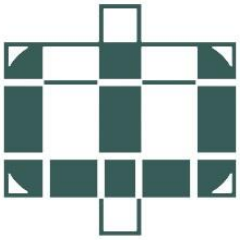
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ



Ненад З. Радаковић

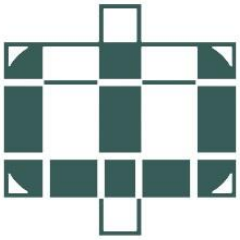
ДЕНДРОКЛИМАТОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА У САСТОЈИНАМА ХРАСТА КИТЊАКА (*Quercus petraea agg*. Ehrendorfer 1967) НА ПОДРУЧЈУ СЕВЕРОИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

Докторска дисертација

Београд, 2024.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF FORESTRY



Nenad Z. Radaković

DENDROCLIMATALOGICAL RESEARCH OF SESSILE OAK STANDS (*Quercus petraea agg*. Ehrendorfer 1967) IN THE AREA OF NORTH-EASTERN SERBIA

Doctoral disertation

Belgrade, 2024.

ИНФОРМАЦИЈЕ О МЕНТОРУ И ЧЛАНОВИМА КОМИСИЈЕ

Ментор:

др Бранко Стајић, редовни професор Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Чланови Комисије:

1. др Бранко Стајић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Планирање газдовања шумама.
2. др Дамјан Пантић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Планирање газдовања шумама.
3. др Раде Цвјетићанин, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Екологија шума.
4. др Оливера Кошанин, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Екологија шума.
5. др Војислав Дукић, редовни професор Универзитета у Бањој Луци - Шумарског факултета, ужа научна област Планирање газдовања шумама.

Датум одбране: __ / __ / 2024. године.

ИЗЈАВЕ ЗАХВАЛНОСТИ

За све идеје, савете и подршку у току израде овог рада, као и посебну захвалност за дугогодишње усмеравање и указивање на најбитније научне и стручне премисе, дугујем ментору редовном проф. др Бранку Стајићу и декану Шумарског факултета Универзитета у Београду. За велику и несебичну помоћ приликом извођења теренских и лабораторијских радова, као за пружање других савета и помоћи дугујем нарочиту захвалност др Марку Казимировићу, асистенту на Шумарском факултету.

На свим корисним сугестијама захваљујем се члановима комисије и поштованим професорима Шумарског факултета Универзитета у Београду: др Дамјану Пантићу, др Оливери Кошанин, др Радету Цвјетићанину, као и др Војиславу Дукићу декану Шумарског факултета Универзитета у Бањој Луци. Велику захвалност дугујем и свим осталим колегама са Шумарског факултета, ЈП „Србијашума“ који су својим саветима и конкретним залагањем помогли израду ове дисертације.

Овим путем, захваљујем се и колегама из Националног парка „Ђердап“, који су такође дали свој допринос у изради овог рада. И на крају, захвалност на огромној и несебичној подршци која ми је пружена у току израде ове дисертације дугујем својој супрузи Лели, деци Марку и Марији, јер је њихова вера, разумевање и подршка била најважнија, те овај рад посвећујем њима.

У Београду, 2024. године

ДЕНДРОКЛИМАТОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА У САСТОЈИНАМА ХРАСТА КИТЊАКА (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967) НА ПОДРУЧЈУ СЕВЕРОИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

Резиме

Денкроклиматошка истраживања радијалног прираста спроведена су у састојинама храста китњака (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967) на подручју североисточне Србије. Истраживани локалитети се у административном смислу налазе на територијама општина Мајданпек, Бор, Кладово, Неготин, Голубац, Жагубица, Соко Бања и Зајечар. За анализу динамике радијалног прираста и његове условљености варијацијама климатских параметара прикупљени су подаци са укупно 32 огледна поља, постављена у чистим и мешовитим састојинама храста китњака. Вертикална дистрибуција узорка обухватила је појас од 565 m н.в. (275 - 840 m н.в.) на различитим експозицијама, које се у односу на степен инсолације, могу окарактерисати као хладније и топлије. Узорковано је 566 стабала китњака из којих је узето 926 извртака, чијим премером је прецизно датирано 98.571 величина радијалног прираста (RW), односно када се у обзир узму величине раног (EW) и касног дрвета (LW), обрађено је 295.713 величина прираста. На основу детерминисаних старости појединачних стабала установљени су и размотрени основни статистички показатељи старосне структуре китњака по огледним пољима. Станишне хронологије све три величине радијалног прираста успостављене су стандардизацијом серија кроз поступак тзв. дуплог детрендовања, док је аутокорелација додатно уклоњена ауторегресионим моделовањем. На основу дендрохронолошких индикатора који указују на степен израженост заједничког популационог сигнала, за анализу просторног и временског варијабилитета прираста одабране су RW резидуалне хронологије. Анализа основних компоненти варирања (PCA), односно варирање дуж прва два еигенвектора послужили су као основ да се станишне хронологије, које се карактеришу истим или сличним реакцијама на утицај владајућих климатских услова, групишу у мастер хронологије за хладније и топлије експозиције. Извршене корелационе анализе између прираста и сезонских (тромесечних) падавина показале су да присуство веће количине падавина у пролеће, касно пролеће/рано лето и у лето текуће године резултира значајним повећањем прираста китњака. Значајност утицаја падавина у летњим месецима, а нарочито у најтоплијем (јулу) на прираст китњака, потврђена је резултатима спроведених анализа веза између локалних хронологија и података о падавинама на месечном нивоу, чиме је изведен закључак да је без обзира да ли се ради о топлијим или хладнијим експозицијама, смањене количине падавина у јулу значајно умањују прираст китњака у датој години. Веће количине падавина из септембра претходне године стимулативно утичу на величину прираста у текућој години на обе групе станишта, док веће количине падавина током марта текуће године на хладнијим стаништима негативно утичу на раст китњака. У случају када су температуре у месецу јулу више од просечних, прираст стабала на топлијим стаништима се смањује. Применом одзивних функција утврђено је да значајан негативан ефекат високих јулских температура на прираст китњака у текућој години опстаје у моделу и након декорелисања података о падавинама и температури. Резултати анализа величина индекса суше SPEI3 су показали да далеко боље кореспондирају са величинама прираста него месечни подаци о падавинама и температурама, тако да је утврђено да је раст храста китњака у веома јакој позитивној корелацији са износима SPEI3 у најтоплијем периоду лета и у периоду касно лето/рана јесен, али и у нешто мањој, али статистички значајној корелацији и са величинама SPEI3 у другим деловима вегетационог периода: у касно пролеће/рано лето и у јесен. То значи да са повећањем износа SPEI3 у овим

периодима долази до формирања ширих прстенова прираста и неометаног раста. Очекивано, стабла расла на хладнијим експозицијама нешто су толерантнија на сушне периоде. Утврђено је да су карактеристичне негативне године у расту храста китњака више заступљене него карактеристичне позитивне године, па је раст китњака на хладнијим експозицијама у задњих нешто више од 150 година далеко више под утицајем ограничавајућих, штетних фактора раста (12 негативних карактеристичних година у расту) у односу на утицај стимулативних фактора (7 позитивних карактеристичних година), док је раст храста китњака на топлијим експозицијама у задњих око 190 година (период 1837-2021 година), био је под утицајем изузетно повољних или ограничавајућих фактора у току 16 година, од којих су 10 година биле изузетно стимулативне, а 6 изразито ограничавајуће. Иако је већи број карактеристичних година установљен код китњака на хладнијим експозицијама, више „екстремно јаких“ карактеристичних година у расту ове врсте дрвећа забележено је на топлијим експозицијама (5) у односу на хладније (1). Заједничке карактеристичне године, односно године са екстремно израженим утицајем климатских услова за раст храста у оба типа станишних услова биле су 1910. и 1926. (позитивне), као и 1962, 1968. и 2017. година (негативне). Појава негативних карактеристичних године у расту китњака је најчешће резултат утицаја јако умањених падавина или комбинације израженијих температура и умањених падавина у појединим периодима или месецима тих година у односу на вишедеценијски просек, што је утицало на значајно умањење прираста у одређеним годинама, нарочито ако је у тим периодима температура била већа у односу на вишедеценијски просек. Резултати спроведених истраживања показали су у којој мери је китњак, са аспекта раста и продукције, угрожен варијацијама климе и додатно ће "осветлити" могућност употребе храста китњака за реконструкцију климе у прошлости, али и указати на потребу прогнозе ефеката климатских промена у будућности. Прикупљени подаци и сазнања послужиће као основа за формирање информационе базе података од значаја за спознају раста и успевања храста китњака, степена његове угрожености и дестабилизације, а тиме и за дефинисање одрживих планова газдовања састојинама и шумама храста китњака у Србији.

Кључне речи: дендрохронологија, дендроклиматологија, храст китњак, радијални прираст, старост, одзивне функције, суша, североисточна Србија

DENDROCLIMATALOGICAL RESEARCH OF SESSILE OAK STANDS (*Quercus petraea agg*. Ehrendorfer 1967) IN THE AREA OF NORTH-EASTERN SERBIA

Summary

Dendroclimatic studies of radial growth were carried out in stands of white oak (Quercus petraea agg. Ehrendorfer 1967) in the area of north-eastern Serbia. The investigated localities are administratively located in the territories of the municipalities of Majdanpek, Bor, Kladovo, Negotin, Golubac, Žagubica, Soko Banja and Zaječar. For the analysis of the radial growth dynamics and its dependence on variations of climatic parameters, data were collected from a total of 32 experimental fields, set in pure and mixed oak stands. The vertical distribution of the sample covered a zone of 565 m above sea level. (275 - 840 m above sea level) at different exposures, which can be characterized as colder and warmer concerning the degree of insolation. 566 trees were sampled, from which 926 cores were taken, with 98,571 measured and precisely date sizes of radial growth (RW), processing the 295,713 sizes when the sizes of early- (EW) and late-wood (LW) are taken into account. Based on the determined ages of individual trees, the basic statistical indicators of the age structure in the sample plots were established and considered. The site chronologies of all three sizes of radial growth were established by standardizing the series through the so-called. the double detrending procedure, while autocorrelation was additionally removed by autoregression modelling. Based on dendrochronological indicators measuring the common population signal, RW residual chronologies were selected for analysing spatial and temporal variability of growth. Principal component analysis (PCA), i.e. variation along the first two eigenvectors, served as the basis for grouping site chronologies, characterized by the same or similar reactions to the influence of prevailing climatic conditions, into master chronologies for colder and warmer exposures. Correlation analysis between growth and seasonal (three-month) precipitation showed that the presence of a higher amount of precipitation in spring, late spring/early summer and the summer of the current year results in a significant increase in the growth of sessile oak. The significance of the influence of precipitation in the summer months, especially in the warmest month (July), on the growth of sessile oak, was confirmed by the results of the examination of the links between local chronologies and data on precipitation on a monthly level, which led to the conclusion that regardless of whether it is warmer or due to colder exposures, the reduced amount of precipitation in July significantly reduces the growth of sessile oak in a given year. Larger amounts of precipitation from September of the previous year have a stimulating effect on the size of growth in the current year for both groups of sites, while larger amounts of precipitation during the current year's March in colder habitats negatively affect the growth of sessile oak. When the temperatures in July are higher than average, the growth of trees in warmer habitats is reduced. After applying the response functions, it was determined that the significant negative effect of high July temperatures on the growth of sessile oak in the current year persists in the model even after the correlation of precipitation and temperature data. The results of the analysis of the SPEI3 drought index values showed they correspond much better with the increment values than the monthly precipitation and temperature data, so it was determined that the growth of the sessile oak has a very strong positive correlation with the SPEI3 values in the hottest period of summer and the period of late summer/ early autumn, but also in a slightly smaller but statistically significant correlation with SPEI3 values in other parts of the vegetation period: in late spring/early summer and in autumn. This means that with an increase in the amount of SPEI3 in these periods, the formation of wider growth rings and uninterrupted growth occurs. As expected, trees grown on cooler exposures are more

tolerant to dry periods. It was determined that the characteristic negative years in the growth of the oak tree are more common than the characteristic positive years, so the growth of the oak tree in colder exposures in the last more than 150 years is much more influenced by limiting, harmful growth factors (12 negative characteristic years in growth) than stimulating factors (7 positive characteristic years). The growth of the oak in warmer exposures in the last 190 years (period 1837-2021) was affected by extremely favourable or limiting factors during 16 years, of which 10 years were extremely stimulating, and 6 were extremely limiting. Although a greater number of characteristic years were found for cooler exposures, more "extremely strong" characteristic years in the growth of this tree species were recorded in warmer exposures (5) compared to colder exposures (1). Common characteristic years, i.e. years with an extremely pronounced influence of climatic conditions for oak growth in both types of site conditions, were 1910 and 1926 (positive), as well as 1962, 1968 and 2017 (negative). The occurrence of negative characteristic years in the growth of sessile oak is most often the result of the influence of greatly reduced precipitation or a combination of more pronounced temperatures and reduced precipitation in certain periods or months of those years compared to the multi-decadal average, which affected a significant decrease in growth in certain years, especially if in those years in periods the temperature was higher than the multi-decade average. The results of the conducted research showed the extent to which the oak tree, from the aspect of growth and production, is threatened by climate variations and will additionally "illuminate" the possibility of using the oak tree for climate reconstruction in the past, but also indicate the need to anticipate the effects of climate change in the future. The collected data and knowledge will serve as the basis for the formation of an information database important for the understanding of the growth and success of the oak tree, the degree of its threat and destabilization, and thus for the definition of sustainable management plans for oak stands and forests in Serbia.

Key words: dendrochronology, dendroclimatology, sessile oak, radial growth, age, response functions, drought, north-eastern Serbia

КЉУЧНЕ ДОКУМЕНТАЦИОНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ

Редни број (RBB)	
Идентификациони број (IBR)	
Тип документације (TD)	Монографска публикација
Тип записа (TZ)	Текстуални штампани материјал
Врста рада (VR)	Докторска дисертација
Аутор (AU)	мр Ненад З. Радаковић
Ментор (MN)	Др Бранко Стајић, редовни професор
Наслов рада (NR)	Дендроклиматолошка истраживања у састојинама храста китњака (*Quercus petraea agg.* Ehrendorfer 1967) на подручју североисточне Србије
Језик публикације (JP)	Српски
Земља публикације (ZP)	Републике Србија
Географско подручје (GP)	Србија
Година издавања (GI)	
Издавач (IZ)	Ауторски репринт
Место издавања (MS)	11030 Београд, Р. Србија, Кнеза Вишеслава 1
Физички обим рада (FO) (број поглавља / страна / литературних цитата / табела / прегледа / графикона / дијаграма / шема / карти /фототаблица / прилога)	поглавља- 10, страница- 206, литературних цитата- 165, табела- 6, графикона- 51, слика- 66
Научна област (NO)	Шумарство
Научна дисциплина (DIS)	Планирање газдовања шумама
Предметна одредница/Кључне речи (PO)	дендрохронологија, дендроклиматологија, храст китњак, радијални прираст, старост, одзивне функције, суша, североисточна Србија
UDK	
Чува се (ČU)	Библиотека Шумарског факултета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија
Важна напомена (VN)	-
Датум прихватања теме (DP)	Одлука ННВ Шумарског факултета, бр. 01-2/43, од 31.03.2021. год. Одлука Већа научних области биотехничких наука, 02-08 број: 61206-1554/2-21 МЦ, од 13.04.2021. год.
Датум одбране (DO)	
Комисија за оцену (KO)	1. др Бранко Стајић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Планирање газдовања шумама. 2. др Дамјан Пантић, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Планирање газдовања шумама. 3. др Раде Цвјетићанин, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Екологија шума. 4. др Оливера Кошанин, редовни професор Универзитета у Београду - Шумарског факултета, ужа научна област Екологија шума 5. др Војислав Дукић, редовни професор Универзитета у Бањој Луци - Шумарског факултета, ужа научна област Планирање газдовања шумама.

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number (ANO)	
Identification number (INO)	
Document type (DT)	Monographic publication
Type of record (TR)	Textual printed article
Contains code (CC)	Ph.D. thesis
Author (AU)	Nenad Z. Radaković, MSc
Mentor (MN)	Dr Branko Stajić, Full Professor
Title (TI)	DENDROCLIMATOLOGICAL RESEARCH IN SESSILE OAK STANDS (*Quercus petraea agg.* Ehrendorfer 1967) IN THE AREA OF NORTH-EASTERN SERBIA
Language of text (LT)	Serbian
Country of publication (CP)	Republic of Serbia
Locality of publication (LP)	Serbia
Publication year (PY)	
Publisher	Author's reprint
Publication place (PL)	11030 Belgrade, R. Serbia, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD) (Number of chapters/pages/ citations/tables/reviews/ charts/diagrams/scheme/maps/images/annexes)	chapters- 10, pages- 206, literature citations- 165, tables- 6, charts -51, figures- 66,
Science field (SF)	Forestry
Science discipline (SD)	Forest management planning
Subject/Key words (CX)	dendrochronology, dendroclimatology, sessile oak, radial growth, age, response functions, drought, north-eastern Serbia
UDC	
Holding data (HD)	Library of Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia
Note (N)	None
Accepted by scientific board on (ACB)	Decision of Academic-Scientific Council of Faculty of Forestry, No. 01-2/43, from 31.03.2021. Decision of Professional Board of Biotechnical Sciences, 02-08 No: 61206-1554/2-21, from 13.04.2021.
Defended on (DE)	
Thesis defend board (DB)	1. Dr Branko Stajić, full professor the University of Belgrade – Faculty of Forestry, scientific field of Forest management planning 2. Dr Damjan Pantić, full professor the University of Belgrade – Faculty of Forestry, scientific field of Forest management planning. 3. Dr Rade Cvjetićanin, full professor the University of Belgrade – Faculty of Forestry, scientific field of Forest ecology 4. Dr Olivera Košanin, full professor the University of Belgrade – Faculty of Forestry, scientific field of Forest ecology 5. Dr Vojislav Dukić, full professor the University of Banja Luka – Faculty of Forestry, scientific field of Forest management planning

САДРЖАЈ

САДРЖАЈ i
ПОПИС ТАБЕЛА iv
ПОПИС ГРАФИКОНА v
ПОПИС СЛИКА viii
1. УВОД 1
2. ПРОБЛЕМ И ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА 5
3. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА 9
3.1. Основне таксономске и еколошке карактеристике китњака 9
3.2. Општи опис истраживаног подручја 12
3.3. Локацијске и орографске карактеристике огледних поља (ОП) 14
3.4. Састојинска структура 17
3.5. Климатске карактеристике 21
3.6. Основне информације о постављеним огледним пољима (ОП) 23
3.6.1. BR100a 24
3.6.2. LR032e 27
3.6.3. SK057b 30
3.6.4. KO035b 33
3.6.5. ZL096a 36
3.6.6. DJ022a 39
3.6.7. CV023b 42
3.6.8. BR008e 45
3.6.9. ZL091c 48
3.6.10. ZL097c 51
3.6.11. CR124a 54
3.6.12. BM088b 56
3.6.13. PB008a 59
3.6.14. MR057a 62
3.6.15. SK061b 65
3.6.16. LR031b 68
3.6.17. MP078e 71
3.6.18. RR122d 73

3.6.19. BE152b 75
3.6.20. DL109f 78
3.6.21. DL159b 81
3.6.22. DL139b 84
3.6.23. CVD41c 87
3.6.24. CVD02a 90
3.6.25. MR096g 93
3.6.26. MR006c 96
3.6.27. KR266d 99
3.6.28. KR242e 102
3.6.29. CVK16d 104
3.6.30. STL54a 107
3.6.31. VCB02f 110
3.6.32. SSS02g 113
4. ЦИЉ И ЗАДАТАК РАДА 116
5. ХИПОТЕЗЕ У ИСТРАЖИВАЊУ 118
6. МЕТОД РАДА 119
6.1. Прикупљање емпиријских података 119
6.2. Припрема и премер узорака 120
6.3. Анализа серија радијалног прираста 122
6.4. Зависност између климе и прираста 125
6.5. Карактеристичне године у расту 127
6.5.1. Метод интервала тренда 127
6.5.2. Метод релативне промене раста 128
6.5.3. Метод нормализације у покретном прозору 129
7. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА 130
7.1. Старост стабала на огледним пољима 130
7.2. Емпиријске серије радијалног прираста 134
7.3. Станишне хронологије прираста 138
7.4. Сличности станишних хронологија прираста 151
7.5. Зависност климе и прираста 157
7.5.1. Корелационе анализе 157
7.5.1.1 Временска стабилност везе 159

7.5.2. Одзивне функције 161

7.5.3. Индекс суше - SPEI 162

7.6. Карактеристичне године у расту 163

8. ДИСКУСИЈА 167

8.1. Оцена квалитета серија радијалног прираста храста китњака 167

8.2. Зависност између прираста храста китњака и климе на подручју североисточне Србије 174

8.2.1. Падавине и прираст стабала храста китњака 174

8.2.2. Температуре и прираст стабала храста китњака 176

8.2.3. SPEI и прираст стабала храста китњака 177

8.2.4. Карактеристичне године у расту храста китњака 179

8.3. Поређење добијених резултата са резултатима истраживања у Европи, с посебним освртом на резултате истраживања у Србији и земљама Балканског полуострва 182

9. ЗАКЉУЧЦИ 187

10. ЛИТЕРАТУРА 194

БИОГРАФИЈА 207

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ 213

ИЗЈАВУ О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА . 214

ИЗЈАВУ О КОРИШЋЕЊУ 215

ПОПИС ТАБЕЛА

Табела 1. Основне локацијске информације о постављеним огледним пољима (ОП). 15

Табела 2. Основне информације о структури састојина у којима су постављена ОПа. 17

Табела 3. Основне карактеристике дистрибуције старости стабала китњака по огледним пољима. Детаљан опис параметара дати су у тексту..... 133

Табела 4. Основне карактеристике емпиријских серија прираста китњака по огледним пољима. Детаљан опис параметара и значење скраћеница дати су у тексту..... 135

Табела 5. Основне карактеристике хронологија прираста китњака по огледним пољима. Детаљан опис параметара и значење скраћеница дати су у тексту. 148

Табела 6. Корелациона матрица елемената PC1 и PC2 са 14 предиктора који описују станишне и састојинске услове. Статистички значајни коефицијенти корелације ($p<0,05$) приказани су одговарајућим бојама у складу са приказаном континуалном скалом везаном за смер везе.....151

ПОПИС ГРАФИКОНА

Графикон 1. Вертикално распрострањење постављених огледних поља..... 16

Графикон 2. Дистрибуција ОПа посебно по експозицијама и укупно на хладнијим (14 ОПа) и топлијим (18 ОПа) експозицијама..... 16

Графикон 3. Промена броја стабала (N/ha) са процењеном старошћу састојина (T [god]). Боја и величина симбола су усклађени са саставом састојина и уделом китњака. 18

Графикон 4. Промена темељнице (G [m^2/ha]) са процењеном старошћу састојина (T [god]). 19

Графикон 5. Промена запремине (V [m^2/ha]) са процењеном старошћу састојина (T [god]). 20

Графикон 6. Промена средњег пречника (Ds [cm]) са процењеном старошћу састојина (T [god]). 20

Графикон 7. Промена средње висине (Hs [m]) са процењеном старошћу састојина (T [god]). 21

Графикон 8. Годишња сума падавине (mm/m^2) на огледним пољима. 22

Графикон 9. Минимална (горе), просечна (средина) и максимална (доле) годишња температура (C°) на огледним пољима. 23

Графикон 10. Дистрибуција старости стабала храста китњака на 32 огледна поља (ОПа) у североисточној Србији. За ближа објашњења ознака погледати текст. 131

Графикон 11. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BR100a. 140

Графикон 12. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП LR032e..... 140

Графикон 13. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП SK057b. 140

Графикон 14. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП KO035b..... 140

Графикон 15. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП ZL096a..... 141

Графикон 16. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DJ022a. 141

Графикон 17. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CV023b. 141

Графикон 18. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BR008e..... 141

Графикон 19. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП ZL091c. 142

Графикон 20. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП ZL097c. 142

Графикон 21. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CR124a. 142
Графикон 22. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BM088b. 142
Графикон 23. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП PB008a. 143
Графикон 24. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MR057a. 143
Графикон 25. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП SK061b. 143
Графикон 26. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП LR031b. 143
Графикон 27. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MP078e. 144
Графикон 28. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП RR122d. 144
Графикон 29. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BE152b. 144
Графикон 30. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DL109f. 144
Графикон 31. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DL159b. 145
Графикон 32. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DL139b. 145
Графикон 33. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CVD41c. 145
Графикон 34. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CV002a. 145
Графикон 35. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MR096g. 146
Графикон 36. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MR006c. 146
Графикон 37. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП KR266d. 146
Графикон 38. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП KR242e. 146
Графикон 39. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CVK16d. 147
Графикон 40. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП STL54a. 147
Графикон 41. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП VCB02f. 147

Графикон 42. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП SSS02g..... 147

Графикон 43. Подела истраживаних ОПа на два кластера означена је плавим и црвеним правоугаоницима, који симболизују топлотни режим на хладнијим и топлијим експозицијама. У делу графикона под а) приказана је хијерархијска кластер структура и експозиције ОПа, док је под б) представљена веза између елемената првог и другог еигенвектора (PC1 и PC2). 153

Графикон 44. Мастер хронологија радијалног прираста на хладнијим експозицијама, израженост заједничког сигнала (EPS) (а) и ниво репликација узорка (б) по календарским годинама. 155

Графикон 45. Мастер хронологија радијалног прираста на топлијим експозицијама, израженост заједничког сигнала (EPS) (а) и ниво репликација узорка (б) по календарским годинама. 156

Графикон 46. Корелациони коефицијенти између сезонских величина температуре и падавина са мастер хронологијама радијалног прираста на подручју североисточне Србије. 157

Графикон 47. Корелациони коефицијенти (добијени тзв. *bootstrapped* методом) између суме падавина (црна боја) и средњих температуре (сива боја), за месеце август претходне године - октобар текуће године и мастер хронологија радијалног прираста китњака на подручју североисточне Србије. 158

Графикон 48. Временска стабилност значајних корелационих коефицијената установљених између хронологија радијалног прираста и климатских података у месечној резолуцији Ширина анализираних периода износи 50 година. 160

Графикон 49. Коефицијенти одзивне функције између падавина и температуре за месеце МАРТ-ОКТОБАР текуће године мастер хронологија радијалног прираста китњака на подручју североисточне Србије. Пуном линијом су означени месеци за значајним коефицијентима. 161

Графикон 50. Корелациони коефицијенти између SPEI израчунатих за три месеца са средњим месецима од августа претходне године - октобар текуће године и мастер хронологија радијалног прираста китњака на подручју североисточне Србије. Пуном линијом су означени месеци за значајном корелацијом. 163

Графикон 51. Карактеристичне године одређене методом интервала тренда - Schweingruber (1983) - IT_Schwe и Becker et al. (1994) - IT_Becker, затим методом релативне промене у расту Schweingruber et al. (1990) - RGC_Schwe и нормализацијом у симетрично покретном прозору од 5, 7 и 13 година, предложеном од стране Cropper (1979) и Neuwirth et al. (2007) - NW_Cropp5, 7, 13 и NW_Neuw5, 7, 13. Број хоризонталних линија на NW_Neuw* тачкама указује на јачину године показивача. Једна хоризонтална линија преко квадрата означава годину слабе показиваче (C вредности > 1), две су за јаку (C > 1,28), а три су за екстремно јаку (C > 1,645). 166

ПОПИС СЛИКА

Слика 1. Ареал храста китњака у Европи (извор: https://www.euforgen.org/species/quercus-petraea/) са ближе представљеним распрострањењем у Србији. 9

Слика 2. Истраживане састојине на подручју североисточне Србије. Ознакама плаве и црвене боје означене су огледна поља лоцирана на хладним и топлим експозицијама. Црвена испрекидана линија представља спољну границу ареала храста китњака..... 14

Слика 3. Положај огледног поља BR100a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека a, 100. одељења ГЈ „Бољетинска река“ (доњи део). 25

Слика 4. Стабла китњака 1, 3, 14 и 20 узоркована у оквиру огледног поља BR100a. ..26

Слика 5. Положај огледног поља LR032e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека e, 32. одељења ГЈ „Лева река“ (доњи део). 28

Слика 6. Стабла китњака 4, 6, 14, 15, 17, и 18 узоркована у оквиру огледног поља LR032e. 29

Слика 7. Положај огледног поља SK057b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 57. одељења ГЈ „Штрбачко корито“ (доњи део)..... 31

Слика 8. Стабла китњака 2, 3, 4, 5, и 12 узоркована у оквиру огледног поља SK057b. 32

Слика 9. Положај огледног поља KO035b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 35. одељења ГЈ „Кожица“ (доњи део). 34

Слика 10. Стабла китњака 1, 3, 11, и 20 узоркована у оквиру огледног поља KO035b. 35

Слика 11. Положај огледног поља ZL096a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека a, 96. одељења ГЈ „Златица“ (доњи део). 37

Слика 12. Стабла китњака 8, 9, 12, 13, 14 и 20, узоркована у оквиру огледног поља ZL096a. 38

Слика 13. Положај огледног поља DJ022a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека a, 22. одељења ГЈ „Ђердап“ (доњи део)..... 40

Слика 14. Стабла китњака 1, 2, 11, 12, 13, 16, 16 и 18 узоркована у оквиру огледног поља DJ022a..... 41

Слика 15. Положај огледног поља CV023b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 23. одељења ГЈ „Црни врх“ (доњи део). 43

Слика 16. Стабла китњака 1, 6 и 11 узоркована у оквиру огледног поља CV023b..... 44

Слика 17. Положај огледног поља BR008e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека e, 8. одељења ГЈ „Бољетинска река“ (доњи део)..... 46

Слика 18. Стабла китњака 1, 12, 14 и 18 узоркована у оквиру огледног поља BR008e. 47

Слика 19. Положај огледног поља ZL091c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека i, 91. одељења ГЈ „Златица“ (доњи део)..... 49

Слика 20. Стабла китњака 1, 2, 14, 15, 16 и 19 узоркована у оквиру огледног поља ZL091c.....50

Слика 21. Положај огледног поља ZL097c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека c, 97. одељења ГЈ „Златица“ (доњи део).....52

Слика 22. Стабла китњака 9, 10 и 11 узоркована у оквиру огледног поља ZL097c. 53

Слика 23. Положај огледног поља CR124a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека a, 124. одељења ГЈ „Црна река“ (доњи део).....55

Слика 24. Положај огледног поља BM088b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 88. одељења ГЈ „Буковик - Мратиња“ (доњи део). 57

Слика 25. Стабла китњака 2, 3,4 и 5 узоркована у оквиру огледног поља BM088b. 58

Слика 26. Положај огледног поља PB008a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека a, 8. одељења ГЈ „Пецка бара“ (доњи део). 60

Слика 27. Стабла китњака 3, 4, 8 и 18 узоркована у оквиру огледног поља PB008a... 61

Слика 28. Положај огледног поља MR057a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека a, 57. одељења ГЈ „Мироч“ (доњи део). 63

Слика 29. Стабла китњака 8, 18, 9 и 20 узоркована у оквиру огледног поља MR057a.64

Слика 30. Положај огледног поља SK061b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 61. одељења ГЈ „Штрбачко корито“ (доњи део). 66

Слика 31. Стабла китњака 11, 12, 19 и 20 узоркована у оквиру огледног поља SK061b. 67

Слика 32. Положај огледне површине LR031b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 31. одељења ГЈ „Лева река“ (доњи део).....69

Слика 33. Стабла китњака 1, 9, 12 и 14 узоркована у оквиру огледног поља LR031b. . 70

Слика 34. Положај огледне површине MP078e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека e, 78. одељења ГЈ „Мали пек“ (доњи део). . 72

Слика 35. Положај огледне површине RR122d у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека d, 122. одељења ГЈ „Равна река 2“ (доњи део)..... 74

Слика 36. Положај огледног поља BE152b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 152. одељења оквиру ГЈ „Бељаница“ (доњи део). 76

Слика 37. Стабла китњака 1, 3, 12 и 13 узоркована у оквиру огледног поља BE152b. ...77

Слика 38. Положај огледне површине DL109f у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека f, 9. одељења ГЈ „Дели Јован 1“ (доњи део). 79

Слика 39. Стабла китњака 1, 2, 3, 12, 15 и 17 узоркована у оквиру огледног поља DL109f. 80

Слика 40. Положај огледне површине DL159b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 59. одељења ГЈ „Дели Јован 1“ (доњи део).....82

Слика 41. Стабла китњака 1, 2, 4, 8, 10 и 13 узоркована у оквиру огледног поља DL159b. 83

Слика 42. Положај огледне површине DL139b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 39. одељења ГЈ „Дели Јован 1“ (доњи део). 85

Слика 43. Стабла китњака 1, 2, 3, 4, 5 и 11 узоркована у оквиру огледног поља DL139b. 86

Слика 44. Положај огледне површине CVD41c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека c, 41. одељења ГЈ „Црни врх део“ (доњи део). 88

Слика 45. Стабла китњака 1, 2, 11, 13 и 16 узоркована у оквиру огледног поља CVD41c. 89

Слика 46. Положај огледне површине CVD02c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека c, 2. одељења ГЈ „Црни врх део“ (доњи део). 91

Слика 47. Стабла китњака 1, 2, 4, 9, 13 и 14 узоркована у оквиру огледног поља CVD02a. 92

Слика 48. Положај огледне површине MR096g у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека g, 96. одељења ГЈ „Мироч“ (доњи део). 94

Слика 49. Стабла китњака 1, 2, 4, 5, 6 и 15 узоркована у оквиру огледног поља MR096g. 95

Слика 50. Положај огледне површине MR006c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека c, 6. одељења ГЈ „Мироч“ (доњи део). 97

Слика 51. Стабла китњака 1, 4, 7, 8 и 9 узоркована у оквиру огледног поља MR006c. 98

Слика 52. Положај огледне површине KR266d у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека d, 66. одељења ГЈ „Каменичка река 2“ (доњи део). 100

Слика 53. Стабла китњака 1, 4, 6, 8, 11 и 15 узоркована у оквиру огледног поља KR266d. 101

Слика 54. Положај огледне површине KR242e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека e, 42. одељења ГЈ „Каменичка река 2“ (доњи део). 103

Слика 55. Положај огледне површине CVK16d у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека d, 16. одељења ГЈ „Црни врх – Купиново“ (доњи део). 105

Слика 56. Стабла китњака 1, 2, 3, 5, 6, 12 и 16 узоркована у оквиру огледног поља CVK16d 106

Слика 57. Положај огледне површине STL54a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека a, 54. одељења ГЈ „Стол“ (доњи део). 108

Слика 58. Стабла китњака 1, 2, 5, 12, 13 и 17 узоркована у оквиру огледног поља STL54a. 109

Слика 59. Положај огледне површине VCB02f у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека f, 2. одељења ГЈ „Вршка чука - Бабајона - Трећи врх“ (доњи део).....111

Слика 60. Стабла китњака 1, 5, 7, 9, 10 и 11 узоркована у оквиру огледног поља VCB02f. 112

Слика 61. Положај огледне површине SSS02g у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека g, 2. одељења ГЈ „Шашка - Студена - Селачка река“ (доњи део).....114

Слика 62. Стабла китњака 5, 6, 7, 13, 14 и 15 узоркована у оквиру огледног поља SSS02g. 115

Слика 63. Површинска припрема узорака засецањем применом специјализованог уређаја *Core microtome*. 121

Слика 64. Стварни (изломљена црна линија) и нормални токови (испрекидана/пуна црна линија) радијалног прираста стабала (Stajić et al. 2017a)..... 169

Слика 65. Стварни (танка линија) и нормални токови радијалног прираста (дебља линија) стабла које је расло у састојинском склопу (Strumia 1999)..... 170

Слика 66. Утицај климе у текућој години (t) на прираст стабала у наредној или неколико наредних година (*t+1, t+k*) (Fritts 1976).....175

1. УВОД

Један од најзначајнијих проблема данашње цивилизације јесте нагла измена климатских услова и неопходност ублажавања свих негативних последица таквих дешавања на људе и животну средину. Бројни извештаји у различитим регионима и земљама указују и на утицаје скривених локалних поремећаја, те климатски поремећаји представљају додатан озбиљан проблем и за наше већ и овако угрожене ресурсе и драгоцена подручја (Popović 2007). Оно што је позитивно јесте да општа свест о рањивости света каквог познајемо расте, при чему се константно указује на потребу за проналажење решења, не само за краткорочне проблеме, на начин који ће наћи баланс између раста и развоја, потребе друштва и начина за решавање растућих еколошких проблема (Seke 2016).

Под *климатским променама* подразумева се било која систематска промена у дугогодишњој статистици климатских елемената (нпр. температуре, притиска, ветра) која постоји током неколико декада (Unkašević, Tošić 2013). Због свог великог практичног значаја за опстанак живог света на планети, датирање и анализа карактера промена ових фактора животне средине представљају неке од основних задатака у оквиру сфере научних истраживања. Генерална процедура за евалуацију утицаја климатских промена на било који физички или биолошки систем је следећа (Bae et al. 2011): (1) пројекција промена климе у будућности, (2) пројекције климе од глобалног ка регионалном нивоу и (3) креирање оцене утицаја ових промена повезивањем модела неког специфичног система и пројекција промена климатских услова (цит. у Ruml et al. 2012).

Један од таквих система у оквиру којег је неопходно утврдити утицај промена климе на његову општу функционалност, будући развој и опстанак јесте шума, односно шумски екосистем. Значај шума као еколошки, структурно и функционално сложених заједница, готово је непроцењив, јер оне својим различитим дејствима учествују у задовољавању многих и све јаче израженијих друштвених потреба савремене цивилизације и друштва у целини. Посебан значај шума у данашње доба огледа се у чињеници да шуме представљају вероватно најбоље и најефикасније средство за ублажавање убрзаних климатских промена и смањења ефеката различитих негативних последица таквог процеса. Стога се, у оквиру шумарске струке и посебно науке, већ неколико деценија расправља о последицама глобалних климатских промена, које уз прогресивно повећање концентрације разних штетних гасова у атмосфери, изазивају девитализацију и сушење шума, израженију појаву пожара, штеточина ентомолошког и фитопатолошког карактера и тиме озбиљно угрожавају функционисање и стабилност шумских екосистема.

С обзиром да су услови средине у шумским екосистемима подложни сталним променама, важно је истраживати варијације појединих услова средине и њихов утицај на шумске екосистеме (Radaković 2014). Свеукупни утицај неког фактора животне средине на шумска стабла може бити сумиран кроз сагледавање његовог ефекта на раст, те је раст стабала кључни параметар за евалуацију способности шума да ублаже ефекте климатских промена и обезбеде бројне екосистемске услуге (Bonan 2008). Стога, у оквиру истраживања варирања појединих услова средине и њиховог утицаја на шумске екосистеме, посебан сегмент односи се на проучавања утицаја промена услова средине на раст и прираст шумских стабала и састојина.

Резултати оваквих истраживања могу имати типичан привредни значај, који се огледа у премиси "већи прираст - већи финансијски ефекат", када се анализирају начини и системи газдовања (узгојни третман) и утицај производног потенцијала станишта на квантитет и квалитет продукције. Али, овакве анализе утицаја фактора средине на раст и прираст шума имају истовремено, поред привредног и еколошки значај, када се сагледавају евентуални процеси девитализације и сушења стабала, група стабала или читавих састојина. Наиме, детаљна истраживања стабала захваћених сушењем указују на то да њихов прираст може имати дугогодишњу тенденцију одступања од ”нормалног” тренда и да слабљење виталности може отпочети доста пре појаве окуларно видљивих симптома (Vučković et al. 2008; Anderson et al. 2011; Stajić et al. 2017a; Stajić, Vucković 2023).

Свеобухватна анализа краткорочних и дугорочних промена климатских фактора има велики практични значај и представља један од основних задатака у оквиру сфере научних истраживања везаних за проучавања животне средине. У том смислу, посебно је значајно утврдити карактер и обим утицаја климатских промена на шуме и шумске екосистеме, јер се на тај начин могу створити услови за адекватну припрему и рад на ублажавању њихових негативних ефеката. С обзиром да шумски екосистеми интензивно реагују на промене услова животне средине, изузетно важно је познавати како варијације појединих еколошких фактора утичу на опстанак, али и раст стабла и шумских састојина (Radaković 2014).

Промене прираста стабала изазване утицајем појединих климатских фактора, најчешће се посматрају на радијалном (дебљинском) прирасту, који веома интензивно реагује на промену ових фактора, а при томе се лако и прецизно утврђује. Говорећи о апликативности оваквих истраживања у том контексту Стаменковић и Вучковић (1988) констатују следеће: "... *Услед низа својих специфичности (егзактност мерења, уска веза са климатским и другим еколошким факторима, могућност прикупљања података и више векова уназад итд.), истраживања раста и прираста стабала у дебљину су од посебног значаја за анализу и дефинисање природе реакције стабала на измене основних услова за раст* ...". У начелу, употреба радијалног прираста у поменуте сврхе базира на основној премиси (Fritts 1976): раст и прираст стабала су перманентно под утицајем климатских варијација и по годинама присутни повољни или неповољни климатски услови (влажни или суви, топли или хладни) верно се "записују" као серије (низови) већих или мањих годишњих износа радијалног прираста код великог броја стабала.

Истраживањима која проучавају радијални (дебљински) прираст, њихове годишње, средњорочно и дугорочно варирање, као и утицаје различитих еколошких и осталих фактора животне средине који делују на раст и прираст дрвећа баве се истраживачи из области раста и производности шума и дендрохронолози, али и различити истраживачи из сродних и повезаних шумарских дисциплина (Radaković 2014). Једна од дисциплина која третира радијални раст и његове квантитативне и квалитативне карактеристике јесте дендрохронологија (*dendro*-дрво, *hronos*–време и *logos*–наука). Од бројних дефиниција ове научне дисциплине Стајић et al. (2014a) наводе ону према Cherubini et al. (2004), који под дендрохронологијом подразумевају истраживања раста стабала и његовог односа према условима животне средине у зависности од простора и времена. Стајић et al. (2014a) даље наводе, цитирајући Biondi-a (1997), да је "... *један од најважнијих задатака дендрохронолошких*

истраживања, посебно у циљу даљег развоја климатологије и екологије, детекција оних климатских елемената који имају доминирајући утицај на раст стабала и састојина...". На тај начин развијена је посебна под-дисциплина у оквиру дендрохронологије – дендроклиматологија, која се бави зависношћу укупних величина радијалног прираста, појединих његових делова (рано и касно дрво) или унутрашње грађе (величина проводних судова, густина дрвета итд.) од различитих климатских елемената.

Прва дендрохронолошка истраживања у Србији, заснована на методолошким приступима који карактеришу модерна истраживања овакве природе у Свету, извршена су у састојинама букве на подручју НП "Ђердап" од стране Стајића (2010). Од тада је спроведено више истраживања овакве природе у Србији, која су, према Стајићу и Вучковићу (2023), најчешће имала за циљ следеће:

- утврђивање јачине заједничког климатског сигнала у расту стабала неких других врста дрвећа (Stajić et al. 2018),
- утврђивање јачине климатског сигнала у појединим компонентама радијалног прираста, односно у укупној величини прираста, у приросту раног и у приросту касног дрвета (Radaković, Stajić 2021),
- анализу утицаја варијација температуре и падавина на прираст различитих врста дрвећа (Stajić et al. 2015, 2020; Stojanović et al. 2015; Matović et al. 2018; Stajić, Kazimirović 2018 итд.),
- утврђивања тзв. карактеристичних година у расту букве (Stajić 2014b; Stajić et al. 2017b) итд.

Оваква истраживања су од посебне важности за стабла и састојине наших најзаступљенијих врста дрвећа, као што је храст китњак (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967). Уз букву, китњак представља привредно и еколошки најзначајнију врсту дрвећа у Србији и према подацима Националне инвентуре шума - НИШ (Banković et al. 2009) шуме храста китњака заузимају 173.200 ha, са укупном дрвном запремином од 21,5 милиона m^3. Поред тога, због његове веће отпорности према недостатку воде и суши у односу на букву, храст китњак је много више адаптиран на пројектоване будуће измене климатских услова него буква, те је једна од врста дрвећа која је веома прикладна у контексту ублажавања негативних ефеката таквих процеса. Истовремено китњак је врста дрвећа са прстенасто-порозним и маркантним годовима, са оштрим прелазом између ране и касне зоне у оквиру года и врло ретким или практично никаквим присуством лажних годова, те је уз своју широку еколошку и географску амплитуду и могућност заузимања "доминантне позиције" у многим шумским заједницама, нарочито погодан за истраживања утицаја климатских промена на раст, виталност и здравствено стање шума ове врсте (Haneca et al. 2009; Radaković 2014; Stajić et al. 2015).

