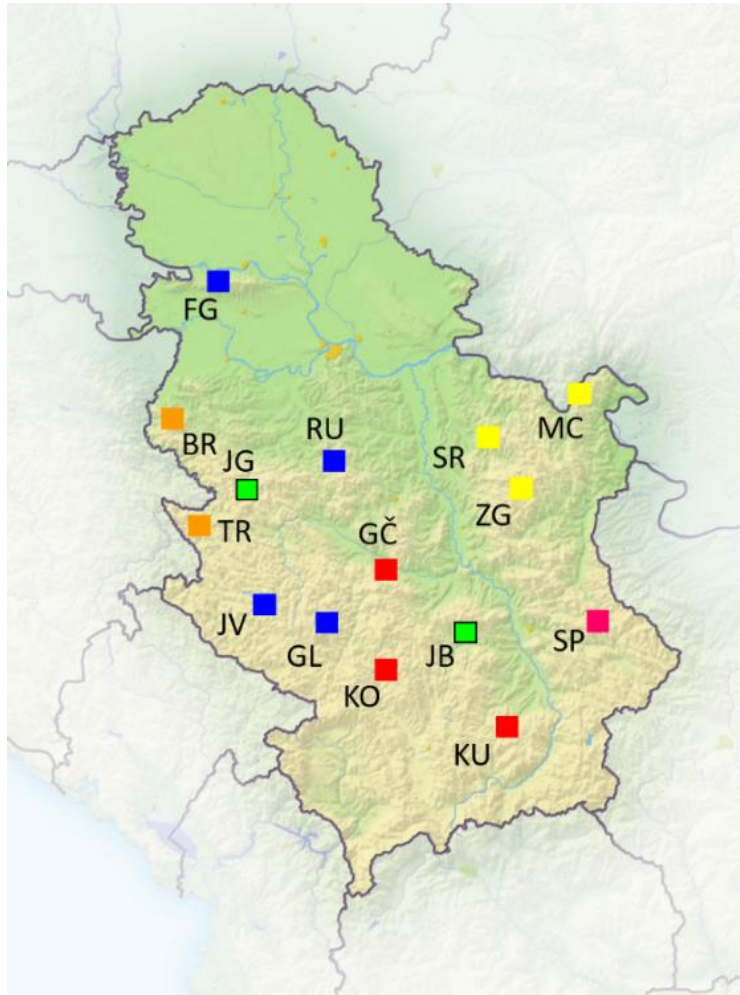
Табела 11: Fst вредности између парова популација

Фрушка гора	0,000														
Кукавица	0,018	0,000													
Стара планина	0,029	0,020	0,000												
Мироч	0,038	0,035	0,044	0,000											
Копоник	0,023	0,014	0,023	0,032	0,000										
Гоч	0,027	0,021	0,027	0,040	0,023	0,000									
Сењски Рудник	0,029	0,027	0,032	0,024	0,029	0,030	0,000								
Жагубица	0,023	0,018	0,021	0,021	0,018	0,021	0,014	0,000							
Тара	0,023	0,014	0,024	0,043	0,014	0,024	0,037	0,024	0,000						
Голија	0,021	0,018	0,022	0,030	0,018	0,022	0,019	0,013	0,024	0,000					
Јавор	0,021	0,016	0,023	0,038	0,021	0,028	0,027	0,019	0,021	0,013	0,000				
Борања	0,019	0,015	0,020	0,039	0,018	0,018	0,029	0,018	0,015	0,017	0,020	0,000			
Рудник	0,027	0,024	0,031	0,039	0,023	0,023	0,027	0,020	0,027	0,015	0,022	0,020	0,000		
Јастребац	0,018	0,015	0,028	0,036	0,016	0,022	0,028	0,021	0,013	0,019	0,018	0,014	0,020	0,000	
Јелова гора	0,023	0,019	0,027	0,048	0,024	0,030	0,034	0,027	0,022	0,020	0,019	0,019	0,024	0,017	0,000



Графикон 15: Резултати PCoA анализе свих испитиваних популација

На основу матрикса коваријанси уз стандардизацију података урађене су анализе главних координата (*Principal Coordinates Analysis - PCoA*) у програму GenAlEx (Графикон 15). Интрепретација резултата PCoA приказана је на Карти 12 и може представљати основу за редефинисање региона провенијенција букве у Србији.