Иако постоји значајан број резултата који се баве анализом утицаја температуре и падавина на раст и успевање храстова, постоје неке земље и региони у Европи, где ове везе нису пуно истраживане и где не постоји довољна сазнања о природи датих веза. Такве студије у неистраженим подручјима су "добродошле", јер "*... знања о релацијама између климе и раста храстова су неопходна за боље*

предвиђање будућих сценарија прилагођавања и раста храстова под утицајем климатских промена..." (Matisons et al. 2013).

Једно до таквих подручја јесте и подручје Балканског полуострва и у оквиру њега, подручје Србије. То је из разлога што је Балкан једно од подручја у Европи у којем се очекују највеће промене и сходно томе и најизраженије последице у контексту будућих измена наглих климатских промена, али су одговарајући извори података (низови величина радијалног прираста) од значаја за овакве анализе углавном недостају, што омета боље разумевање дугорочних варијација климатских елемената (Trouet et al. 2012).

Имајући у виду претходно наведене чињенице, као предмет дендроклиматолошких истраживања, одабрана су стабла и састојине храста китњака на различитим локалитетима у североисточној Србији. Храст китњак представља најмезофилнију врсту храста на овом подручју и најближи је букви, са којом се граничи и алтернира у шумским екосистемима, у зависности од експозиције терена (Cvjetićanin et al. 2016). У давној прошлости, услед деградирања и девастације шума на великим површинама (коришћењем најбољих, а остављањем најмање квалитетних и здравих стабала) слабила је постепено и виталност храста китњака, али и отпорност према различитим штетним утицајима, међу којима су и смањење падавина и повећање температуре.

2. ПРОБЛЕМ И ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Према пројекцијама климатских промена за 21. век, очекује се континуирано повећање температуре у целој Европи, док ће се количина падавина вероватно повећати у северној и централној Европи и смањити у јужној Европи (Christensen et al. 2013). Прогнозе за Србију као земљу региона југоисточне Европе су сличне, при чему је уочљив јасан тренд температурног повећања од 80-тих година прошлог века, док ће сушни периоди бити све чешћи, интензивнији и дужег трајања (Đurđević, V.; Vuković, A.; Vujadinović-Mandić 2018; Vuković et al. 2018; Erić et al. 2021)

Пројектоване климатске промене и све интензивније појаве које су последица таквих дешавања (сушење стабала, група стабала или састојина, измене услова и производности станишта, пожари, интензивније деловање инсеката и штеточина фитопатолошке природе итд.) представљају озбиљну претњу за шумарство у наредним деценијама (Bolte et al. 2009; Sturrock et al. 2011). Као последице оваквих појава, која наступају појединачно или истовремено, раст и виталност стабала могу бити прилично умањени, што доводи до смањења производности шума и њиховог производног (Leuzinger et al. 2005) и еколошког учинка (Vučković, Stajić 2003). Имајући у виду да основне и најзначајније функције шумских екосистема проистичу из процеса асимилације, односно продукције органске материје (Vučković, Stajić 2004), смањење производности и прираста стабала и састојина истовремено, поред производног и еколошког ефекта, угрожава и ефикасност испуњавања и низа других корисних функција шумских екосистема.

Према Стајићу и Вучковићу (2023), утицај промена услова средине на шуме може се огледати у променама неколико њихових важних својстава или карактеристика: (1) распрострањености, (2) састава и структуре, (3) динамике раста и прираста и нивоа производности, (4) морфологије грана и угла и начина грањања стабала, (5) количине и квалитета лишћа или четина итд. Све наведене особености, према наведеним поменутим ауторима, могу бити коришћене за сагледавање природе утицаја различитих фактора (међу којима и климатских) на функционалност шума, а тиме у великој мери и на квалитет животне средине. Међутим, имајући у виду да су раст и прираст шумских стабала и састојина, у суштини, комплексна реакција на дејство различитих егзогених и ендогених утицаја, те да су, како је то већ назначено подаци о расту и приросту доступни и за више деценија и векова уназад, анализама токова (трендова) раста и прираста припада, вероватно, најзначајније место у оквиру оваквих истраживања (Стајић и Вучковић 2023).

Стога, паралелно са опажањима промена услова средине (промене температуре и падавина, промене садржаја азота и других елемената, промене својстава земљишта и производности станишта итд.) "*... неопходно је опажати и промене прираста шумског дрвећа као незаменљивог показатеља како поједине врсте шумског дрвећа реагују на наступајуће промене*..." (Vucković et al. 1996). Наиме, "*... опажање реакције појединих врста дрвећа на промену услова средине преко прираста представља елементарни задатак у процесу очувања шума, јер није исто да ли се о некој појави говори начелно или за то постоје проверени квантитативни показатељи*..." (Vučković, Stajić 2005).

У сврху истраживања умањења прираста и процеса који се карактеришу таквим реакцијама (делимична девитализација или потпуна девитализација –

сушење стабала) нарочито су прикладне методолошке процедуре квантитативне и квалитативне анализе прираста стабала у дебљину, с обзиром на могућност његовог егзактног мерења (на стоти део милиметра) и јаку везу са климатским и другим чиниоцима. Међутим, квантитативна детекција утицаја измене услова средине, па и климатских, на раст и прираст стабала и састојина представља не тако једноставну и "шематизовану" процедуру, јер су ефикасност и тачност њених резултата условљени низом различитих фактора. Један од основних проблема који се јавља приликом оваквих анализа јесте одређивање најважнијег и најзначајнијег фактора који утиче на процес раста и проналажење доброг поступка којим ће се његов (њихов) утицај анализирати у односу на утицаје других фактора који утичу на раст стабала. Вучковић *et al*. (2005) наводе да "... *истраживање парцијалних утицаја појединих егзогених фактора, и поред савремених техника мерења и рачунске обраде података и данас представља озбиљан проблем, због великог броја делујућих фактора, њихове међусобне интеракције и због тога често различитог односа шумског дрвећа према деловању једног истог фактора*...". На сличан начин о томе пишу и Стајић *et al*. (2014), указујући на поједине аспекте који "замућују" закључивање о природи реакције неке врсте на промену услова средине, наводећи да "... *различите врсте дрвећа могу на јако сличан начин реаговати на деловање истих екстремно неповољних или повољних услова животне средине. Такође, иста врста дрвећа на различитим стаништима може различито реаговати на нагле промене основних фактора раста у појединим годинама*...".

Приликом разматрања основних принципа и концепата у оквиру науке која се бави утврђивањем ефеката утицаја појединачних или групе фактора средине, посебно климатских, на раст и прираст шумских стабала Fritts (1976) у наредном указаће се на неколико најважнијих:

1. Принцип униформности

Овај принцип почива на основној премиси да су они фактори раста који данас условљавају варијације радијалног прираста код стабала били фактори раста који су опредељивали разлике у прирасту стабала и у прошлости. Са аспекта везе између климе и прираста стабала то значи да су се врста и "шаблон" везе између климатских услова и прираста стабла утврђених у данашње време морали дешавати на исти или врло сличан начин и у прошлости. То не имплицира да су палеоклиматски услови били исти као климатски услови данашњице. Али, то имплицира да је иста врста лимитирајућих услова утицала на исту врсту процеса на исти начин у прошлости и у данашње време. Само се фреквенција, интензитет и локације лимитирајућег фактора који утиче на раст могу мењати. Према томе, тако се може утврдити релација између скорашњих варијација у расту стабала и варијација климатских елемената и изнети закључак о клими у прошлости на бази величина радијалног прираста.

2. Принцип лимитирајућег фактора

Добро позната биолошка законитост под именом "принцип лимитирајућег фактора" може се најједноставније објаснити на следећи начин: раст стабала, као биолошки процес, не може се одвијати брже него што то дозвољавају лимитирајући фактори. Исти фактори могу до одређене мере бити лимитирајући у свим годинама живота стабала, али ниво и њихово трајање варира од године до године. Ако се неки

фактор промени тако да његов утицај не траје дуже, раст и прираст стабала ће се повећати док неки други фактор или фактори не постану лимитирајући за раст. Нпр. за време обилне, али не претеране влажности, прираст ће се повећати све док не постане подложан утицају неког другог лимитирајућег фактора. Овај принцип је веома важан у области дендрохронологије и дендроклиматологије, јер дебљински или радијални прираст може бити прецизно датиран само ако један или више фактора животне средине је (су) критично лимитирајући за раст стабала, трају довољно дуго и делују на ширем географском подручју да би се могле формирати различите величине прираста или друге карактеристике прстенова прираста. Овај принцип индицира на закључивање да мање величине прираста (ужи прстенови прираста) обезбеђују много прецизније информације о лимитирајућим климатским условима него шири прстенови прираста, односно веће величине прираста.

3. Концепт еколошке амплитуде

Свака врста дрвећа, у зависности од наследних фактора који детерминишу њен фенотип, расте и развија се у одређеном опсегу станишних услова. То обим станишних услова означава се као еколошка амплитуда. Неке врсте дрвећа расту на већем броју станишта јер њихови генетски фактори дозвољавају веће распрострањење, односно већу еколошку амплитуду. Остале врсте су лимитиране да могу расти и успевати на малом броју специфичних станишта, јер то одређују њихове наследне особине. У центру њеног географског распрострањења, одређена врста дрвећа се може наћи на највећем броју различитих станишта и климатски фактори су ретко лимитирајући, осим у ретким годинама са најекстремнијом климом и на станишту са најлошијим условима на том подручју. У близини граница њеног вертикалног или хоризонталног распрострањења нека врста дрвећа се може наћи само на релативно малом броју станишта, а климатски услови представљају најзначајније лимитирајуће факторе у расту дате врсте дрвећа. Често је раст стабала у близини граница распрострањења аридних шума под јаким утицајем суше, док је раст стабала на горњој граници вертикалног распрострањења је највише условљен ниским температурама. Врсте дрвећа које се разликују у еколошкој амплитуди могу имати ограничавајући раст од стране истог климатског фактора ако расту у упоредљивим стаништима у оквиру њихове заједничке еколошке амплитуде. У многим ситуацијама, фактори раста као што су дужина дневне светлости, осенченост и мала количина минералних материја у земљишту, које не варирају значајно од године до године и не укључују варијације у клими, могу лимитирати распрострањеност неке врсте дрвећа, али имају мали утицај на варијабилност дебљинског (радијалног) прираста.

Истраживањима која проучавају радијални прираст, његово годишње, средњорочно и дугорочно варирање, као и утицаје различитих еколошких и осталих фактора животне средине који делују на раст и прираст дрвећа баве се истраживачи из области раста и производности шума и дендрохронолози, али и различити истраживачи из сродних и повезаних шумарских дисциплина (Radaković 2014). Једна од таквих дисциплина јесте дендроклиматологија, која анализира зависности између различитих климатских елемената и укупне величине радијалног прираста, прираста појединих његових делова (рано и касно дрво) или величине појединих елемената унутрашње грађе дрвета (величина проводних судова, густина дрвета итд.).

Ефекат утицаја појединих климатских елемената и параметара (температуре, падавина, релативне влажности ваздуха, индекса суше итд.) у појединим периодима времена (годишња доба, вегетациони период, појединачни месец итд.) на раст храстова истраживан је и у Европи и у Србији. Радаковић (2014) и Stajić et al. (2015) дали су прилично детаљан литературни преглед оваквих истраживања у Европи. Па тако, Радаковић (2014) наводи да су раст и прираст китњака проучавани у Ирској (Pilcher 1976), у Француској (Lebourgeois et al. 2004), у Литванији (Ruseckas 2006), у Словенији (Čufar et al. 2008), у Русији (Kulakov 2011)и у Пољској (Bronisz et al. 2012). Поред тих истраживања, Stajić et al. (2015) указују и на веома значајне резултате истраживања која су спровели Michelot et al. (2012) у Француској, Kern et al. (2013) у Мађарској, Popa et al. (2013)у Румунији и Čufar et al. (2014b) за делове југо-источне и централне Европе. После тога појавили су се резултати других истраживања (Cedro, Nowak 2015; Árvai et al. 2018; Zafirov, Kostov 2019; Bose et al. 2021; Roibu et al. 2021; Mészáros et al. 2022) који још детаљније осветљавају природу реакције храстова на варијације температуре и падавина.

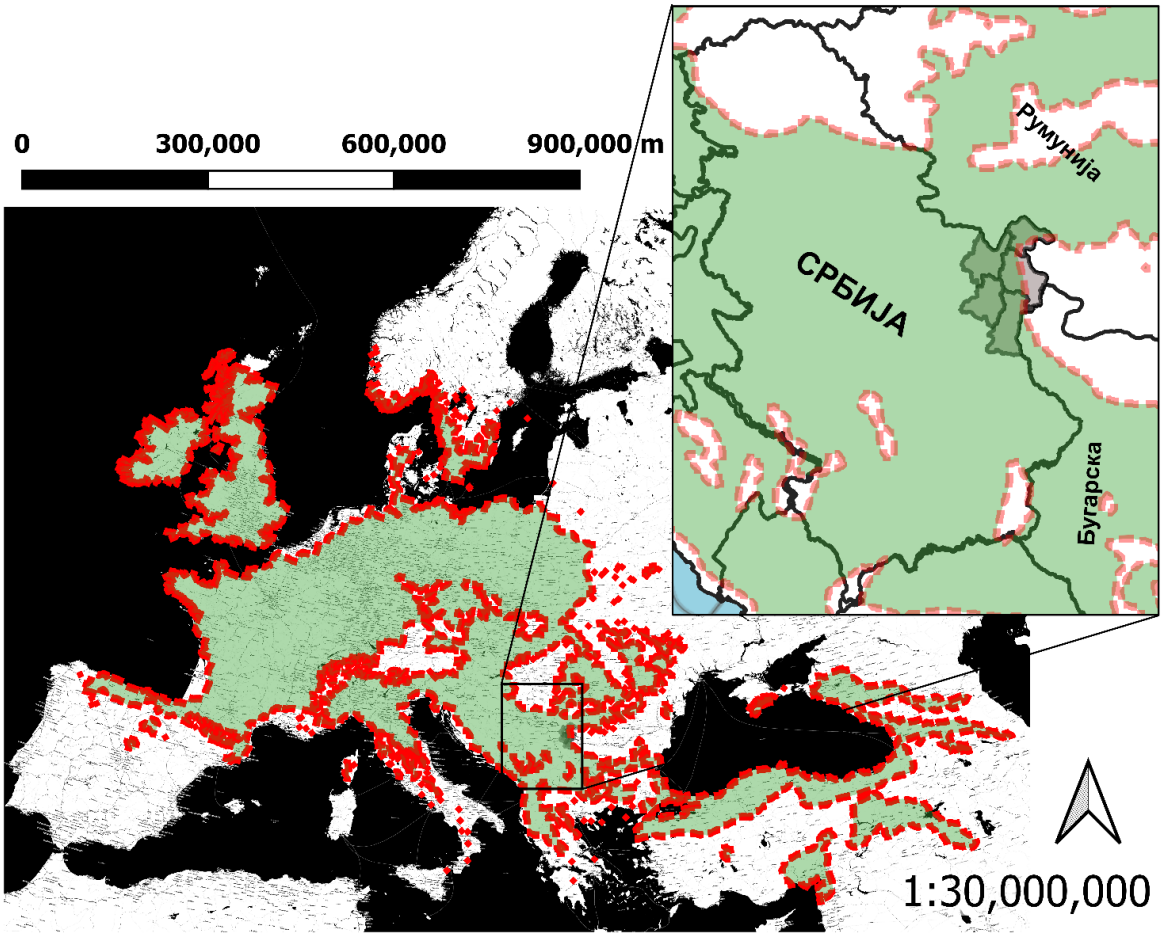
Прва дендрохронолошка истраживања у састојинама китњака на подручју Србије провели су Стајић et al. (2014) и Радаковић (2014). На подручју Фрушке горе, у вештачки подигнутој састојини храста китњака, Stajić et al. (2015) спровели су дендроклиматолошка истраживања зависности прираста од температуре и падавина храста китњака.

Сумирајући претходно, може се констатовати да, иако постоји значајан број резултата који се баве анализом утицаја температуре и падавина на радијални прираст храстова, постоје неке земље и региони у Европи где ове везе нису пуно истраживане, те су стога оне веома добродошле. Једно до таквих подручја јесте и подручје Балканског полуострва и у оквиру њега, подручје Србије.

3. ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА

3.1. **Основне таксономске и еколошке карактеристике китњака**

Храстове шуме распрострањене су у западној и источној Европи, на Далеком Истоку и у источним деловима Северне Америке. Од читавог низа храстова која насељавају Европу, храст китњак је једна од најраспрострањенијих врста (Јанковић 1990). Област у којој се јавља храста китњак у Европи је широка и захвата готово читав континент и на слици 1 је представљена зеленим полигоном оивиченим црвеном испрекиданом линијом. Шуме храста китњака се јављају у ороклиматском висинском појасу, испод кога се налазе климатогене шуме сладуна и цера. На северу Европе иде до 60° северне географске ширине у Норвешкој, на југу иде до Сицилије и Сардиније, затим од северне Шпаније и Атлантика. На истоку му је граница од јужне Шведске, кроз Пољску до Црног мора и северне Мале Азије.



Слика 1. Ареал храста китњака у Европи (извор: https://www.euforgen.org/species/quercus-petraea/) са ближе представљеним распрострањењем у Србији.

У горњем десном углу слике 1 приказано је распрострањење китњака у Србији, у оквиру којег је сивим полигонима приказана и територије 5 општина у којима је вршено истраживање. У Србији се китњак налази на нижим положајима, ван водоплавних и сувих терена, идући до највише 1300 m надморске висине. Према подацима националне инвентуре шума Србије китњак учествује са 5,9% и укупној запремини и са 1,6% у укупном прирасту шумског фонда (Banković et al. 2009).

Таксономија, еколошки услови и шумске заједнице храста китњака у Србији детаљно су обрађене од стране Цвјетићанина et al. (2007). Овај аутор наводи да је китњак је прилагођен умереној клими низијских и брдских подручја, равномерним температурама, без климатских екстрема и са довољним процентом влажности ваздуха. У брдским крајевима обично расте на топлијим и претежно јужним експозицијама и на билима, у додирном подручју са буквом (Cvjetićanin et al. 2016).

Према доступним подацима презентованим од стране Европског института за шумарство (EFI - https://www.euforgen.org/species/quercus-petraea/), евидентно је да се крајњи исток Србије, подручје општине Неготин, налази на самој маргини ареала храста китњака. Према томе, територија од источне половине општине Неготин, па све до Црног мора и Карпата, одликује се потпуним одсуством ове врсте дрвећа. У контексту дендроклиматолошких истраживања, ова информација је од изузетног значаја, јер се управо на оваквим граничним подручјима очекује и најјача заједничка реакција стабала. Таква појава дугује се чињеници да је опстанак и раст у рубним деловима ареала врсте, у највећој могућој мери условљен погодношћу климатских прилика, односно станишних услова (Fritts 1976; Briffa 1984). С тим у вези, стабла расла на ивици ареала врсте су посебно погодна за спровођење дендроклиматолошких истраживања.

Род *Quercus* обухвата око 500 листопадних и зимзелених врста дрвећа, ређе жбуња са ареалом претежно у умереној зони јужне полулопте, а описан је и знатан број фосилних врста из креде и терцијара. Он представља такође и једну од најинтересантнијих и најзначајнијих таксономских група у дендрофлори читавог света, а нарочито због богатства врстама распрострањеним на више континената, док Балканско полуострво представља једно од најзначајнијих подручја где се одиграла постглацијална и уопште терцијарна и посттерцијарна еволуција европских врста храстова под утицајем ксеротермизације климе. Под оваквим променама климе ствара се тенденција стварања ксерофилнијих и ксефоморфнијих облика у оквиру рода *Quercus*. Једном речју, Балканско полуострво је изузетно по свом значају за посттерцијарну еволуцију рода *Quercus* у Европи, захваљујући рефугијалном карактеру у делувијуму, специфичној клими и особеном рељефу (Janković 1973).

У начелу, на основу карактеристике историје ареала, као и према другим фитогеографским критеријумима, храст китњак припада средњеевропском флорном елементу (Kojić 1991). Таксономски, храст китњак припада (Цвјетићанин *et al*. 2007):

- подцарству *Cormobionta*,
- одељку *Spermatophyta*,
- пододељку скривеносемењача (*Magnoliophytina*),
- разреду *Magnolipsida*,
- подразреду *Hamamelididae*, - реду *Fagales*,
- фамилији *Fa*gaceae, - роду *Quercus*, - подроду *Euquercus*, - секцији *Robur*.

На подручју Србије шуме храста китњака представљају (конгломерат) агрегат три врсте китњака: *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus dalechampii* Ten. и *Quercus polycarpa* Schur., скупно узети означавају се у новије време као *Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967 (Jovanović 2007).

У односу на храст лужњак, китњак је знатно скромнији у погледу земљишних услова. Не одговарају му влажна земљишта, већ најбоље успева на свежем земљишту. Успева и на псеудоглеју са умањеном виталношћу, а може да расте и на неразвијеном, скелетном земљишту. На теренима са кречњачком подлогом успева слабије, док успева на земљишту са киселом реакцијом (Jovanović 2007).

С обзиром да је китњак значајно угрожен сушењем, потребно је познавати и утврдити услове станишта који су условили флористичку диференцираност ради што успешније обнове, унапређења и заштите ових екосистема. Познавањем еколошких услова станишта, као и еколошких захтева врста могу се спречити и зауставити појаве регресивних сукцесија, односно може се максимално повећати успешност свих радова у конкретној фитоценози. У конкретном случају извршена је примена фитоиндикатора за оцену еколошких услова станишта у шуми храста китњака (*Quercetum montanum* Čer. *et* Jov. 1953.) у газдинској јединици „Златица“ у Националном парку „Ђердап“ за следеће субасоцијације: *Quercetum montanum typicum, Quercetum montanum tilietosum tomentosae, Quercetum montanum luzuletosum и Quercetum montanum ornetosum*. Закључено је да индикаторска вредност влажности од 2,5, односно сувље станиште условљава појаву заједнице са црним јасеном (*ornetosum*), већа киселост земљишта (индикаторска вредност еколошког фактора од 2,9) условљава појаву заједнице са бекицом (*luzuletosum*), индикаторска вредност за светлост је највећа у заједници са црним јасеном (*ornetosum*), док је најмања у заједници са бекицом (*Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy *et* Wilmot). Што се тиче температуре као еколошког фактора, најтермофилнија заједница је са црним јасеном, затим следи заједница са сребрном липом, потом типична шума храста китњака, док је најмезотермнија заједница са бекицом. Разлика у снабдевености земљишта азотом је за све субасоцијације занемарљива (Радаковић 1999). У Србији се налази десет листопадних врста храстова и то: *Quercus robur* L., *Quercus polycarpa* Schur., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus dalechampii* Ten., *Quercus farnetto* Ten., *Quercus cerris* L., *Quercus trojana* Webb., *Quercus virgiliana* Ten., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus pedunculiflora* K. Koch. Изузев македонског храста (*Quercus trojana* Webb.), на подручју Ђердапа су заступљене све врсте храстова, односно све три врсте агрегата китњака, које се налазе у Србији (Janković 1973).

На основу индикаторских вредности у односу на различите еколошке факторе (влажност, киселост земљишта, снабдевеност земљишта азотом, светлост и температура), храст китњак (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) припада следећим еколошким врстама биљака (Kolić et al. 1994):

- суксерофитим врстама биљака које се налазе у екстремно сувим, али и у мезофилним фитоценозама,

- неутрофилним биљкама које се увек налазе на неутралном до слабо киселом земљишту,

- прелазним групама између олиготрофних и мезотрофних биљака, полусциофитним биљкама (биљкама полусенке које не могу опстати у условима испод 10% пуне дневне светлости) и

- мезотермним (средњеевропским) биљкама које су у јужној Европи распрострањене у монтаним областима).

Cvjetićanin et al. (2005) су издвојили су три еколошке јединице (еколошки типови шума): типична шума храста китњака *(Quercetum montanum typicum*) на дубоком киселом смеђем земљишту на шкриљцима, шума храста китњака са длакавим шашем (*Quercetum montanum caricetosum pilosae*) на средње дубоком киселом смеђем земљишту на шкриљцима и шума храста китњака са власуљом (*Quercetum montanum festucetosum heterophyllae*) на посмеђеном киселом хумусно-силикатним земљишту на гнајсу. Најбоље станиште за китњак има еколошки тип типичне шуме китњака (*Quercetum montanum typicum)* на дубоком киселом смеђем земљишту на шкриљцима. Нешто лошије станиште представљају шуме китњака са длакавим шашем (*Quercetum montanum* subass*. caricetosum pilosae*) на средње дубоком киселом средњем земљишту на шкриљцима. Најмање продуктивно станиште за китњак представља еколошка јединица шума китњака са власуљом (*Quercetum montanum festucetosum heterophyllae*) на посмеђеном киселом хумусно-силикатном земљишту на гнајсу.

На подручју планине Мироч у источној Србији, Cvjetićanin et al. (2013) су проучавали флористичке, фитоценолошке и едафске карактеристике шума у којима је едификатор храст китњак (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967). Аутори су забележили три заједнице китњака: чисту шуму храста китњака (*Quercetum montanum* Čer. et Jov. 1953. s.l.), шуму китњака и граба (*Querco-Carpinetum moesiacum* Rud. 1949. s.l.) и шуму букве и китњака (*Querco-Fagetum* Gliš. 1971). Резултати истраживања су показали да чисте шуме храста китњака расту на: дистричном хумусно-силикатном земљишту на пешчару и филиту и типичном киселом смеђем земљишту на пешчару, филиту и шкриљцу. Шуме храста китњака и граба појављују се на типичном киселом смеђем земљишту на пешчару на граниту и на шкриљцу. Шуме храста китњака и букве појављују се на типичном киселом смеђем земљишту на филиту и типичном киселом смеђем земљишту на конгломерату пешчара. Појаву различитог састојинског стања, везаног за склоп, састав, старост, порекло, структуру и подмлађеност састојине условили су еколошки услови у шумама на планини Мироч, у којима је едификатор китњак, као и спроведене мере газдовања у овим шумама.

3.2. **Општи опис истраживаног подручја**

Подручје североисточне Србије је смештено између Дунава на северу, Ртња и Вратничке клисуре на југу, границе према Румунији и Бугарској на истоку и Велике Мораве на западу. У оквиру овог подручја истраживања су обављена у састојинама храста китњака које се у административном смислу налазе на територији општина Мајданпек, Бор, Кладово, Неготин и Зајечар. Да би се истражио што је могуће већи број различитих станишних ситуација у којима на овом подручју расте храст китњак, списак проучаваних састојина је додатно проширен на састојине које се налазе на територији општина Голупца, Соко Бање и Жагубице. На тај начин повећана је

просторна дистрибуција узорака и тиме омогућено добијање комплетнијих резултата и валиднијих закључака истраживања.

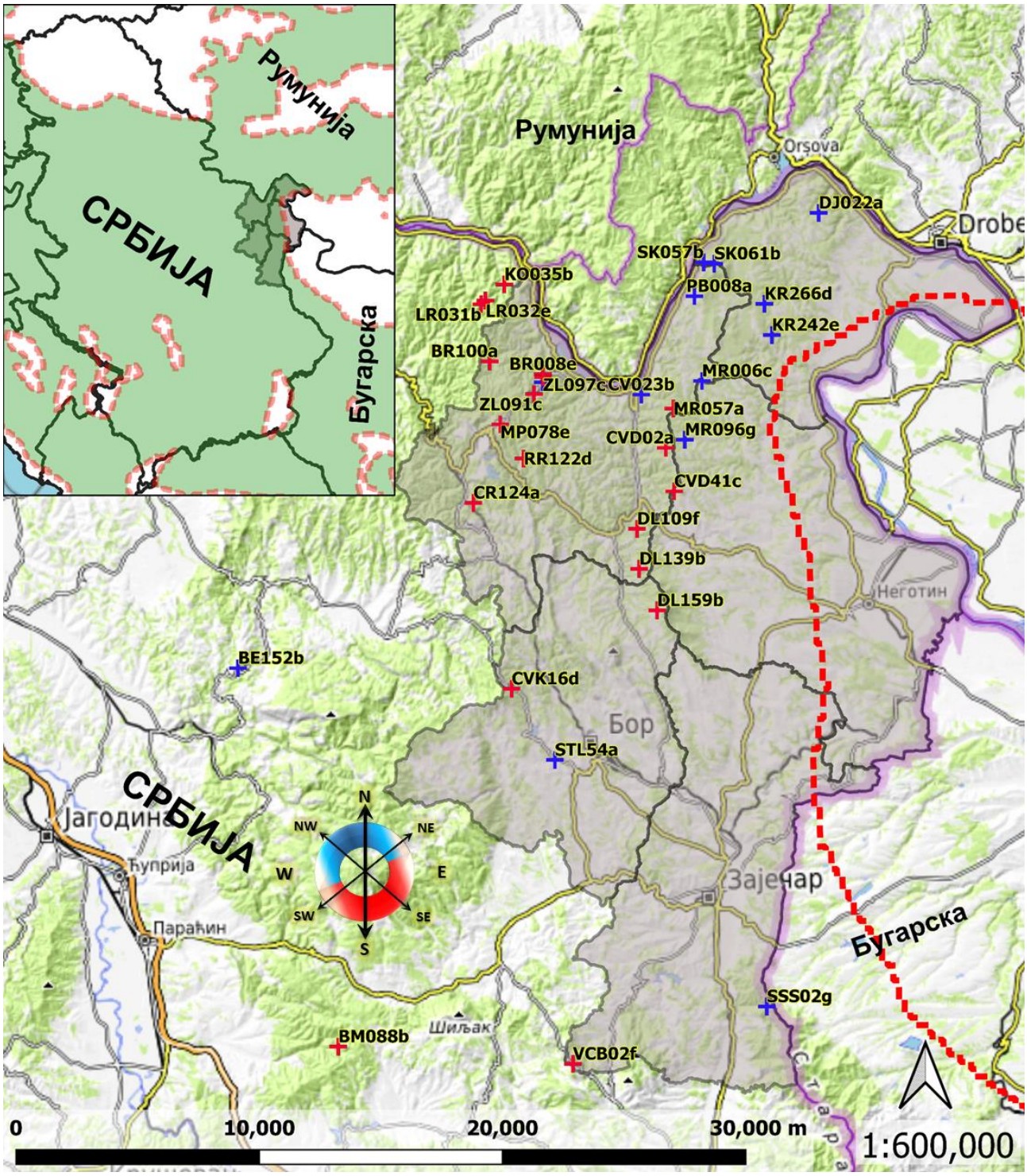
Приликом формирања узорка примарни циљ је био да се равномерно покрије целокупно подручје североисточне Србије и што је могуће шири вертикални градијент на различитим експозицијама. Поред података који су били доступни из претходног истраживања (Radaković 2014), избор додатних локација на којима је вршено узимање узорка обављен је у две фазе. У склопу пред-истраживања, анализирани су подаци састојинске инвентуре доступни из Централне базе основа газдовања шумама за газдинске јединице којима на истраживаном подручју газдују НП „Ђердап“ и ЈП „Србијашуме“. Поред тога, извршене су и додатне консултације са стручним лицима добро упознатим са реалним стањем састојина које су издвојене као најбољи кандидати за истраживање, као и о томе које састојине могу да додатно допуне узорак или да евентуално замене неке од локација на којима састојине нису у одговарајућем стању. На тај начин формиран је примарни план узорковања који је у другој фази, приликом одласка на терену, додатно модификован у складу са затеченим околностима и састојинским стањем.

Узорци за истраживање радијалног прираста и његове зависности од температуре ваздуха и падавина узети су у 32 чисте и мешовите састојине храста китњака (слика 2). У горњем левом делу слике 2 приказана је мапа идентична оној која је већ представљена у склопу слике 1. Локације састојина у којима је евидентирано присуство храста китњака, опредељујуће су утицале да просторни распоред огледних површина буде делимично неравномеран.

На другом делу слике 1 је у детаљнијој размери (1:600,000) приказан просторни распоред истраживаних састојина. Ознаке огледних поља су формиране од 6 карактера који представљају скраћенице информација о газдинској јединици, одељењу и одсеку. Симболима плаве и црвене боје означене су огледна поља лоцирана на експозицијама које се у односу на степен инсолације, могу окарактерисати као хладније или топлије (Košanin *et al.* 2021). У склопу поступка мапирања станишта, Košanin et al. (2021) разликују:

- топлије експозиције (југоисточну- SE, јужну- S, југозападну- SW и западну- W) на којима се степен инсолације креће између 925 и 2000 kWh/m² у периоду од 15. маја до 15. септембра,
- прелазне експозиције нагиба до 12,5° и степена инсолације између 825 - 925 kWh/m²,
- хладније експозиције (северозападна- NW, северна- N, североисточна- NE и источна- E) са степеном инсолације мањим од 825 kWh/m².

Ниједно од 32 ОПа није постављено на терену карактеристичном за групу прелазних експозиција, него су то по правилу биле падине са попречним нагибом од најмање 15°.



Слика 2. Истраживане састојине на подручју североисточне Србије. Ознакама плаве и црвене боје означене су огледна поља лоцирана на хладним и топлим експозицијама. Црвена испрекидана линија представља спољну границу ареала храста китњака.

3.3. **Локацијске и орографске карактеристике огледних поља (ОП)**

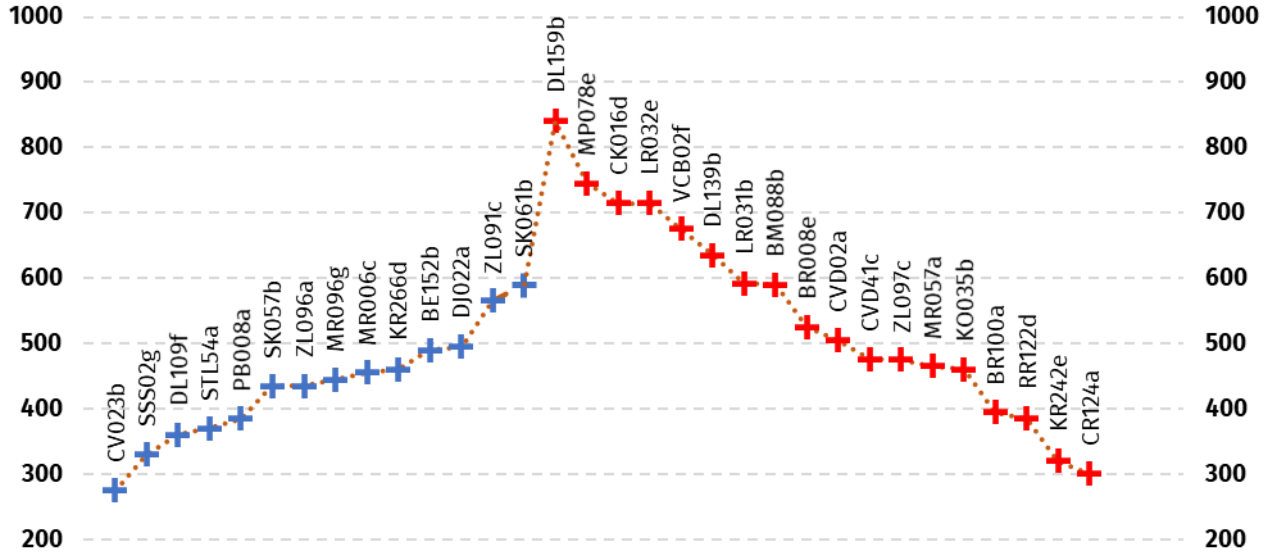
У табели 1 дат је преглед основних локацијских информација за свака од 32 огледна поља (ОП), која су поређана хронолошки према години постављања (Год.).

Табела 1. Основне локацијске информације о постављеним огледним пољима (ОП).

	Огледна поља	Год.	Газдинска јединица	одељење	одсек	Географска ширина	дужина	Н.В.	Експозиција	стабала	извртака
1.	BR100a	2013	Бољетинска река	100	a	44.50205	21.95058	395	Југ	20	40
2.	LR032e	2013	Лева река	32	e	44.56950	21.94504	715	Југ	20	40
3.	SK057b	2013	Штрбачко корито	57	b	44.60858	22.28495	435	Северозапад	20	40
4.	KO035b	2013	Кожица	35	b	44.58722	21.97464	460	Југ	20	40
5.	ZL096a	2013	Златица	96	a	44.47809	22.03247	435	Североисток	20	40
6.	DJ022a	2013	Ђердап	22	a	44.66131	22.46494	495	Север	20	40
7.	CV023b	2013	Црни врх	23	b	44.46289	22.18495	275	Север	20	40
8.	BR008e	2013	Бољетинска река	8	e	44.48710	22.03283	525	Југозапад	20	40
9.	ZL091c	2013	Златица	91	c	44.46522	22.01871	565	Исток	20	40
10.	ZL097c	2013	Златица	97	c	44.48392	22.03300	475	Југ	20	40
11.	CR124a	2013	Црна река	124	a	44.34521	21.92280	300	Југ	20	40
12.	BM088b	2017	Буковик-Мратиња	88	a	43.74338	21.70649	590	Југозапад	20	40
13.	PB008a	2018	Пецка бара	8	a	44.57130	22.26968	385	Север	20	40
14.	MR057a	2018	Мироч	57	a	44.44702	22.23425	465	Југозапад	22	44
15.	SK061b	2019	Штрбачко корито	51	b	44.60695	22.30126	590	Север	18	36
16.	LR031b	2019	Лева река	31	b	44.56556	21.93861	592	Југ	15	30
17.	MP078e	2019	Мали пек	78	e	44.43206	21.96579	745	Југозапад	15	30
18.	RR122d	2019	Равна река 2	122	d	44.39369	22.00125	385	Југозапад	15	30
19.	BE152b	2019	Бељаница	152	b	44.16421	21.55691	490	Североисток	15	30
20.	DL109f	2021	Дели Јован 1	9	f	44.31409	22.17534	360	Северозапад	15	15
21.	DL159b	2021	Дели Јован 1	59	b	44.22331	22.20460	840	Запад	15	15
22.	DL139b	2021	Дели Јован 1	39	b	44.26967	22.17779	635	Запад	15	15
23.	CVD41c	2021	Црни врх део	41	c	44.35514	22.23368	476	Југ	15	15
24.	CVD02a	2021	Црни врх део	2	a	44.40345	22.22162	505	Југ	16	16
25.	MR096g	2021	Мироч	96	g	44.41219	22.25131	445	Север	17	17
26.	MR006c	2021	Мироч	6	c	44.47709	22.27939	455	Североисток	17	17
27.	KR266d	2021	Каменичка река 2	66	d	44.56159	22.37810	460	Север	17	17
28.	KR242e	2021	Каменичка река 2	45	e	44.52674	22.38891	320	Југозапад	18	18
29.	CVK16d	2022	Црни Врх-Купиново	16	d	44.13851	21.97851	715	Југ	16	16
30.	STL54a	2022	Стол	54	a	44.05891	22.04385	370	Север	15	15
31.	VCB02f	2022	Вршка чука-Бабајона-Трећи врх	2	f	43.72117	22.06509	675	Југ	15	15
32.	SSS02g	2022	Шашка-Студена-Селачка река	2	g	43.78199	22.36391	330	Североисток	15	15

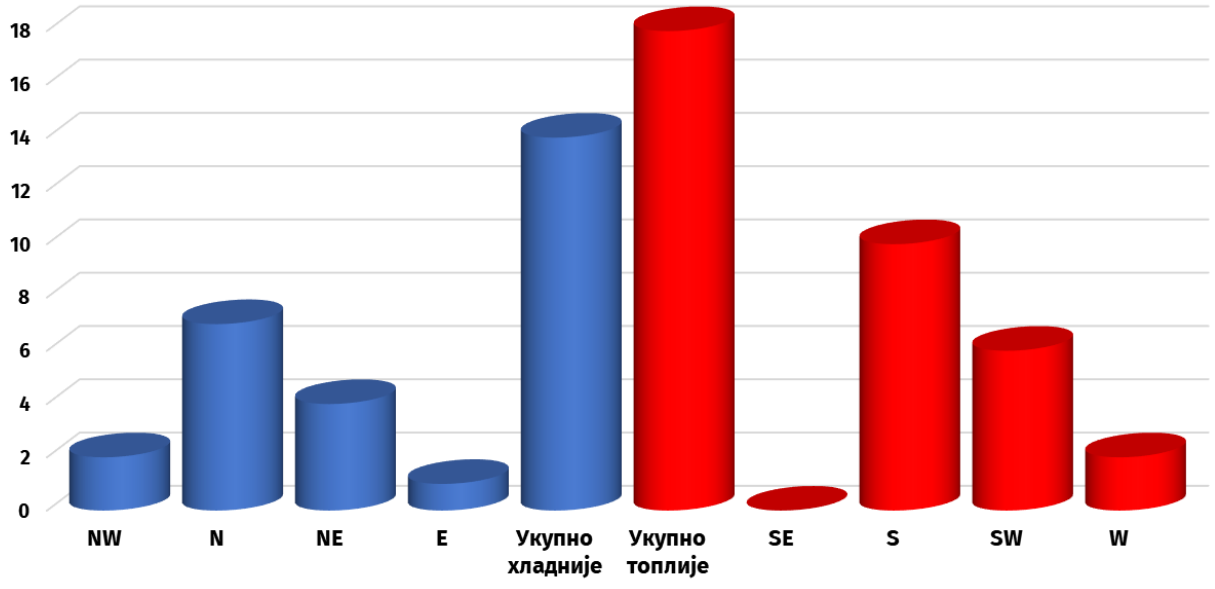
Проучавани узорци се распростиру на територији оивиченој са 44.66131° и 43.72117° степени географске ширине и 21.55691° и 22.46494° географске ширине. Најсевернији и истовремено најисточније проучавано ОП је DJ022a, најјужније се

налази VCB02f, а најзападније је BE152b. Вертикална дистрибуција ОПа на топлијим и хладнијим експозицијама приказана је на графикону 1. Најниже и највише ОП налазе се на 275 m н.в. (CV023b) и 840 m н.в. (DL159b), што говори да је узорковањем покривен трансект од чак 565 m вертикалне дистрибуције храста китњака. ОПа на хладнијим експозицијама распростиру се од 275 m до највише 590 m н.в.



Графикон 1. Вертикално распрострањење постављених огледних поља.

На графикону 2 приказана је дистрибуција ОПа у односу на појединачне експозиције и укупно по групама хладнијих и топлијих експозиција. На хладнијим експозицијама (северозападна- NW, северна- N, североисточна- NE и источна- E) укупно је постављено 14 ОПа, док је на топлим експозицијама (југоисточну- SE, јужну- S, југозападну- SW и западну- W) постављено 4 више, односно укупно 18 ОПа. Појединачно посматрано, највише ОПа је постављено на јужној експозицији (10), затим на северној (7), југозападној (6), североисточној (4), северозападној, западној (2) и источној (1).



Графикон 2. Дистрибуција ОПа посебно по експозицијама и укупно на хладнијим (14 ОПа) и топлијим (18 ОПа) експозицијама.

3.4. **Састојинска структура**

Од укупно 32 постављена ОПа, њих 13 се налази у састојинама којима управља НП „Ђердап“, са 1 одсеком газдује Шумарски факултет и са преосталих 18 газдује ЈП „Србијашуме“. Да би се на што бољи начин окарактерисало састојинско стање у одсецима у којима су постављена ОПа, доступне информације о састојинској структури су екстраховане и сумарно дате у табели 2.

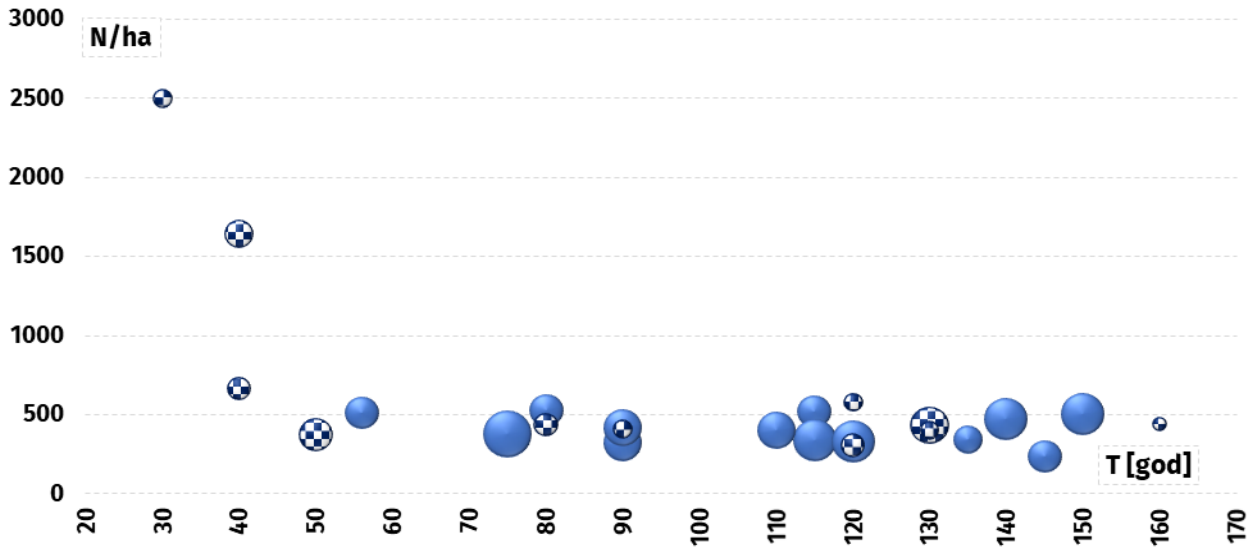
Табела 2. Основне информације о структури састојина у којима су постављена ОПа.

Огледна поља	састав	N/ha [kom]	G [m^2/ha]	V [m^3/ha]	% китњака	T [god]	Ds [cm]	Hs [m]
1. BR100a	чиста	339	24,2	131	60	135	41	18,7
2. LR032e	мешовита	579	30,2	380	40	120	37	21,4
3. SK057b	мешовита	1533	37,1	276	10	-	17	12,0
4. KO035b	чиста	471	24,9	286	90	140	39	23,2
5. ZL096a	мешовита	433	23,2	228	70	130	28	16,7
6. DJ022a	чиста	512	18,7	161	70	56	21	18.2
7. CV023b	мешовита	306	24,1	263	50	120	30	19,2
8. BR008e	чиста	234	22,9	243	70	145	28	15,1
9. ZL091c	чиста	500	24,5	189	90	150	25	17,0
10. ZL097c	чиста	520	31,5	129	70	115	26	18,7
11. CR124a	мешовита	441	26,5	284	30	160	31,4	22,9
12. BM088b	мешовита	408	22,5	280	40	90	30,5	22,3
13. PB008a	мешовита	-	-	-	<10	-	-	-
14. MR057a	чиста	340	-	250	90	115	32,2	20,5
15. SK061b	мешовита	1041	25,9	209	10	-	20,0	14,7
16. LR031b	мешовита	402	23,8	270	40	130	35,1	21,1
17. MP078e	мешовита	332	-	554	<10	-	-	-
18. RR122d	мешовита	-	-	-	30	-	-	-
19. BE152b	мешовита	666	-	237	50	40	17,5	17,1
20. DL109f	чиста	526	19,8	166	70	80	24,0	14,8
21. DL159b	чиста	322	18,7	159	80	90	33,3	14,3
22. DL139b	чиста	418	28,7	236	80	90	34,7	16,1
23. CVD41c	чиста	332	-	333	90	120	48,0	19,2
24. CVD02a	чиста	402	-	289	80	110	36,5	20,4
25. MR096g	чиста	375	-	184	100	75	24,8	16,7
26. MR006c	мешовита	434	-	198	50	80	28,6	18,3
27. KR266d	мешовита	1643	18,7	128	60	40	14,0	13,5
28. KR242e	мешовита	373	12,0	79	70	50	16,8	13,9
29. CVK16d	чиста	296	27,2	315	<10	-	27,5	16,7
30. STL54a	мешовита	344	-	102	10	-	15,8	11,1
31. VCB02f	мешовита	2500	-	162	40	30	10,4	11,0
32. SSS02g	мешовита	777	19,4	175	<10	-	-	-

Из важећих основа газдовања шумама преузети су подаци о томе да ли се ради о чистим или мешовитим састојинама (саставу састојина), а затим да би се окарактерисала густина састојина и степен конкуренције, преузете су и информације о укупном броју стабала по јединици површине (N/ha [kom]), укупној темељници (G [m^2/ha]) и укупној запремини састојина (V [m^3/ha]). У циљу што детаљније анализе природе утицаја интер- и интраспецијске конкуренције на токове радијалног прираста, узети су подаци о уделу стабала китњака у укупној дубећој залихи у састојини (% китњака). Као додатни показатељи анализирани су средњи пречник (Ds [cm]) и средња висина (Hs [m]) произашли из датог удела стабала китњака у укупној размери смесе. Зарад оријентационог утиска о старости проучаваних састојина, из основа су узети подаци о процењеној старости китњака у одсецима за које је та информација била доступна (T [god]).

Укупно 14 састојина у којима су постављена ОПа су чисте, тако да китњак чини од 70% до 100% дубеће запремине (MR096g). Преосталих 18 ОПа је постављено у састојинама које се воде као мешовите и у њима се удео китњака креће од мање од 10 па све до 70% (KR242e). Анализом основа газдовања утврђено је да се у 3 мешовите састојине (ОПа RR122d и MP078e, SSS02), китњак појављује стаблимично и да у укупној запремини учествује са мање од 10%. Премер није рађен у одсецима у којима се налазе ОП PB008a и RR122d, јер се ради о шибљаку и девастираној састојини, те из тог разлога подаци о састојинској структури нису овом приликом могли бити представљени. Код укупно 8 састојина, у основама нису биле доступне информације о процењеној старости, а код преосталих се овај елеменат структуре креће у распону између 30 и 160 година. Иако подаци о старости у планским документима углавном представљају резултат искуствене процене и претежно су оријентационог карактера, у даљем тексту су ове информације ипак употребљене за приказ и анализу промене других елемената раста састојина.

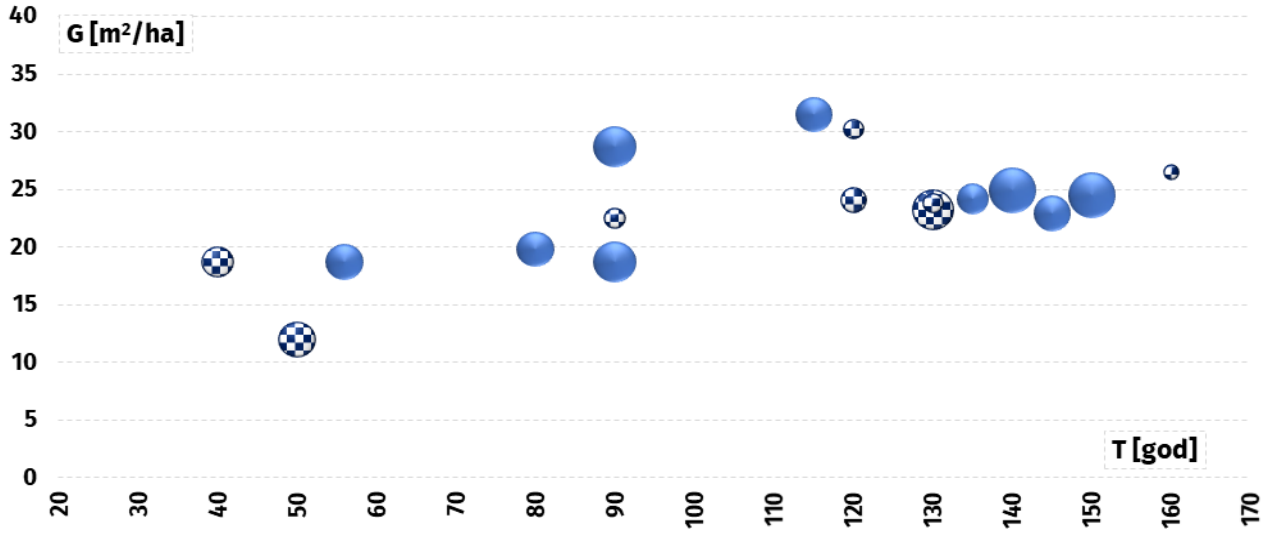
На графикону 3 је приказана промена броја стабала (N/ha) са процењеном старошћу састојина (T [god]). Потпуно обојеним круговима плаве боје приказане су чисте састојине, док су шареним круговима представљене мешовите састојине.



Графикон 3. Промена броја стабала (N/ha) са процењеном старошћу састојина (T [god]). Боја и величина симбола су усклађени са саставом састојина и уделом китњака.

Поред тога, величина кругова је пондерисана процентом удела китњака у састојини па тако највећи кругови представљају чисте састојине у којима китњак доминира. Идентична симбологија употребљена је и на графиконима 4-7. Иако се ради о процењеној старости, може се видети очекивано експоненцијално опадање броја стабала са старошћу. Највећи број стабала по јединици површине, њих 2500 регистровано је у мешовитој састојини VCB02f, старој свега 30 година. С друге стране, у чистој и 145 година старој састојини BR008e утврђен је најмањи број стабала од 234.

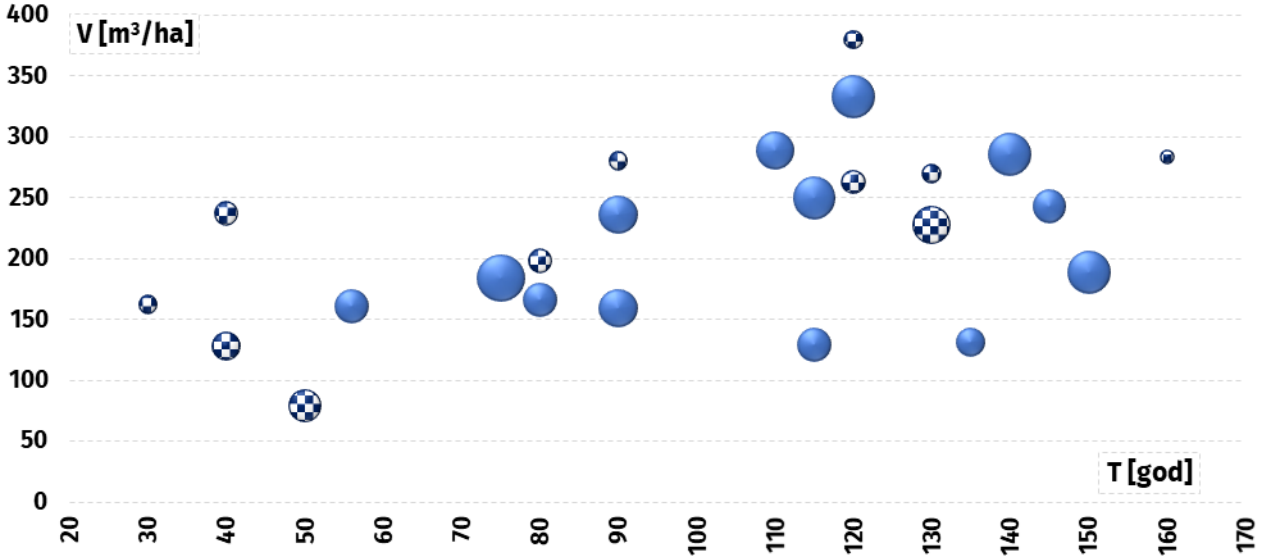
Евидентно је да постоји линеаран тренд увећања темељнице (G [m^2/ha]) са процењеном старошћу (Графикон 4). Степен корелације између ова два елемента износи r = 0,63 и изузетно је статистички значајан (p < 0,01).



Графикон 4. Промена темељнице (G [m^2/ha]) са процењеном старошћу састојина (T [god]).

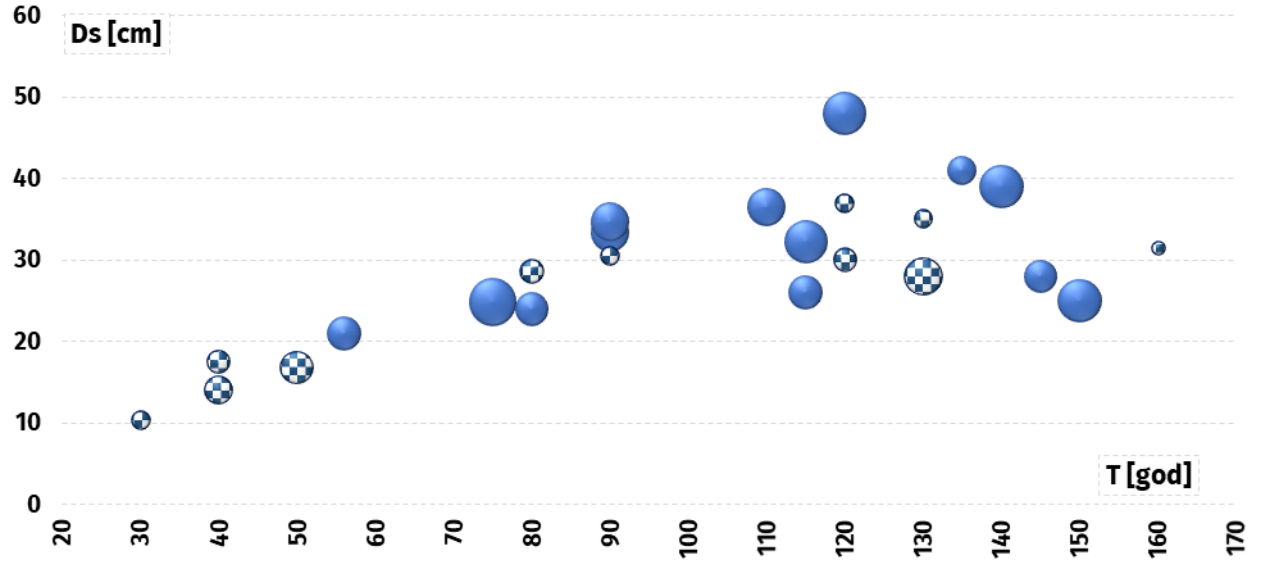
Најмањи износ темељнице од свега 12,0 m^2/ha забележен је у мешовитој, 50 година старој састојини где је постављено ОП KR242e. У чистој 115 година старој састојини ZL097c регистрована је највећа темељница од 31,5 m^2/ha. У основама газдовања шумама из непознатог разлога нису дати подаци о темељници код 11 анализираних састојина. Није утврђено да постоји статистички значајна веза између N/ha и G састојина (r = 0,23).

На графикону 5 приказана је веза између запремине (V [m^2/ha]) и процењене старости у састојинама у којима су постављена ОП. За разлику од везе старост-темељнице, у случају зависности између запремина и старости линеарност је нешто мање изражена, односно евидентна је већа. То је потврдио и коефицијент корелације који износи r = 0,49 и статистички је значајан на нивоу p < 0,05. Као и код темељнице, није утврђено да постоји статистички значајна веза између N/ha и V састојина (r = 0,22).Најмањи износ запремине од свега 79 m^2/ha регистрован је у 50 година старој мешовитој састојини у којој је постављено огледно поље KR242e. С друге стране, највећу запремину има састојина у којој је постављено ОП са ознаком LR032e, где је у 120. година старој мешовитој састојини евидентирана запремина од 380 m^2/ha.



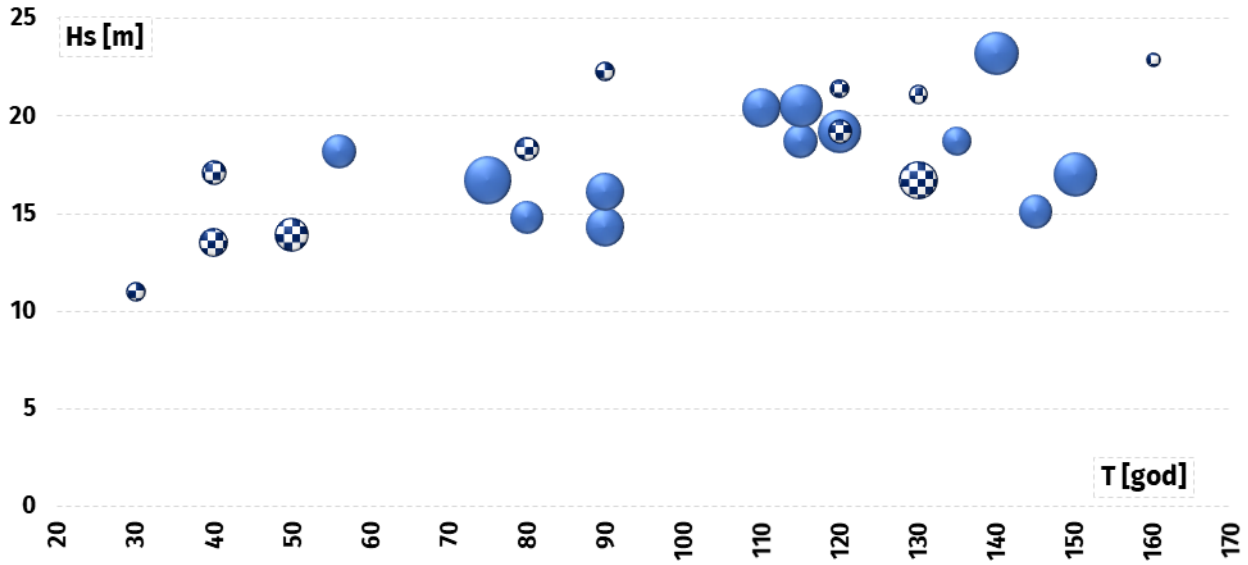
Графикон 5. Промена запремине (V [m²/ha]) са процењеном старошћу састојина (T [god]).

Средњи износи пречника (Ds [cm]) и њихова промена са процењеном старошћу састојина (T [god]) приказана је на графикону 6. Евидентан је значајан пораст Ds са старошћу, са коефицијентом корелације од r = 0,71 (p < 0,001). За разлику од G и V, пречник је значајно већи у састојинама са мањим бројем стабала и значајно опада са повећањем N/ha (r = -0,61, p < 0,001). Просечан пречник од минималних 10,4 cm утврђен је у 30 година старој мешовитој састојини у којој је постављено огледно поље VCB02f. С обзиром да се ради о најмлађој састојини, за очекивати је да има и најмањи пречник. Максимални износ Ds од 48 cm утврђен је у 120 година старој чистој састојини у којој је постављено ОП CVD41c.



Графикон 6. Промена средњег пречника (Ds [cm]) са процењеном старошћу састојина (T [god]).

Промена средње висине (Hs [m]) са процењеном старошћу састојина (T [god]) приказана је на графикону 7. Из приказаног је приметно да постоји изузетно изражена позитивна корелација између ова два елемента раста. Коефицијент корелације износи r = 0,61 и изузетно је статистички значајан (p < 0,01).



Графикон 7. Промена средње висине (Hs [m]) са процењеном старошћу састојина (T [god]).

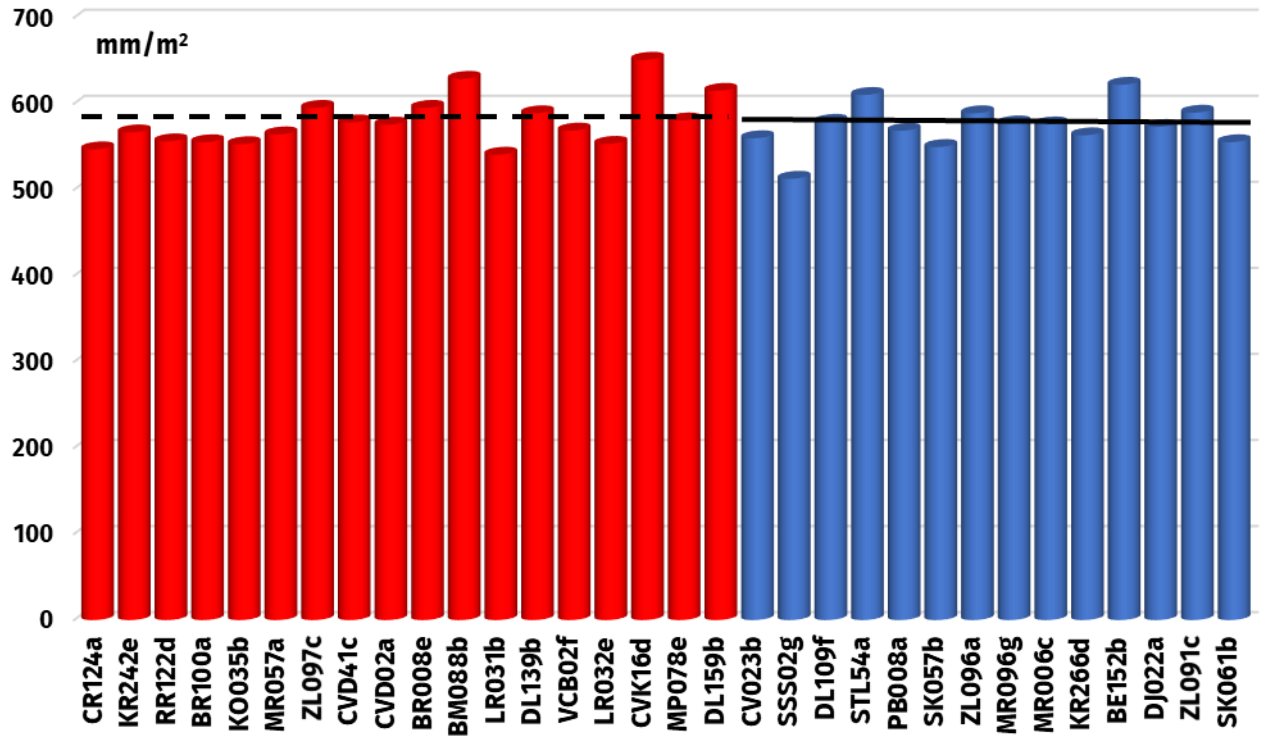
Услед најмање састојинске старости, поново је код VCB02f евидентирана и најмања просечна висина од свега 11 m. С друге стране, највећи износ Hs регистрован је у 140 година старој чистој састојини где је постављено ОП KO035b, у којој стабла у просеку достижу 23,2 m.

3.5. **Климатске карактеристике**

У сврху анализе климатских карактеристика локација на којима су постављена ОПа, употребљени су подаци из четири високо резолутивна сета климатских мрежа. Мреже података су формиране од стране Секулића и осталих (2021) тако да покривају целокупну територију Србије. У питању су растерски подаци у просторној резолуцији 1x1 km, који садрже информације о годишњој количини падавина (mm/m^2), минималној, максималној и просечној температури (C°). Подаци су доступни у различитим одсецима времена (дневном, месечном и годишњем) и покривају интервал од 2000. до 2019. године. На основу координата су из растера екстраховани подаци за сваки од 4 наведена климатска параметра у периоду од 20 година. Добијене временске серије послужиле су за рачунање просечних и сумарних износа проучаваних параметара за сва ОПа. На тај начин, добијен је бољи увид у просторне осцилације климатских карактеристика и омогућена је детаљнија анализа степена и природе ових варирања, посебно у односу на орографске чиниоце.

Црвеним и плавим стубићима су на графикону 8 приказане годишње суме падавина (mm/m^2) на 18 огледних поља постављених на топлијим и 14 ОПа на хладнијим експозицијама. У оквиру ове две групе експозиција, ОПа су поређана тако да им надморска висина расте идући с десна на лево. Испрекидана и пуна црна линија означавају просеке годишњих сума падавина на топлијим и хладнијим

експозицијама. Највише падавина у оба стратума забележено је на топлијој CVK16d и хладнијој BE152b годишње, где годишње у просеку падне 651.1 и 628.9 mm/m² кише. Најмање падавина регистровано је на хладнијем огледном пољу SSS02g, где у просеку падне само 512,8 mm/m². На топлијим експозицијама, најмање падавина има LR031b где се годишње евидентира 540,8 mm/m².



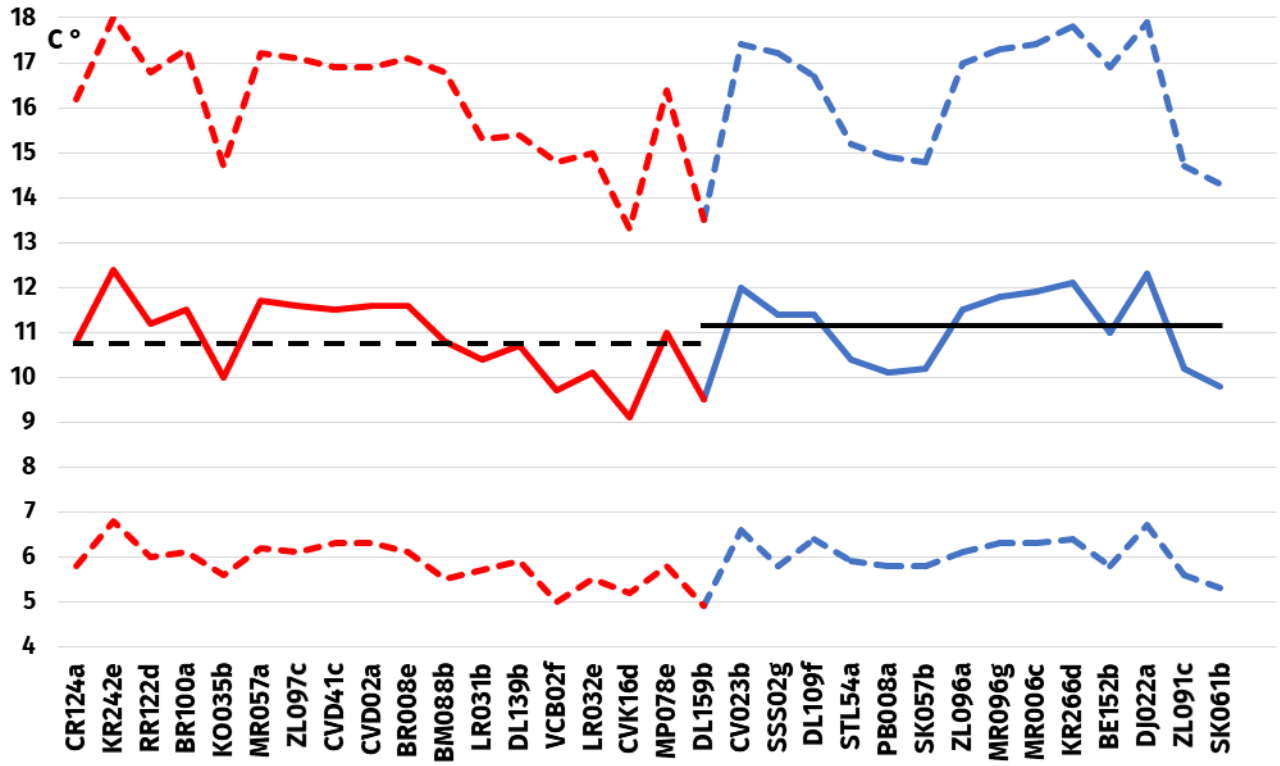
Графикон 8. Годишња сума падавине (mm/m²) на огледним пољима.

Евидентно је да се у просеку могу очекивати изузетно слични износи падавина на обе групе експозиције, тачније на хладнијим експозицијама 573,3 mm/m², а на топлијим 578,6 mm/m². Режим падавина на хладнијим експозицијама се не мења значајно са променом надморске висине ($r = 0,26$; $p = 0,37$) и географске дужине ($r = 0,04$; $p = 0,89$). Међутим, чак и на овако релативно малом простору падавине показују значајан опадање идући од запада ка истоку ($r = -0,75$; $p < 0,001$). С друге стране, на топлијим експозицијама није евидентиран овакав тренд, али је уочено значајано повећање обима падавина са надморским висином ($r = 0,50$; $p < 0,05$), као и у правцу север-југ ($r = -0,53$; $p < 0,05$).

Изломљеном пуном линијом у средини графикона 9 представљени су износи просечних годишњих температура (C°) регистрованих на проучаваним ОПа. Испрекиданим линијама испод и изнад приказане су минималне и максималне годишње температуре. Као и на претходним графиконима, црвена боја означава ОПа постављена на топлијим експозицијама, док плава ОПа на хладнијим. Испрекиданом и пуном црном линијом су представљени средњи износи просечних годишњих температура за ОПа на топлијим и хладнијим експозицијама. Приметно је да су на топлијим експозицијама евидентиране средње температуре које су за 0,3 C° ниже у односу на хладније експозиције (10,8 C° у односу на 11.1 C°). Међутим, оваква појава је у неку руку и очекивана имајући у виду да се чак 7 огледних поља на

топлијим експозицијама налази изнад 590 m н.в. на којој је постављено највише ОП на хладнијим експозицијама.

Укупно посматрано, најнижи износи максималне, минималне и средње годишње температуре регистровани су на CVK16d (наведеним редом 5,2; 9,7; 14,8 C°), која је постављена на 715 m н.в. и на типично топлијој, јужној експозицији. И на хладнијим експозицијама су регистроване сличне најниже температуре, где на ОП SK061b (на 590 m. н. в.) минимална, средња и максимална годишња температура у просеку износе 5,3- 9,8 и 14,3 C°. Највише температуре забележене су на самом истоку земље, у ГЈ „Крива река 2“ и ГЈ „Ђердап“, где максималне температуре на топлијој KR242e и хладнијој DJ022a износе 18.1 и 17.9 C°. Просечне температуре на овим ОП износе 12.4 и 12.3 C°, док су минималне 6,8 и 6,7 C°.



Графикон 9. Минимална (горе), просечна (средина) и максимална (доле) годишња температура (C°) на огледним пољима.

Минималне, просечне и максималне годишње температуре на хладнијим експозицијама нису показала значајно варирање са надморском висином или географском ширином односно дужином. С друге стране, просечне температуре на топлијим експозицијама показале су значајан висински градијент, у којем са порастом надморске висине ОПа долази и до приметног опадања просечних температура ($r = -0,69$; $p < 0,001$).

3.6. **Основне информације о постављеним огледним пољима (ОП)**

У следећем делу су приказане неке од основних структурних и станишних карактеристика састојина у којима су узети узорци (изврти). Описи одсека су преузети из основа за газдовање шумама.

3.6.1. BR100a

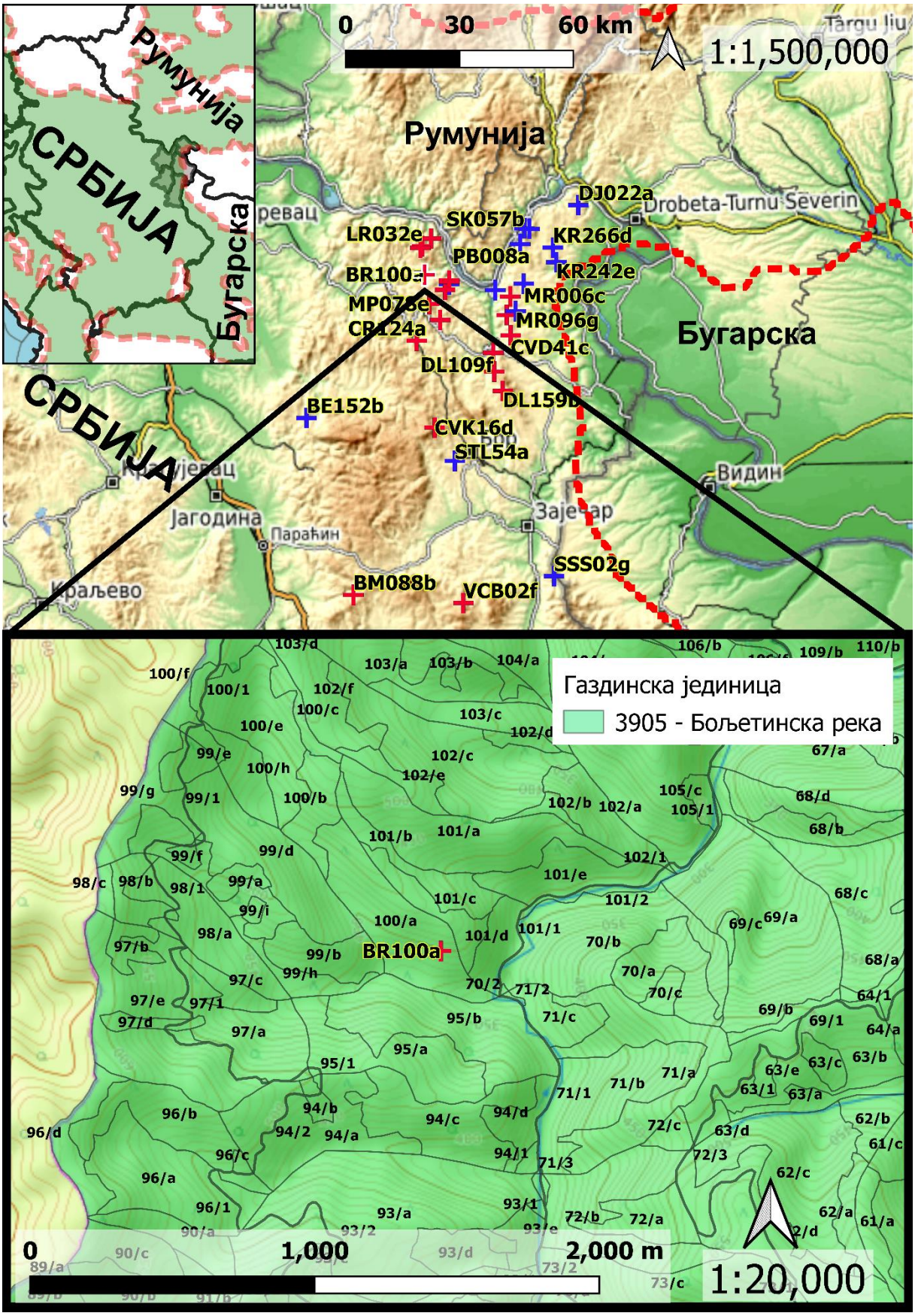
Огледно поље BR100a је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат VII“. ОП се налази у газдинској јединици „Бољетинска река“ у 100. одељењу, одсек „а“ на месту званом „Чока ферига“, чија је укупна површина 13,10 ha, а тачно је постављено на 44.50205° географске дужине и 21.95058° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. BR100a се налази на 395 m н.в. и доминантно је на јужној експозицији. На горњем делу слике 3 приказана је позиција BR100a у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која има ознаку 100/a.

Газдинском јединицом „Бољетинска река“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3905, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Представљени подаци преузети су из претходне основе газдовања, која је формирана на типолошки начин на основу података премера из 2008. године.

Одсек 100/a се налази на страни и изузетно стрмом терену уједначеног нагиба (од 31° до 35°), претежно оријентисаног према југу. Целокупни одсек се распростире у појасу између 280 до 500 m н.в. Не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији китњака са белом липом (*Quercetum montanum tilietosum tomentosae* Mišić 1997) на умерено скелетном, претежно дубоком киселом смеђем земљишту. Поред храста китњака у састојини се налазе још и буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), граб (*Carpinus betulus* L.), сребрна липа (*Tilia argentea* Desf.), црни јасен (*Fraxinus ornus* L.), а појединачно се могу наћи и стабла осталих тврдих лишћара. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у високој и разређеној мешовитој састојини, ретког до непотпуног склопа (0,5 - 0,6). Према уделу у укупној дубећој запремини, у састојини доминира китњак у односу на букву, сребрну липу, граб и црни јасен, и то у односу смесе 0,6 : 0,1 : 0,1 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету у питању је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права и са малим падом пречника, са средње дугим (између 1/2 и 1/3 висине стабала) и ексцентричним крошњама. Евидентирано је до 11-25% сувих и суховрхих стабала, стабала која су оштећена дејством биотичких или абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник китњака износи 41 cm, средња висина 18,7 m, док је висински степен (бонитет) 3. Приликом премера састојине процењено је да старост китњака износи отприлике 135 година. Број стабала по јединици површине износи 339, од чега је 99 стабала китњака. Темељница састојине износи 24.2 m^2/ha, од чега је 14.0 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 213 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 131 m^3/ha. Састојина 100/a се налази у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се газдује у редовном режиму. У основи газдовања као планирана узгојна потреба наводи се поправка затеченог здравственог стања кроз санитарне сече.



Слика 3. Положај огледног поља BR100a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека а, 100. одељења ГЈ „Бољетинска река“ (доњи део).

Изглед стабала храста китњака у оквиру BR100a са идентификационим бројевима 1, 3, 14 и 20, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 4.

Слика 4. Стабла китњака 1, 3, 14 и 20 узоркована у оквиру огледног поља BR100a.
(фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.2. LR032e

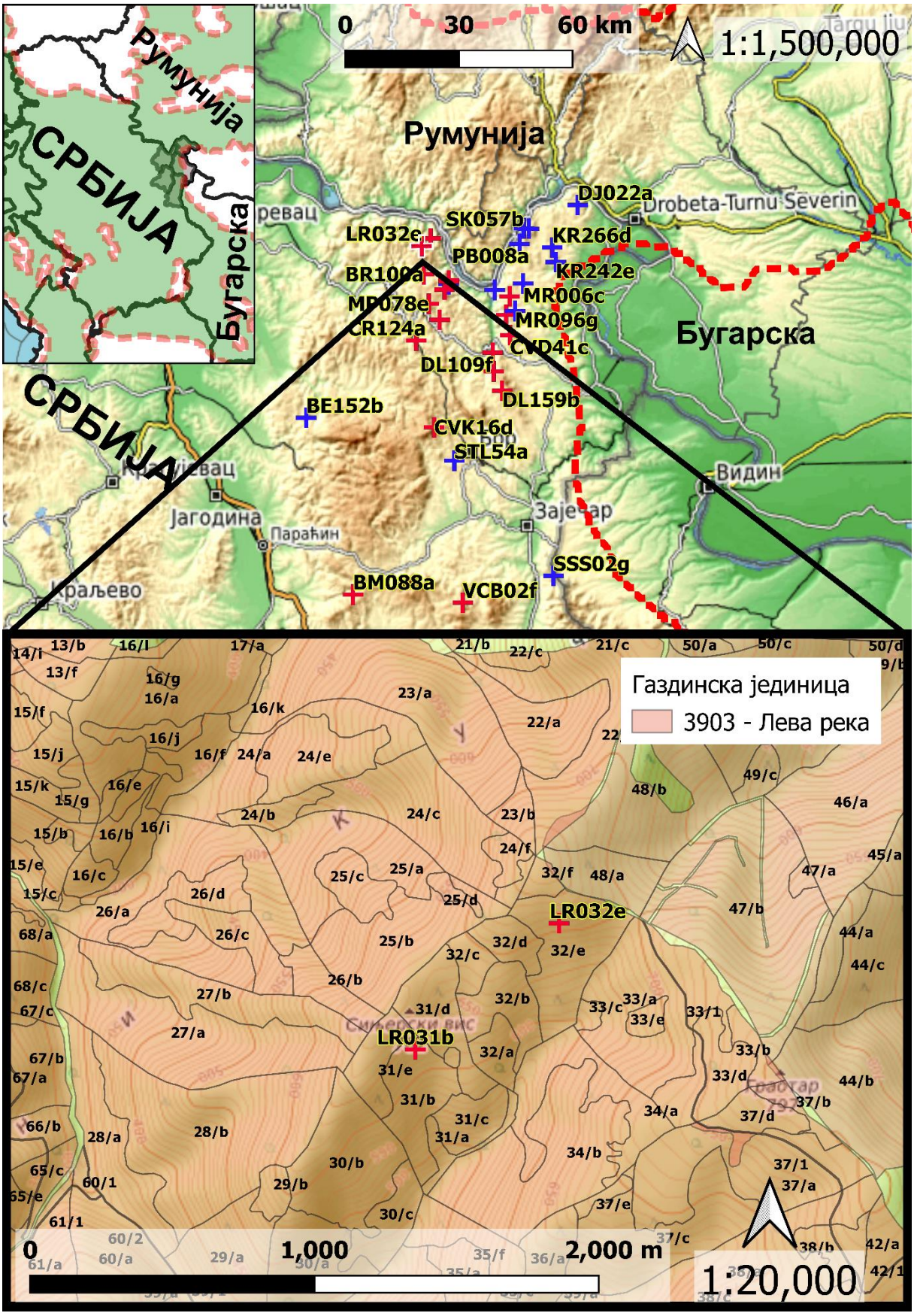
Огледно поље LR032e је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат IX“. ОП се налази у газдинској јединици „Лева река“ у 32. одељењу, одсек „е“ на месту званом „Синђерски поток“, чија укупна површина износи 11,58 ha, а тачно је постављено на 44.56950° географске дужине и 21.95058° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. LR032e се налази на 715 m н.в. и доминантно је на јужној експозицији. На горњем делу слике 5 приказана је позиција LR032e у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која има ознаку 32/е.

Газдинском јединицом „Лева река“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3903, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца, посредством радне јединице Добра. Налази се у браничевском управном округу, на територији општине Голубац и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2020. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2021. до 2030. године. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе формиране на основу премера из 2011. године.

Одсек 32/е се налази на падини и врло стрмом терену уједначеног нагиба (од 26° до 30°), који је претежно оријентисан према југу. Целокупни одсек се распростире у појасу између 550 до 740 m н.в. Геолошку подлогу представљају амфиболити и амфиболитски шкриљци, на којима се формирало дистрично смеђе односно кисело смеђе земљиште, средње дубоко, и слабо скелетоидно.

Састојина припада асоцијацији китњака и букве (*Querco-Fagetum* Glišić 1971) на дубоким, умерено-скелетним, дистричним, еутричним смеђим земљиштима и делувијумима. Сем храста китњака и букве у састојини се налазе граб (*Carpinus betulus* L.) и крупнолисна липа (*Tilia grandifolia* Ehrh.), а појединачно се могу наћи и стабла осталих племенитих лишћара. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као ретко, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављено у високој, једнодобној и очуваној мешовитој састојини букве и китњака, ретког до потпуног склопа (0,7). Према уделу у укупној дубећој запремини, у састојини доминира буква у односу на китњак и граб, и то у односу смесе 0,5 : 0,4 : 0,1. По техничком квалитету у питању је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње дугим крошњама (између 1/2 и 1/3 висине стабала). Евидентирано је до 10% сувих и суховрхих стабала, као и стабала која су оштећена дејством биотичких или абиотичких фактора. Средњи пречник китњака износи 37 cm, средња висина 21,4 m, док је висински степен (бонитет) 1. Приликом премера састојине старост китњака је процењена на 120 година. Број стабала по јединици површине износи 579, од чега је 104 стабла китњака. Темељница састојине износи 30,2 m^2/ha, од чега је 12,3 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 380 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 156 m^3/ha.



Слика 5. Положај огледног поља LR032e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека е, 32. одељења ГЈ „Лева река“ (доњи део).

Састојина 32/е се налази у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се газдује у редовном режиму. У основи газдовања која је важила у тренутку постављања ОП, као планирана узгојна потреба наводи се оплодна сеча (припремни сек) кратког периода за обнављање.

Изглед стабала храста китњака у оквиру LR032e са идентификационим бројевима 4, 6, 14, 15, 17, и 18, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 6.

Слика 6. Стабла китњака 4, 6, 14, 15, 17, и 18 узоркована у оквиру огледног поља LR032e. (фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.3. SK057b

Огледно поље SK057b је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат X“. ОП се налази у газдинској јединици „Штрбачко корито“ у 57. одељењу, одсек „b“ на месту званом „Плоче“, чија укупна површина износи 18,46 ha, а тачно је постављено на 44.60833° географске дужине и 22.28496° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. SK057b се налази на 435 m н.в. и доминантно је на северозападној експозицији. На горњем делу слике 7 приказана је позиција SK057b у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која има ознаку 57/b.

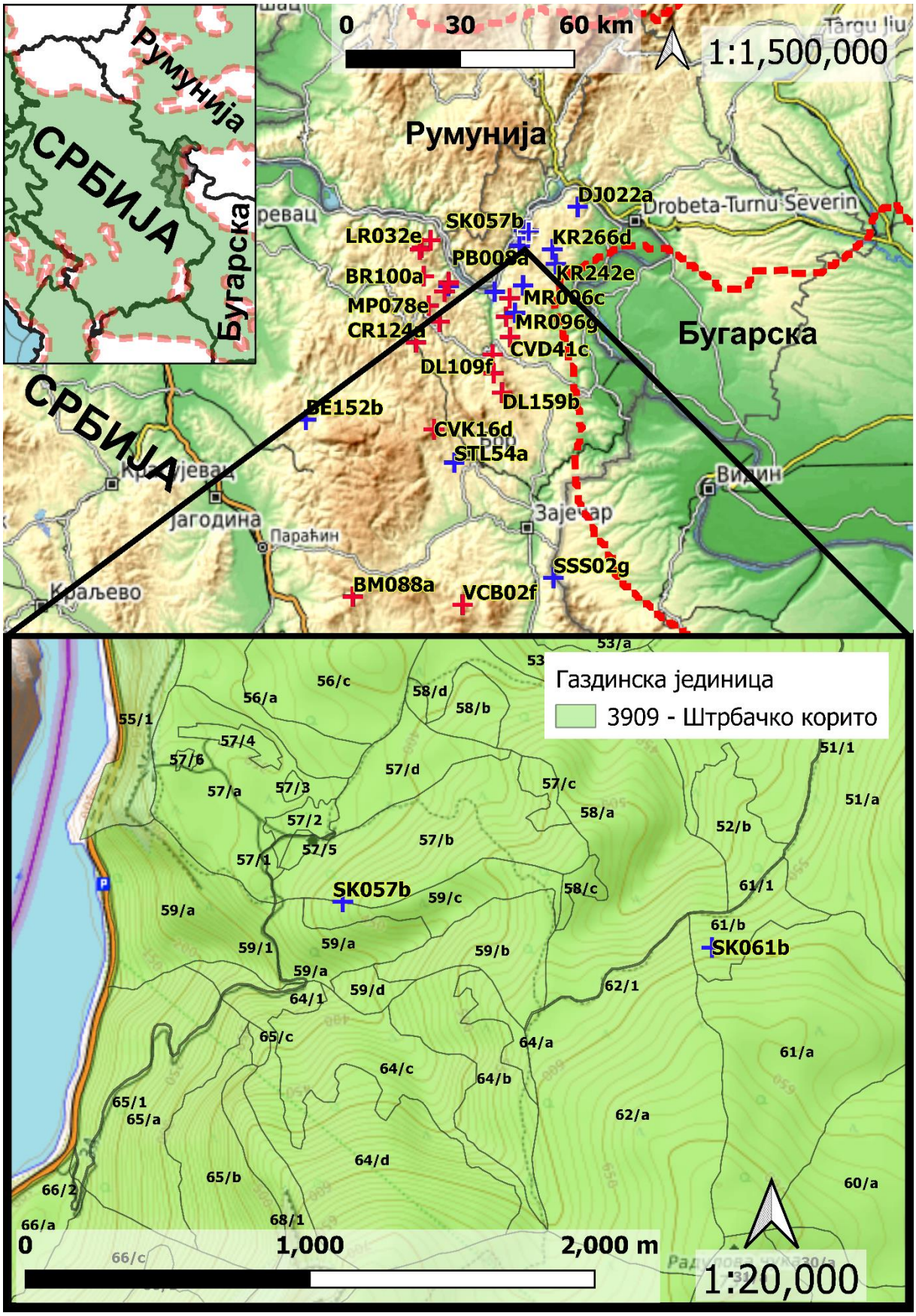
Газдинском јединицом „Штрбачко корито“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3909, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Кладово и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2016. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2017. до 2029. године. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе.