Карта 12: Интрепретација PCoA

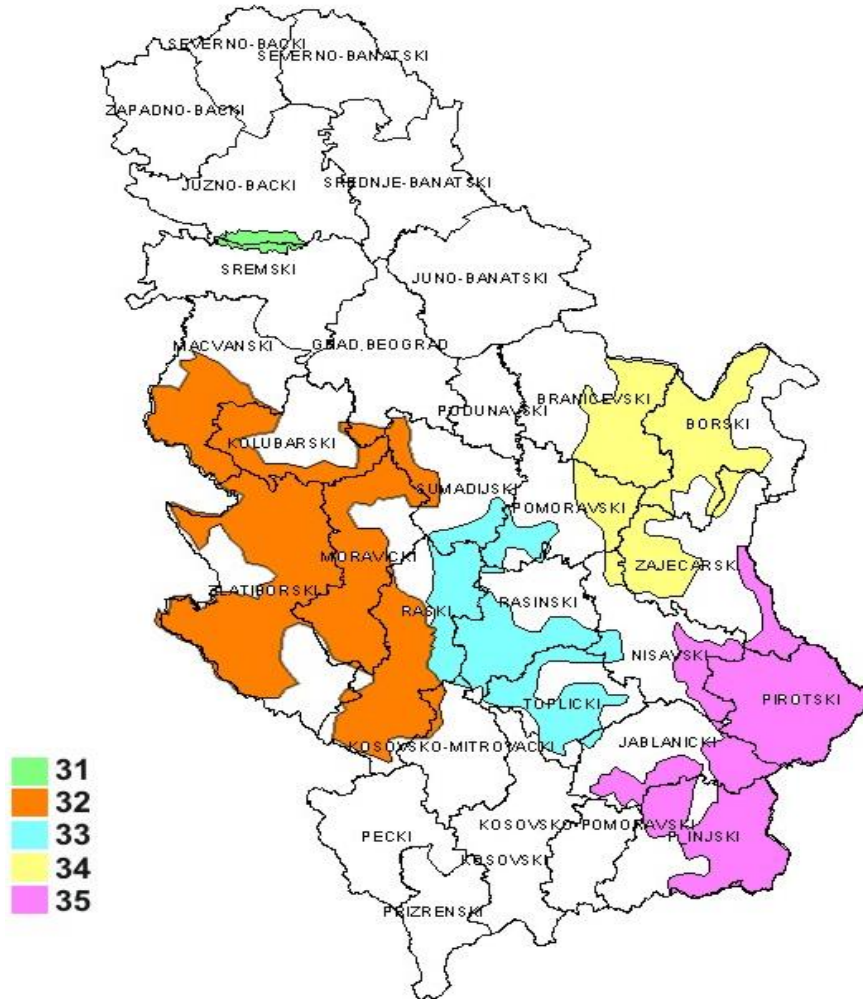
Анализа молекуларне варијансе (*Analysis of Molecular Variance* - AMOVA) приказана је у табели 5. Према приказаним резултатима врло мали проценат варијабилности је између популација (1%), а такође и унутар популација (10%).

Табела 12: Резултати AMOVA анализе

Извор варијације	Степени слободе	Сума квадрираних разлика	Компоненте варијације	Процент варијације
Између популација	14	108,122	0,063	1%
Између индивидуа у оквиру популација	238	1334,147	0,534	10%
У оквиру индивидуа	253	1148,000	4,538	88%
УКУПНО	505	2590,269	5,134	100%

#### 4.4. Ревизија региона провенијенција букве у Србији

Приликом ревизије постојећих региона провенијенције полазна основа је било управо постојеће решење (Карта 13), али су у обзир узети и резултати претходних, као и истраживања генетичког диверзитета букве обављених приликом реализације овог Пројекта. Такође, узете су у обзир и природне и административне границе, у циљу омогућавања оперативнијег рада на активностима производње и промета шумског репродуктивног материјала.