Одсек 57/b се налази на падини, умерено стрмог нагиба, претежно оријентисаног према западу. Целокупни одсек се распростире у појасу између 400 до 540 m н.в.

Састојина припада асоцијацији китњака и обичног граба (*Querco-Carpinetum betuli* Rudski 1949) на слабо развијеним земљиштима на кречњацима и базичним силикатним стенама. Сем храста китњака у састојини су наведене следеће врсте дрвећа и то: граб (*Carpinus betulus* L.), црни јасен (*Fraxinus ornus* L.), сребрна липа (*Tilia argentea* Desf.), клен (*Acer campestre* L.) и грабић (*Carpinus orientalis* Mill.). Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у изданачкој, једнодобној и очуваној мешовитој састојини китњака и обичног граба, врло густог склопа (1,0). Према уделу у укупној дубећој запремини, у састојини доминира граб у односу на црни јасен, сребрну липу и китњак, и то у односу смесе 0,5 : 0,2 : 0,2 : 0,1. По техничком квалитету у питању је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње дугим крошњама (између 1/2 и 1/3 висине стабала). Евидентирано је до 10% сувих и суховрхих стабала, стабала дејством биотичких и абиотичких фактора. Средњи пречник китњака износи 17 cm, средња висина 12 m, док је висински степен 14. Приликом премера састојине старост китњака није процењивана. Број стабала по јединици површине износи 1533, од чега је 155 стабла китњака. Темељница састојине износи 37.1 m^2/ha, од чега је 5.1 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 276 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 33 m^3/ha.

Састојина 57/b се налази у I степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се управља без узгојних интервенција.



Слика 7. Положај огледног поља SK057b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 57. одељења ГЈ „Штрбачко корито“ (доњи део).

Изглед стабала храста китњака у оквиру SK057b са идентификационим бројевима 2, 3, 4, 5, и 12, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 8.

Слика 8. Стабла китњака 2, 3, 4, 5, и 12 узоркована у оквиру огледног поља SK057b.
(фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.4. KO035b

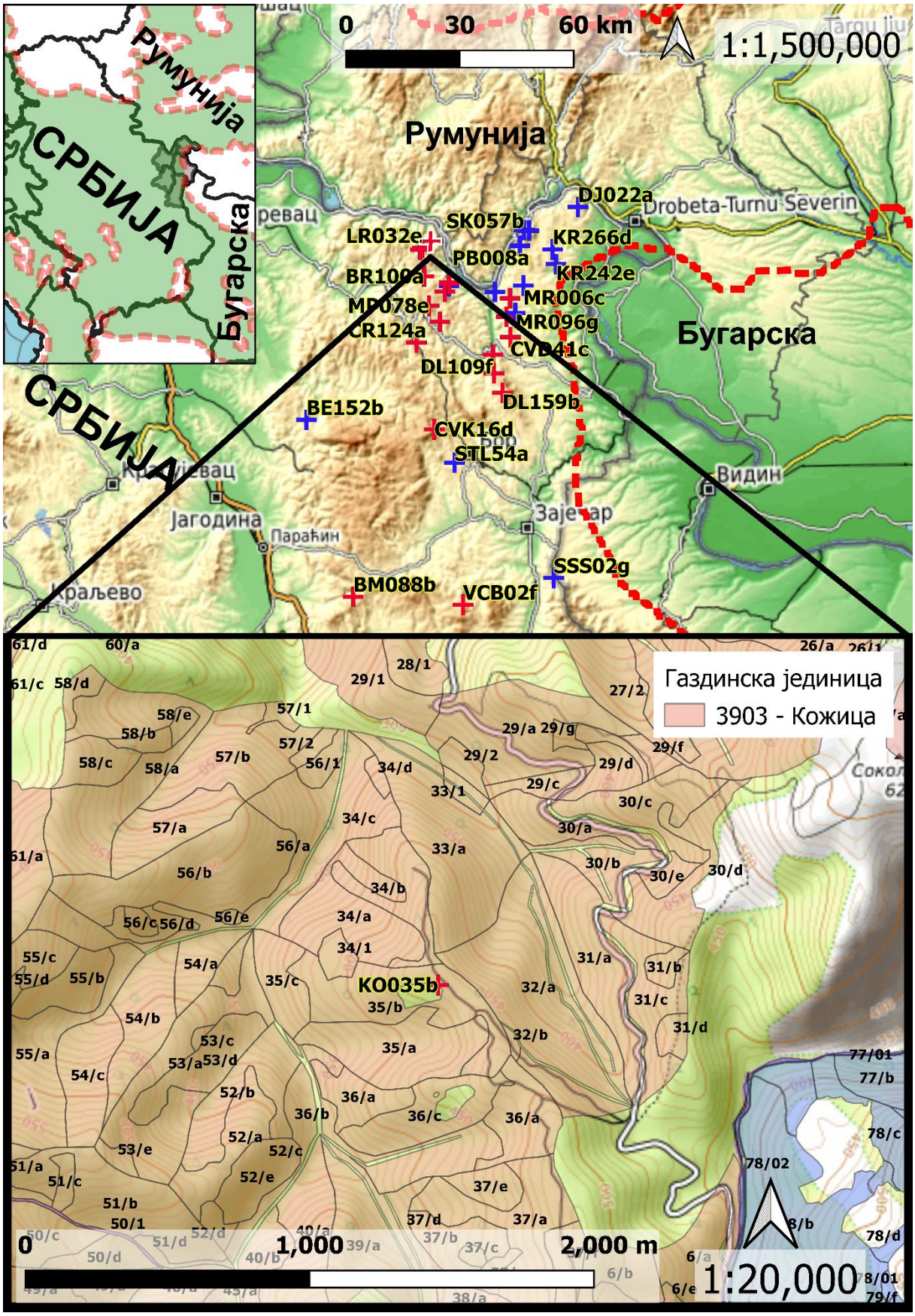
Огледно поље KO035b је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат I“. ОП се налази је у газдинској јединици „Кожица“ у 35. одељењу, одсек „b“, чија укупна површина је износи 13,36 ha, а тачно је постављено на 44.50205° географске дужине и 21.95058° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. KO035b се налази на 460 m н.в. и доминантно је на северозападној експозицији. На горњем делу слике 9 приказана је позиција KO035b у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која има ознаку 35/b.

Газдинском јединицом „Кожица“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3903, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у браничевском управном округу, на територији општине Голубац и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2015. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2017. до 2029 . године. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе.

Одсек 35/b се налази на падини и стрмом терену валовитог нагиба (од 11° до 15°), претежно оријентисаног према југозападу. Целокупни одсек се распростире у појасу између 350 до 500 m н.в. Геолошку подлогу представљају амфиболити и амфиболитски шкриљци у распадању (средње распаднути). Земљиште је плитко (16 - 40 cm), полурастресито, суво и скелетоидно (11-30% скелета). Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Припада асоцијацији китњака (*Quercetum montanum typicum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на киселом смеђем земљишту. Поред храста китњака у састојини се налазе још и буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), крупнолисна липа (*Tilia grandifolia* Ehrh.), остали тврди лишћари, граб (*Carpinus betulus* L.) и јавор (*Acer pseudoplatanus* L.). Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње и ретко, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у високој, једнодобној и разређеној чистој састојини, непотпуног склопа (0,6). Према уделу у дубећој залихи у састојини доминира китњак у односу на граб, и то у односу смесе 0,9 : 0,1. По техничком квалитету у питању је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права и са малим падом пречника, са средње дугим (између 1/2 и 1/3 висине стабала), ексцентричним крошњама, осредњег здравственог стања и квалитета. Евидентирано је до 10% сувих и суховрхих стабала, стабала која су оштећена од инсеката и фитопатолошких обољења или дејством абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник китњака износи 39 cm, средња висина 23,2 m, док је висински степен (бонитет) 1. Приликом премера састојине старост китњака процењена је на 140 година. Број стабала по јединици површине износи 471, од чега је 159 стабла китњака. Темељница састојине износи 24.9 m^2/ha, од чега је 18.8 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 286 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 245 m^3/ha.



Слика 9. Положај огледног поља KO035b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 35. одељења ГЈ „Кожица“ (доњи део).

Састојина 35/b се налази у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се газдује у редовном режиму. У основи газдовања која је важила у тренутку постављања ОП, као планирана узгојна потреба наводи се поправка затеченог здравственог стања кроз извођење санитарне сече.

Изглед стабала храста китњака у оквиру KO035b са идентификационим бројевима 1, 3, 11, и 20, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 10.

Слика 10. Стабла китњака 1, 3, 11, и 20 узоркована у оквиру огледног поља KO035b. (фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.5. ZL096a

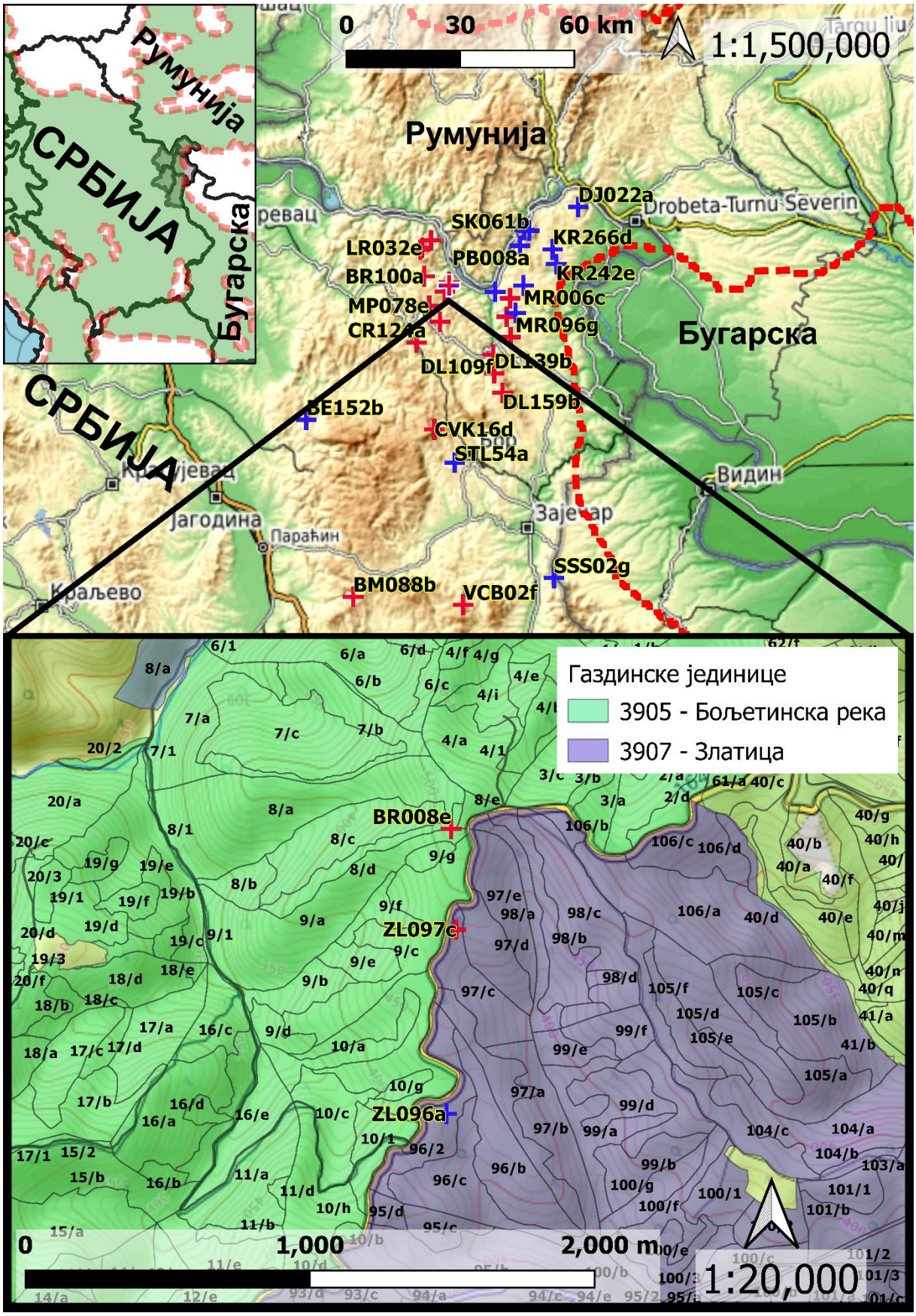
Огледно поље ZL096a је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат VI“. ОП се налази у газдинској јединици „Златица“ у 96. одељењу, одсек „а“, чија укупна површина је износи 6,88 ha, а постављено је тачно на 44.47809° географске дужине и 22.03247° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. ZL096a се налази на 435 m н.в. и доминантно је на североисточној експозицији. На горњем делу слике 11 приказана је позиција ZL096a у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која има ознаку 96/a.

Газдинском јединицом „Златица“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3907, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2016. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2017. до 2029. године. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе.

Одсек 96/a се налази на падини и врло стрмом терену валовитог нагиба (од 16° до 20°), претежно оријентисаног према југоистоку. Целокупни одсек се распростире у појасу између 400 до 460 m н.в. Геолошку подлогу представљају плагиокласни гнајсеви. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији китњака и букве (*Querco-Fagetum* Glišić 1971) на киселом смеђем и лесивираном киселом смеђем земљишту. Поред храста китњака, у састојини се налазе још и буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), граб (*Carpinus betulus* L.) и сребрна липа (*Tilia argentea* Desf.). Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње и ретко, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у високој, једнодобној и разређеној мешовитој (двоспратној) састојини, ретког склопа (0,6). Према уделу у дубећој залихи у стаблимичној смеси доминира китњак у односу на букву и остале врсте, и то у размери 0,7 : 0,3. По техничком квалитету у питању је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена и са малим падом пречника, са средње дугим (између 1/2 и 1/3 висине стабала), ексцентричним крошњама, осредњег здравственог стања и квалитета. Евидентирано је до 10% сувих и суховрхих стабала, стабала која су оштећена од инсеката и фитопатолошких обољења или дејством абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник китњака износи 28 cm, средња висина 16,7 m, док је висински степен (бонитет) 1. Приликом премера састојине старост китњака процењена је на 130 година. Број стабала по јединици површине износи 433, од чега је 153 стабла китњака. Темељница састојине износи 23.2 m^2/ha, од чега је 13.7 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 228 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 142 m^3/ha.



Слика 11. Положај огледног поља ZL096a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека а, 96. одељења ГЈ „Златица“ (доњи део).

Састојина 96/а се налази у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се прелазно газдује, тако да у овом и претходном уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.

Изглед стабала храста китњака у оквиру ZL096a са идентификационим бројевима 8, 9, 12, 13, 14 и 20, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 12.

Слика 12. Стабла китњака 8, 9, 12, 13, 14 и 20, узоркована у оквиру огледног поља ZL096a. (фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.6. DJ022a

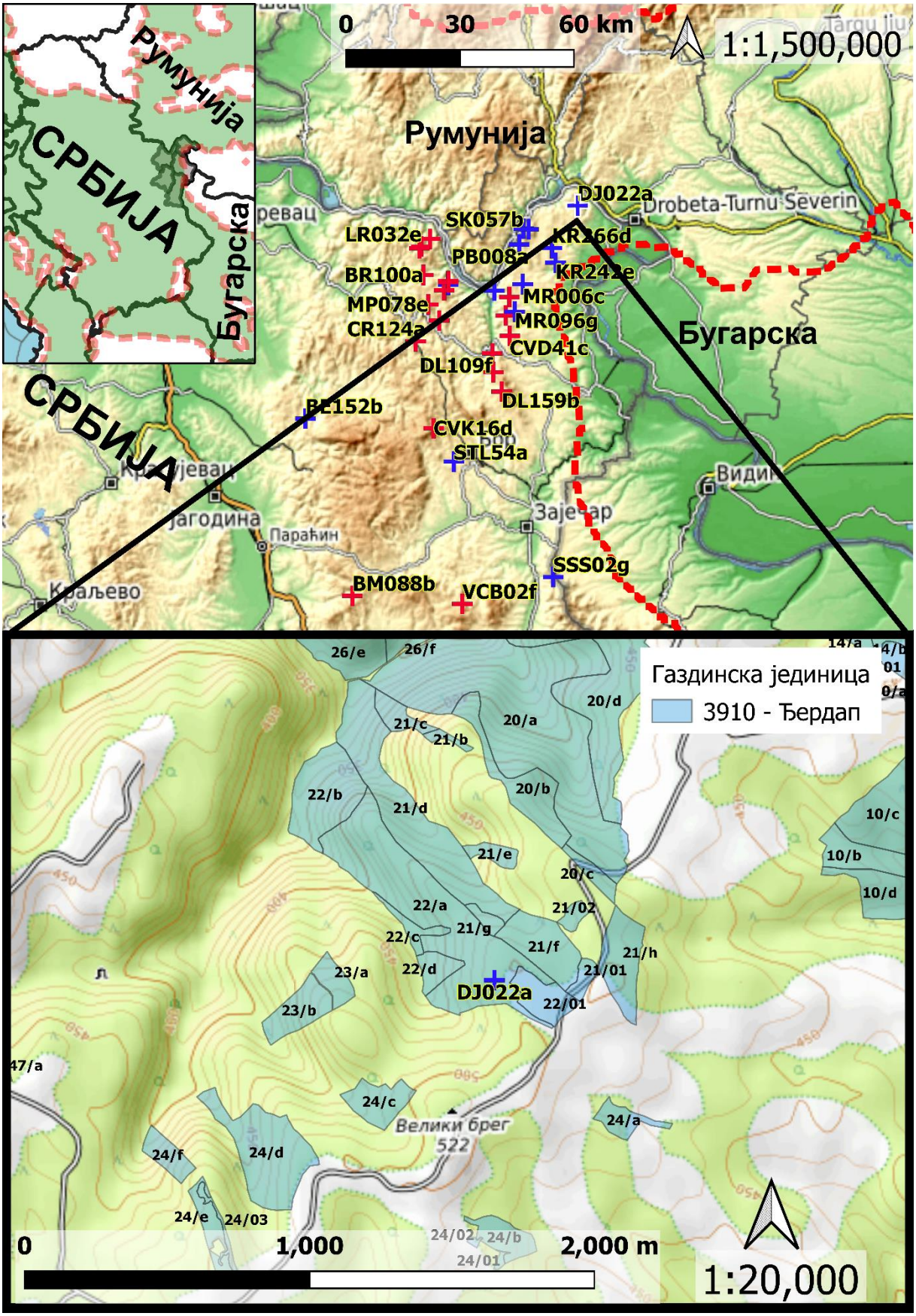
Огледно поље DJ22a је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат VIII“. ОП се налази у газдинској јединици „Ђердап“ у 22. одељењу, одсек „а“, чија укупна површина износи 13,10 ha, а тачно је постављено на 44.66131° географске дужине и 22.46494° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. KO035b се налази на 495 m н.в. и доминантно је на северној експозицији. На горњем делу слике 13 приказана је позиција DJ022a у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која има ознаку 22/a.

Газдинском јединицом „Ђердап“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3910, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца, посредством радне јединице у Текији. Налази се у борском управном округу, на територији општине Кладово и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2015. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2016. до 2025. године. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе.

Одсек 22a се налази на падини и на врло стрмом терену уједначеног нагиба (од 26° до 30°), на претежно западној експозицији. Целокупни одсек се распростире у појасу између 330 и 500 m н.в. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на киселом (понекад еутричном) смеђем земљишту. Сем храста китњака у састојини нису наведене друге врсте дрвећа, осим да се као најзаступљенија врста у спрату жбуња налази грабић (*Carpinus orientalis* Mill.). Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње и ретко, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у изданачкој, једнодобној и очуваној чистој састојини, врло густог склопа (1,0). Према уделу у дубећој залихи у састојини доминира китњак у односу на грабић, букву и црни јасен, и то у односу смесе 0,7 : 0,1 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету у питању је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права и са малим падом пречника, са средње дугим (између 1/2 и 1/3 висине стабала), нормално формираним крошњама, осредњег здравственог стања и квалитета. Евидентирано је мање од 10% сувих и суховрхих стабала, стабала која су оштећена од инсеката и фитопатолошких обољења или дејством абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник китњака износи 21 cm, средња висина 18,2 m, док је висински степен (бонитет) 10. Приликом премера састојине старост китњака процењена је на 56 година. Број стабала по јединици површине износи 1654, од чега је 512 стабла китњака. Темељница састојине износи 18.7 m^2/ha, од чега је 11.8 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 161 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 120 m^3/ha.



Слика 13. Положај огледног поља DJ022a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека а, 22. одељења ГЈ „Ђердап“ (доњи део).

Састојина 22/а се налази у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се газдује у редовном режиму. У основи газдовања која је важила у тренутку постављања ОП, као планирана узгојна потреба наводи се селективна проредa.

Изглед стабала храста китњака у оквиру DJ022a са идентификационим бројевима 1, 2, 11, 12, 13, 16, 16 и 18, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 14.

Слика 14. Стабла китњака 1, 2, 11, 12, 13, 16, 16 и 18 узоркована у оквиру огледног поља DJ022a.
(фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.7. CV023b

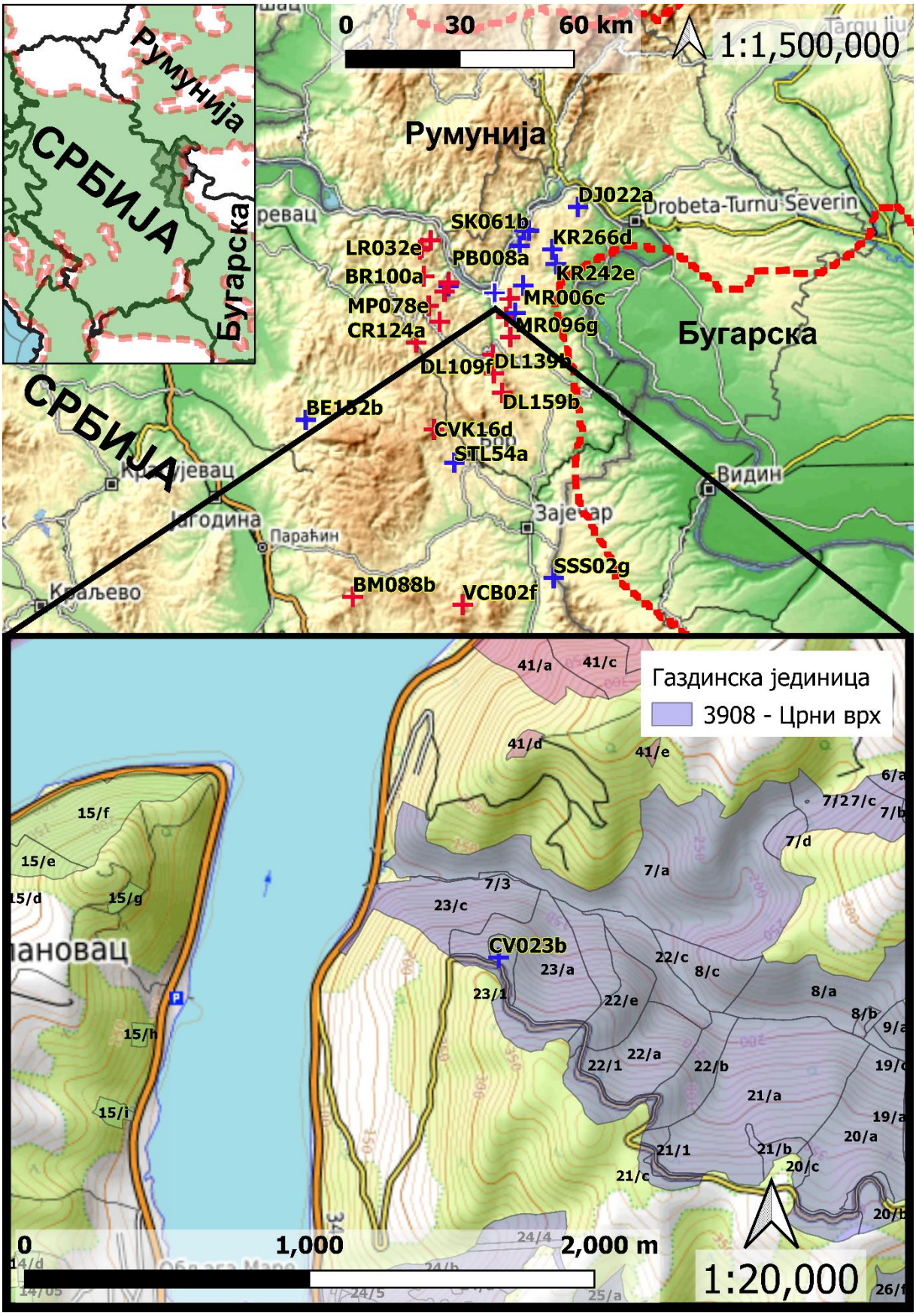
Огледно поље CV023b је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат III“. ОП се налази на месту званом Мирочки пут – Градашница, у газдинској јединици „Црни врх“ у 23. одељењу, одсек „b“, чија укупна површина износи 1,28 ha, а тачно је постављено на 44.46289° географске дужине и 22.18495° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. CV023b се налази на 275 m н.в. и доминантно је на северној експозицији. На горњем делу слике 15 приказана је позиција CV023b у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која има ознаку 23/b.

Газдинском јединицом „Ђердап“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3908, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Представљени подаци анализе састојинске структуре преузети су из претходне основе газдовања, која је формирана на типолошки начин на основу података премера реализованог 2011. године

Одсек 23b се налази на гребену и на стрмом терену уједначеног нагиба (до 16° - 20°), доминантно оријентисаног ка североистоку. Целокупни одсек се распростире у појасу између 240 и 310 m н.в. Ради се о земљишту које је угрожено јаружастом водном ерозијом.

Састојина припада асоцијацији китњака и цера (*Quercetum petraeae-cerridis* B. Jovanović 1979) на киселом смеђем земљишту. Поред храста китњака у састојини се налазе још и цер (*Quercus cerris* L.), сладун (*Quercus farnetto* Ten.), буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott) и црни јасен (*Fraxinus ornus* L.). Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње и ретко, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у високој, једнодобној и очуваној мешовитој састојини китњака и цера, непотпног склопа (0,5-0,6). Према уделу у укупној дубећој запремини, у стаблимичној смеси састојини доминира китњак у односу на цер, сладун и букву, и то у односу смесе 0,5 : 0,3 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету у питању је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права, са дугим крошњама (преко 1/2 висине стабала), осредњег здравственог стања. Евидентирано је до 10% сувих и суховрхих стабала, стабала која су оштећена од стране биотичких фактора - инсеката и фитопатолошких обољења или дејством абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник китњака износи 30 cm, средња висина 19,2 m, док је висински степен (бонитет) 2. Приликом премера састојине старост китњака је процењена на 120 година. Број стабала по јединици површине износи 306, од чега је 164 стабла китњака. Темељница састојине износи 24.1 m^2/ha, од чега је 14.0 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 263 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 134 m^3/ha.



Слика 15. Положај огледног поља CV023b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 23. одељења ГЈ „Црни врх“ (доњи део).

Састојином 23/b се управља без узгојних интервенција.

Изглед стабала храста китњака у оквиру CV023b са идентификационим бројевима 1, 6 и 11, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 16.

Слика 16. Стабла китњака 1, 6 и 11 узоркована у оквиру огледног поља CV023b.
(фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.8. BR008e

Огледно поље BR008e је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат II“. ОП се налази у газдинској јединици „Бољетинска река“ у 8. одељењу, одсек „е“ на месту званом „Чока ферига“, чија укупна површина износи 0,82 ha, а тачно је постављено на 44.48710° географске дужине и 22.03283° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. BR008e се налази на 525 m н.в. и доминантно је на југозападној експозицији. На горњем делу слике 19 приказана је позиција BR008e у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која данас има ознаку 8/e.

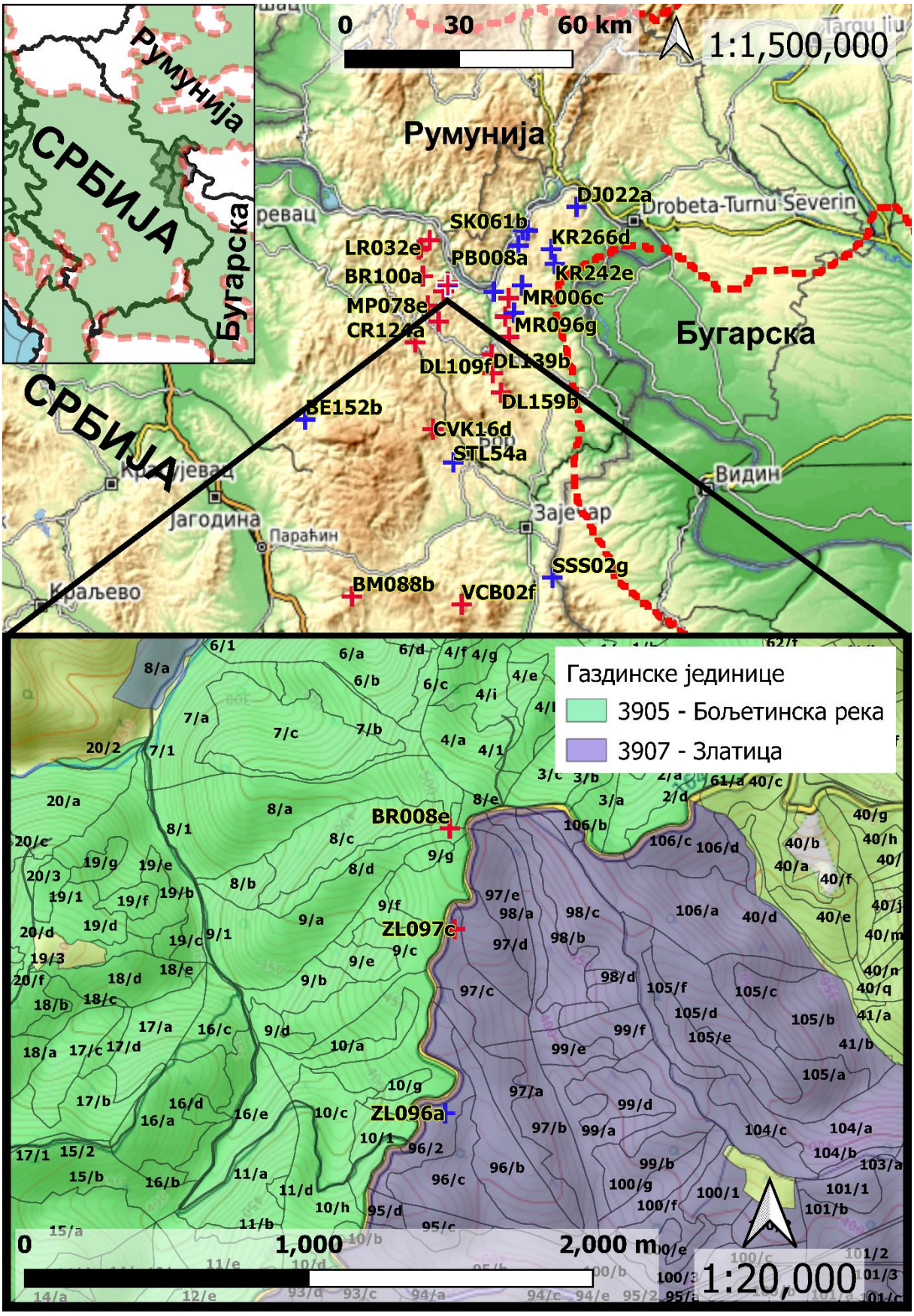
Газдинском јединицом „Бољетинска река“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3905, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе формиране на основу премера из 2008. године.

Одсек 8/e се налази на падини и на врло стрмом терену уједначеног нагиба (од 16° до 20°), претежно оријентисаног ка југоистоку. Целокупни одсек се распростире у појасу између 100 до 540 m н.в. Није евидентирана изражена угроженост од ерозије, ради се о стабилном терену.

Састојина припада асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на киселом смеђем земљишту. Поред храста китњака у састојини се налазе још буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), сребрна липа (*Tilia argentea* Desf.) и граб (*Carpinus betulus* L.) и остали тврди лишћари. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње и ретко, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављено у високој и разређеној чистој (двоспратној) састојини, ретког склопа (0,5). Према уделу у дубећој залихи у састојини доминира китњак у односу на букву, сребрну липу и граб, и то у односу смесе 0,7 : 0,1 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету у питању је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена и са великим падом пречника, са кратким (између 1/4 и 1/3 висине стабала), ексцентричним крошњама, осредњег здравственог стања и квалитета.

Евидентирано је до 10% сувих и суховрхих стабала, стабала која су оштећена од инсеката и фитопатолошких обољења или дејством абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник китњака износи 28 cm, средња висина 15,1 m, док је висински степен (бонитет) 2. Приликом премера састојине процењено је да старост китњака износи отприлике 145 година. Број стабала по јединици површине износи 234, од чега је 163 стабала китњака. Темељница састојине износи 22.9 m^2/ha, од чега је 16.5 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 246 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 179 m^3/ha.



Слика 17. Положај огледног поља BR008e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека е, 8. одељења ГЈ „Бољетинска река“ (доњи део).

Састојина 8/e се налази у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се газдује у редовном режиму. У основи газдовања која је важила у тренутку постављања ОП, као планирана узгојна потреба наводи се оплодна сеча (завршни сек) кратког периода за обнављање.

Изглед стабала храста китњака у оквиру BR008e са идентификационим бројевима 1, 12, 14 и 18, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 18.

Слика 18. Стабла китњака 1, 12, 14 и 18 узоркована у оквиру огледног поља BR008e.
(фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.9. ZL091c

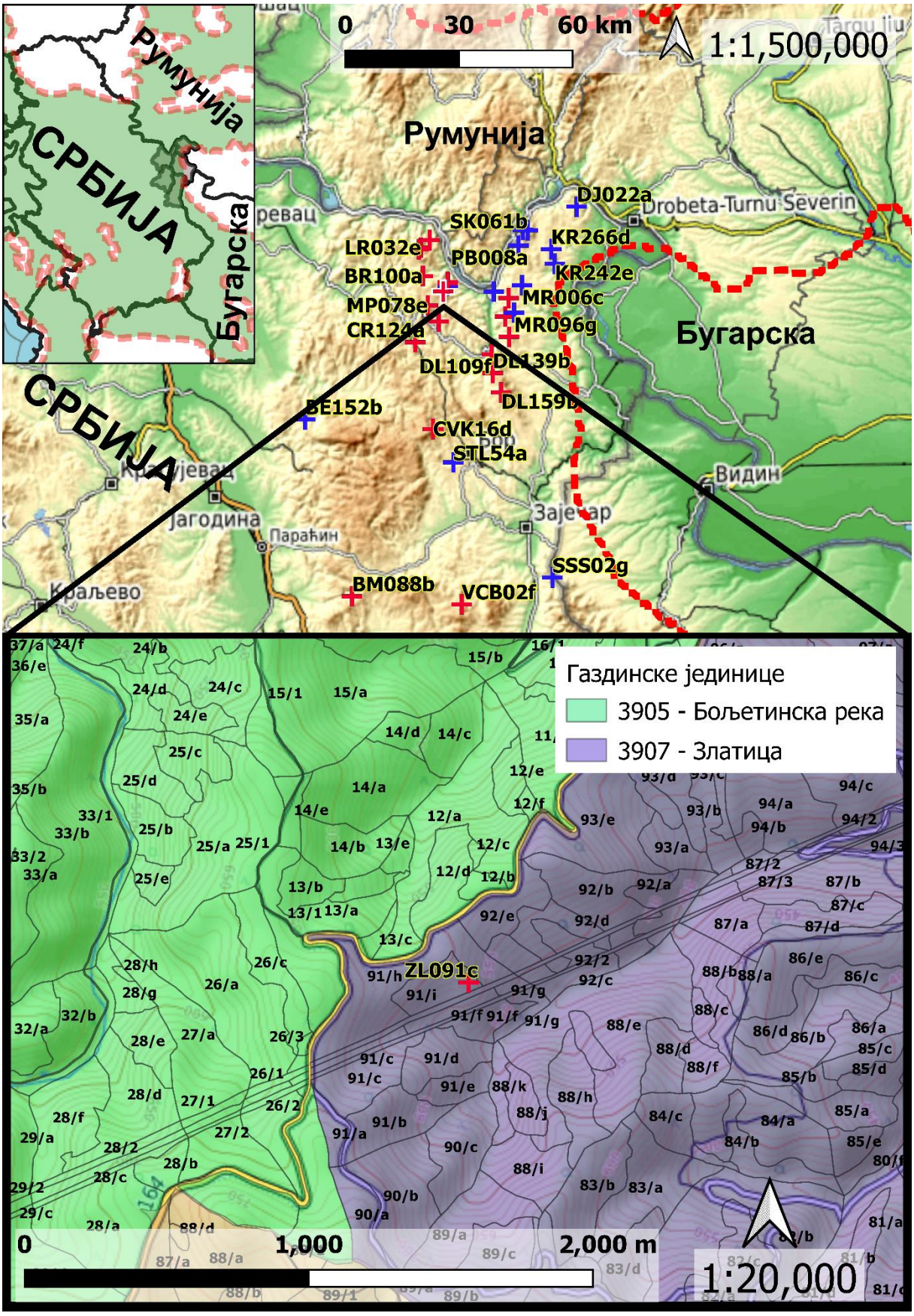
Огледно поље ZL091c је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат V“. ОП се налази у газдинској јединици „Златица“ у 91. одељењу, одсека „с“, на месту званом „Оман“, чија укупна површина износи 5,60 ha, а тачно је постављено на 44.46522° географске дужине и 22.01871° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. ZL091c се налази на 565 m н.в. и доминантно је на источној експозицији. На горњем делу слике 19 приказана је позиција ZL091c у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине која данас има ознаку 91/i.

Газдинском јединицом „Златица“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3907, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2016. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2017. до 2029. године. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе.

Одсек 97/с се налазио на падини и на врло стрмом терену уједначеног нагиба (од 16° до 20°), претежно оријентисаног ка југу. Целокупни одсек се распростирао у појасу између 470 до 550 m н.в. Није евидентирана изражена угроженост од ерозије, ради се о стабилном терену.

Састојина припада асоцијацији китњака и обичног граба (*Querco-Carpinetum betuli* Rudski 1949) на различитим земљиштима. Поред храста китњака, у састојини се налазе и друге врсте дрвећа: граб (*Carpinus betulus* L.), сребрнолисна липа (*Tilia argentea* Desf.), буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott) и остали тврди лишћари. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као густо, тако да влада изражен степен закоровљености.

ОП је постављено у високој и чистој (двоспратној) очуваној састојини, потпуног склопа (0,7). Према уделу у дубећој залихи у састојини доминира китњак у односу на остале евидентиране врсте дрвећа, и то у односу смесе 0,9 : 0,1. По техничком квалитету у питању је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права са малим падом пречника, са средње дугим (између 1/3 и 1/2 висине стабала) и ексцентрично развијеним крошњама и осредњег здравственог стања и квалитета. Евидентирано је до 11-25% сувих и суховрхих стабала, док 10% стабала која су оштећена од инсеката и фитопатолошких обољења, као и дејством абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник храста китњака износи 25 cm, средња висина 17,0 m, док је висински степен (бонитет) 2. Приликом премера састојине процењено је да старост китњака износи отприлике 150 година. Број стабала по јединици површине износи 500, од чега је 291 стабло китњака. Темељница састојине износи 24.5 m^2/ha, од чега је 21.1 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 189 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 164 m^3/ha.



Слика 19. Положај огледног поља ZL091c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека і, 91. одељења ГЈ „Златица“ (доњи део).

Састојина 91/с се налазила у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се прелазно газдовало, тако да у овом и претходном уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.

Изглед стабала храста китњака у оквиру ZL091c са идентификационим бројевима 1, 2, 14, 15, 16 и 19, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказани су на слици 20.

Слика 20. Стабла китњака 1, 2, 14, 15, 16 и 19 узоркована у оквиру огледног поља ZL091c. (фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.10. ZL097c

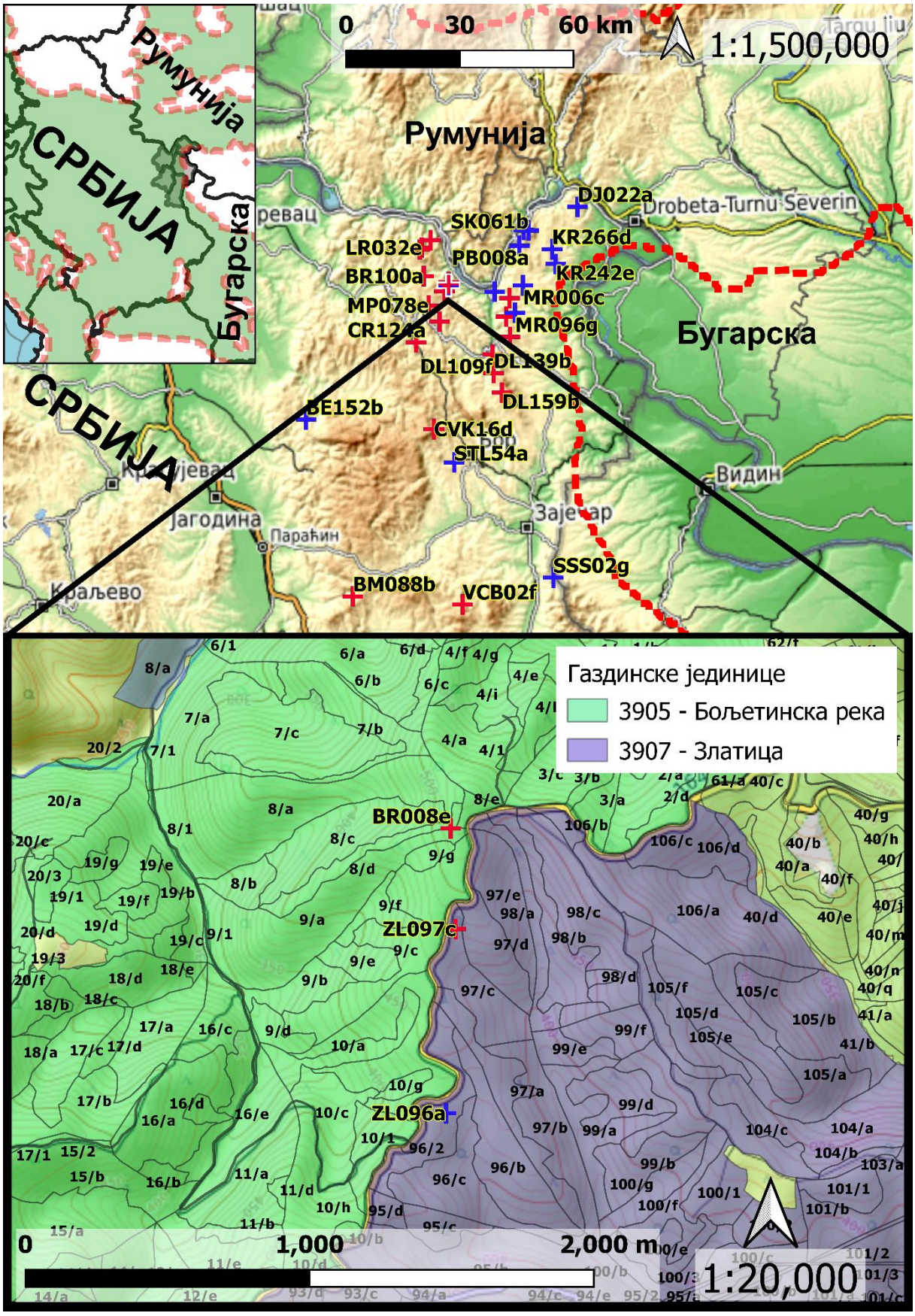
Огледно поље ZL097c је постављено у јесен 2013. године у склопу израде магистарског рада Radaković-a (2014), где је означено као „Објекат IV“. ОП се налази у газдинској јединици „Златица“ у 97. одељењу, у одсеку „c“, површине од 4,38 ha. Огледно поље се налази у горњем делу састојине 97/c и његова прецизнија позиција се може представити са 44.48392° географске дужине и 22.03300° географске ширине. У околини наведене локације је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. ОП се налази на 475 m н.в. и доминантно је на јужној експозицији. На горњем делу слике 21 приказана је позиција ZL097c у оквиру целокупно истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине 97/c.