Карта 13: Важећи региони провенијенција букве у Србији

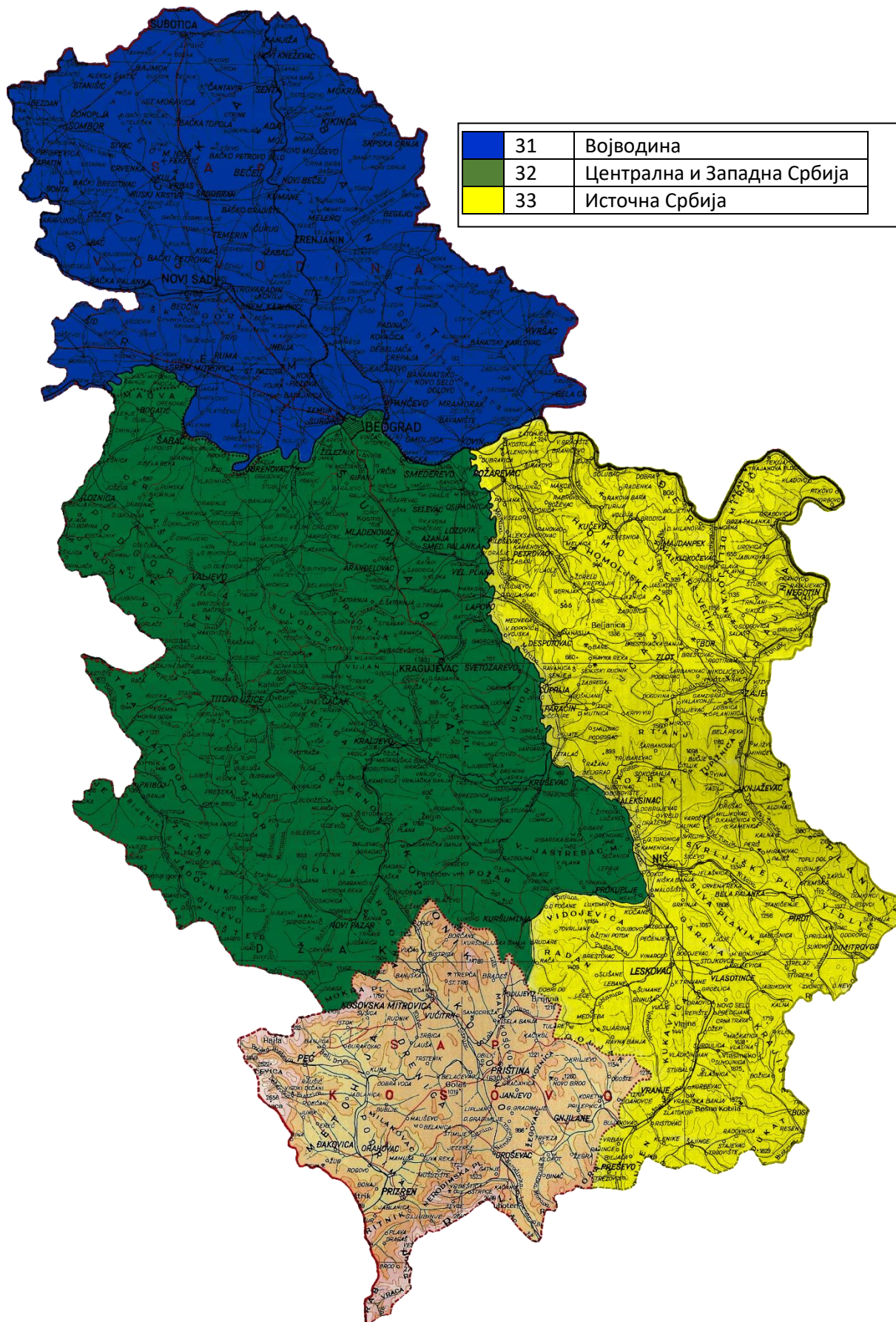
Досадашња истраживања и искуства указују на оправданост спајања постојећих региона 32 и 33 у један регион, као и спајање постојећег региона 34 са деловима региона 35 у други регион (Карта 13).

**Као најважнији резултат реализације овог Пројекта издваја се дефинсање следећих региона букве у Србији (Карта 14):**

**31 – Војводина,**

**32 – Централна и западна Србија,**

**33 – Источна и јужна Србија.**



Карта 14: Предложени региони провенијенција букве у Србији

## Границе региона

Регион 31 – Војводина – Покрива територију Војводине, односно територију Републике Србије северно од леве обале реке Саве, од њеног уласка на територију Србије код Босанске Раче, до њеног ушћа у Дунав, у Београду. Граница овог региона даље прати леву обалу реке Дунав, до административне границе са Румунијом.

Регион 32 – Централна и Западна Србија –Покрива територију јужно од реке Саве и делом реке Дунав, западно од река Велика Морава и Јужна Морава и северно од реке Топлица. Тачније, граница прати десну обалу реке Саве од њеног уласка на територију Србије код Босанске Раче, до њеног ушћа у Дунав, у Београду. Граница овог региона даље прати обалу реке Дунав, до ушћа Велике Мораве. Граница даље иде на југ, пратећи узводно Велику Мораву до ушћа Јужне Мораве, затим узводно Јужном Моравом до ушћа Топлице, и на крају узводно реком Топлицом до Куршумлије, односно до пута Е80, кога прати до административне границе са Косовом и Метохијом. У последњем делу, регион обухвата територију западно од пута Е80.

Регион 33 – Источна Србија – Покрива територију јужно од дела реке Дунав и источно од река Велика Морава и Јужна Морава и јужно од реке Топлица. Тачније, граница прати десну обалу реке Дунав, од ушћа Велике Мораве до границе са Румунијом. Од ушћа Велике Мораве у Дунав, граница овог региона иде на југ, пратећи узводно Велику Мораву до ушћа Јужне Мораве, затим узводно Јужном Моравом до ушћа Топлице, и на крају узводно реком Топлицом до Куршумлије, односно до пута Е80, кога прати до административне границе са Косовом и Метохијом. У последњем делу, регион обухвата територију источно од пута Е80.

#### 4.5. Дефинисање препорука за трансфер репродуктивног материјала букве

У оквиру сваког региона провенијенција треба поштовати одређена правила и препоруке за трансфер семена. И ако је законски дозвољено, шумари би требали да планове премештања репродуктивног материјала базирају на познавању станишта за пошумљавање, генетичког диверзитета и биологије врсте (Иветић *et al.* 2009<sup>B</sup>).

У том смислу, могу се дати следеће опште препоруке за трансфер репродуктивног материјала букве унутар региона провенијенција:

1. Ове препоруке важе само када се садња врши на стаништима у оквиру природног распрострањења врсте унутар региона провенијенција.
2. Мешавине семена треба да укључују семе из већег броја случајно одабраних локација унутар региона провенијенција и из више висинских појасева. Ако је семе сакупљено само са једне границе региона провенијенција или из једног висинског појаса, сигуран трансфер може се извршити до половине тог висинског појаса или региона. Ово има већи значај у смислу надморске висине и географске дужине, него у смислу географске ширине.
3. Трансфер семена на више надморске висине повећава ризик од пропадања услед климатских фактора, а на ниже надморске висине повећава ризик од болести и штеточина.
4. Локалне популације су најбоље адаптиране на локалне услове средине, те их је најсигурније користити док се дугорочним провенијеничним тестовима не утврде евентуалне популације са већом адаптивношћу и продуктивношћу. Ово је нарочито значајно на стаништима са наглим климатским променама у кратком временском периоду.
5. Дистанце за трансфер семена генерално треба да буду мање на вишим надморским висинама, него на нижим. Зоне се такође смањују и на лошијим стаништима. Што је стрмији генетички градијент и теже станиште за садњу, дистанце трансфера морају бити мање. Више надморске висине и оштрија клима подразумевају да семе мора бити посејано у близини материнских стабала.
6. Ако се врста сади близу своје биолошке границе, препоручују се већа густина садње и одложена прва прореда, да би се компензовао већи морталитет као последица мањег броја адаптираних биљака. Краће опходње такође могу смањити ризик.
7. Ризик од неадаптираности биљака се повећава када се приликом трансфера семена мења више од једног станишног фактора.
8. На хоризонталној и вертикалној граници распрострањења врсте, садња биљака мора бити подржана интензивним мерама неге.
9. Границе између региона провенијенција не треба посматрати као линије раздвајања са израженом генетичком варијабилношћу. Облик сваког региона провенијенција је одређен тако да смањује ризик од трансфера семена унутар тог региона. Исто се односи и на висинске појасеве.
10. Локални услови могу утицати на снагу популације. Ако унутар региона провенијенција постоје популације са малим прирастом, њихово семе не треба сејати на стаништима са високим производним потенцијалом.

11. Релативна влажност ваздуха такође може бити значајна. Трансфер семена са локација са топлим и сувом климом, на влажна и хладна станишта, повећава ризик од болести.
12. Семе из семенских плантажа се може безбедно користити само унутар региона провенијенција где су родитељска стабла одгајана или тестирана.
13. Препоручени број родитељских стабала са којих се сакупља семе, креће се између 15 – 30. Ако су родитељска стабла подједнако заступљена, број може бити и мањи. Без обзира на број родитељских стабала, она морају бити равномерно распоређена унутар региона провенијенција, осим у издвојеним семенским састојинама.



## 5. Литература

- \*(2000): COUNCIL DIRECTIVE 1999/105/EC OF 22 DECEMBER 1999 ON THE MARKETING OF FOREST REPRODUCTIVE MATERIAL. Official Journal of the European Communities, 15.01.2000. Pp. L11/17-L11/40. Pp. 1-24
- \*(2004): ACT OF MARCH 11, 2004 ON FOREST REPRODUCTIVE MATERIAL AND CHANGE OF SOME ACTS. National Council of the Slovak Republic. Pp. 1-23
- \*(2007): OECD SCHEME FOR THE CERTIFICATION OF FOREST REPRODUCTIVE MATERIAL MOVING IN INTERNATIONAL TRADE – OECD FOREST SEED AND PLANT SCHEME. Organisation for Economic Co-Operation and Development – Trade and Agricultural Directorate, Paris, 2007. Pp. 1-26
- Akeroyd, J. A. (1993): *FAGUS* L. In: Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A, Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. (eds.) *Flora Europaea*, 2<sup>nd</sup> edition, Vol. 1, *Psilotaeeae* to *Platanaceae*. Cambridge University Press, Cambridge. Pg. 72
- Barriere, G., Comps, B., Cuguen, J., Nisiba, F., Thiebaut, B. (1985): THE GENETICAL ECOLOGICAL VARIABILITY OF BEECH (*FAGUS SILVATICA* L.) IN EUROPE. An alloenzymatic study: genetic isolations of beechwoods. In: Improvement and silviculture of beech – Proceedings – Compiled by: Muhs, H.J., Wühlisch, G von, Knoth, J. 1. Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 KONORT: Großhansdorf (Germany, F.R.), 31 May – 4 Jun 1984. Pp. 24-50
- Barriere, G., Comps, B., Cuguen, J., Nisiba, F., Thiebaut, B. (1985): THE GENETICAL ECOLOGICAL VARIABILITY OF BEECH (*FAGUS SILVATICA* L.) IN EUROPE. An alloenzymatic study: genetic isolations of beechwoods. In: Improvement and silviculture of beech – Proceedings – Compiled by: Muhs, H.J., Wühlisch, G von, Knoth, J. 1. Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 KONORT: Großhansdorf (Germany, F.R.), 31 May – 4 Jun 1984. Pp. 24-50
- Belletti, P., Lanteri, S. (1996): ALLOZYME VARIATION AMONG EUROPEAN BEECH (*FAGUS SILVATICA* L.) STANDS IN PIEDMONT, NORTH-WESTERN ITALY. *Silvae Genetica* vol. 45(1), Germany. Pp. 33-37
- Bradshaw, R.H.W., Mountford, E.P. (2002): REPORT TO ACCOMPANY MAPS OF PAST EUROPEAN *FAGUS* FORESTS. Work-Package 1 in the Nat-Man Project (Nature-based Management of Beech in Europe). European Community 5<sup>th</sup> Framework Programme. 8 pages
- Buiteveld, J., Vendramin, G., Leonardi, S., Kamen, K., Geburek, T. (2007): GENETIC DIVERSITY AND DIFFERENTIATION IN EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) STANDS VARYING IN MANAGEMENT HISTORY. *Forest Ecology and Management*, 247, Pp. 98-106
- Campbell, R.K., Sugano, A.I. (1989): SEED ZONES AND BREEDING ZONES FOR WHITE PINE IN THE CASCADE RANGE OF WASHINGTON AND OREGON. Research Paper PNW-RP-407. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 20 p.
- Campbell, R.K., Sugano, A.I. (1993): GENETIC VARIATION AND SEED ZONES OF DOUGLAS FIR IN THE SISKIYOU. National Forest. Research Paper PNW-RP-461. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 23 p.