Газдинском јединицом „Златица“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3907, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2016. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2017. до 2029. године. Подаци који су овде представљени преузети су из претходне основе.

Одсек 97/c се налази на падини и врло стрмом терену (нагиба од 21° до 25°), на југозападној експозицији. Целокупни одсек се распростире у појасу између 400 и 490 m н.в. Геолошку подлогу чине плагиокласни гнајсеви. Не постоји угроженост од ерозије, иако се ради о вештачки стабилизованој површини оптерећеној лаком деградацијом.

Састојина припада асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на киселом смеђем земљишту. Поред храста китњака у састојини се налазе још и буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), сребрна липа (*Tilia argentea* Desf.), мечја леска (*Corylus colurna* L.), црни јасен (*Fraxinus ornus* L.), граб (*Carpinus betulus* L.), грабић (*Carpinus orientalis* Mill.) и отл. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као ретко, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у високој и чистој (двоспратној) очуваној састојини, густог склопа (0,8-0,9). Према уделу у дубећој залихи у састојини доминира китњак у односу на букву, сребрну липу и граб, и то у размери смесе 0,7 : 0,1 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету у питању је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права са средњим падом пречника, са средње дугим (између 1/3 и 1/2 висине стабала) и ексцентрично развијеним крошњама и осредњег здравственог стања и квалитета (Слика 22). Евидентирано је до 10% сувих и суховрхих стабала, стабала која су оштећена од инсеката и фитопатолошких обољења, као и дејством абиотичких фактора - ветра, снега и леда. Средњи пречник храста китњака износи 26 cm, средња висина 18,7 m, док је висински степен (бонитет) 1. Приликом премера састојине процењено је да старост китњака износи отприлике 115 година. Број стабала по јединици површине износи 520, од чега је 301 стабло китњака. Темељница састојине износи 31.5 m^2/ha, од чега је 20.1 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 129 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 109 m^3/ha.



Слика 21. Положај огледног поља ZL097c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека c, 97. одељења ГЈ „Златица“ (доњи део).

Састојина 97/с се налази у III степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се газдује у редовном режиму. У основи газдовања која је важила у тренутку постављања ОП, као планирана узгојна потреба наводи се селективна прореда ниског интензитета.

Изглед стабала храста китњака у оквиру ZL097c са идентификационим бројевима 9, 10, 11, 19 и 20, као и амбијент у њиховој непосредној околини, приказан је на слици 22.

Слика 22. Стабла китњака 9, 10 и 11 узоркована у оквиру огледног поља ZL097c. (фото: Н. Радаковић, 2013)

3.6.11. CR124a

Огледно поље CR124a се налази у газдинској јединици „Црна река“ у 124. одељењу, у одсеку „а“, који има површину од 7,93 ha. ОП је постављена у касну јесен 2013. године на 44.34521° географске дужине и 21.92280° географске ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југу, а одређено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 300 m. На горњем делу слике 23 приказана је позиција CR124a у оквиру истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине 124/а. Резултати анализе података прикупљених на овом локалитету објавили су Radaković, Stajić (2021).

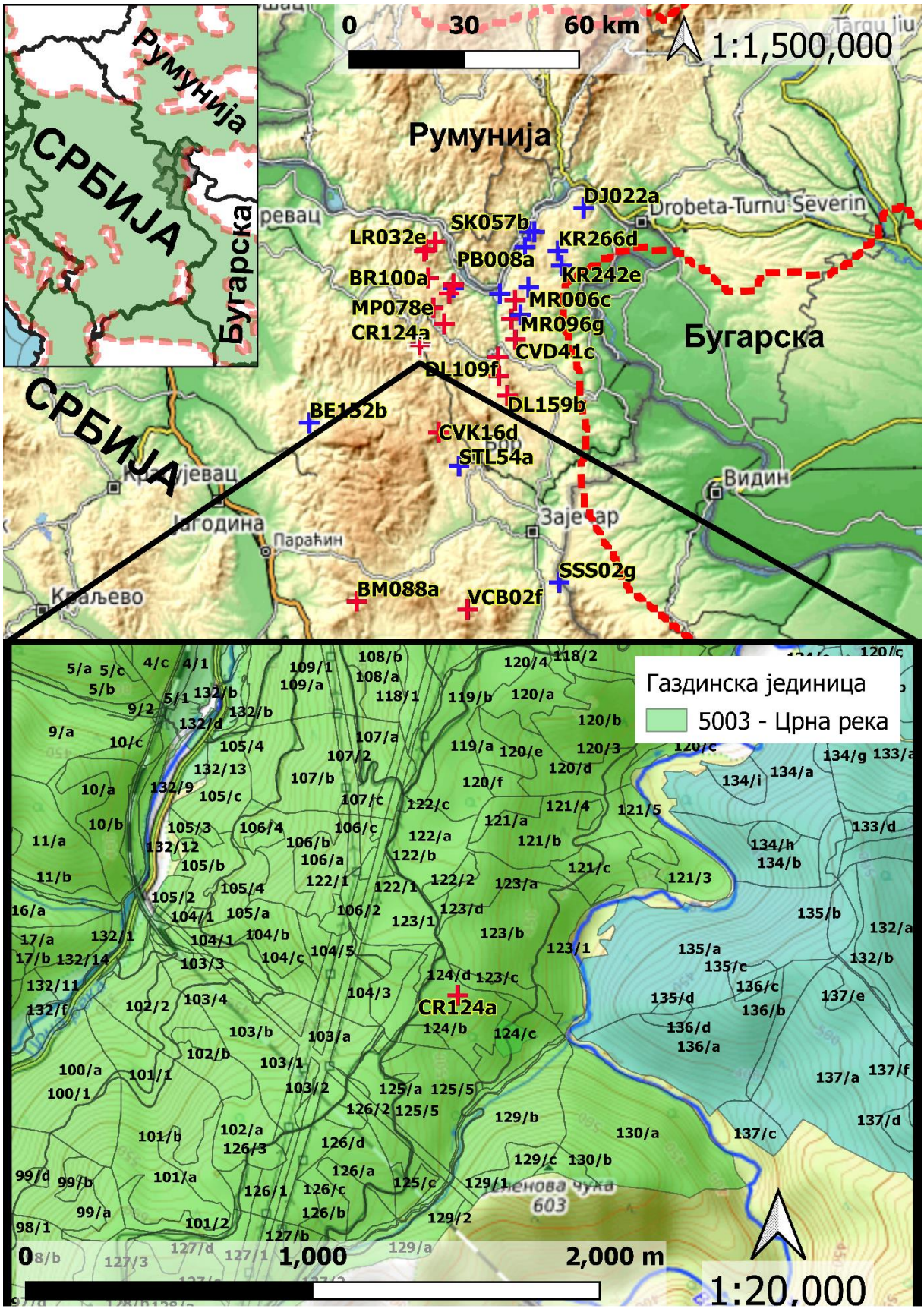
Газдинском јединицом „Црна река“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 5003, управља Шумарски факултет из Београда и налази се у склопу наставно-научне базе Мајданпечка домена. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада Севернокучајском шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2020. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2021. до 2030. године.

Састојина се налази на падини и на врло стрмом терену уједначеног нагиба (од 26° до 30°). Надморска висина се креће од 380 до 530 m, а експозиција је јужна. на јужној експозицији и надморској висини од 380 m до 530 m. Геолошку подлогу чине плагиокласни гнајсеви. Терен је стабилан и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на киселом смеђем и лесивираном киселом смеђем земљишту. Поред храста китњака у састојини се налазе још и бели јасен (*Fraxinus excelsior* L.), граб (*Carpinus betulus* L.), клен (*Acer campestre* L.), крупнолисна липа (*Tilia platyphyllos* Scop.), буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott) и др. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње, тако да је средња закоровљености.

ОП је постављено у високој и мешовитој састојини, непотпуног склопа (0,5 - 0,6). У стаблимичној смеси подједнако су заступљени китњак и јасен и доминирају у односу на граб и клен, и то у размери 0,3 : 0,3 : 0,2 : 0,1. По техничком квалитету је вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права, са средњим падом пречника и са средње дугим (дужине између 1/3 и 1/2 висине стабала) и ексцентрично развијеним крошњама. Приликом премера дата је процена да старост стабала китњака износи отприлике 160 година. Средњи пречник храста китњака износи 31,4 cm, средња висина 22,9 m, док је висински степен (бонитет) 1. Просечан пречник и висина стабала из доминантног спрата износе 48,3 cm и 25,8 m. Број стабала по јединици површине износи 441, од чега је 88 стабала китњака. Темељница састојине износи 26,5 m^2/ha, од чега је 8,2 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 284 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 90 m^3/ha.

Примарна намена састојине 124/а је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 23. Положај огледног поља CR124a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека а, 124. одељења ГЈ „Црна река“ (доњи део).

3.6.12. BM088b

Огледно поље BM088b се налази у газдинској јединици „Буковик - Мратиња“ у 88. одељењу, у одсеку „б“, који има површину од 12,77 ha. ОП је постављено 2017. године на 43.74338° географске дужине и 21.70649° географске ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. Терен на којем је постављено ОП оријентисан је ка југозападу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 590 m. На горњем делу слике 24 приказана је позиција BM088b у оквиру истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине 88/b.

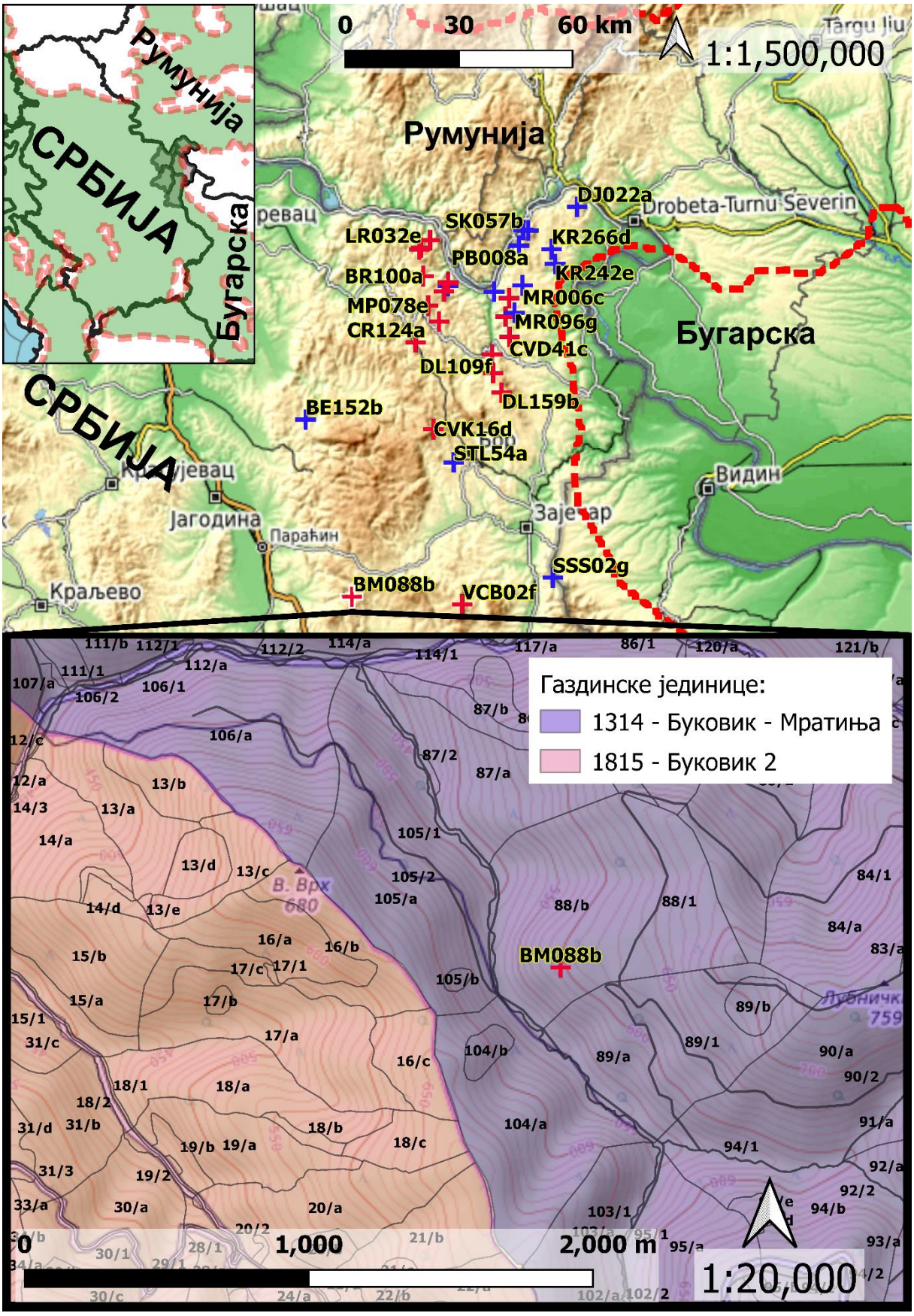
Газдинском јединицом „Буковик - Мратиња“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1314, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Ниш“ из Ниша и шумске управе Соко Бања. ГЈ се налази у зајечарском управном округу, на територији општине Соко Бања и припада Моравском шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2017. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2018 до 2022 године.

Одсек се налази на падини и на стрмом терену уједначеног нагиба (од 11° до 15°). Надморска висина се креће од 500 до 670 m, а експозиција је западна. Геолошку подлогу чине глиновити пешчари, на којима је образовано дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, средње дубоко и слабо скелетоидно (<од 10% скелета). Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада ценоеколошкој асоцијацији китњака и букве (*Querco-Fagetum* Glišić 1971) на различитим смеђим земљиштима. Сем храста китњака у састојини се налази буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), граб (*Carpinus betulus* L.), црни бор (*Pinus nigra* L.) и др. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као ретко, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у високој и мешовитој једнодобној састојини, потпуног склопа (0,7). У стаблимичној смеси подједнако су заступљени китњак и буква и доминирају у односу на граб, и то у размери 0,4 : 0,4 : 0,2. По техничком квалитету је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права, са великим падом пречника и са средње дугим (дужине између 1/3 и 1/2 висине стабала) и ексцентрично развијеним крошњама. Приликом премера дата је процена да старост стабала китњака износи отприлике 90 година. Средњи пречник храста китњака износи 30,5 cm, средња висина 22,3 m, док је висински степен (бонитет) 1. Број стабала по јединици површине износи 408, од чега је 144 стабала китњака. Темељница састојине износи 22.5 m^2/ha, од чега је 10.6 m^2/ha темељница стабала китњака. Запремина је 280 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 118 m^3/ha.

Основна намена састојине 88/b је III степен заштита вода (водоснабдевање) и за њу је прописано прелазно газдовање, без планираних интервенција.



Слика 24. Положај огледног поља BM088b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 88. одељења ГЈ „Буковик - Мратиња“ (доњи део).

На слици 25 приказани су изглед дебла и непосредног окружења четири стабала храста китњака, која су оквиру BM088b узоркована под идентификационим ознакама 2, 3, 4 и 5.

Слика 25. Стабла китњака 2, 3,4 и 5 узоркована у оквиру огледног поља BM088b.
(фото: Н. Радаковић, 2017)

3.6.13. PB008a

Огледно поље PB008a је постављено 2018. године у ГЈ „Пецка бара“ у 8. одељењу у одсеку „а“, површине 37,13 ha (Слика 26). ОП је постављено у касну јесен 2018. године на 44.57130° географске дужине и 22.26968° географске ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 20 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 40 извртака. Терен на којем је постављена PB008a оријентисан је ка северу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 385 m. На горњем делу слике 24 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 дата позиција ОП у оквиру састојине 8/a.

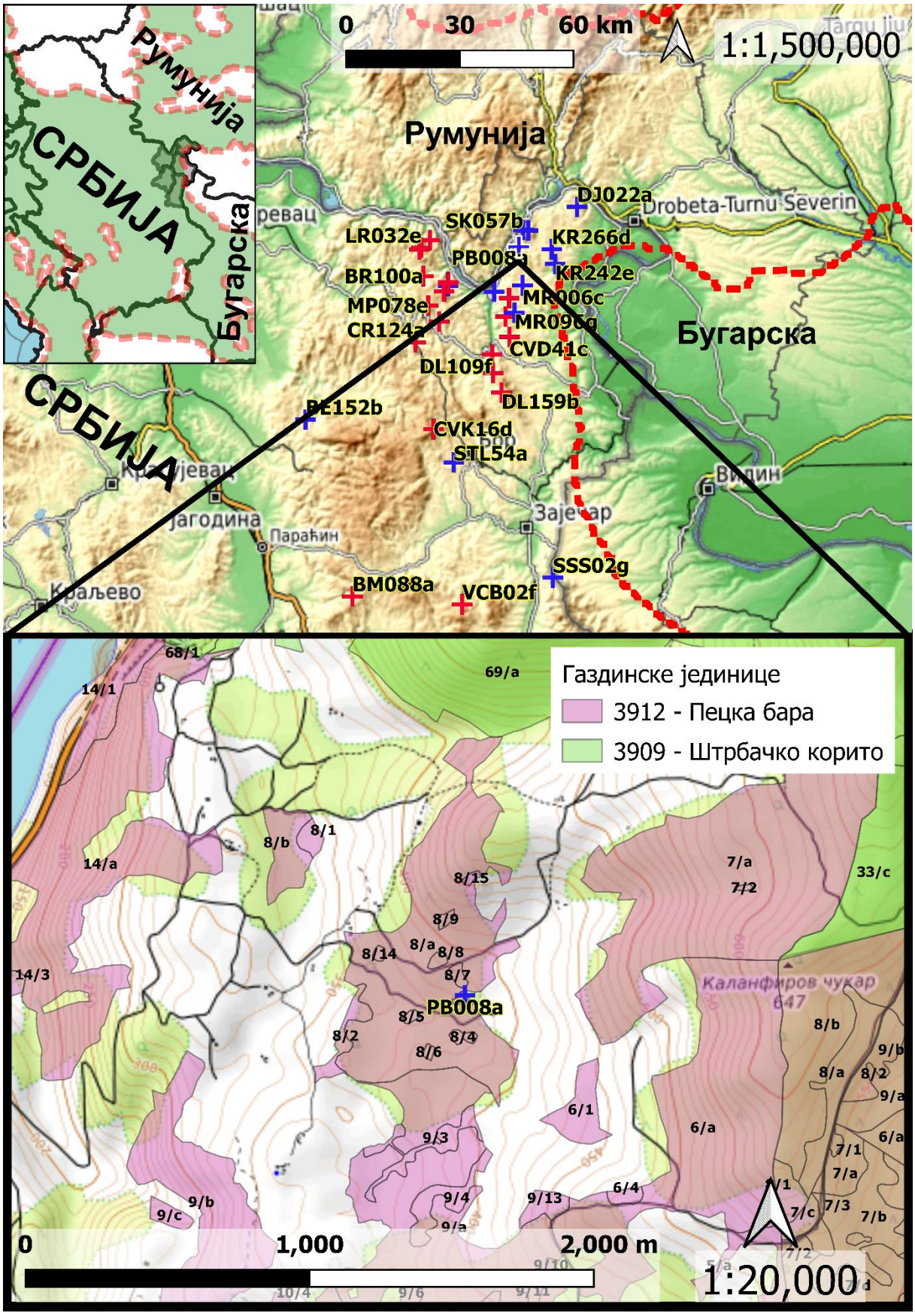
Газдинском јединицом „Пецка бара“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3912, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2018. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 8/a се налази на вртачастом и стрмом терену (нагиб од 11° до 15°), најчешће без јасно изражене експозиције. Распростире се на надморској висини између 350 и 480 m. Ради се о стабилном терену и није евидентирана угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији грабића (*Carpinus orientalis* Mill.) и црног јасена (*Fraxinus ornus* L.) са јоргованом (*Syringeto-Fraxineto-Carpinetum orientalis* Mišić) где су заступљена појединачна стабла храста китњака. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као врло густо и густо, тако да је присутна јака закоровљеност.

Имајући у виду да се је реч о шибљаку црног јасена и грабића, приликом уређивања ГЈ није рађен премер овог одељења. Ипак, током рекогносцирања терена пронађен је довољан број појединачних стабла китњака, која се налазе на релативно малој удаљености тако да је било могуће поставити ОП.

Састојина 8/a се налази у II степену заштите у оквиру НП „Ђердап“ и са њом се прелазно газдује.



Слика 26. Положај огледног поља PB008a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека а, 8. одељења ГЈ „Пецка бара“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 3, 4, 8 и 18 приказани су на слици 27.

Слика 27. Стабла китњака 3, 4, 8 и 18 узоркована у оквиру огледног поља PB008a.
(фото: Н. Радаковић, 16. новембар 2018. године)

3.6.14. MR057a

Огледно поље MR057a се налази у газдинској јединици „Мироч“ у 57. одељењу, у одсеку „а“ површине од 8,82 ha (Слика 28). ОП је постављено у касну јесен 2018. године на локацији 44.44702° географске дужине и 22.23425° географске ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 22 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 44 извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југозападу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 465 m. На горњем делу слике 28 приказана је позиција MR057a у оквиру истраживаног подручја, а испод је ближе дата позиција ОП у оквиру састојине 57/а.

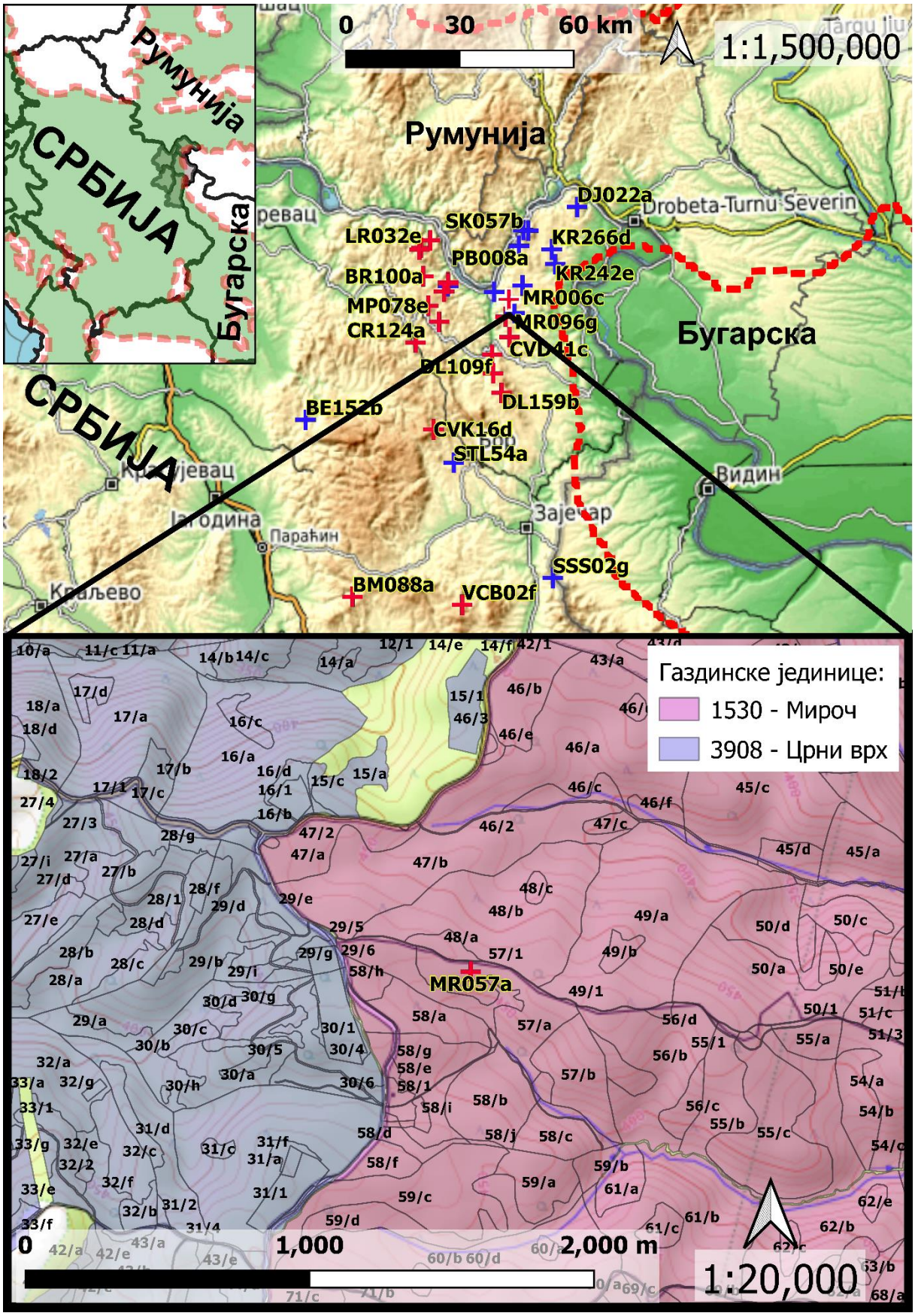
Газдинском јединицом „Мироч“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1530, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2017. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 57/а се налази на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), на јужној и југозападној експозицији. Распростире се на надморској висини између 450 и 475 m. Геолошку подлогу сачињавају– пешчари у распадању. На овом матичном супстрату формирало се дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, средње дубоко, и слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на смеђим земљиштима. Поред храста китњака у састојини се налазе још буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), граб (*Carpinus betulus* L.), млеч (*Acer platanoides* L.), трешња (*Prunus avium* L.) и друге евидентиране врсте дрвећа. Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављено у високој и чистој једнодобној састојини китњака, непотпуног склопа (0,5-0,6). У састојини доминира китњак у односу на букву и то у размери 0,9 : 0,1. По техничком квалитету је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње израженим падом пречника и са средње дугим и нормално развијеним крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 32,2 cm, средња висина 20,5 m, а висински степен (бонитет) је 2. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 115 година. Укупан број стабала по хектару износи 341, док је утврђено да је запремина 250 m^3/ha.

Основна намена састојине 57/а је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 28. Положај огледног поља MR057a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека а, 57. одељења ГЈ „Мироч“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 8, 18, 9 и 20 приказани су на слици 29.

Слика 29. Стабла китњака 8, 18, 9 и 20 узоркована у оквиру огледног поља MR057a.
(фото: Н. Радаковић, 17. новембар 2018. године)

3.6.15. SK061b

Огледно поље SK061b се налази у газдинској јединици „Штрбачко корито“ у 61. одељењу, у одсеку „b“ површине 0,79 ha (Слика 30). ОП је постављено у касну јесен 2019. године на локацији 44.60695° географске дужине и 22.30126° географске ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 18 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 36 извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка северу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 590 m. На горњем делу слике 30 приказана је позиција SK061b у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 61/b.

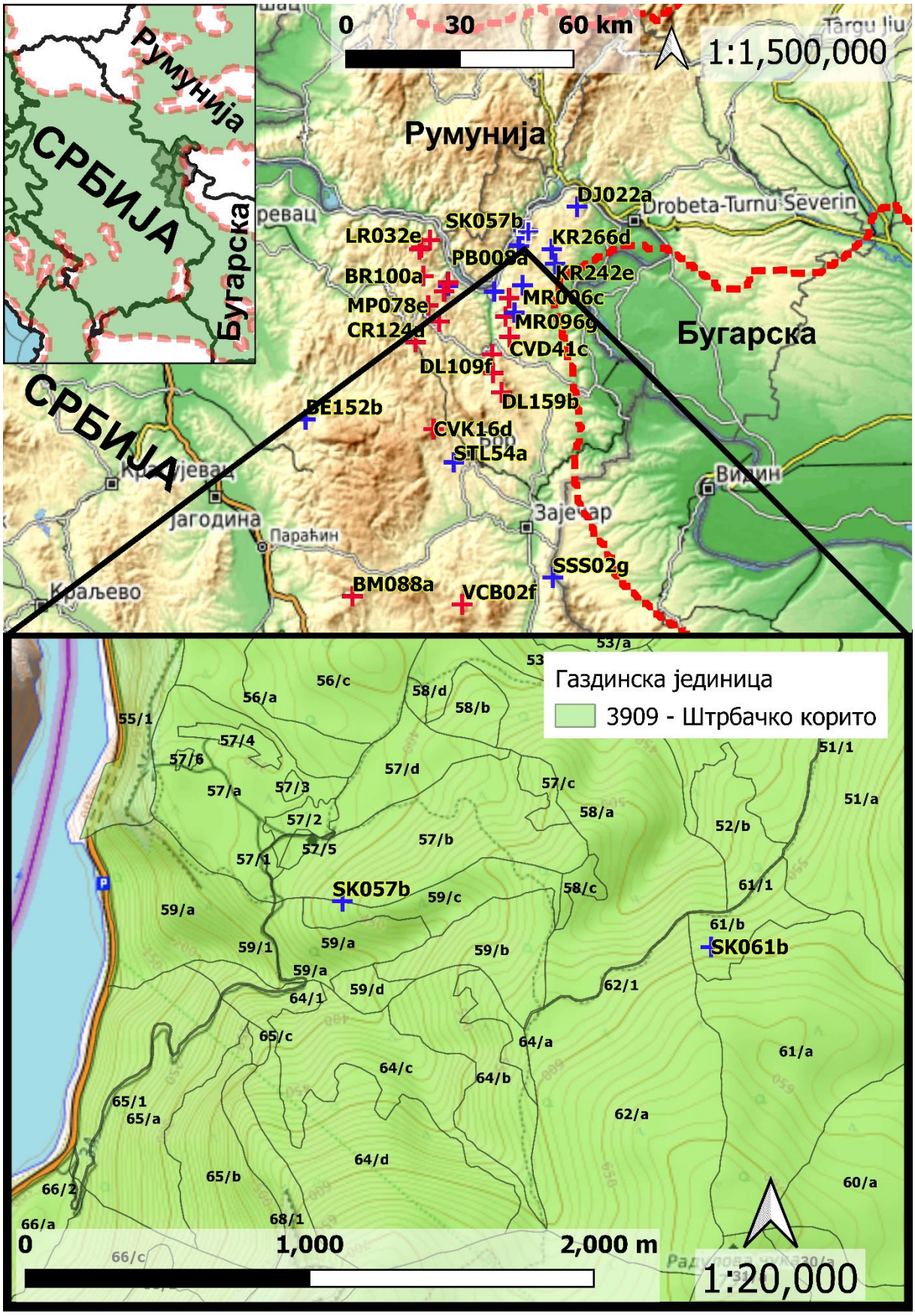
Газдинском јединицом „Штрбачко корито“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3909, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца. Налази се у борском управном округу, на територији општине Кладово и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2016. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2017. до 2029. године.

Одсек 61/b се налази на падини врло стрмог (вртачастог) нагиба (нагиба од 26° до 30°), на претежно источној експозицији. Простире се на надморској висини између 500 и 660 m, на кречњачкој геолошкој подлози и плитком скелетном земљишту. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији белог граба и црног јасена са јоргованом (*Syringeto-Fraxineto-Carpinetum orientalis* Mišić) у којој је стаблимично примешан храст китњак на скелетним земљиштима на кречњаку. Поред граба у састојини се налази и црни јасен (*Fraxinus ornus* L.), клен (*Acer campestre* L.), китњак, буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott). Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као средње, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у претежно изданачкој и мешовитој (двоспратној) састојини, врло густог склопа (1,0). У стаблимичној смеси доминира бели граб (грабић) у односу на црни јасен, клен и китњак, и то у размери 0,5 : 0,3 : 0,1 : 0,1. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 20,0 cm, средња висина 14,7 m, а висински степен (бонитет) је 10. Процена старости китњака није дата у основи. Укупан број стабала по хектару износи 1041, од чега је 50 стабала китњака. Темељница састојине износи 25,9 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 1,6 m^2/ha. Запремина састојине износи 209 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 13 m^3/ha.

Састојином 61/b у оквиру НП „Ђердап“ се газдује без интервенција.



Слика 30. Положај огледног поља SK061b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 61. одељења ГЈ „Штрбачко корито“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 11, 12, 19 и 20 приказани су на слици 31.

Слика 31. Стабла китњака 11, 12, 19 и 20 узоркована у оквиру огледног поља SK061b.
(фото: Н. Радаковић, 2. новембар 2019. године)

3.6.16. LR031b

Огледно поље LR031b је постављено у газдинској јединици „Лева река“ у 31. одељењу у одсеку „b“, који има укупну површину од 7,64 хектара (Слика 32). ОП је постављено у касну јесен 2019. године на локацији 44.56556° и 21.93861° географске дужине и ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 18 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 36 извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 592 m. На горњем делу слике 32 приказана је позиција LR031b у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 31/b.

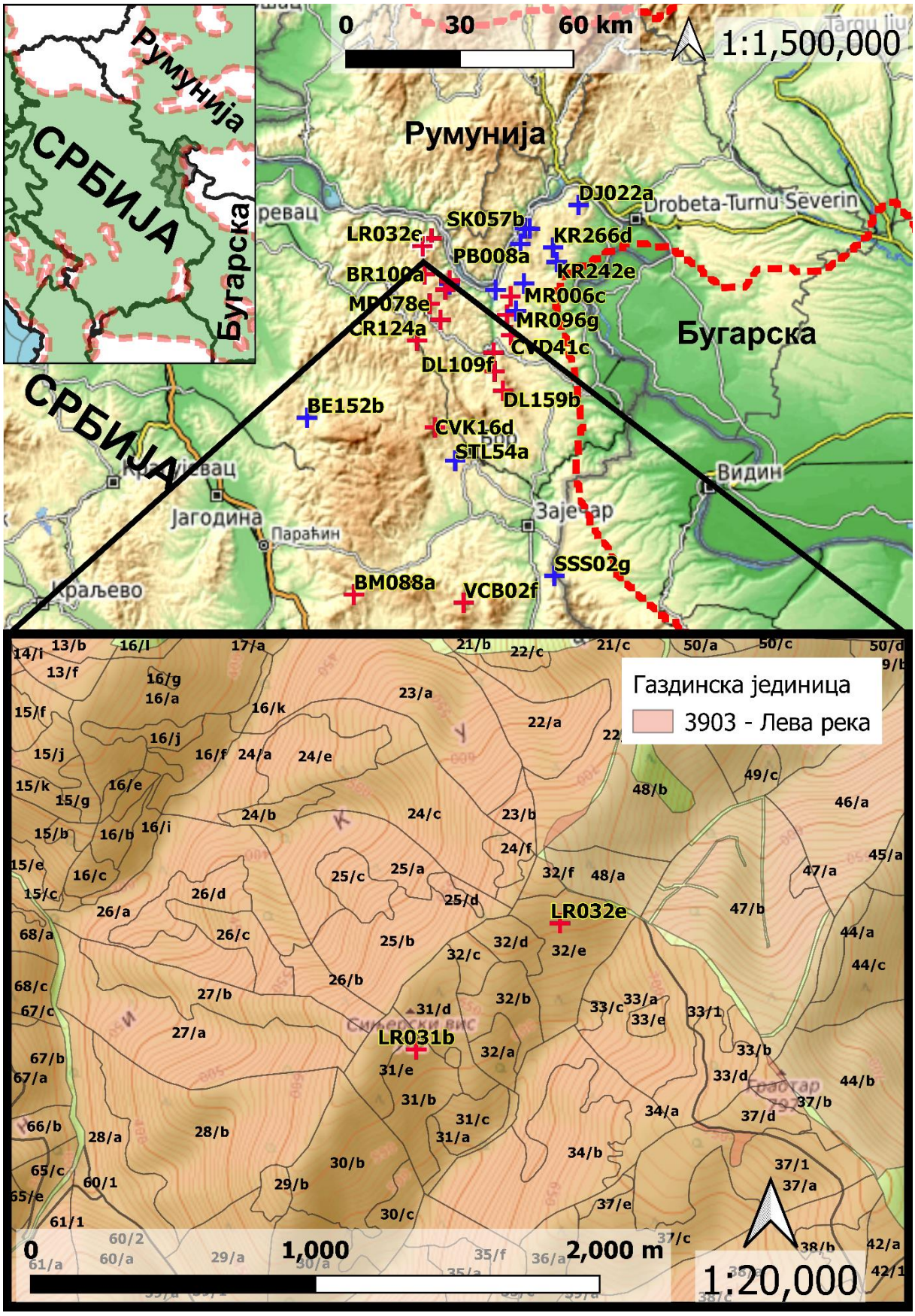
Газдинском јединицом „Лева река“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 3903, управља НП „Ђердап“ из Доњег Милановца, посредством радне јединице Добра. Налази се у браничевском управном округу, на територији општине Голубац и припада шумском подручју Националног парка Ђердап. Последњи премер ГЈ вршен је 2020. године, на основу којег је кроз типолошки начин уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2021. до 2030. године.

Одсек 31b се налази на падини врло стрмог нагиба (нагиба од 26° до 30°), јужне и југозападне експозиције и простире се на надморској висини између 460 и 640 m. Геолошку подлогу представљају габро, габродијабазит, габропегматит. Земљиште је еутрично смеђе, средње дубоко и слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији букве и храста китњака (*Querco-Fagetum* Glišić 1971) на дубоким, умерено-скелетним, дистричним, еутричним смеђим земљиштима и делувијуму. Сем храста китњака у састојини се налази буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), граб (*Carpinus betulus* L.), бели јасен (*Fraxinus ornus* L.) и др. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као ретко, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у високој и мешовитој једнодобној састојини, потпуног склопа (0,7). У стаблимичној смеси подједнако су заступљени китњак и буква и доминирају у односу на граб, и то у размери 0,4 : 0,4 : 0,2. По техничком квалитету је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права, са великим падом пречника и са средње дугим и ексцентрично развијеним крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 35,1 cm, средња висина 21,1 m, а висински степен (бонитет) је 3. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 130 година. Укупан број стабала по хектару износи 402, од чега је 84 стабала китњака. Темељница састојине износи 23.8 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 9.3 m^2/ha. Запремина састојине износи 270 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 95 m^3/ha.

Састојина 31/b се налази у II степену заштите и са њом се прелазно газдује, што значи да у овом уређајном периоду није планирано спровођење конкретних узгојних захвата.



Слика 32. Положај огледне површине LR031b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 31. одељења ГЈ „Лева река“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 9, 12 и 14 приказани су на слици 33.

Слика 33. Стабла китњака 1, 9, 12 и 14 узоркована у оквиру огледног поља LR031b.
(фото: Н. Радаковић, 3. новембар 2019. године)

3.6.17. MP078e

Огледно поље MP078e је постављено у газдинској јединици „Мали Пек“ у 78. одељењу у одсеку „е“, који има укупну површину од 11,90 хектара (Слика 34). ОП је постављено у касну јесен 2019. године на 44.43206° географске дужине и 21.96579° географске ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 30 извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југозападу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 745 m. На горњем делу слике 34 приказана је позиција MP078e у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 78/е.

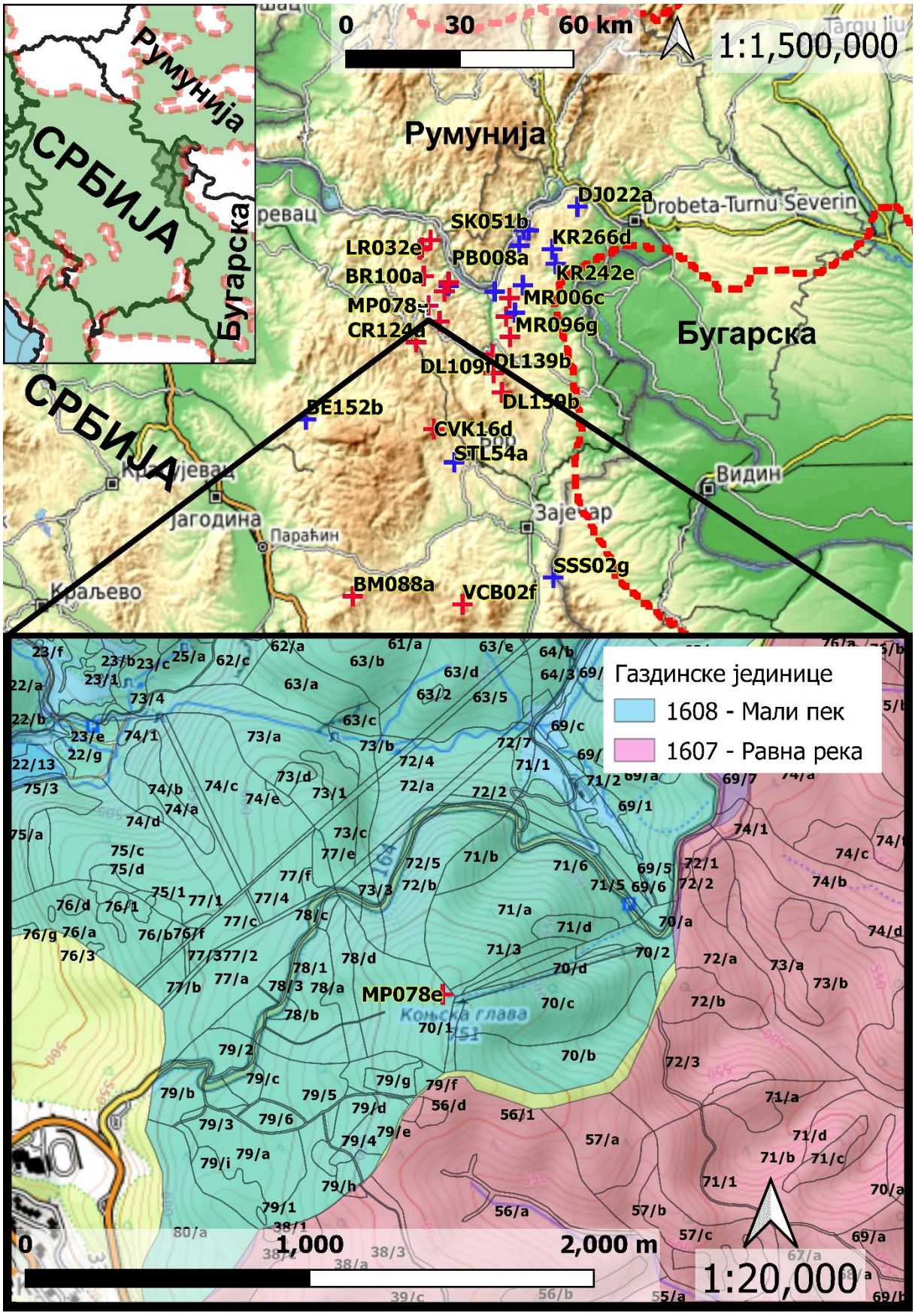
Газдинском јединицом „Мали Пек“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1608, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Северни Кучај“ из Кучева и шумске управе Мајданпек. Налази се у браничевском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада Севернокучајском шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2012. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2013. до 2022. године.

Одсек 78/е се налази на падини и на врло стрмом терену (нагиба од 16° до 20°), уједначеног нагиба, југозападне експозиције. Надморска висина састојине се креће од 640 до 750 m. Геолошку подлогу представљају гнајсеви у распадању. Земљиште је дистрично смеђе или кисело смеђе, средње дубоко до дубоко Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Припада асоцијацији букве и храста китњака (*Querco-Fagetum* Glišić 1971) на киселим смеђим и другим земљиштима. Поред букве у састојини се налазе јавор (*Acer pseudoplatanus* L.), граб (*Carpinus betulus* L.) и крупнолисна липа (*Tilia platyphyllos* Scop.). Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као ретко, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у високој и чистој једнодобној састојини букве, непотпуног склопа (0,5-0,6). У састојини доминира буква у односу на јавор и крупнолисну липу, и то у размери 0,8 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету је средње вредна састојина. Укупан број стабала по хектару износи 332, која имају запремину 554 m^3/ha. Китњак се у премеру овог одсека није појавио, али јесте у састојинама у непосредном суседству, што је условило одлазак на ову локацију. Међутим, приликом рекогносцирања терена утврђено је да се и у оквиру овог одсека китњак стаблимично појављује по гребену (Слика 34), што је било довољно да омогући постављање огледног поља.