- Chmura, D.J., Rożkowski, R. (2002): VARIABILITY OF BEECH PROVENANCES IN SPRING AND AUTUMN PHENOLOGY. *Silvae Genetica* 51, 2-3. Pp. 123-127
- Comps, B., Gomory, D., Letouzey, J., Thiebaut, B., & Petit, R. (2001): DIVERGING TRENDS BETWEEN HETEROZYGOSITY AND ALLELIC RICHNES DURING POSTGLACIAL COLONIZATION IN THE EUROPEAN BEECH. *Genetics*, 157, Pp. 389-397
- Comps, B., Thiébaud, B., Šugar, I., Trinajstić, I., Plazibat, M. (1991): GENETIC VARIATION OF THE CROATIAN BEECH STANDS (*FAGUS SYLVATICA* L.): SPATIAL DIFFERENTIATION IN CONNECTION WITH THE ENVIRONMENT. *Ann. Sci. For.* 48: Pp. 15-28
- Demesure, B., Comps, B., Petit, R.J. (1996): CHLOROPLAST DNA PHYLOGEOGRAPHY OF THE COMMON BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN EUROPE. *Evolution* 50 (6). Pp. 2515-2520
- Denk, T., Grimm, G., Stögerer, K., Langer, M, Hemleben, V. (2002): THE EVOLUTIONARY HISTORY OF *FAGUS* IN WESTERN EURASIA: EVIDENCE FROM GENES, MORPHOLOGY AND THE FOSILL RECORD. *Plant Syst. Evol.* 232: 213-236
- Dounavi, A. (2000): FAMILIENSTRUKTUREN IN BUCHENBESTÄNDEN (*FAGUS SYLVATICA* L.). Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen 2000. 147 pages
- Ducci, F., Pignatti, G., Proietti, R., Vannuccini, M. (2005): CONTRIBUTO ALLA DEFINIZIONE DI REGIONI PROVENIENZA PER I MATERIALI FORESTALI DI BASE E DI PROPAGAZIONE. *Forest@* 2 (2). Pp. 198-206
- Enescu, V. (1985): BEECH IN ROMANIA: INTER- AND POST-GLACIAL RANGE, GENETIC RESOURCES, VARIABILITY AND PRESERVATION. In: Improvement and silviculture of beech – Proceedings – Compiled by: Muhs, H.J., Wühlisch, G von, Knoth, J. 1. Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 KONORT: Großhansdorf (Germany, F.R.), 31 May – 4 Jun 1984. Pp. 12-21
- Gailing, O., von Wüelisch, G. (2004): NUCLEAR MARKERS (AFLPS) AND CHLOROPLAST MICROSATELLITES DIFFERENCES BETWEEN *FAGUS SYLVATICA* AND *F. ORIENTALIS*. *Silvae Genetica* 53, 3. Pp. 105-110
- Gailing, O., von Wüelisch, G. (2004): NUCLEAR MARKERS (AFLPS) AND CHLOROPLAST MICROSATELLITES DIFFERENCES BETWEEN *FAGUS SYLVATICA* AND *F. ORIENTALIS*. *Silvae Genetica* 53, 3. Pp. 105-110
- Gömöry, D. (2000): VYMEDZENIE GENETICKY HOMOGÉNNYCH OBLASTÍ V AREÁLI BUKA LESNÉHO (*FAGUS SYLVATICA*) NA SLOVENSKU V NADVÄZNOSTI NA ZACHOVANIE JEHO GENOFONDU. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 46 (4): 421-429
- Gömöry, D., Hynek, V., Paule, L. (1998): DELINEATION OF SEED ZONES FOR EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN THE CZECH REPUBLIC BASED ON ISOZYME GENE MARKERS. *Ann.Sci.For.* 55 (1998): 425-436
- Gömöry, D., Paule, L., Brus, R., Zhelev, P., D., Tomović, Z., Gračan, J. (1999): GENETIC DIFFERENTIATION AND PHYLOGENY OF BEECH ON THE BALKAN PENINSULA. *J. Evol. Biol.* 12: 746-754
- Gömöry, D., Paule, L., Vyšný (2007): PATTERNS OF ALLOZYME VARIATION IN WESTERN EURASIAN *FAGUS*. *Botanical Journal of Linnean Society* 154: 165-174

- Gömöry, D., Paule, L., Vyšný (2007): PATTERNS OF ALLOZYME VARIATION IN WESTERN EURASIAN *FAGUS*. Botanical Journal of Linnean Society 154: 165-174
- Gömöry, D., Tomović, Z., Paule, L. (1998): GENETIC STRUCTURE OF BEECHWOODS IN SERBIA AS REVEALED BY ISOZYME GENE MARKERS. *Šumarstvo, LI* (2), Pp. 15-25
- Greuter, W., Burdet, H.M. (1981): *FAGUS SYLVATICA* SSP. *ORIENTALIS* (LIPSKY) GREUTER & BURDET. In: Greuter, W., Raus, T. (eds.) *Med-Checklist Notulae*, 4. Willdenowia 11: Pp. 271-280
- Hansen, J.K., Jørgensen, B.B., Stoltze, P. (2003): VARIATION OF QUALITY AND PREDICTED ECONOMIC RETURNS BETWEEN EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) PROVENANCES. *Silvae Genetica* 52, 5-6. Pp. 185-197
- Hazler, K., Comps, B., Šugar, I., Melovski, L., Tashev, A. and Gračan, J. (1997): GENETIC STRUCTURE OF *FAGUS SYLVATICA* L. POPULATIONS IN SOUTHEASTERN EUROPE. *Silvae Genetica* 46, 4. Pp. 229-236
- Hazler, K., Comps, B., Šugar, I., Melovski, L., Tashev, A. and Gračan, J. (1997): GENETIC STRUCTURE OF *FAGUS SYLVATICA* L. POPULATIONS IN SOUTHEASTERN EUROPE. *Silvae Genetica* 46, 4. Pp. 229-236
- Horvat-Marlot, S. (1985): THE VARIATION OF EUROPEAN BEECH IN SLOVENIA. IN: IMPROVEMENT AND SILVICULTURE OF BEECH – Proceedings – Compiled by: Muhs, H.J., Wühlisch, G von, Knoth, J. 1. Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 KONORT: Großhansdorf (Germany, F.R.), 31 May – 4 Jun 1984. Pp. 12-21
- Hubert, J., Cundall, E. (2006): CHOOSING PROVENANCE IN BROADLEAVED TREES. Information Note FCIN082. Forestry Commission, Edinburgh, UK. 12 pages
- Ivetić, V. (2009): Izdvajanje regiona provenijencija bukve u Srbiji primenom prostorne analize genetičkog diverziteta. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet.
- Ivetić, V., Isajev, V., Mladenović-Drinić, S. (2008): "LANDSCAPE SHAPE INTERPOLATION" FOR DEFINING SPATIAL PATTERN OF BEECH GENETIC DIVERSITY IN SERBIA. *Genetika* 40, No. 3, 283-292
- Ivetić, V., Isajev, V., Stavretović, N., Mladenović-Drinić, S. (2010): IMPLEMENTATION OF MONMONIER'S ALGORITHM OF MAXIMUM DIFFERENCES FOR THE REGIONALISATION OF FOREST TREE POPULATIONS AS A BASIS FOR THE SELECTION OF SEED SOURCES. *Archives of Biological Science* Volume 62. Issue 2, pg. 425-430
- Kerkez Janković Ivona, Marina Nonić, Jovana Devetaković, Vladan Ivetić, Mirjana Šijačić-Nikolić & Jelena M. Aleksić (2019) TECHNICAL OVERVIEW OF NUCLEAR MICROSATELLITES FOR *FAGUS* SP., AND THEIR UTILITY IN *F. SYLVATICA* FROM THE CENTRAL BALKANS (SERBIA). *Scandinavian Journal of Forest Research*, DOI: [10.1080/02827581.2019.1623305](https://doi.org/10.1080/02827581.2019.1623305)
- Krzakowa, M., Matras, J. (2005): GENETIC VARIABILITY AMONG BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) POPULATIONS FROM THE SUDETY MOUNTAINS, IN RESPECT OF PEROXIDASE AND MALATE DEHYDROGENASE LOCI. *Journal of Applied Genetics* 46(3), Pp. 271-277
- Kutnar, L., Zupančić, M., Robič, D., Zupančić, N., Žitnik, S., Kralj, T., Tavčar, I., Dolinar, M., Zrnec, C. Kraigher, H. (2002): RAZMEJITEV PROVENIENČNIH OBMOČIJ GOZDNIH DREVESNIH VRST