Састојином 78/е се редовно газдовало у циљу производње техничког дрвета. Као узгојна потреба у основи газдовања наведена је оплодна сеча која ће омогућити обнављање у кратком периоду. Интензитет планираног захвата износио је 52% од запремине букве, од чега је према евиденцијама сеча реализована само половично.



Слика 34. Положај огледне површине MP078e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека е, 78. одељења ГЈ „Мали пек“ (доњи део).

3.6.18. RR122d

Огледно поље RR122d је постављено у газдинској јединици „Равна река 2“ у 122. одељењу у одсеку „d“, који има укупну површину од 0,93 хектара (Слика 35). ОП је постављено у касну јесен 2019. године на локацији 44.39369° и 22.00125° географске дужине и ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 30 извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југозападу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 385 m. На горњем делу слике 35 приказана је позиција RR122d у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 122/d.

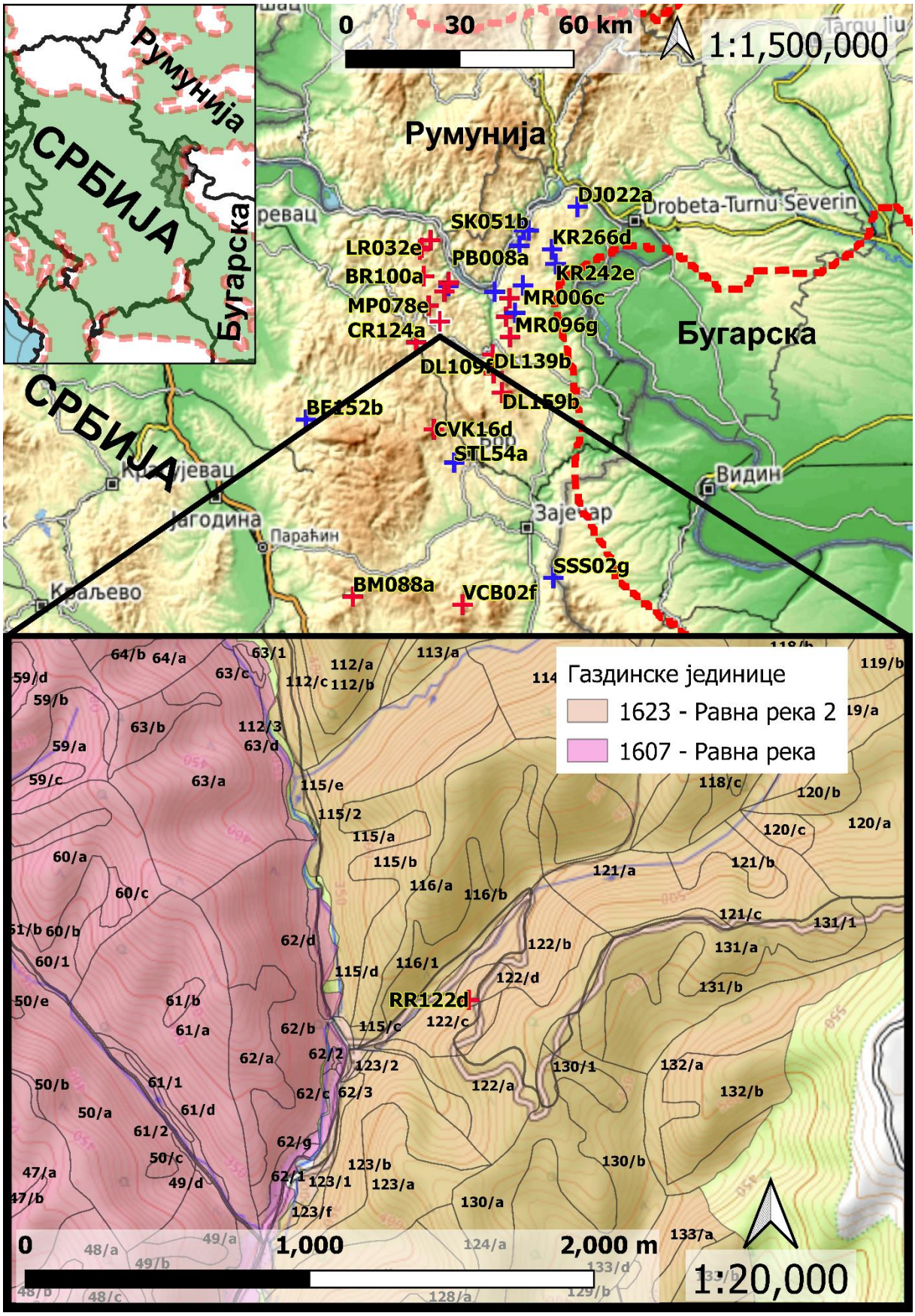
Газдинском јединицом „Равна река 2“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1623, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Северни Кучај“ из Кучева и шумске управе Мајданпек. Налази се у браничевском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада Севернокучајском шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2019. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2021. до 2030. године.

Одсек 122/d се налази на падини и на врло стрмом терену (нагиба од 16° до 20°), уједначеног нагиба, југозападне експозиције. Надморска висина састојине се креће од 340 до 450 m. Геолошку подлогу представљају филити у распадању, на којима се формирало дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, плитко (16-40 cm), збијено, суво и скелетоидно.

Састојина асоцијацији букве и храста китњака (*Querco-Fagetum* Glišić 1971) на киселим смеђим и другим земљиштима. Као примешана врста са буквом у састојини се налази и храст китњак. У нижим спратовима жбуње и приземна вегетација су ретки, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у девастираној изданачкој мешовитој састојини, ретког склопа (0,5). У стаблимично до групимичној смеси доминира буква у односу на китњак и то у размери смесе 0,7 : 0,3. У односу на квалитет, састојина је приказана као састојина без вредности (без учешћа техничког дрвета). Стабла китњака су крива са великим падом пречника (мала пунодрвност), са кратким (дужине између 1/4 и 1/3 висине стабала) и ексцентричним крошњама. У целини здравствено стање састојине је незадовољавајуће. Услед стања девастираности, састојина није мерена приликом састојинске инвентуре него су процењени износи запремина и пратећи однос смесе по врстама дрвећа. На тај начин процењено је да запремина састојине износи 58 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи 18 m^3/ha.

Основна намена састојине 122/d је заштита земљишта од ерозије и с њом се тренутно прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 35. Положај огледне површине RR122d у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека d, 122. одељења ГЈ „Равна река 2“ (доњи део).

3.6.19. BE152b

Огледно поље BE152b се налази у газдинској јединици „Бељаница“ у 152. одељењу у одсеку „b“, који има укупну површину од 9,20 ha. ОП је постављено у касну јесен 2019. године на 44.16421° географске дужине и 21.55691° географске ширине, где је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака. Са сваког стабла је из унакрсних праваца узето по два извртка, што у укупном збиру износи 30 извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка североистоку, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 490 m. На горњем делу слике 36 приказана је позиција BE152b у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 152/b.

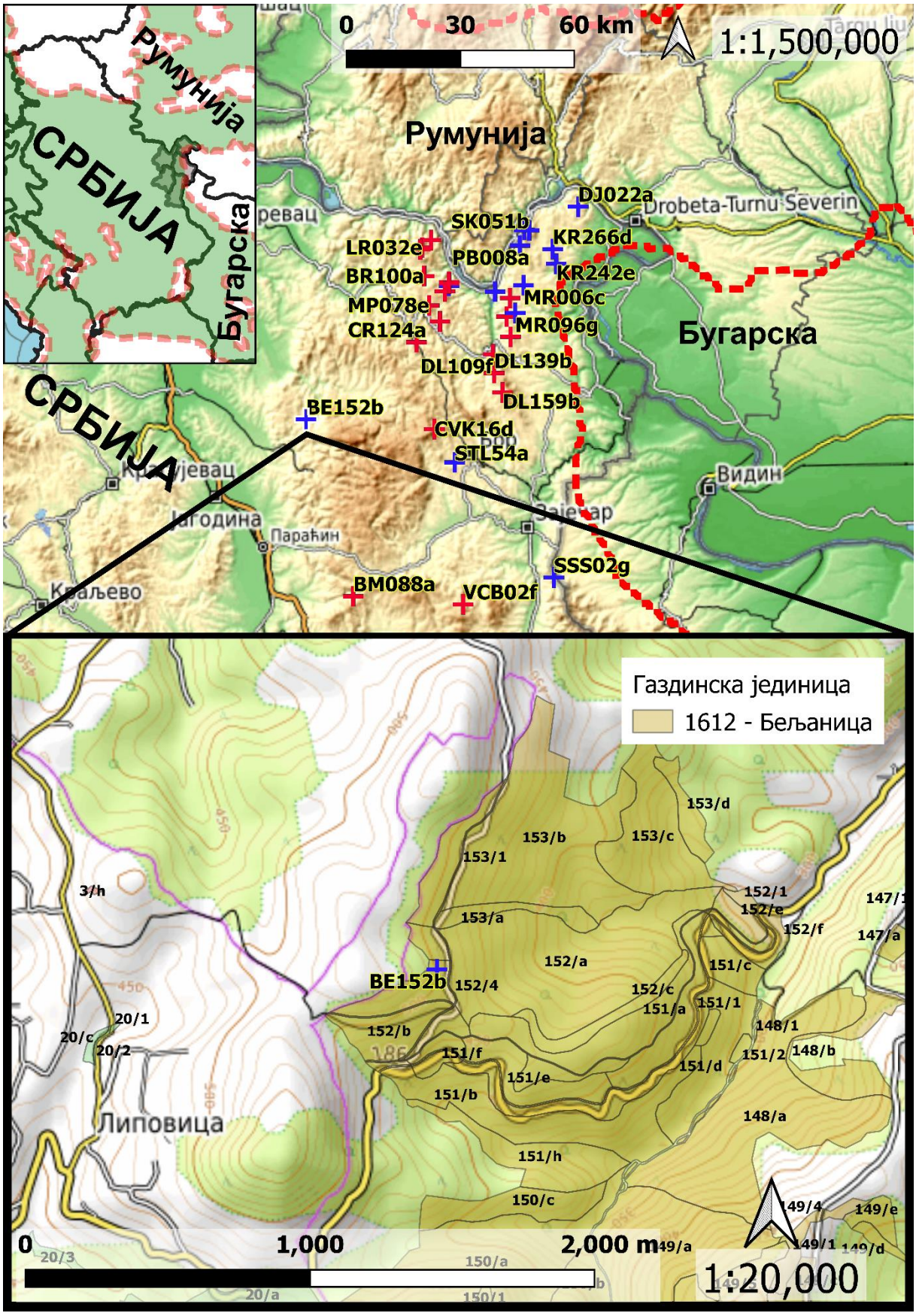
Газдинском јединицом „Бељаница“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1612, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Северни Кучај“ из Кучева и шумске управе Жагубица. Налази се у браничевском управном округу, на територији општине Жагубица и припада Севернокучајском шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2015. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2016. до 2025. године.

Одсек 152/b се налази на падини јако нагнутог терена, уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка југоистоку. Надморска висина састојине се креће од 420 до 540 m. Геолошку подлогу представља органогени, једри кречњак у распадању, на којима се формирало земљиште средње дубине, збијено и слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији китњака и цера (*Quercetum petraeae-cerridis* B. Jovanović 1979) на различитим смеђим земљиштима, односно групи еколошких јединица на земљиштима на лесу, силикатним стенама и кречњацима. Поред храста китњака у састојини се налазе цер (*Quercus cerris* L.) и буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott). У нижим спратовима жбуње и приземна вегетација су ретки, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у изданачкој и мешовитој једнодобној састојини, потпуног склопа (0,7). У стаблимично до групимичној смеси доминира китњак у односу на цер и букву и то у размери 0,5 : 0,3 : 0,2. По техничком квалитету је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње израженим падом пречника и са средње дугим и нормално развијеним крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 17,5 cm, средња висина 17,1 m, а висински степен (бонитет) је 6. Приликом премера дата је процена да старост стабала китњака износи отприлике 60 година. Укупан број стабала по хектару износи 666, од чега је 490 стабала китњака. Запремина састојине износи 237 m^3/ha, од чега запремина стабала китњака износи нешто више од половине, односно 119 m^3/ha.

Састојином 152/b се редовно газдује у циљу производње техничког дрвета. Као узгојна потреба у основи газдовања наводи се селективна прореда. Интензитет прореде износи 13% по запремину китњака, односно 12% на нивоу одсека.



Слика 36. Положај огледног поља BE152b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 152. одељења оквиру ГЈ „Бељаница“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1 и 3 приказани су на слици 37.

Слика 37. Стабла китњака 1, 3, 12 и 13 узоркована у оквиру огледног поља BE152b.
(фото: Н. Радаковић, 5. новембар 2019. године)

3.6.20. DL109f

Огледно поље DL109f се налази у газдинској јединици „Дели Јован 1“ у 9. одељењу у одсеку „f“, који има укупну површину од 1,65 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.31409° географске дужине и 22.17534° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка северозападу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 360 m. На горњем делу слике 38 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција DL109f у оквиру састојине 9/f.

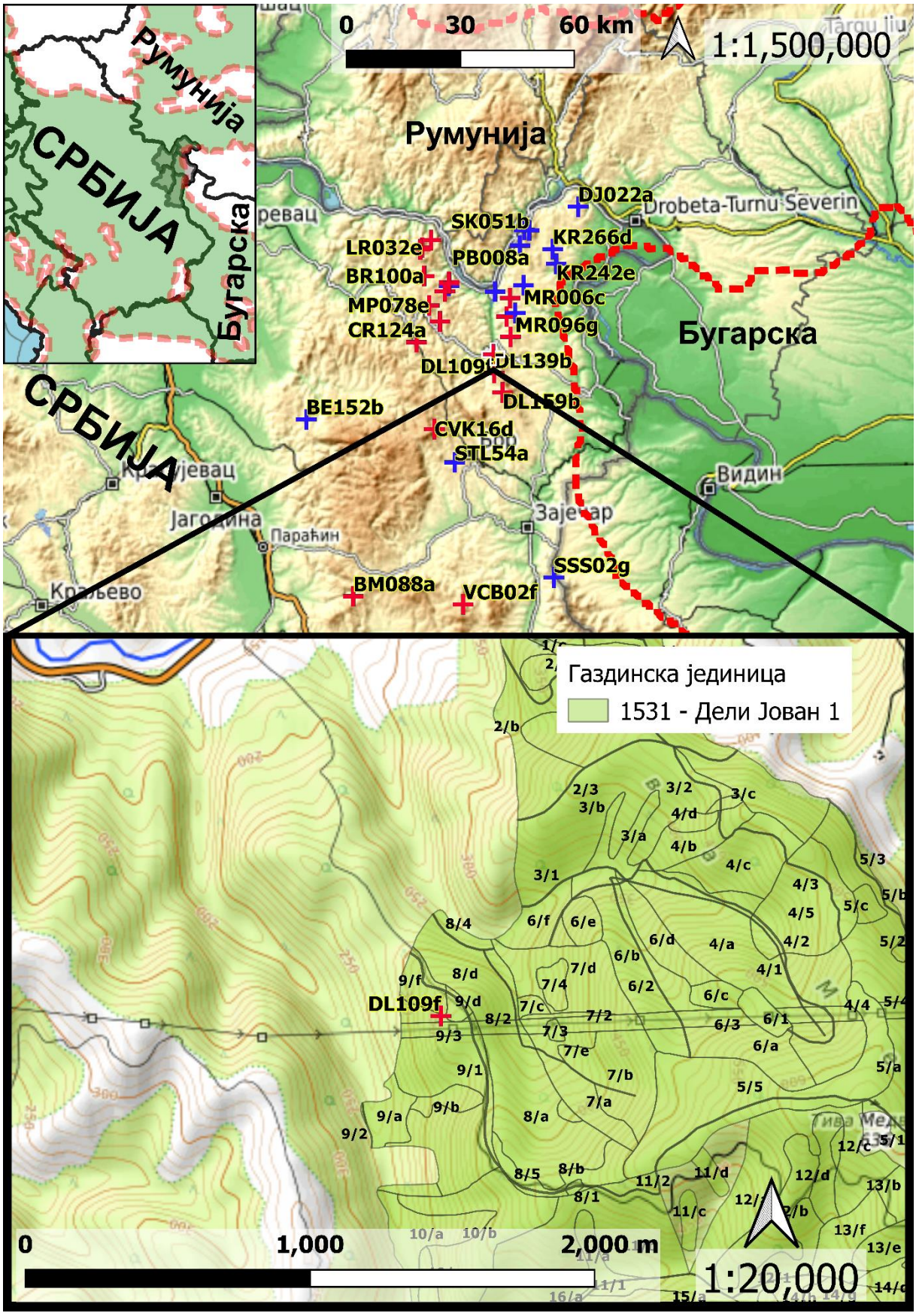
Газдинском јединицом „Дели Јован 1“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1531, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2018. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 9/f налази се на падини која је нагнута (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка југоистоку. Надморска висина састојине се креће од 300 до 360 m. Геолошку подлогу представљају гнајсеви у распадању, на којима се формирало дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, средње дубине, полурастресито и без скелета. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина асоцијацији китњака и цера (*Quercetum petraeae-cerridis* B. Jovanović 1979) на смеђим земљиштима. Поред храста китњака у састојини се налазе цер (*Quercus cerris* L.), граб (*Carpinus betulus* L.), црни јасен (*Fraxinus ornus* L.), сребрна липа (*Tilia argentea* Desf.) и др. Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко и средње ретко, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављено у високој и чистој једнодобној састојини китњака, разређеног склопа (0,5-0,6). У стаблимично до групимичној смеси доминира китњак у односу на цер, граб и остале врсте дрвеће, и то у размери 0,7 : 0,1 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње израженим падом пречника и са средње дугим и нормално развијеним крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 24,0 cm, средња висина 14,8 m, а висински степен (бонитет) је 3. Приликом премера процено је да старост стабала китњака износи отприлике 80 година. Укупан број стабала по хектару износи 526, од чега је 293 стабала китњака. Темељница састојине износи 19.8 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 13.2 m^2/ha. Запремина износи 166 m^3/ha, од је запремина стабала китњака 119 m^3/ha.

Основна намена састојине 9/f је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 38. Положај огледне површине DL109f у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека f, 9. одељења ГЈ „Дели Јован 1“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 3, 12, 15 и 17 приказани су на слици 39.

Слика 39. Стабла китњака 1, 2, 3, 12, 15 и 17 узоркована у оквиру огледног поља DL109f. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.21. DL159b

Огледно поље DL159b се налази у газдинској јединици „Дели Јован 1“ у 59. одељењу у одсеку „b“, који има укупну површину од 11,45 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.22331° географске дужине и 22.20460° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка западу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 840 m. На горњем делу слике 40 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција DL159b у оквиру састојине 59/b.

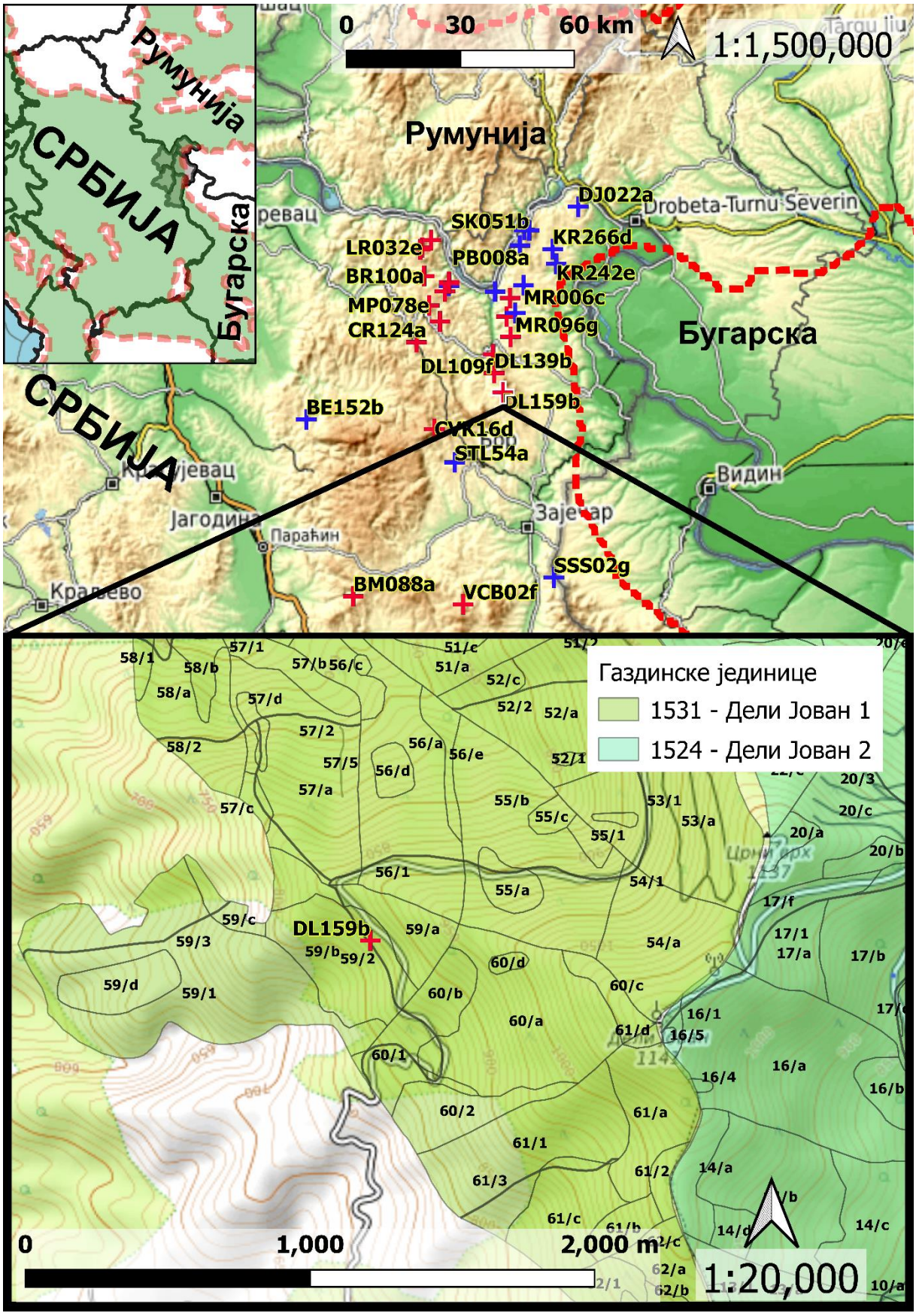
Газдинском јединицом „Дели Јован 1“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1531, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2018. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 59/b налази се на падни, умерено стрмог и уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка југоистоку. Надморска висина састојине се креће од 710 до 880 m. Геолошку подлогу представљају габро, габродијабази и габропегматити у распадању, на којима се формирало еутрично смеђе земљиште (еутрични камбисол), земљиште богато базама, са већим или мањим садржајем скелета. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на смеђим земљиштима. Поред храста у састојини се налазе буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott) и граб (*Carpinus betulus* L.). Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као средње ретко, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у високој и чистој једнодобној састојини китњака, разређеног склопа (0,5-0,6). У стаблимично до групимичној смеси доминира китњак у односу на букву и граб, и то у размери 0,8 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету је средње вредна састојина, у којој се налазе права стабла китњака са дугим крошњама. Средњи пречник китњака у одсеку износи 33,3 cm, средња висина 14,3 m, а висински степен (бонитет) је 5. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 90 година. Укупан број стабала по хектару износи 322, од чега је 157 стабала китњака. Темељница састојине износи 18.7 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 14.9 m^2/ha. Запремина износи 159 m^3/ha, од је запремина стабала китњака 126 m^3/ha.

Основна намена састојине 59/b је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 40. Положај огледне површине DL159b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 59. одељења ГЈ „Дели Јован 1“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 4, 8, 10 и 13 приказани су на слици 41.

Слика 41. Стабла китњака 1, 2, 4, 8, 10 и 13 узоркована у оквиру огледног поља DL159b. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.22. DL139b

Огледно поље DL139b се налази у газдинској јединици „Дели Јован 1“ у 39. одељењу у одсеку „b“, који има укупну површину од 6,41 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.26967° географске дужине и 22.17779° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка западу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 635 m. На горњем делу слике 42 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција DL139b у оквиру састојине 39/b.

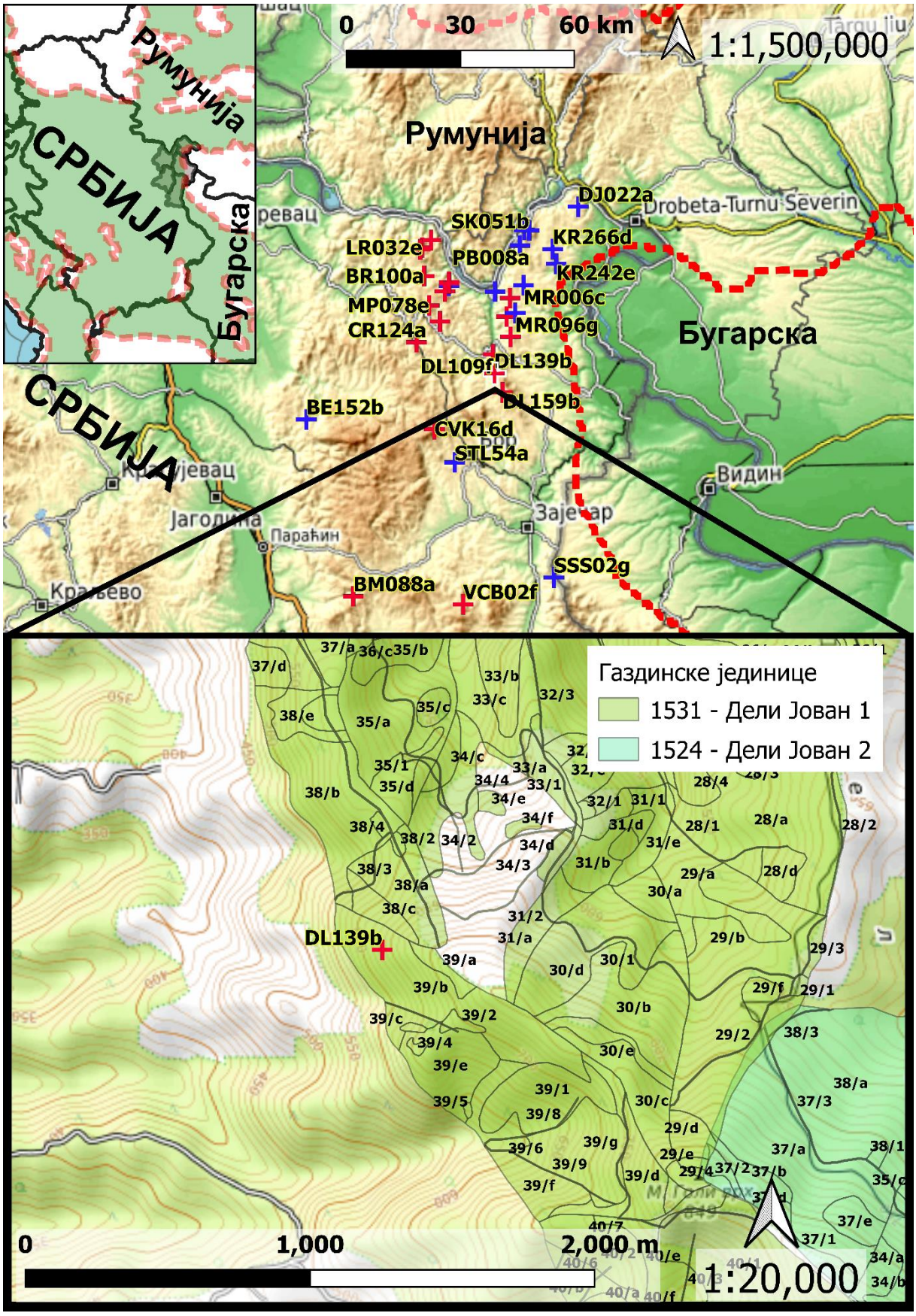
Газдинском јединицом „Дели Јован 1“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1531, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Мајданпек и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2018. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 39/b налази се на падини, умерено стрмог и уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка западу и југозападу. Надморска висина састојине се креће од 630 до 760 m. Надморска висина састојине се креће од 630 до 760 m. Геолошку подлогу представљају габро, габродијабази и габропегматити у распадању, на којима се формирало еутрично смеђе земљиште (еутрични камбисол). Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на смеђим земљиштима. Поред храста у састојини се налазе буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott) и граб (*Carpinus betulus* L.), млеч (*Acer platanoides* L.) и трешња (*Prunus avium* L.). Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као средње ретко, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у изданачкој и чистој једнодобној састојини китњака, ретког склопа (0,5). У стаблимично до групимичној смеси доминира китњак у односу на букву и граб, и то у размери смесе 0,8 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње израженим падом пречника и са средње дугим и нормално развијеним крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 34,7 cm, средња висина 16,1 m, а висински степен (бонитет) је 13. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 90 година. Укупан број стабала по хектару износи 418, од чега је 218 стабала китњака. Темељница састојине износи 28.7 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 19.0 m^2/ha. Запремина износи 236 m^3/ha, од је запремина стабала китњака 155 m^3/ha.

Основна намена састојине 39/b је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 42. Положај огледне површине DL139b у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека b, 39. одељења ГЈ „Дели Јован 1“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 3, 4, 5 и 11 приказани су на слици 43.

Слика 43. Стабла китњака 1, 2, 3, 4, 5 и 11 узоркована у оквиру огледног поља DL139b. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.23. CVD41c

Огледно поље CVD41c се налази у газдинској јединици „Црни врх део“ у 41. одељењу у одсеку „c“, који има укупну површину од 2,07 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.35514° географске дужине и 22.23368° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 476 m. На горњем делу слике 44 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 41/c.

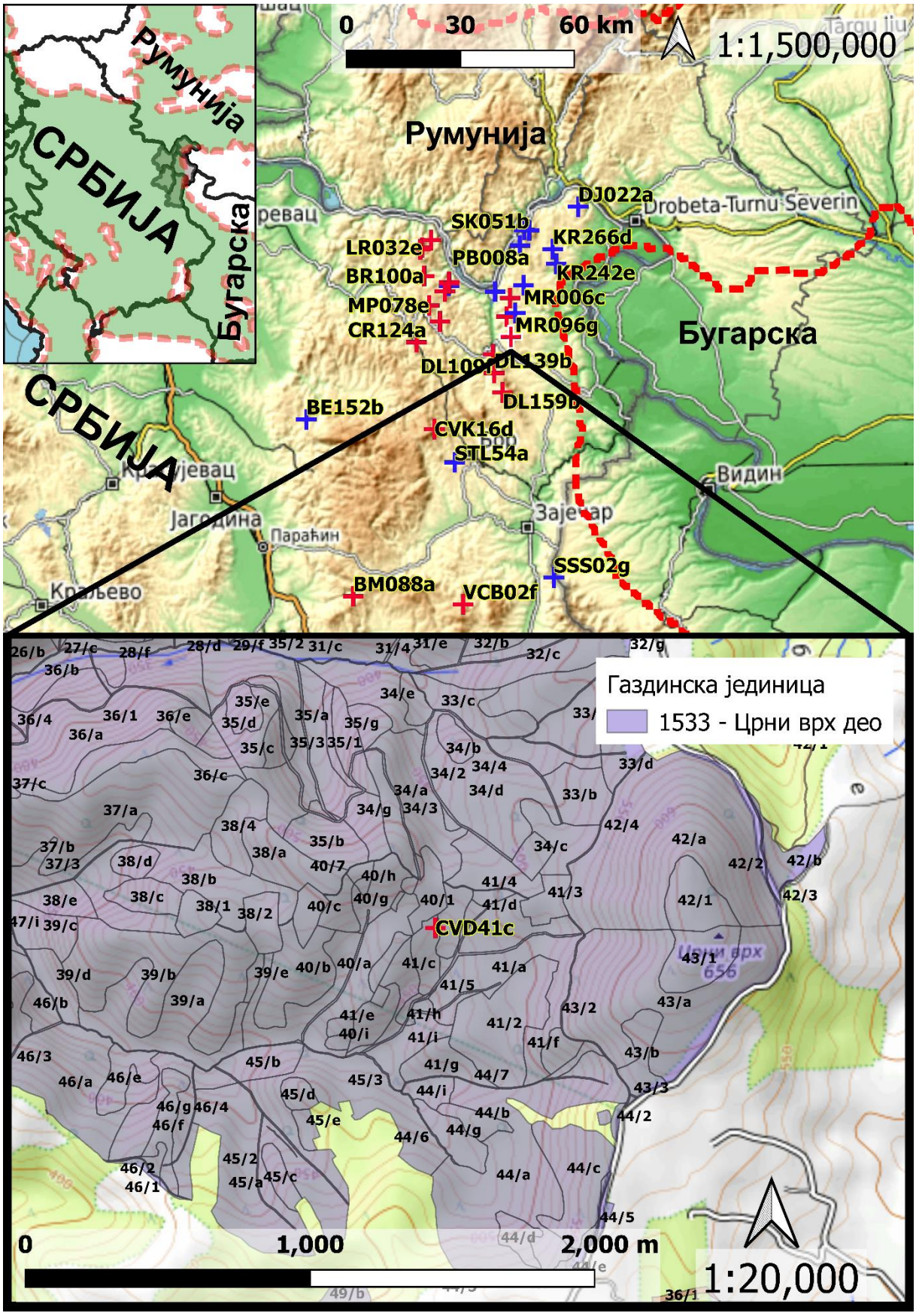
Газдинском јединицом „Црни врх део“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1533, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Неготин и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2019. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2021. до 2030. године.

Одсек 41/c налази се на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка западу и југозападу. Надморска висина састојине се креће од 430 до 480 m. Геолошку подлогу представљају андезити у распадању, на којима се формирало кисело смеђе земљиште (дистрични камбисол), средње дубоко, слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на смеђим земљиштима. Поред храста у састојини се налазе буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), багрем (*Robinia pseudoacacia* L), цер (*Quercus cerris* L.) и граб (*Carpinus betulus* L.) и др. Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као средње ретко, тако да влада средња закоровљеност.

ОП је постављено у високој и чистој једнодобној састојини китњака, разређеног склопа (0,5-0,6). У састојини доминира китњак у односу на багрем и то у размери 0,9 : 0,1. По техничком квалитету је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње израженим падом пречника и са средње дугим и нормално развијеним крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 48,0 cm, средња висина 19,2 m, а висински степен (бонитет) је 4. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 120 година. Укупан број стабала по хектару износи 332, од чега је 166 стабала китњака. Запремина износи 333 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 293 m^3/ha.

Основна намена састојине 41/c је производња техничког дрвета и с њом се редовно газдује. Као узгојна потреба планирано је обнављање путем оплодне сече кратког периода за обнављање. Предвиђени интензитет оплодног сека износи 49% од дубеће запремине китњака.



Слика 44. Положај огледне површине CVD41c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека с, 41. одељења ГЈ „Црни врх део“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 11, 13 и 16 приказани су на слици 45.

Слика 45. Стабла китњака 1, 2, 11, 13 и 16 узоркована у оквиру огледног поља CVD41c. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.24. CVD02a

Огледно поље CVD02a се налази у газдинској јединици „Црни врх део“ у 2. одељењу у одсеку „а“, који има укупну површину од 7,94 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.40345° географске дужине и 22.22162° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 16 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 505 m. На горњем делу слике 46 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 2/a.

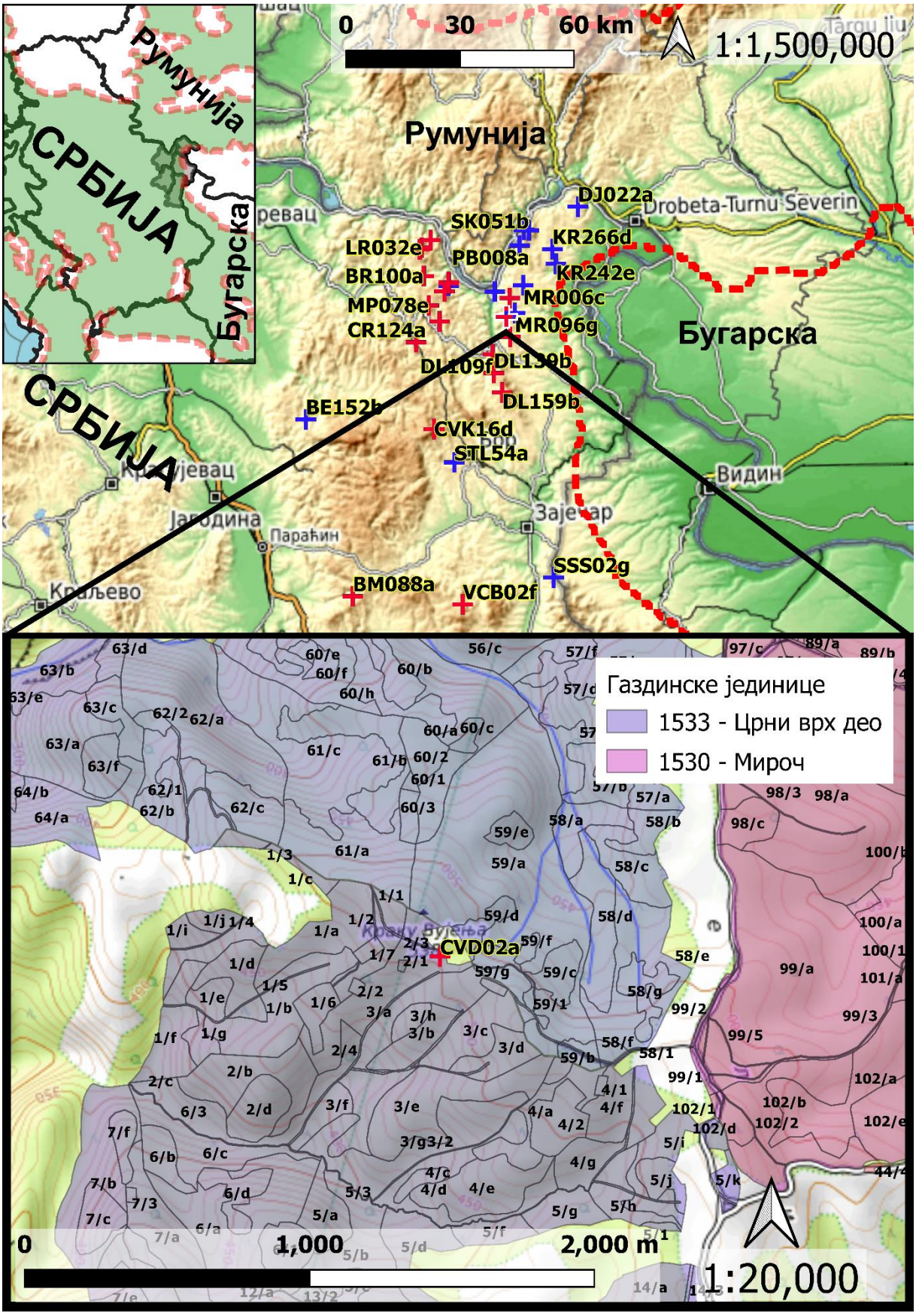
Газдинском јединицом „Црни врх део“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1533, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Неготин и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2019. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2021. до 2030. године.

Одсек 2/a налази се на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка југу. Надморска висина састојине се креће од 420 до 540 m. Геолошку подлогу представљају андезити у распадању, на којима се формирало кисело смеђе земљиште, средње дубоко до дубоко, слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији букве и китњака (*Querco-Fagetum* Glišić 1951) на смеђим земљиштима. Поред храста у састојини се налазе буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), граб (*Carpinus betulus* L.), млеч (*Acer platanoides* L.) и клен (*Acer campestre* L.). Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављено у високој и чистој једнодобној састојини китњака, потпуног склопа (0,7). У стаблимично до групимичној смеси доминира китњак у односу на букву и то у размери 0,8 : 0,2. По техничком квалитету је средње вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње израженим падом пречника и са средње дугим и нормално развијеним крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 36,5 cm, средња висина 20,4 m, а висински степен (бонитет) је 4. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 110 година. Укупан број стабала по хектару износи 402, од чега је 207 стабала китњака. Запремина износи 289 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 238 m^3/ha.

Основна намена састојине 2/a је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 46. Положај огледне површине CVD02c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека c, 2. одељења ГЈ „Црни врх део“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 4, 9, 13 и 14 приказани су на слици 47.

Слика 47. Стабла китњака 1, 2, 4, 9, 13 и 14 узоркована у оквиру огледног поља CVD02a. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.25. MR096g

Огледно поље MR096g се налази у газдинској јединици „Мироч“ у 96. одељењу у одсеку „g“, који има укупну површину од 1,15 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.41219° географске дужине и 22. 25131° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 17 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка северу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 445 m. На горњем делу слике 48 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 96/g.

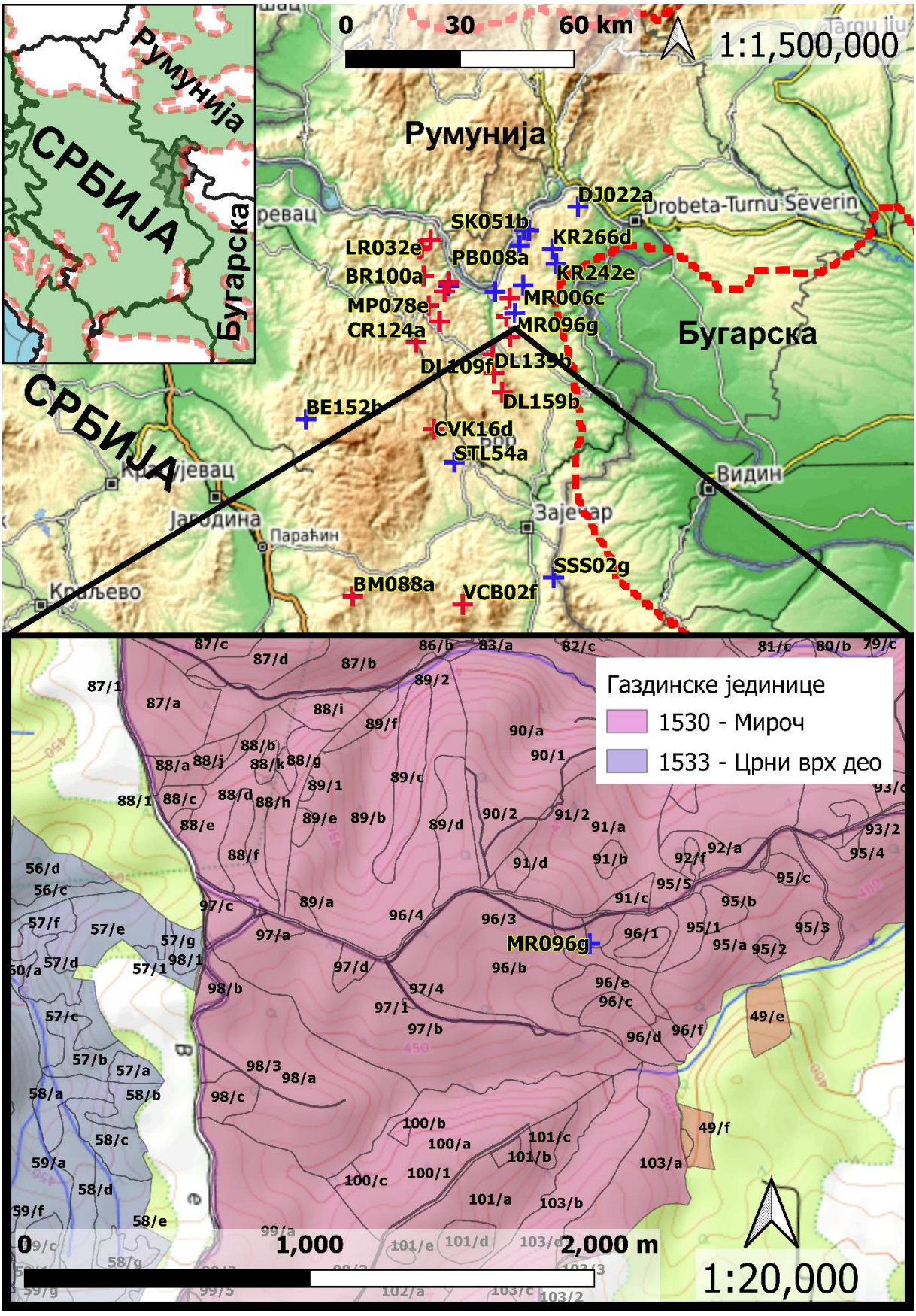
Газдинском јединицом „Мироч“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1530, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Неготин и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2017. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 96/g налази се на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, доминантно оријентисаном према југоистоку. Надморска висина састојине се креће од 440 до 460 m. Геолошку подлогу представљају флишни и флишолики седиментни комплекс - пешчари у распадању. На матичном супстрату се формирало дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, средње дубоко и без присуства скелета. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији храста китњака (*Quercetum montanum* Černjavski & B. Jovanović 1953) на смеђим земљиштима. У списку врста дрвећа евидентираних у састојини налази се само китњак. Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављено у високој и потпуно чистој једнодобној састојини китњака, разређеног склопа (0,5-0,6). Приликом премера састојине није евидентирано да се појављује ниједна друга врста дрвећа поред китњака. По техничком квалитету у питању је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су права и са средњим падом пречника. Евидентирано је 11-25% сувих и суховрхих стабала. Средњи пречник храста китњака износи 24,8 cm, средња висина 16,7 m, а висински степен (бонитет) је 2. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 75 година. Укупан број стабала по хектару износи 375, док је запремина 184 m^3/ha.

Основна намена састојине 96/g је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 48. Положај огледне површине MR096g у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека g, 96. одељења ГЈ „Мироч“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 4, 5, 6 и 15 приказани су на слици 49.

Слика 49. Стабла китњака 1, 2, 4, 5, 6 и 15 узоркована у оквиру огледног поља MR096g. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.26. MR006c

Огледно поље MR006c се налази у газдинској јединици „Мироч“ у 6. одељењу у одсеку „c“, који има укупну површину од 9,07 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.47709° географске дужине и 22.27939° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 17 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка североистоку, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 455 m. На горњем делу слике 50 приказана је позиција MR006c у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 6/c.

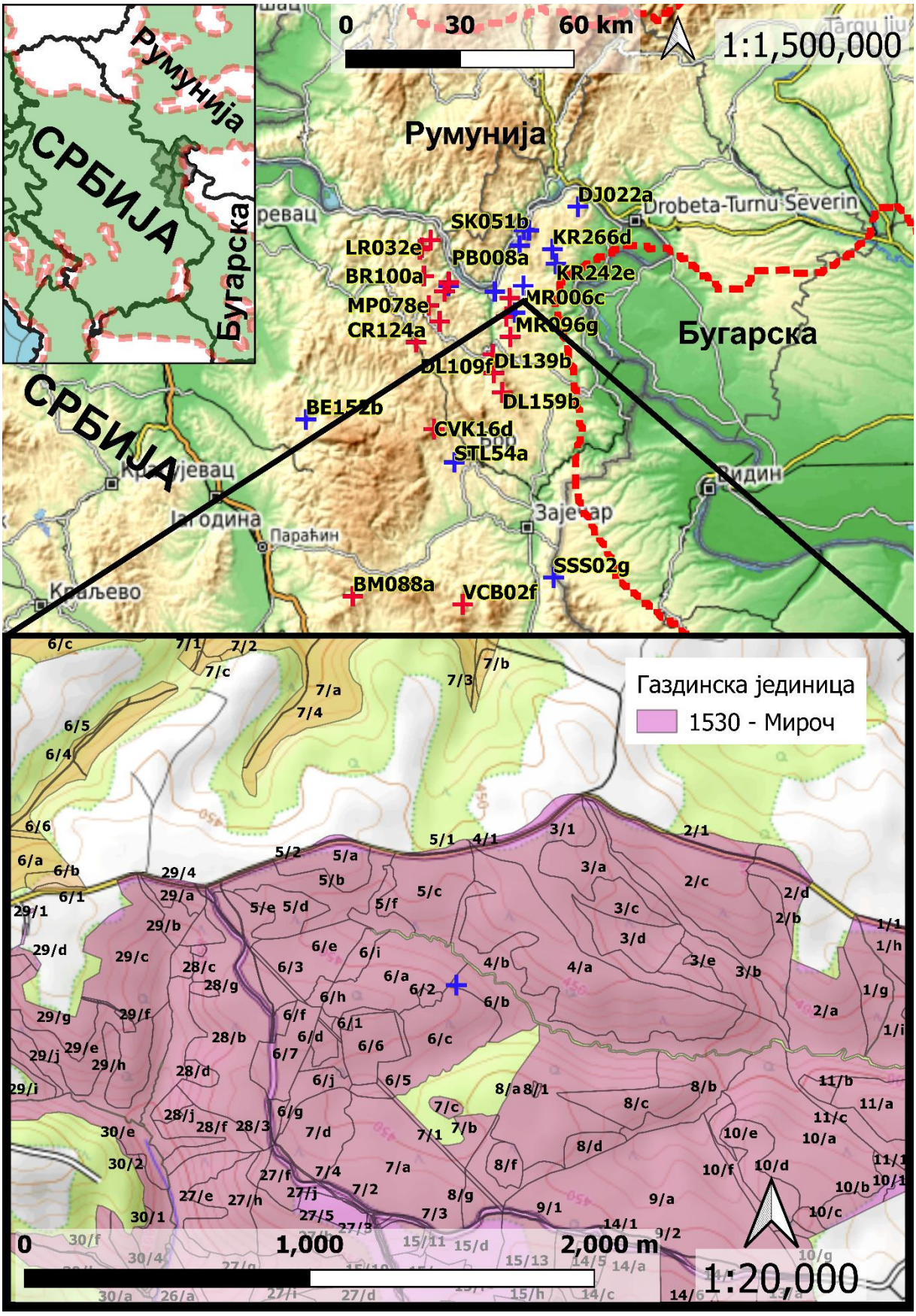
Газдинском јединицом „Мироч“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1530, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Доњи Милановац. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Неготин и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2017. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 6/c се налази на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка југу. Надморска висина састојине се креће од 400 до 460 m. Геолошку подлогу представљају флишни и флишолики седиментни комплекс - пешчари у распадању. На матичном супстрату се формирало дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, средње дубоко и слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији букве и китњака (*Querco-Fagetum* Glišić 1951) на различитим смеђим и лесивираним смеђим земљиштима. Поред храста у састојини се налазе граб (*Carpinus betulus* L.), буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), клен (*Acer campestre* L.) и бели јасен (*Fraxinus excelsior* L.). Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко и слабо, тако да у састојини влада слаба закоровљеност.

ОП је постављена у високој и мешовитој једнодобној састојини, потпуног склопа (0,7). У стаблимичној и групимичној смеси доминира китњак у односу на букву и граб, и то у размери 0,5 : 0,3 : 0,2. По техничком квалитету у питању је мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена, са средње израженим падом пречника и са средње дугим и нормално развијеним крошњама. Евидентирано је 11-25% сувих и суховрхих стабала. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 28,6 cm, средња висина 18,3 m, а висински степен (бонитет) је 1. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 80 година. Укупан број стабала по хектару износи 434, од чега је 136 стабала китњака. Запремина износи 198 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 101 m^3/ha.

Састојином 6/c се редовно газдује у циљу производње техничког дрвета. Као узгојна потреба у основи газдовања наводи се селективна прореда. Интензитет прореде износи 7% по запремину китњака, односно 15% на нивоу одсека.



Слика 50. Положај огледне површине MR006c у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека с, 6. одељења ГЈ „Мироч“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 4, 7, 8 и 9 приказани су на слици 51.

Слика 51. Стабла китњака 1, 4, 7, 8 и 9 узоркована у оквиру огледног поља MR006c. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.27. KR266d

Огледно поље KR266d се налази у газдинској јединици „Каменичка река 2“ у 66. одељењу у одсеку „d“, који има укупну површину од 9,87 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.56159° географске дужине и 22.37810° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 17 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка северу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 460 m. На горњем делу слике 52 приказана је позиција ОП у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 66/d.

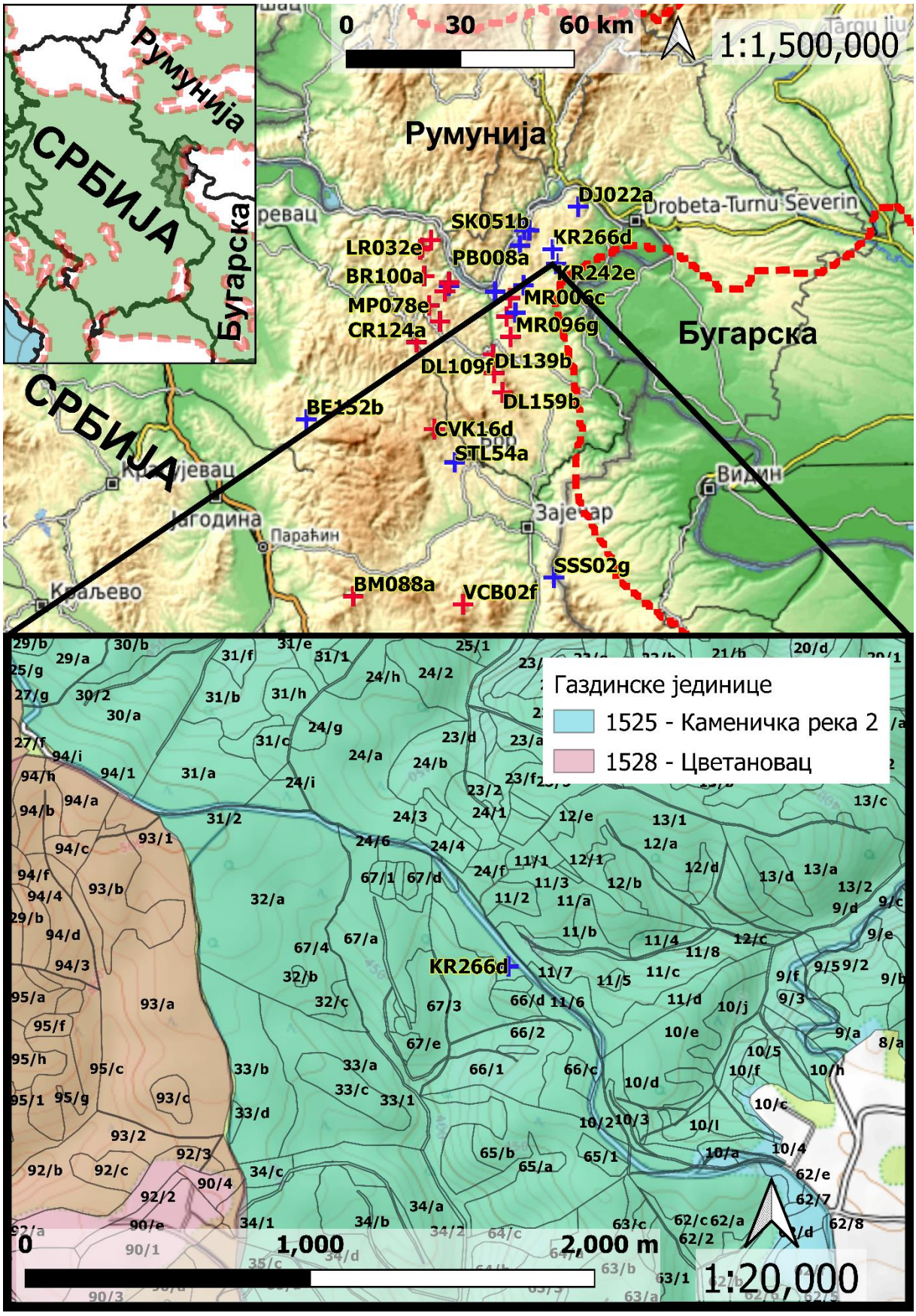
Газдинском јединицом „Каменичка река 2“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1525, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Кладово. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Кладово и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2014. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2015. до 2024. године.

Одсек 66/d налази се на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка западу. Надморска висина састојине се креће од 420 до 470 m. Геолошку подлогу представљају пешчари у распадању. На матичном супстрату се формирало дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, средње дубоко до дубоко, и слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији китњака и граба (*Querco-Carpinetum betuli* Rudski 1949) на смеђим земљиштима. У састојини се поред храста китњака налазе граб (*Carpinus betulus* L.), буква (*Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czeczott), клен (*Acer campestre* L.), трешња (*Prunus avium* L.) и црни јасен (*Fraxinus ornus* L.). Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављена у изданачкој и мешовитој једнодобној састојини, потпуног склопа (0,7). У стаблимичној и групимичној смеси доминира китњак у односу на граб и остале евидентиране врсте дрвећа, и то у размери смесе 0,6 : 0,3 : 0,1. По техничком квалитету је у питању мало вредна састојина, у којој се налазе стабла китњака која су закривљена са средње дугим крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 14,0 cm, средња висина 13,5 m, а висински степен (бонитет) је 7. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 40 година. Укупан број стабала по хектару износи 1643, од чега је 687 стабала китњака. Темељница састојине износи 18.7 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 10.6 m^2/ha. Запремина износи 128 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 75 m^3/ha.

Састојином 66/d се редовно газдује у циљу производње техничког дрвета. Као узгојна потреба у основи газдовања наводи се селективна прореда. Интензитет прореде износи 4% по запремину китњака, односно 13% на нивоу одсека.



Слика 52. Положај огледне површине KR266d у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека d, 66. одељења ГЈ „Каменичка река 2“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 4, 6, 8, 11 и 15 приказани су на слици 53.

Слика 53. Стабла китњака 1, 4, 6, 8, 11 и 15 узоркована у оквиру огледног поља KR266d. (фото: Н. Радаковић, 2021. године)

3.6.28. KR242e

Огледно поље KR242e се налази у газдинској јединици „Каменичка река 2“ у 42. одељењу у одсеку „е“, који има укупну површину од 20,71 ha. ОП је постављено у касну јесен 2021. године на 44.52674° географске дужине и 22.38891° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 18 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка северу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 320 m. На горњем делу слике 54 приказана је позиција KR242e у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 42/е.

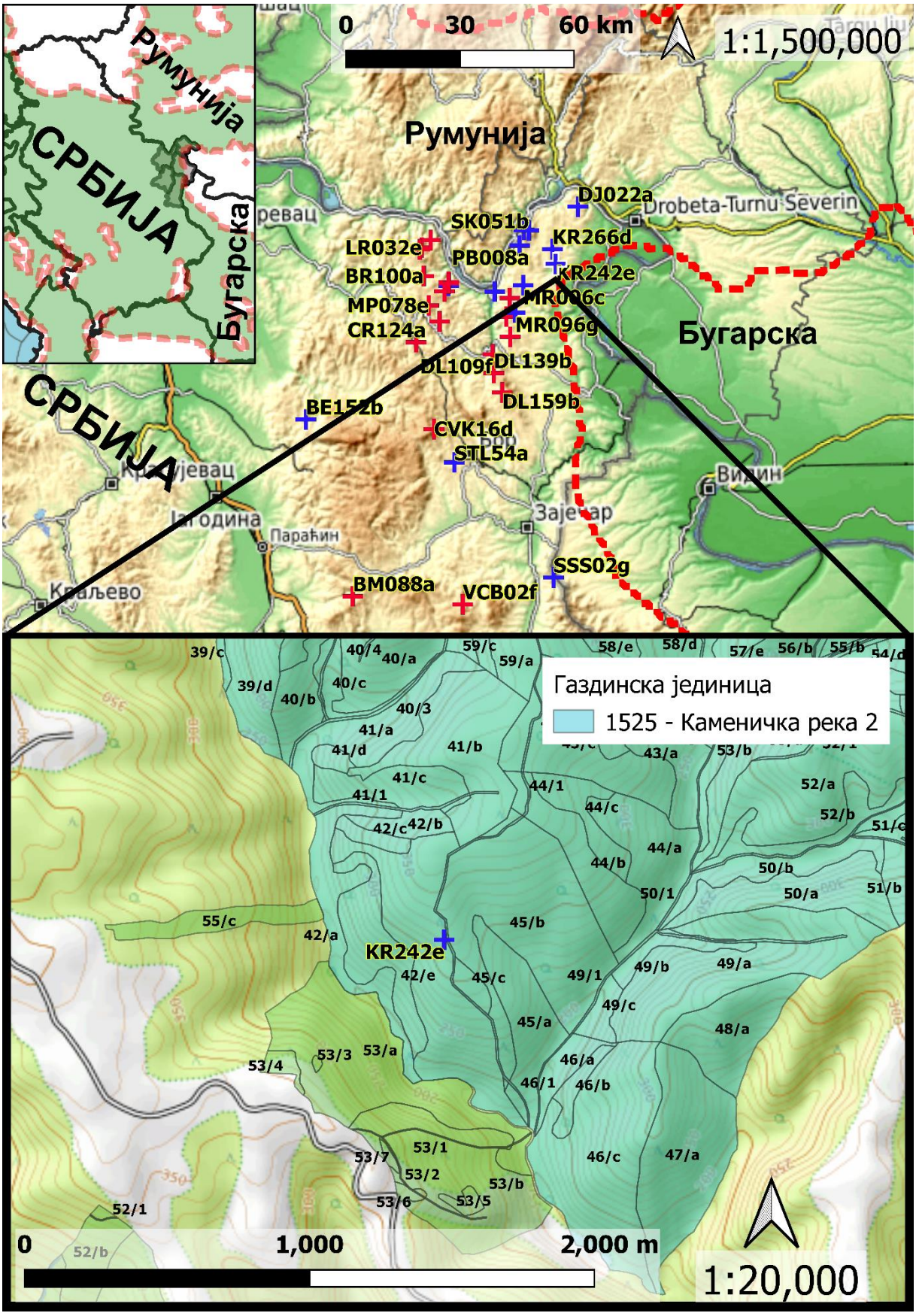
Газдинском јединицом „Каменичка река 2“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1525, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Кладово. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Кладово и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2014. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2015. до 2024. године.

Одсек 42/е налази се на падини и на благо стрмом терену (нагиба од 6° до 10°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка западу. Надморска висина састојине се креће од 170 до 370 m. Геолошку подлогу представљају пешчари у распадању. На матичном супстрату је образовано дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, плитко до средње дубоко и слабо скелетоидно.

Састојина припада асоцијацији китњака и црног јасена (*Fraxino orni-Quercetum petraeae* (Borisavljević 1955) Mišić 1972) на смеђим земљиштима. Поред храста китњака у састојини се налазе црни јасен (*Fraxinus ornus* L.), грабић (*Carpinus orientalis* Mill.), цер (*Quercus cerris* L.) и трешња (*Prunus avium* L.). Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко и средње, тако да влада слаба закоровљеност.

ОП је постављена у високој и мешовитој једнодобној састојини, ретког склопа (0,5). У стаблимичној смеси доминира китњак у односу на црни јасен и остале евидентиране врсте дрвећа, и то у размери 0,7 : 0,2 : 0,1. По техничком квалитету је састојина без вредности, у којој се налазе стабла китњака која су права са средње дугим крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 16,8 cm, средња висина 13,9 m, а висински степен (бонитет) је 4. Приликом премера процењено је да старост китњака износи отприлике 50 година. Укупан број стабала по хектару износи 595, од чега је 373 стабала китњака. Темељница састојине износи 12.0 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 10.6 m^2/ha. Запремина износи 79 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 57 m^3/ha.

Основна намена састојине 42/е је производња техничког дрвета, али је тренутно прописано да се са њом прелазно газдује, тако да у овом уређајном периоду нису планирани никакви узгојни захвати.



Слика 54. Положај огледне површине KR242e у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека е, 42. одељења ГЈ „Каменичка река 2“ (доњи део).

3.6.29. CVK16d

Огледно поље CVK16d се налази у газдинској јединици „Црни врх - Купиново“ у 16. одељењу у одсеку „d“, који има укупну површину од 0,91 ha. ОП је постављено у рано пролеће 2022. године на 44. 13851° географске дужине и 22. 97851° географске ширине, односно у шумском комплексу у непосредној близини Брестовачке бање. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 16 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 715 m. На горњем делу слике 55 приказана је позиција CVK16d у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 16/d.

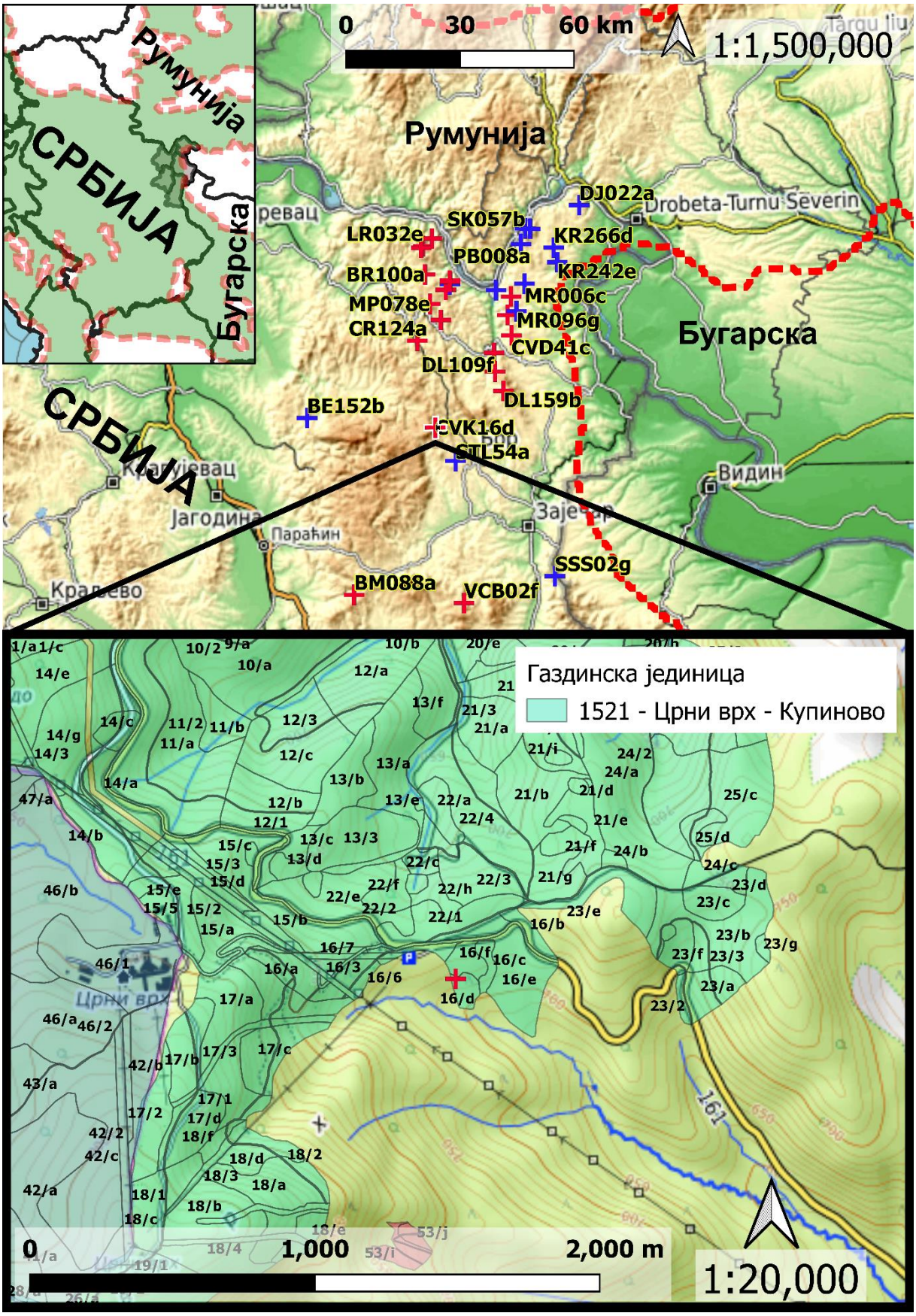
Газдинском јединицом „Црни врх - Купиново“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1521, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Бор. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Бор и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2018. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2019. до 2028. године.

Одсек 16/d налази се на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка југу и југоистоку. Надморска висина састојине се креће од 695 до 725 m. Геолошку подлогу представљају андезити у распадању, на којим се формирало се формирало дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, средње дубоко. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији букве и китњака (*Querco-Fagetum* Glišić 1951) на различитим смеђим земљиштима, групи еколошких јединица (*Fagetum moesiacae montanum*) на смеђим земљиштима. У састојини се поред букве налазе храст китњак (*Quercus petraea agg.* (Ehrendorfer. 1967)), трешња (*Prunus avium* L.), граб (*Carpinus betulus* L.) и остали тврди лишћари. Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као средње и ретко, тако да је присутна средња закоровљеност.

ОП је постављено у високој и чистој једнодобној састојини букве, ретког склопа (0,5). У састојини доминира буква у односу на китњак и остале евидентиране врсте, и то у размери 0,9 : 0,1. По техничком квалитету је средње вредна састојина. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 27,5 cm, средња висина 16,7 m, а висински степен (бонитет) је 2. Старост китњака није процењивана. Укупан број стабала по хектару износи 296, од чега је 50 стабала китњака. Темељница састојине износи 27.2 m^2/ha, од чега темељница стабала китњака износи 2.7 m^2/ha. Запремина износи 315 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 29 m^3/ha.

Основна намена састојине 16/d је рекреативно туристичка и налази се у режиму редовног газдовања. У тренутном уређајном раздобљу планирано је обнављање путем оплодне сече кратког периода, при чему је предвиђено уклањање 52% од запремине букве.



Слика 55. Положај огледне површине CVK16d у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека d, 16. одељења ГЈ „Црни врх – Купиново“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 3, 5, 6, 12 и 16 приказани су на слици 56.

Слика 56. Стабла китњака 1, 2, 3, 5, 6, 12 и 16 узоркована у оквиру огледног поља CVK16d. (фото: Н. Радаковић, 2022. године)

3.6.30. STL54a

Огледно поље STL54a се налази у газдинској јединици „Стол“ у 54. одељењу у одсеку „а“, који има укупну површину од 17,26 ha. ОП је постављено у рано пролеће 2022. године на 44.05891° географске дужине и 22.04385° географске ширине, односно у шумском комплексу у непосредној близини Брестовачке бање. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка северу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 370 m. На горњем делу слике 57 приказана је позиција STL54a у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 54/a.

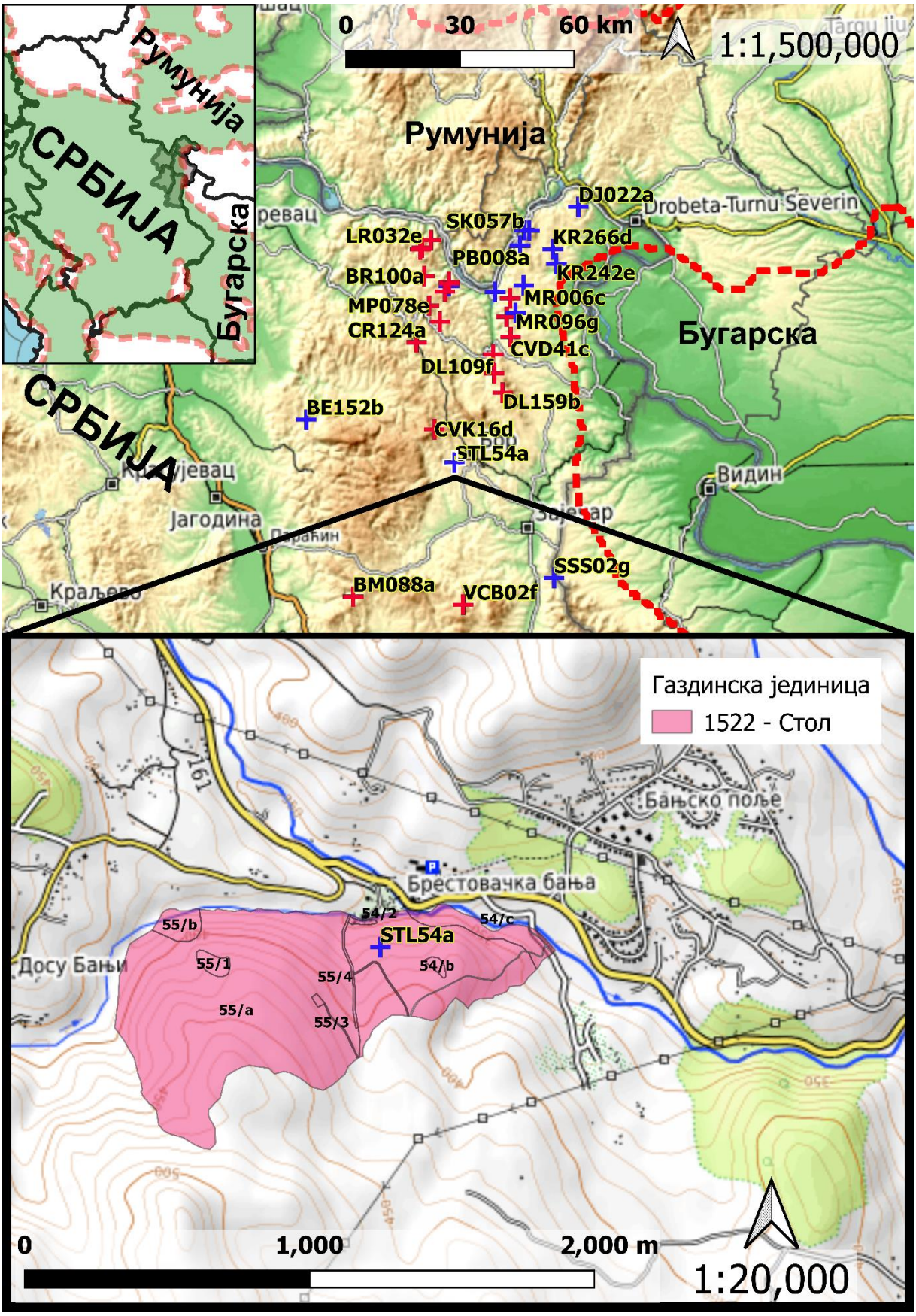
Газдинском јединицом „Стол“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1522, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Бор. ГЈ се налази у борском управном округу, на територији општине Бор и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2013. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2015. до 2024. године.

Одсек 54/a налази се на падини и на благо стрмом терену (нагиба од 6° до 10°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка северу. Надморска висина састојине се креће од 340 до 405 m. Геолошку подлогу представљају андезити у распадању, на којим се формирало дистрично смеђе или кисело смеђе земљиште, плитко до средње дубоко и слабо скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији сладуна и цера са китњаком (*Quercetum frainetto-cerridis quercetosum petraeae* B. Jovanović 1958) на смеђим лесивираним земљиштима. У састојини се поред сладуна и цера налазе граб (*Carpinus betulus* L.), китњак (*Quercus petraea agg.* Ehrendorfer. 1967), црни бор (*Pinus nigra* J.F. Arnold) и др. Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као слабо и ретко, тако да је слаба закоровљеност.

ОП је постављено у високој и мешовитој једнодобној састојини, ретког склопа (0,5). У стаблимично до групимичној смеси доминира сладун у односу на цер, граб и остале лишћаре укључујући и китњак, и то у размери 0,6 : 0,2 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету је мало вредна састојина. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 15,8 cm, средња висина 11,1 m, а висински степен (бонитет) је 5. Приликом премера старост китњака није процењена. Укупан број стабала по хектару износи 344, од чега је 24 стабала китњака. Запремина износи 102 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 3 m^3/ha.

Састојина 54/a је парк шума и њом се редовно газдује, при чему су у тренутном уређајном раздобљу само планирани радови на сечи избојака и ручном уклањању корова.



Слика 57. Положај огледне површине STL54a у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека а, 54. одељења ГЈ „Стол“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 2, 5, 12, 13 и 17 приказани су на слици 59.

Слика 58. Стабла китњака 1, 2, 5, 12, 13 и 17 узоркована у оквиру огледног поља STL54a. (фото: Н. Радаковић, 2022. године)

3.6.31. VCB02f

Огледно поље VCB02f се налази у газдинској јединици „Вршка Чука – Бабајона – Трећи врх“ у 2. одељењу у одсеку „f“, који има укупну површину од 6,30 ha. ОП је постављено у рано пролеће 2022. године на 44.72117° географске дужине и 22.06509° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка југу, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 675 m. На горњем делу слике 59 приказана је позиција VCB02f у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 2/f.

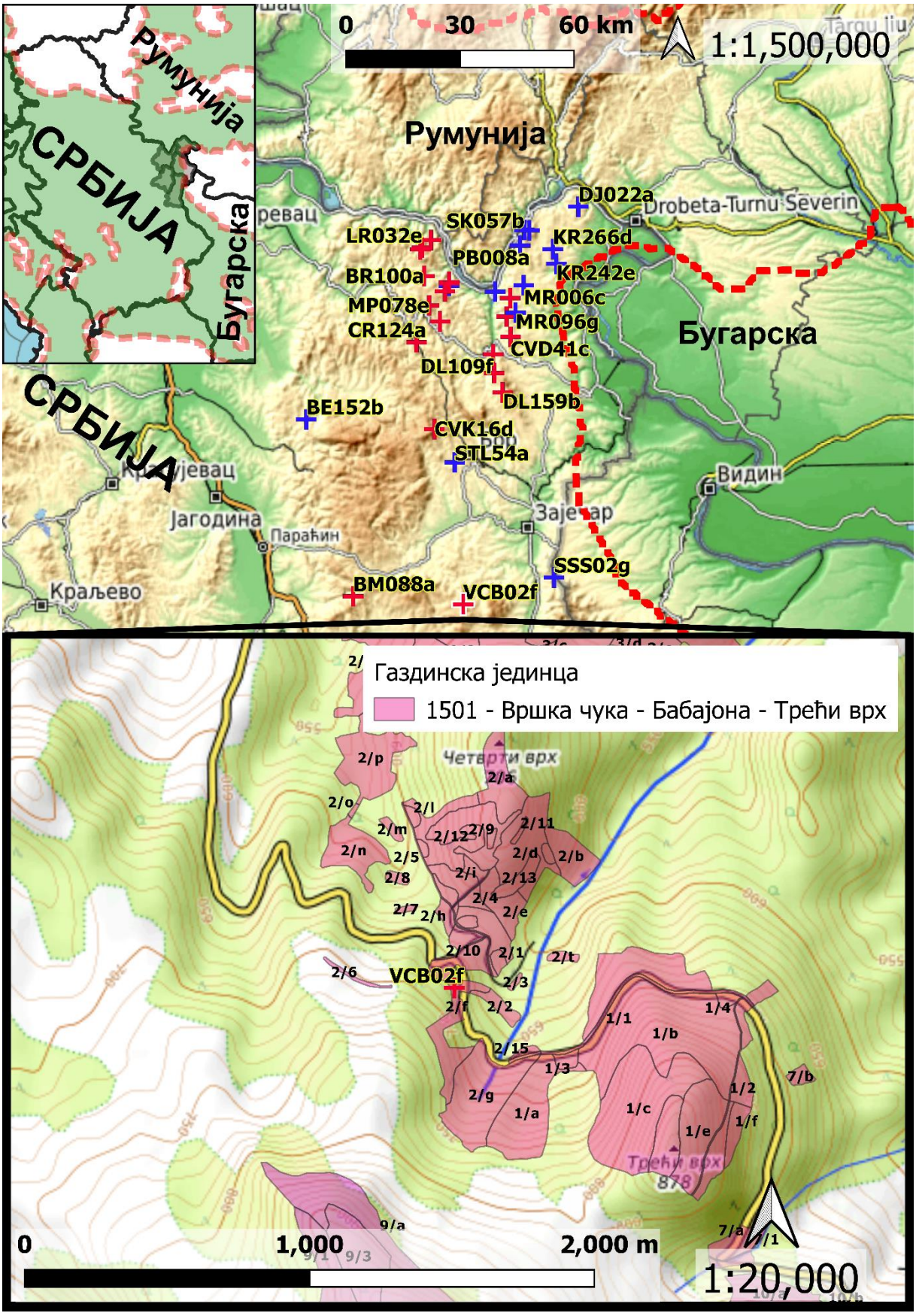
Газдинском јединицом „Вршка Чука – Бабајона Трећи врх“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1501, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Зајечар. ГЈ се налази у зајечарском управном округу, на територији општине Зајечар и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2011. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2012. до 2021. године.

Одсек 2/f налази се на падини и на стрмом терену (нагиба од 11° до 15°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка северу и североистоку. Надморска висина састојине се креће од 170 до 370 m. Геолошку подлогу представља органогени једри кречњак у распадању на којем је образована земљишна комбинација. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији китњака и цера (*Quercetum petraeae-cerridis* B. Jovanović 1979) на лесу, силикатним стенама и кречњацима. Поред храста китњака у састојини се налазе цер (*Quercus cerris* L.), сребрна липа (*Tilia argentea* Desf.), крупнолисна липа (*Tilia grandifolia* Ehrh.), граб (*Carpinus betulus* L.) и бели јасен (*Fraxinus excelsior* L.). Присуство жбуња и приземне вегетација је окарактерисано као ретко, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у изданачкој и мешовитој једнодобној састојини, густог склопа (0,8-0,9). У стаблимично до групимичној смеси доминирају китњак и цер у односу на сребрну и крупнолисну липу, и то у размери 0,4 : 0,4 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету је мало вредна састојина, у којој су стабла китњака закривљена са средње дугим крошњама. Средњи пречник храста китњака у одсеку износи 10,4 cm, средња висина 11,0 m, а висински степен (бонитет) је 9. Приликом премера процењено је да старост китњака износи свега 30 година. Укупан број стабала по хектару износи 2500, од чега је 1366 стабала китњака. Запремина износи 162 m^3/ha, од чега је запремина стабала китњака 70 m^3/ha.

Састојином 2/f је редовно газдовано у циљу производње техничког дрвета. Као узгојна потреба у основи газдовања наведена је селективна проreда. Планирани интензитет прореде износио је 6% по запремини китњака, односно 10% на нивоу одсека. Нема података о реализацији планиране прореде.



Слика 59. Положај огледне површине VCB02f у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека f, 2. одељења ГЈ „Вршка чука - Бабајона - Трећи врх“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 1, 5, 7, 9, 10 и 11 приказани су на слици 60.

Слика 60. Стабла китњака 1, 5, 7, 9, 10 и 11 узоркована у оквиру огледног поља VCB02f. (фото: Н. Радаковић, 2022. године)

3.6.32. SSS02g

Огледно поље SSS02g се налази у газдинској јединици „Шашка – Студена- Селачка река“ у 2. одељењу у одсеку „g“, који има укупну површину од 23,79 ha. ОП је постављено у рано пролеће 2022. године на 44.78199° географске дужине и 22.36391° географске ширине. Том приликом је на незнатној међусобној удаљености узорковано 15 стабала храста китњака и узето исто толико извртака. Терен на којем је извршено узорковање оријентисан је ка североистоку, а утврђено је да надморска висина проучаваног локалитета износи 330 m. На горњем делу слике 61 приказана је позиција SSS02g у оквиру истраживаног подручја, а испод је у размери 1:20.000 ближе представљена позиција ОП у оквиру састојине 2/g.

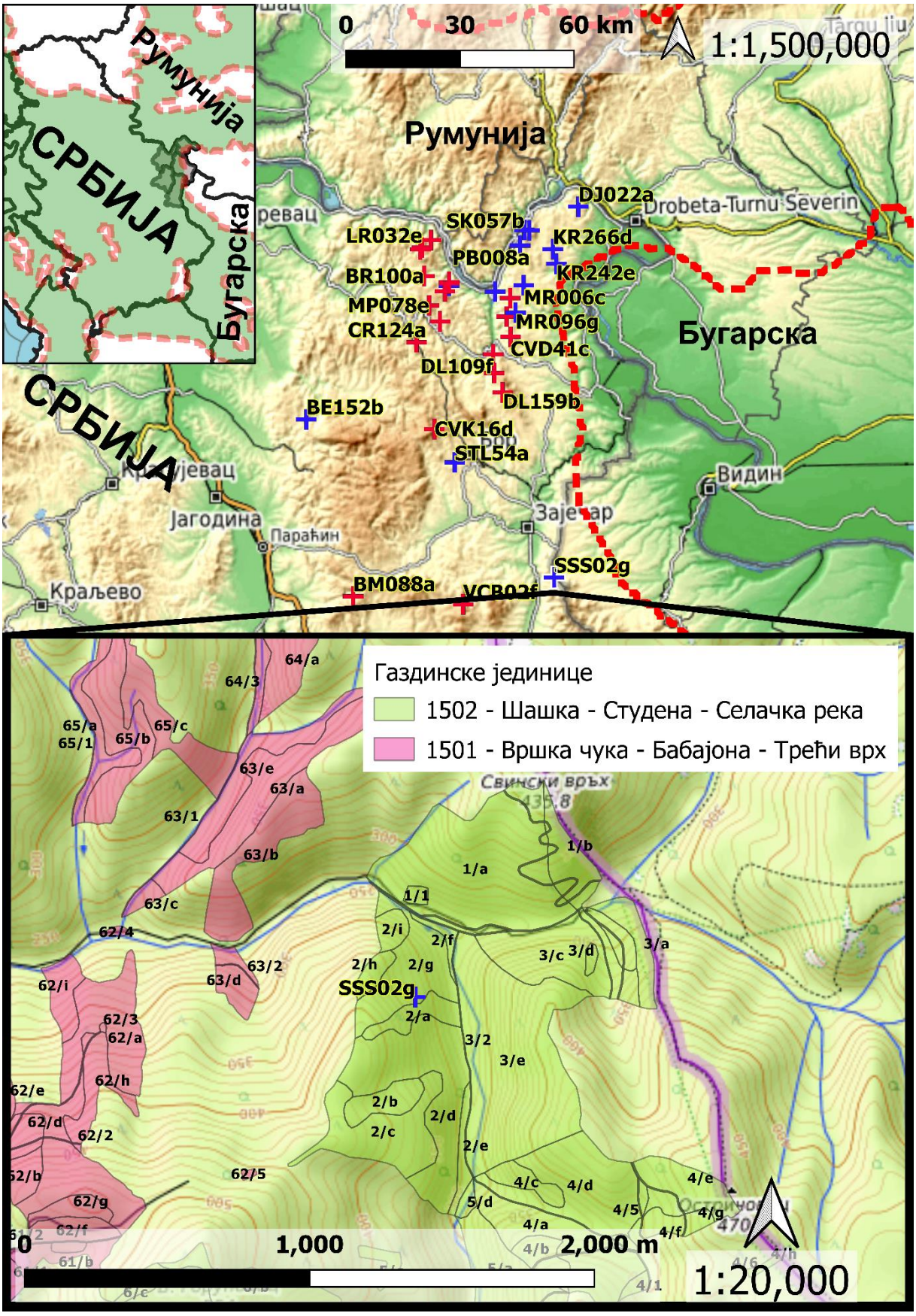
Газдинском јединицом „Шашка – Студена- Селачка река“ која је у Кодном приручнику (Banković, Medarević 2009) евидентирана под јединственом нумеричком ознаком 1502, управља ЈП „Србијашуме“, посредством шумског газдинства „Тимочке шуме“ из Бољевца и шумске управе Зајечар. ГЈ се налази у зајечарском управном округу, на територији општине Зајечар и припада Тимочком шумском подручју. Последњи премер ГЈ вршен је 2020. године, на основу којег је кроз класичан систем уређивања формирана основа газдовања шумама за период од 2022. до 2031. године.

Одсек 2/g налази се на падини и на врло стрмом терену (нагиба од 16° до 20°), уједначеног нагиба, претежно оријентисаног ка северу и североистоку. Надморска висина састојине се креће од 170 до 370 m. Геолошку подлогу представља органогени једри кречњак у распадању. На матичном супстрату се формирала црница на кречњаку, земљиште плитког профила, скелетоидно. Ради се о стабилном терену и не постоји угроженост од ерозије.

Састојина припада асоцијацији букве и китњака (*Querco-Fagetum* Glišić 1951) на киселим смеђим земљиштима и другим земљиштима. Поред букве у састојини се налазе граб (*Carpinus betulus* L.), сладун (*Quercus frainetto* Ten.), црни јасен, цер (*Quercus cerris* L.) и др. Присуство жбуња и приземне вегетације је окарактерисано као ретко, тако да нема закоровљености.

ОП је постављено у изданачкој и чистој једнодобној састојини букве, непотпуног склопа (0,5-0,6). У састојини доминира буква у односу на граб, сладун и остале евидентиране врсте дрвећа, и то у размери 0,8 : 0,1 : 0,1. По техничком квалитету је мало вредна састојина, у којој су стабла китњака закривљена са средње дугим крошњама. Укупан број стабала по хектару износи 777, темељница 19,4 m^2/ha и запремина 175 m^3/ha. Китњак се у премеру овог одсека није појавио, али јесте у састојинама у непосредном суседству, што је условило одлазак на ову локацију. Међутим, приликом рекогносцирања терена утврђено је да се и у оквиру овог одсека китњак стаблимично појављује по гребену (Слика 62), што је било довољно да омогући постављање огледног поља.