V SLOVENIJI NA OSNOVI EKOLOŠKIH REGIJ. Zbornik gozdarstva in lesarstva 67, str. 73 – 117

- Larsen, A.B. (1996): GENETIC STRUCTURE OF POPULATIONS OF BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN DENMARK. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11(3): Pp. 220-232
- Leonardi, S. and Menozzi, P. (1995): GENETIC VARIABILITY OF *FAGUS SYLVATICA* L. IN ITALY: THE ROLE OF POSTGLACIAL RECOLONIZATION. *Heredity* 75: Pp. 35-44
- Muhs, H.J. (1985): WHAT SEED SOURCES OF ROMANIAN BEECH CAN BE RECOMMENDED FOR IMPORT TO WESR GERMANY? In: Improvement and silviculture of beech – Proceedings – Compiled by: Muhs, H.J., Wühlisch, G von, Knoth, J. 1. Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 KONORT: Großhansdorf (Germany, F.R.), 31 May – 4 Jun 1984. Pp. 177-181
- Nanson, A. (2001): THE NEW OECD SCHEME FOR THE CERTIFICATION OF FOREST REPRODUCTIVE MATERIALS. *Silvae Genetica* 50, 5-6, Pp. 181-187
- Parker, W.H., van Niejenhuis, A. (1996): REGRESSION-BASED FOCAL POINT SEED ZONES FOR *PICEA MARIANA* FROM NORTHWESTERN ONTARIO. *Canadian Journal of Botany*. Vol. 74, nr. 8, Pp. 1227-1235
- Pastorelli, R., Smulders, M.J.M., Van't Westende, P.C., Vosman, B., Giannini, R., Vettori, C., Vendramin, G.G. (2003): CHARACTERIZATION OF MICROSATELLITE MARKERS IN *FAGUS SYLVATICA* L. AND *FAGUS ORIENTALIS* LIPSKY. *Molecular Ecology Notes* 3: Pp. 76-78
- Paule, L. (1982): UNTERSUCHUNGEN ZUM WACHSTUM SLOWAKISCHER ROTBUCHEN PROVENIENZEN (*FAGUS SYLVATICA* L.). *Silvae Genetica* 31, 4. Pp. 131-136
- Paule, L. (1985): THE VARIABILITY AND BREEDING OF EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.). In: Improvement and silviculture of beech – Proceedings – Compiled by: Muhs, H.J., Wühlisch, G von, Knoth, J. 1. Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 KONORT: Großhansdorf (Germany, F.R.), 31 May – 4 Jun 1984. Pp. 51-64
- Paule, L., Gömöry, D. and Vyšný, J. (1995): GENETIC DIVERSITY AND DIFFERENTIATION OF BEECH POPULATIONS IN EASTERN EUROPE. In: S.F. Madsen (Ed.), Genetic and silviculture of beech. *Forskningsserien* 11: 159-167
- Pučko, M., Kraigher, H. (2007): PRIMERNOST GOZDNEGA REPRODUKCIJSKEGA MATERIALA IZ SOSEDNIH DRŽAV ZA UPORABO V GOZDARSTVU V SLOVENIJI. *Gozdarski vestnik* 65:1, Pp. 3-14
- Randall, W.K., Berrang, P. (2002): WASHINGTON TREE SEED TRANSFER ZONES. Washington State Department of Natural Resources. 84 pages
- Scalfi, M., Troggio, M., Piovani, P., Leonardi, S., Magnaschi, G., Vendramin, G.G., Menozzi, P. (2004): A RAPD, AFLP AND SSR LINKAGE, AND QTL ANALYSIS IN EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.). *Theor. Appl. Genet.* 108: 433-441
- Shanjani, P.S., Vettori, C., Giannini, R., Khavari-Nejad, R.A. (2004): INTRASPECIFIC VARIATION AND GEOGRAPHIC PATTERNS OF *FAGUS ORIENTALIS* LIPSKY CHLOROPLAST DNA. *Silvae Genetica* 52, 5-6. Pp. 193-197

- Statutory Instruments (2002). NO.3026: THE FOREST REPRODUCTIVE MATERIAL (GREAT BRITAIN) REGULATIONS 2002. 38 pages
- Thiebaut, B., Lumaret, R., Vernet, Ph. (1982): THE BUD ENZYMES OF BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) GENETIC DISTINCTION AND ANALYSIS OF POLYMORPHISM IN SEVERAL FRENCH POPULATION. *Silvae Genetica* 31, 2-3. Pp. 51-60
- Thomsen K.A. and Kjær E.D. (2002): VARIATION BETWEEN SINGLE TREE PROGENIES OF *FAGUS SYLVATICA* IN SEED TRAITS, AND ITS IMPLICATIONS FOR EFFECTIVE POPULATION NUMBERS. *Silvae Genetica* 51, 5-6. Pp. 183-190
- Veerasesan S.D. (2004): OPTIMIZED NONRADIOISOTOPIC AMPLIFIED FRAGMENT LENGTH POLYMORPHISM METHOD FOR EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.). *Plant Molecular Biology Reporter* 22: 303a–303f, September 2004 © 2004 International Society for Plant Molecular Biology. Printed in Canada.
- Vornam, B., Decarli, N., Gailing, O. (2004): SPATIAL DISTRIBUTION OF GENETIC VARIATION IN A NATURAL BEECH STAND (*FAGUS SYLVATICA* L.) BASED ON MICROSATELLITE MARKERS. *Conservation Genetics* 5: 561-570
- Wang, K.S. (2003): GENETIC DIVERSITY AND TEMPORAL GENETIC STRUCTURE IN EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.). *Silvae Genetica* 52, 3-4. Pp. 100-106
- Wang, K.S. (2003): RELATIONSHIP BETWEEN EMPTY SEED AND GENETIC FACTORS IN EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.). *Silva Fennica* 37(4): Pp. 419-428
- Šijačić Nikolić M., J. Milovanović, M. Nonić, R. Knežević, and D. Stanković (2013): LEAF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS VARIABILITY OF DIFFERENT BEECH PROVENANCES IN JUVENILE DEVELOPMENT STAGE. *Genetika*, Vol 45, No. 2, 369-380.
- Šijačić-Nikolić M. et al. (2016) DEFINISANJE TAKSONOMSKOG STATUSA BUKVE U SRBIJI – FAZA I. Projekat finansiran od strane Uprave za šume.
- Šijačić-Nikolić M. et al. (2017) DEFINISANJE TAKSONOMSKOG STATUSA BUKVE U SRBIJI – FAZA II. Projekat finansiran od strane Uprave za šume.
- Исајев, В. (2005): Варијабилитет и оплемењивање букве у Србији. У Љ. Стојановић, *БУКВА У СРБИЈИ* (стр. 141-176). Београд: Удружење шумарских инжењера и техничара Србије: Шумарски факултет Универзитета у Београду.
- Јанковић, М. (1970): FAM *FAGACEAE* DUM. РОД *FAGUS* L., *QUERCUS* L. ФЛОРА СР СРБИЈЕ (уредник Јосифовић, М.). Српска академија наука и уметности (САНУ) – Одељење природно-математичких наука. Књига 2, стр. 69-98
- Јовановић, Б. (1985): Дендрологија. Универзитет у Београду – Шумарски факултет. Стр. 217–231
- Јовановић, Б., Цвјетићанин, Р. (2005): ТАКСОНОМИЈА, МОРФОЛОГИЈА И РАСПРОСТРАЊЕНОСТ МЕЗИЈСКЕ БУКВЕ (*FAGUS MOESIACA* DOMIN, MALY/CZECZOTT.) У СРБИЈИ. У Љ. Стојановић, *БУКВА У СРБИЈИ* (стр. 75-83). Београд: Удружење шумарских инжењера и техничара Србије: Шумарски факултет Универзитета у Београду.
- Јовановић, М. (1971): ОПЛЕМЕЊИВАЊЕ БУКВЕ [*FAGUS MOESIACA* (DOMIN, MALY) CZECZOTT.] У СР СРБИЈИ. Београд: Шумарски факултет. Докторска дисертација. Стр. 5–48

- Кнежевић, М., Кошанин, О. (2005): ЗЕМЉИШТА У БУКОВИМ ШУМАМА СРБИЈЕ. У Љ. Стојановић, *БУКВА У СРБИЈИ* (стр. 94-107). Београд: Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Униветзитет у Београду - Шумарски факултет.
- Крстић, М. (2005): КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ВИСИНСКИХ ПОЈАСЕВА БУКОВИХ ШУМА У СРБИЈИ. У Љ. Стојановић, *БУКВА У СРБИЈИ* (стр. 108-117). Београд: Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Униветзитет у Београду - Шумарски факултет.
- Мишић, В. (1957): ВАРИЈАБИЛНОСТИ ЕКОЛОГИЈА БУКВЕ У ЈУГОСЛАВИЈИ. Београд: Биолошки институт НР Србије – Посебно издање. Књига 1: стр. 1-181
- Стевановић, В. (1995): БИОГЕОГРАФСКА ПОДЕЛА ТЕРИТОРИЈЕ ЈУГОСЛАВИЈЕ. У: Биодиверзитет Југославије – Стевановић, В., Васић, В. (уредници). Биолошки факултет Универзитета у Београду. Стр. 117-127
- Томић, З. (2006): РЕВИЗИЈА И ПРЕИМЕНОВАЊЕ ФИТОЦЕНОЗА МЕЗИЈСКЕ БУКВЕ У СРБИЈИ. Гласник Шумарског факултета, Београд. Бр. 94: стр. 29-82