Састојина 2/g је део парка природе и у III степену заштите и њом се редовно газдује са циљем конверзије путем оплодне сече кратког периода обнављања.



Слика 61. Положај огледне површине SSS02g у оквиру истраживаног подручја (горњи део) и у оквиру одсека g, 2. одељења ГЈ „Шашка - Студена - Селачка река“ (доњи део).

Изглед дебла и непосредног окружења око узоркованих стабала храста китњака са идентификационим ознакама 5, 6, 7, 13, 14 и 15 приказани су на слици 62.

Слика 62. Стабла китњака 5, 6, 7, 13, 14 и 15 узоркована у оквиру огледног поља SSS02g. (фото: Н. Радаковић, 2022. године)

4. ЦИЉ И ЗАДАТАК РАДА

Главни циљ дендроклиматолошких истраживања у састојинама храста китњака је да се на подручју североисточне Србије анализира и утврди природа зависности величина радијалног прираста стабала од температуре ваздуха и количина падавина у прошлости. На основу добијених резултата извршиће се процена будућих трендова у расту и виталности ове изузетно вредне врсте дрвећа. Китњак је познат као термофилна врста дрвећа, што га у основи квалификује у групу врста дрвећа које су мање зависне од количине падавина. Међутим, резултати истраживања у претходном периоду показали су да китњак на стаништима са мање доступне воде, на сунчанијим експозицијама и на доњој граници раста, показује јасну зависност од количине падавина. Стога се у зависности од динамике измена основних фактора раста у будућности, може очекивати да ће се код једног дела стабала десити значајно мањи прираст, израженија девитализација или појава процеса сушења.

Територија североисточне Србије једно је од подручја са оптималним условима за храст китњак, који услед тога заузима значајно место у шумском фонду овог дела земље (Medarević et al. 2001). Имајући то у виду, извесно је за претпоставити да се раст и развој ове врсте дрвећа на највећем броју налазишта у североисточној Србији, одвија без посебно израженог утицаја осцилација климатских услова. У таквим околностима где врста расте у свом еколошком оптимуму, изоловање климатског сигнала из радијалног прираста представља прилично комплексан задатак, који захтева да се поред проучавања варирања укупне ширине года, анализира и варирања прираста раног и касног дрвета. Нарочито су важна истраживања прираста касног дрвета, јер је за очекивати да ће у овом делу радијалног прираста бити нађен јачи климатски сигнала него на нивоу целе величине радијалног прираста, а посебно у односу на део года који је формиран на почетку вегетационе сезоне. С тим у вези, као секундарни циљ истраживања проучене су и забележене разлике у степену и начину утицаја климе на формирање различитих делова года.

Осцилације радијалног прираста се између осталог могу анализирати и у односу на промену фактора рељефа као што је експозиција и надморска висина. Промена ових фактора углавном укључује и другачије карактеристике земљишта у погледу водног и хранидбеног режима, као и различит степен изложености директној сунчевој радијацији. С тим у вези, као трећи циљ истраживања анализиране су промене прирасне реакције храста китњака на варирање температуре и падавина дуж висинског градијента и на теренима са различитим степеном инсолације.

Да би остварио постављени циљ истраживања, било је неопходно урадити следеће задатке:

- утврдити токове радијалног прираста доминантних стабала храста китњака на великом броју огледних површина које су адекватно распоређене на подручју целе североисточне Србије, односно административно посматрано на територији општина Кучево, Мајданпек, Бор, Кладово, Неготин и Зајечар,
- путем одговарајућих методолошких поступака, утврдити тзв. "нормалне" токове радијалног прираста стабала ове врсте, који представљају оне токове

прираста, који су очишћени од неклиматских утицаја,

- статистичким и дендроклиматолошким методама анализирати међусобне везе између величина наведених климатских елемената (температура ваздуха, количина падавина) у појединим временским интервалима (на нивоу године, вегетационог периода, у летњим месецима, у појединим месецима итд.) и индекса радијалног прираста,
- утврдити који су од анализираних фактора и у којем периоду доминантно опредељивали раст стабала храста китњака на овом подручју,
- на основу проведених истраживања и добијених резултата донети и друге релевантне закључке, а посебно оценити будући раст и виталност храста китњака у случају даљег повећања температуре и смањења количине падавина у североисточној Србији.

5. ХИПОТЕЗЕ У ИСТРАЖИВАЊУ

Анализирајући досадашња истраживања из наведене проблематике и постојећа сазнања, постављене су следеће полазне хипотезе:

1. Температура ваздуха и количина падавина на подручју североисточне Србије, иако са оптималним условима за храст китњака, значајно утичу на карактеристике радијалног прираста стабала ове врсте дрвећа,
2. На величину годишњег радијалног прираста стабала храста китњака највећи утицај (најизраженија корелација) има износ падавина у летњим месецима.
3. Јачина климатског сигнала у укупној величини радијалног прираста и у ширини касног дрвета је већа у односу на климатски сигнал садржан у ширини раног дрвета.
4. На вишим надморским висинама повећање температуре изазива сигнификантно смањење радијалног прираста храста китњака.

6. МЕТОД РАДА

6.1. Прикупљање емпиријских података

Приликом формирања ОПа и одабира стабала храста китњака за анализу вођено је рачуна да то буду што старија стабла из доминантног спрата. Познато је да су токови раста доминантних стабала најмање или готово никако модификовани конкурентским притиском суседних стабала, што је од велике важности за овакав вид истраживања. Неутралисање ефеката обраслости састојина може у значајној мери помоћи бољем "филтрирању" "неклиматских" утицаја на прираст и разумевању природе утицаја климатске компоненте станишних услова (Büntgen et al. 2012). Као главни индикатори позне физиолошке старости и доминантног статуса коришћене су затечене димензије стабала. Наведени индикатори су прилично кредибилни када се ради о врстама које не подносе дуже периоде засењивања као што су то храстови, док је њихова употреба значајно компликованија код врста које добро подносе изостанак директног прилива сунчеве светлости (Pretzsch 2009).

Приликом одређивања старосне структуре на ОПа, коришћена је функција успостављена у склопу рада Kazimirović (2023).

Поред старости и социјалног статуса, вођено је рачуна о томе да вертикално и хоризонтално растојање одабраних стабала буду минимални. На тај начин омогућено је да ефекти микростанишних промена услова за раст буду сведени на минимум. Стабла одабрана за проучавање на свим ОП трајно су обележена фарбом и јединственим нумеричким ознакама које су нанете на прсној висини. Позиције ОПа одређене су узимањем координата у средини површине.

У сврху формирања серија радијалног прираста, стабла су на прсној висини (1,3 m) бушена Преслеровим сврдлом одговарајућих димензија и конструкционих карактеристика. Сврдла су убушивана према геометријском центру и увек преко половине пречника. Сви узорци су на терену обележени на одговарајући начин, односно тако да садрже 18 карактера који означавају:

- годину узорковања или годину када је формиран последњи год, у зависности од тога када је бушење извршено,
- шири локалитет проучавања и конкретно огледно поље на начин који је већ представљен у поглављу 3.2,
- прва два слова латинског назива проучаване врсте,
- редни број узоркованог број стабла,
- висину са које је извртак узет и
- редни број извртка.

Непосредно након бушења стабала, сви извртци су залепљени на одговарајуће дрвене носаче. Оваква пракса руковања узорцима истовремено осигурава да не дође до пуцања извртака приликом ношења и транспорта, затим спречава неминовну појаву деформације и кривљена извртака услед сушења дрвета и на крају омогућава ефикаснију површинску припрему за премер.

6.2. **Припрема и премер узорака**

Површинска припрема и мерења извртака извршени су у Лабораторији за истраживање прираста и биомониторинг на Шумарском факултету у Београду, у оквиру које се налази и Лабораторија за дендрохронолошка истраживања. Површинска припрема извртака за премер подразумева примену низа техника које омогућавају јасну видљивост границе годова (Asherin, Mata 2001; Crivellaro, Schweingruber 2015; Gärtner et al. 2015; Tenzin et al. 2018; García-Hidalgo et al. 2022). Код једног дела припрема узорака рађена је применом технике засецања помоћу, за ту сврху, специјализованог уређаја *Core microtome* (слика 63). Други део узорака припремљен је шмирглањем прогресивно финијим гранулацијама шмиргл папира.

Адекватно припремљени узорци скенирани су у високој резолуцији коришћењем равног скенера EPSON V600. Добијене фотографије похрањене су у лабораторијску базу података, где су у депоу налазе и сви анализирани узорци. Премер је вршен двојако, где је применом програма CooRecorder (Larsson 2005) извршено мерење ширине прстенова прираста на висококвалитетним фотографијама добијеним скенирањем, док је додатна провера проблематичних сегмената и верификација резултата премера вршена помоћу уређаја LINTAB™ и TSAP-Win софтвера. На сваком извртку извршена су мерења укупне величине радијалног прираста (RW), прираста раног (EW) и прираста касног дрвета (LW). Имајући у виду чињеницу да узорци најчешће не погоде срж стабла (Spiecker 2002), апроксимација броја недостајућих годова реализована је применом Duncan-овог (1989) метода процене помоћу конструкције концентричних кругова. Подобност овог метода је евалуирана и потврђена резултатима већег броја истраживања (Duncan 1989; Rozas 2003; Clark, Hallgren 2004; Villalba et al. 2011; Pirie et al. 2015).

Слика 63. Површинска припрема узорака засецањем применом специјализованог уређаја *Core microtome*.

Датирање прстенова прираста (i_r) подразумева утврђивање тачне календарске године њиховог настанка (Fritts 1976; Stokes, Smiley 1996). Овај задатак реализован је ослањајући се на познату годину формирања последњег года. Правилно датирање годова обезбеђује се перманентном провером степена синхронизације токова прираста унутар и између станишта. Поступак синхронизације узорка представља један од фундаменталних корака приликом оваквих истраживања (Douglas 1939; Baillie, Pilcher 1973; Grissino-Mayer 2001; Bunn 2008). Тачност мерења броја годова оцењена је визуелно преклапањем и померањем кривих радијалног прираста. Кључну улогу приликом евалуације присуства заједничких трендова у приросту имају позиције упадљиво уских и широких годова. Због своје истакнутости у серијама прираста овакви годови се, према Stajić 2014 и Stajić et al. 2017, на нивоу појединачних стабала називају "годовима догађаја" (енгл. *event years*), а када се идентичан догађај понови на нивоу састојине или веће групе стабала онда се ради о "карактеристичним годовима" (енгл. *pointer years*). До формирања посебно уских или широких прстенова прираста најчешће доводе нагле промене услова за раст, односно утицај биотичких или абиотичких фактора животне средине (Schweinbruber et al. 1990; Esper, Gärtner 2001)

Поред визуелне провере квалитета премера, квантификација је додатно извршена и нумерички, кроз израчунавање и анализу параметара укупне и сегментне интерсеријске и мастер корелације- r_{xy} (Cook, Kairiukstis 1990; Stajić et al.

2018). Израчунавање корелације вршено је на такозваним нормализованим серијама, за чије формирање је коришћен рачунски поступак предложен од стране Baillie и Pilcher-a (1973). Степен слагања између две серије радијалног прираста значајно зависи и од броја годова који се међусобно упоређују. С тим у вези, утврђени су и анализирани износи t_{bp} параметра, јер његова величина истовремено зависи од корелације (r_{xy}) и од дужине сегмената (n):

$$t_{bp} = |r_{xy}| \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}{}^2}} \quad (1)$$

Степен слагања серија прираста је евалуиран и израчунавањем непараметријског коефицијента упоредности низања величина прираста - Glk_{xy}. Коефицијент упоредности представља меру сагласности - подударности токова годишњих величина радијалног прираста две хронологије (Eckstein, Bauch 1969).

Glk_{xy} је одређиван помоћу обрасца:

$$Glk_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} |G_{ix} + G_{iy}| \quad (2)$$

при чему је $G_{ix} = +\ {}^1/_2$, ако је $\Delta = i_{r(x+1)} - i_{r(i)} > 0$, односно $G_{ix} = 0$ ако је $\Delta = 0$ и $G_{ix} = -\ {}^1/_2$ ако је $\Delta < 0$.

За сваку серију радијалног прираста утврђени су износи r_{xy}, t_{bp} и Glk_{xy} са мастер серијом, која је добијена упросечавањем преосталих серија на ОП. На нивоу ОП дати су упросечени износи за сва три коефицијента за серије радијалног прираста, серије величина прираста раног и серије величина прираста касног дрвета.

Провере добијених података мерења извршена је применом софтвера CooRecorder и Cdendro (Larsson 2005), али и коришћењем стандардних процедура рачунске провере података премера имплементираних у програмском језику R (Team R Core 2020). Вишеструка провера квалитета синхронизације код добијених серија радијалног прираста представља устаљену праксу приликом свих премера реализованих у Лабораторији за истраживање прираста и биомониторинг Шумарског факултета у Београду.

6.3. **Анализа серија радијалног прираста**

Основне карактеристике све три врсте емпиријских серија прираста (укупног прираста, прираста раног и прираста касног дрвета) храста китњака (i_r) анализиране су по истраживаним локалитетима. У том смислу, утврђен је тачан број бушених стабала и извађених извртака, одређена временска секвенца која је покривена са више од 5 величина радијалног прираста. Поред тога, детерминисан је просечан број прстенова прираста, а од основних статистичких параметара израчуната су аритметичка средина и стандардна девијација SD радијалног прираста - $\bar{\imath}$.

Да би се утврдио и оценио степен осцилација у ширинама узастопних прстенова прираста одређиван је средњи степен сензитивитета - MS (Schweingruber

1988). У обрасцу за израчунавање овог показатеља ознаке су идентичне као и у претходним формулама:

$$MS = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\frac{2(i_{r(i+1)} - i_{r(i)})}{i_{r(i+1)} - i_{r(i)}} \quad (3)$$

Ширина прстенова прираста у одређеној години је у већој или мањој мери повезана са износима прираста формираним у току претходне вегетационе сезоне или може чак да представља и наставак тренда прирашћивања из неколико претходних година. Суштински то значи да постоји већа вероватноћа формирања ширих или ужих годова уколико су у претходној вегетационој сезони или сезонама остварени већи односно мањи износи прираста. Оваква појава правилности у низању сличних износа је познато својство временских серија, које у већој или мањом мери нарушава основне статистичке претпоставке о независности опсервација. Да би се оценио степен међузависности између узастопних величина прираста одређен је на нивоу сваког проучаваног ОПа просечан износ коефицијента аутокорелације првог реда - АС1. Овај коефицијент се израчунава тако што се пореде величине прираста поређане у правилно датираним серијама са износима прираста из претходних година.

У следећом кораку су за сваку појединачну серију радијалног прираста код стабала храста китњака установљени су тзв. нормални токови раста. Одређивања поменутих токова раста представља део поступка стандардизације, која има за циљ трансформацију нестационарних серија радијалног прираста, у серије са хомогенизованом варијансом (Fritts 1976; Wigley et al. 1984). Поред резултујућег ефекта који станишни и састојински услови имају на раст, износи радијалног прираста зависе и од тзв. геометријског ограничења. Ради се о појави везаној за обим стабла, јер што је основица око које се ствара прираст већи, то је и резултујућа ширина года мања и обрнуто Имајући у виду претходно, за елиминисање старосног тренда и уједначавање варијансе радијалног прираста дуж целог анализираног периода у истраживањима у оквиру ове дисертације, примењен је поступак тзв. дуплог детрендовања, које се сматра посебно погодним за стабла расла у привредним шумама (Holmes et al. 1986; Holmes 1994). У циљу утврђивања очекиваног или "нормалног" тренда радијалног прираста, "очишћеног" од утицаја старости и појединих варијација, најпре је извршено детрендовања применом негативне експоненцијалне функције, а затим и даље "филтрирање" применом глатких кубних сплајнова. Сплајнови су успостављени тако да задржавају 50% варијансе у низовима величина радијалног прираста на 67% дужине сваке појединачне серије (Cook, Peters 1981; Cook 1985).

Други део поступка стандардизације подразумева формирање стационарних индексних серија радијалног прираста - I_t, који представљају однос између износа оригиналног податка о ширини года - R_t и очекиване ширине добијене из модела - G_t за сваку проучавану годину- *t* (Cook, Kairiukstis 1990):

$$I_t = \frac{R_t}{G_t} \quad (4)$$

Добијене серије индекса радијалног прираста за свако стабло су затим упросечене на нивоу локалитета рачунањем пондерисане робусне средње вредности (енгл. *biweight robust mean*) за сваку годину. Ове средње вредности одређиване су према следећем обрасцу:

$$\overline{I_t} = \sum_{t=1}^{n} w_t \, I_t \tag{5}$$

где w_t представља симетричну тежинску функцију на бази робусне мере стандардне девијације, дефинисане као медијана од апсолутне девијације.

На тај начин формиране су стандардне станишне хронологије индекса радијалног прираста за сваки истраживани локалитет. Међутим, овакав тип хронологија карактерише присуство аутокорелације, што статистички посматрано представља нежељено својство временске серије. Појава аутокорелације у серијама дугује се утицају везаних опсервација на идентичној индивидуи, односно томе да износи прираста у претходним вегетационим периодима делимично детерминишу и прираст у посматраној години (Cook, Kairiukstis 1990; Strumia 1999; Stajić et al. 2015). За елиминисање аутокорелације из временских серија употребљена је техника „избељивања“ (енгл. *prewhitening*), која подразумева ауторегресивно моделовање са покретним просецима за грешке - ARMA:

$$I_t = \phi_n \, I_{t-n} + w_t + \theta_m w_{t-m} \tag{6}$$

где је са I_t означен прираст у текућој и n-тој претходној години, w_t је бели шум у текућој и m-тој претходној години, а ϕ и θ представљају припадајуће ауторегресивне коефицијенте. Из претходног израза, евидентно је да ARMA представља ауторегресију са аутокорелисаним грешкама. За одабир реда ауторегресионог модела коришћени су облици са најмањим износима AIC критеријума:

$$AIC = -2 \cdot \log(Lik) + 2 \cdot n_{par} \tag{7}$$

Други корак подразумева формирање серија резидуала, који се одређују тако што се од износа у посматраној години одузима износ који се добије у ауторегресивном моделовању. Добијене разлике представљају пречишћене остатке-резидуале који више немају аутокорелацију. Као резултат овог поступка, за свако станиште биће формиран и други тип хронологија, које се називају *резидуалне станишне хронологије индекса радијалног прираста.*

Оба поменута типа станишних хронологија представљају серије у којима је максимално хомогенизован и изолован заједнички климатски сигнал. Међутим, имајући у виду да су резидуалне серије станишних индекса прираста статистички подобније, даља анализа и разматрања биће базирана на овом типу хронологија. С тога, када се у даљем тексту говори о станишним хронологијама, подразумева се да су у питању резидуалне серије индекса радијалног прираста.

Карактеристике и међусобно слагање серија на нивоу локалитета евалуирано је помоћу параметара који се у ту сврху стандардно користе у различитим типовима дендрохронолошких истраживања. На нивоу станишта биће одређени коефицијенти

укупне интеркорелације са мастер серијом r_{xy}, средњи степен сензитивитета - MS, аутокорелациони коефицијент прве доцње - AC1, израженост заједничког сигнала - *EPS* (Briffa 1984; Wigley et al. 1984), однос сигнала и шума - *SNR* (Briffa 1984) и износ варијација дуж прве основне компоненте варирања - *PC1*.

Услед различите дужине појединачних хронологија стабала, долази до неједнаке репликације узорка по годинама, па тако имамо појаву да су најстарије године у низу тек покривене са једним или два понављања, односно утврђене су и премерене само на једном или два извртка. То утиче на ниво израженост заједничког сигнала (EPS), који у тим крајњим деловима значајно опада. Стога, на основу прозора препоручене ширине од најмање n/2 или 30 година (Grissino-Mayer 2001), са померањем у корацима од по једне године, биће евалуирана стабилност заједничког сигнала у под-узорку (SSS). На основу широко прихваћеног прага за EPS од 0,85 (Cook, Kairiukstis 1990) одређена је тачна година од које заједнички сигнал у станишним хронологијама постаје довољно изражен и употребљив за даљу анализу. На тај начин је за све станишне хронологије је утврђена дужина серије прираста, односно број годова у серијама (Бр. год.)

Сличности и разлике између формираних резидуалних хронологија на различитим стаништима анализиране су помоћу хијерархијске кластер анализе сопствених вектора најважнијих компоненти варирања квадратне а) корелационе и б) коваријансне матрице (Buras et al. 2016; Stajić et al. 2018). У зависности од добијених резултата, станишне хронологије су груписане у одговарајуће мастер хронологије. На тај начин постигнута је додатна хомогенизација узорка и груписање станишта на којима је китњак слично реаговао на варијацију климатских услова у прошлости. Поред тога, применом корелационе анализе извршена је детекција станишних фактора који су највише утицали на варијације у векторском простору, односно на груписање хронологија у кластере.

6.4. **Зависност између климе и прираста**

Природа реакције стабала храста китњака на варирање температуре ваздуха и падавина у појединим временским периодима анализирана је применом *корелационих анализа* и *одзивних функција*. У ширем смислу, то је подразумевало утврђивање везе између радијалног прираста и климатских података сумираних или упросечених за различите временске периоде. На тај начин, идентификовани су месеци и сезоне у којима су температуре и падавине имале најјачи ефекат на раст стабала храста китњака.

Да би се утврдили општи трендови у зависности између прираста и климе у различитим тромесечним периодима током године, иницијално је извршена корелациона анализа између сезонских температура ваздуха и падавина, с једне стране и хронологија радијалног прираста, с друге стране (Meko et al. 2011; Zang, Biondi 2015). Затим, додатно је проучавана веза између остварених износа прираста и климатских података на месечном нивоу применом корелационе анализе (Zang, Biondi 2015). У ту сврху је за све парове вектора одређен Пирсонов коефицијент линеарне корелације, који се израчунава помоћу следећег стандардног обрасца:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - m_x) \cdot (y_i - m_y)}{(n-1) \cdot SD_x \cdot SD_y} \quad (8)$$

у којем је

- n – број података,
- x_i – температура ваздуха или количина падавина,
- y_i – величине индекса радијалног прираста,
- m_x – аритметичка средина низа x,
- m_y – аритметичка средина низа y
- SD_y – стандардна девијација низа y
- SD_x – стандардна девијација низа x

Приликом одређивање значајности коефицијената примењена је метода итеративног узорковања података из оригиналног скупа - *bootstrap* процедура, након које је значајност одређивана на основу опсега од 95% перцентила.

"Комбиновани" ефекат суме падавина и средњих температура на индексе радијалног прираста смрче истраживан је применом тзв. одзивних функција (Fritts, Wu 1986; Biondi, Waikul 2004). У циљу уклањања интеркорелације између температуре и падавина, одзивне функције подразумевају примену еиген декомпозиције предикторске матрице. Најважнији вектори варијација биће одређени применом PVP критеријума (Guiot 1991). Веза између декорелисаних износа климатских параметара (x) и индекса радијалног прираста (y) одређивана је вишеструком регресијом:

$$y_t = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_n x_n + e_t \quad (9)$$

где су са $b_0 \ldots b_n$ означени параметри модела, док e_t представља резидуалну грешку процене.

Помоћу прозора одговарајуће ширине испитана је временска стабилност добијених веза између климатских параметара у месечној резолуцији и хронологија радијалног прираста.

Поред основних климатских параметара, за анализу утицаја временских услова на раст китњака на подручју североисточне Србије коришћен је и стандардизовани индекс суше SPEI (Vicente-Serrano et al. 2010), базиран на интегрисању података о падавинама и потенцијалној евапотранспирацији. Израчунавање SPEI се заснива на спровођењу статистички робусне процедуре која подразумева интегрисање података из једног или више узастопних месеци (максимално 48 месеци). Износи SPEI индекса варирају око нуле, где негативни износи SPEI индекса мањи од -2, означавају периоде са екстремном сушом (Paulo et al. 2012), док су позитивни индекси индикатор влажног периода. За потребе овог истраживања коришћене су серије SPEI индекса интегрисаних у тромесечним периодима, генерисане помоћу сервиса „*SPEI Global Drought Monitor*“ доступног на www.spei.csic.es. На основу координата са обода истраживаног подручја, идентификован је регион за који је формирана серија са просечним износима SPEI индекса. Од већег броја могућих приступа за израчунавања потенцијалне

евапотранспирације- PET (*Thornthwaite*, *Penman-Monteith*, *Hargreaves* итд.), овом приликом је коришћена *Penman-Monteith* метода. Након утврђивања разлике између падавина и износа PET, формира се једноставна мера вишка или мањка воде за анализирани месец. У следећем кораку је вршено моделовање дистрибуције израчунатих разлика, што је омогућило даље израчунавање стандардизованих износа SPEI индекса (Vicente-Serrano et al. 2010)

Подаци о климатским елементима су узети из метеоролошких годишњака Републичког хидрометеоролошког завода (https://www.hidmet.gov.rs/) за метеоролошке станице (МС) које се налазе на подручју североисточне Србије.

У ту сврху су применом методе инверзне дистанце најпре попуњена климатска осматрања код МС Кучево, Дебели луг, Жагубица, Црни врх, Бор, Мајданпек, Сиколе, Рогљево, Неготин, Доњи Милановац, Текија и Зајечар. У следећем кораку је извршено упросечавања података са наведених МС и успостављање јединствених серија које рефлектују просечне климатске прилике на подручју североисточне Србије. На овај начин су формирани референтни климатски записи за период од 1949. до 2018. године, који су коришћени у даљој дендроклиматолошкој анализи.

6.5. **Карактеристичне године у расту**

Анализа појаве карактеристичних година у којима су евидентирани изражено уски или широки годови омогућава додатан увид у ефекат екстремних климатских услова на раст стабала китњака. За детекцију карактеристичних година и карактеристичних величина прираста коришћена су три различита метода одређивања значајних година у расту, а у оквиру њих имплементиран је већи број препоручених калкулативних варијанти. За одређивање карактеристичних година могу се користити стандардизоване серије прираста (Cropper 1979) или чак и емпиријске серијске (Becker et al. 1994), али у овом истраживању су коришћени индекси резидуалних хронологија.

Сва три коришћена метода одликују се двостепеним поступцима детекције значајних година у расту. У том смислу, најпре се врши детекција наглих промена у прирасту код појединачних стабала, где се такве појаве називају *годином догађаја* (енгл. *event years*). У следећем кораку се квантификује и евалуира масовност уочених варијација у широј популацији. Уколико се догађај са екстремним износом прираста понови код већег броја стабала на неком ужем или ширем подручју, тада се говори о карактеристичној години (енгл. *pointer years*). Да би се нека година са догађајем у прирасту прогласила карактеристичном за целу популацију, усвојено је да минимално 75% стабала морају показати исти тренд (Eckstein, Bauch 1969). Појава карактеристичних година упоређена је са трендовима у климатским подацима, по угледу на начин описан у Lebourgeois et al. (2004).

6.5.1. Метод интервала тренда

Ако се са $R_{i,t}$ означи ширина прстена прираста формираног код стабла означеног са *i* у години *t* = 1, ..., *T*, онда се за сваки пар суседних година, *t*-1 и *t*, израчунава тзв. индивидуални интервал тренда- $t_{i,t}$ на следећи начин:

$$t_{i,t} = \begin{cases} 1 & R_{i,t} - R_{i,t-1} > 0 \\ 0{,}5\ ako & R_{i,t} - R_{i,t-1} = 0 \\ 0 & R_{i,t} - R_{i,t-1} < 0 \end{cases} \quad (10)$$

Укупан интервал тренда – *IT* за одређену годину *t* у некој популацији од *N* стабала, према Schweingruber-у (1983), одређује се на основу:

$$IT_t = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_{i,t} \quad (11)$$

Теоретски гледано, IT_t може да има вредност 1 када је прираст већи у односу на претходну годину. Када је његова величина 0 тада је прираст константно мањи у односу на прираст остварен у прошлој календарској години. Да би се године са догађајем могла оквалификовати као карактеристична година у позитивном или негативном смислу, неопходно је да се испоље на довољном броју индивидуа, односно да IT_t пређе одређени процентуални износ који је одабран као одговарајући праг. Помоћу износа стандардне девијације је могуће додатно оценити степен изражености, као што је то урађено од стране Стајић-а (2014b).

Поред тога, примењена је и процедура предложена од стране Becker et al. (1994). Аутори су у свом раду применили измењену варијанту метода интервала тренда, где су усвајањем другачијег прага промене, претпоставили да године догађаја имају 10% другачији прираст у односу на претходну сезону. Имајући у виду да се у овом случају не посматра само смер промене прираста у две узастопне вегетационе сезоне, него се у обзир узима и релативан износ осцилација, ова процедура се може сматрати и као својеврсан прелаз између метода интервала тренда и метода релативне оцене промене прираста.

6.5.2. Метод релативне промене раста

За разлику од интервала тренда, методе релативне промене раста се ослањају на аритметичку средину и стандардну девијацију као динамичке индикаторе релативних разлика. Основна идеја приступа који су представили Schweingruber et al. (1990) је да се ширина прстенова прираста у одређеној години, упореди са просечним износима из *n* претходних година:

$$RGC_t(-n) = \frac{R_t}{\bar{R}(-n)} \quad (12)$$

где је

$$\bar{R}(-n) = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} R_{t-k} \quad (13)$$

У зависности да ли су добијени RGC_t износи мањи или већи од 1, у посматраној години *t* је формиран прстен прираста чија је ширина изнад или испод просека у односу на последњих *n* година. По угледу на Schweingruber et al. (1990), овом

приликом је прираст у одређеној години упоређиван са просечном величином прираста у претходне четири године (-*n* = 4). Како би идентификовали године са догађајем у прирасту, Schweingruber et al. (1990) су предложили да се негативним сматрају оне године у којима је прираст најмање 40% мањи од просека претходне четири године (RGC_t ≤ 1-0,4). С друге стране, позитивним догађајима се сматрају прирасти где је RGC_t већи за 60% од средњег износа регистрованог у протекле 4 године (RGC_t ≥ 1+0,6).

6.5.3. Метод нормализације у покретном прозору

Нормализација износа прираста у симетричном покретном филтеру представља један од најчешће коришћених метода детекције карактеристичних година (Jetschke et al. 2019). Заснива се на израчунавању тзв. Кроперових (*C*) индекса (Cropper 1979), који се добијају на основу поређења централних (*t*) са суседним износима прираста у прозорима различите дужине (±*n* година). Одређивање C_t индекса за сваку централну годину у прозору (*t*) подразумева квантификацију одступања прираста посматране године (X_t) у односу на просек суседних *n* година ($\bar{X}_t^{(n)}$), индексирано у односу на стандардну девијацију за исти период ($SD_t^{(n)}$). Стога, C_t представља релативни индикатор ширине и израчунава се помоћу:

$$C_t = \frac{X_t - \bar{X}_t^{(n)}}{SD_t^{(n)}}, \tag{14}$$

где су:

$$\bar{X}_t^{(n)} = \frac{1}{2n+1}\sum_{-n}^{n} X_{t\pm n} \tag{15}$$

и

$$SD_t^{(n)} = \sqrt{\frac{1}{2n}\sum_{-n}^{n}(X_{t\pm n} - \bar{X}_t^{(n)})^2} \tag{16}$$

Да би се постигла симетричност око централног износа, за величину прозора се увек узима непаран број године. С обзиром да се у литератури примењују прозори различите ширине (Cropper 1979; Neuwirth et al. 2007), тестирана је могућност примене прозора састављених од 5, 7 и 13 узастопних величина прираста. С обзиром да се ради о симетричним филтерима, њихова примена подразумева да крајњи делови серија остају непокривени анализом.

Приликом идентификације године догађаја код појединачних стабала, поред три различите ширине филтера, коришћена су и два препоручена прага. Према Cropper-у (1979), година догађаја треба да премаши 0,75 стандардне девијације у прозору. С друге стране, Neuwirth et al. (2007) разликују слабе (C_t > 1), јаке (C_t > 1,28) и екстремне (C_t > 1,645) године догађаја. У склопу метода нормализације у покретном прозору, комбиновањем наведених опција имплементирано је 6 различитих калкулативних варијанти.

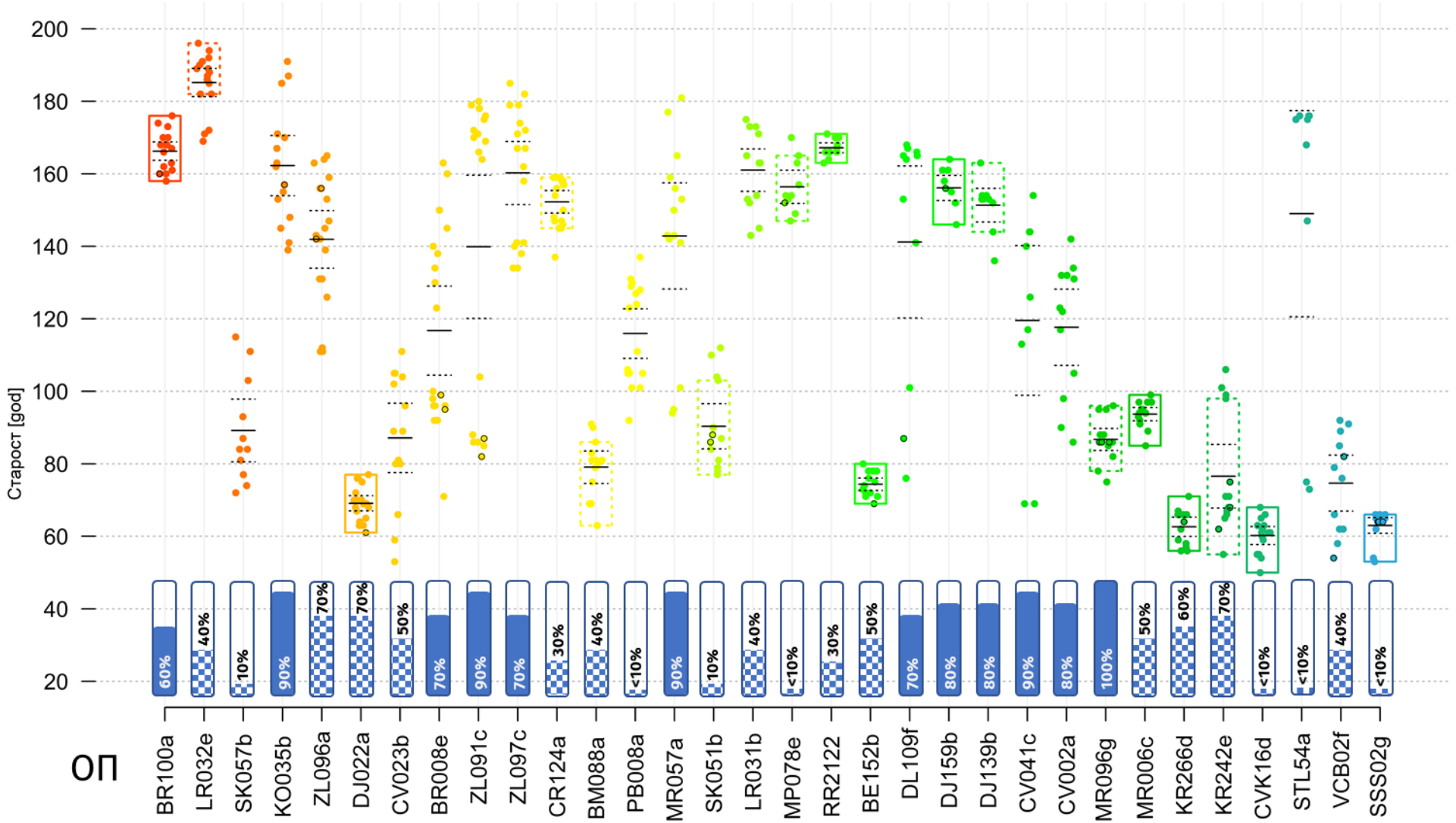
7. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

7.1. Старост стабала на огледним пољима

Старост стабала у великој мери детерминише њихову реакцију на спољне факторе, укључујући и екстремне климатске услове (Vučković, Stajić 2004). Стога, познавање старости стабала може да помогне бољем схватању природе реакције. Ипак, проучавању нумеричких или просторних варијација старости стабала унутар шумских састојина и старости састојина у Србији се у прошлости није поклањало довољно пажње (Kazimirović 2023).

Од 926 извађених извртака из 566 стабала китњака, годови до саме сржи су били видљиви код свега 28 узорака. Код стабала где је извртак погодио срж, старост је одређивана тако што је на укупан број премерених прстенова прираста, придружен и процењени број година неопходан да стабла достигну прсну висину. Уколико извртци нису погодили срж, претходно наведени збир је додатно увећаван за процењени број недостајућих годова одређен методом концентричних кругова. У случају да су извртци пролазили далеко од сржи и да није била могућа реална процена броја годова који фале, таква стабла нису разматрана приликом анализе старости. Овакав приступ представља додатан извор разлика између броја узетих и анализираних узорка, па је на крају старост на ОПа анализирана на основу података прикупљених са 450 извртака. Код стабала где су била узета по два извртка, приликом разматрања старости коришћен је онај са дужим записом, односно извртак који је био ближе или скроз до сржи. Приликом одређивања старосне структуре на нивоу састојина, коришћене су категорије једнодобности, приближне једнодобности и разнодобности (Medarević 2006). У том смислу, мере дисперзије података о старости појединачних стабала на ОПа, биле су од пресудног значаја за квантификовање старосне структуре. Формирање и представљање резултата истраживања старости, реализовано је по угледу на начин презентован од стране Kazimirović-a (2022).

Основни статистички показатељи дистрибуције старости стабала по огледним пољима приказани су на графикону 10 и у табели 3. Детерминисане старости појединачних стабала китњака по огледним пољима су ради једноставнијег разликовања суседних група приказане кружићима различитих боја (графикон 10). Код стабала чија старост је одређена на основу извртака који су погодили срж, кружићи су оивичени црном бојом. Црном хоризонталном линијом представљени су просечни износи старости на огледним пољима (аритметичка средина у табели 9). Интервал поверења у којем се са 95% вероватноће налазе израчунати средњи износи старости, оивичен је испрекиданим линијама црне боје. Горњи и доње странице правоугаоника означавају распон између најмањег и највећег износа старости.



Графикон 10. Дистрибуција старости стабала храста китњака на 32 огледна поља (ОПа) у североисточној Србији. За ближа објашњења ознака погледати текст.

Уколико се све старости налазе у оквиру једног добног разреда (<20 година), састојине су једнодобне и у том случају правоугаоници су оивичени пуном линијом. Код приближно једнодобних састојина, највише 20% од укупног инвентара одступа од граница једног добног разреда (Medarević 2006) и код њих су правоугаоници који означавају добни разред приказани тачкастом ивицом (графикон 10). На огледним пољима која су разнодобна, правоугаоници нису нацртани. Изнад ознака ОПа датих на апсциси, приказан је процентуални удео храста китњака у истраживаним састојинама. Стубићима плаве боје означене су чисте састојине, док су шареном позадином представљене мешовите састојине. Поред тога, приказано је процентуално учешће китњака у укупном броју стабала у састојинама у којима су постављена ОПа (табела 2).

У табели 3 су поред ознака ОПа поновљене информације о мешовитости и уделу китњака, а затим је дат и број стабала која су проучавана приликом анализе старости и број извртака који су погодили срж на сваком истраживаном локалитету. Да би се квантификовала централна тенденција и дисперзија дистрибуције података о старости, у табели су дате информације о аритметичкој средини, стандардној девијацији, забележеним минималним и максималним износима старости појединачних стабала, као и стандардна грешка процене аритметичке средине. У последњој колони наведени су детерминисани типови старосне структуре за свако проучавано огледно поље. У случају приближно једнодобних састојина, просечна старост је дата поред информације о типу структуре. Код једнодобних састојина, просечна старост је идентична аритметичкој средини дистрибуције, па су ови износи додатно подебљани. Иако су дате у табели, мера централне тенденције код разнодобних састојина немају већи значај.

Број стабала који је учествовао у анализи старости ОПа износио је од минималних 9 (CVD41c) до максималних 19 (ZL096a, DJ022a и BR008e). На чак 16 локалитета ниједан узети узорак није погодио центар стабала, док је на њих 8 регистрован по 1 случај. Два и три извртка до сржи су узета на 5 и 2 ОПа. Највише извртака на којима се видела срж, њих 4, узето је на SSS02g. Анализом прикупљених података о старости појединачних стабала утврђено је да једнодобну старосну структуру имају 9 ОПа, док је приближно једнодобна структура идентификована на 8 истраживаних локалитета. Код преосталих 15 ОПа констатована је разнодобна старосна структура.

С обзиром да се ради о врсти светлости, очекивано је било да једнодобна и приближно једнодобна структура буду установљене код највећег дела ОПа. Међутим, очекивана старосна структура је утврђене код тек половине од укупног броја истраживаних локалитета. У оквиру тога, уочљиво је да постоји раслојавање на две старосне групе, где су на по 7 ОПа утврђене просечне старости испод 80 и изнад 150 година. Највећа просечна старост од 189±3,9 година (аритметичка средина±стандардна грешка процене, графикон 10) евидентирана је код приближно једнодобне и мешовите LR032e. С друге стране, код мешовите CVK16d је утврђена најмања просечна старост од 60±2,5 година, док су свега три године већи износи установљени на KR266d (63±2,5) и SSS02g (63±2,2). Овом приликом није уочено да постоји статистички значајна зависност између степена варирања и просечних старости ($r = 0,04$, $p < 0,87$), као што је то нпр. био случај у буковим састојинама (Kazimirović 2022).

Табела 3. Основне карактеристике дистрибуције старости стабала китњака по огледним пољима. Детаљан опис параметара дати су у тексту.

	ОП	Састав састојине	% китњака	Стабала	Извртака до сржи	Аритметичка Средина	Стандардна девијација	Минимално	Максимално	Стандардна грешка	Тип структуре и просечна старост (T [god])	
1	BR100a	чиста	60	17	1	**166**	5.4	158	176	2.5	Једнодобна	
2	LR032e	мешовита	40	17	0	185	8.2	169	196	3.9	Приближно једнод.	**189**
3	SK057b	мешовита	10	11	0	89	14.7	72	115	8.7	Разнодобна	
4	KO035b	чиста	90	15	1	162	16.4	139	191	8.3	Разнодобна	
5	ZL096a	мешовита	70	19	2	142	17.7	111	165	7.9	Разнодобна	
6	DJ022a	чиста	70	19	1	**69**	4.7	61	77	2.1	Једнодобна	
7	CV023b	мешовита	50	14	0	87	18.3	53	111	9.6	Разнодобна	
8	BR008e	чиста	70	19	2	117	27.3	71	163	12.3	Разнодобна	
9	ZL091c	чиста	90	18	2	140	42.8	82	180	19.8	Разнодобна	
10	ZL097c	чиста	70	17	0	160	18.3	134	185	8.7	Разнодобна	
11	CR124a	мешовита	30	18	0	152	6.7	137	159	3.1	Приближно једнод.	**153**
12	BM088b	мешовита	40	13	0	79	8.2	63	91	4.5	Приближно једнод.	**76**
13	PB008a	мешовита	<10	16	0	116	14	92	137	6.8	Разнодобна	
14	MR057a	чиста	90	14	0	143	27.9	94	181	14.6	Разнодобна	
15	SK061b	мешовита	10	14	2	90	11.9	77	112	6.2	Приближно једнод.	**84**
16	LR031b	мешовита	40	13	0	161	10.7	143	175	5.8	Разнодобна	
17	MP078e	мешовита	<10	10	1	156	7.4	147	170	4.6	Приближно једнод.	**154**
18	RR121d	мешовита	30	13	0	**167**	2.5	163	171	1.4	Једнодобна	
19	BE152b	мешовита	50	14	1	**74**	3.3	69	80	1.7	Једнодобна	
20	DL109f	чиста	70	11	1	141	35.5	76	168	21	Разнодобна	
21	DL159b	чиста	80	10	1	**156**	5.6	146	164	3.5	Једнодобна	
22	DL139b	чиста	80	10	0	151	7.5	136	163	4.6	Приближно једнод.	**153**
23	CVD41c	чиста	90	9	0	120	31.6	69	154	20.7	Разнодобна	
24	CVD02a	чиста	80	12	0	118	18.6	86	142	10.5	Разнодобна	
25	MR096g	чиста	100	15	3	87	6	75	96	3	Приближно једнод.	**88**
26	MR006c	мешовита	50	15	0	**94**	3.6	85	99	1.8	Једнодобна	
27	KR266d	мешовита	60	13	1	**63**	4.9	56	71	2.7	Једнодобна	
28	KR242e	мешовита	70	14	3	77	16.8	55	106	8.8	Приближно једнод.	**67**
29	CVK16d	мешовита	<10	15	0	**60**	4.9	50	68	2.5	Једнодобна	
30	STL54a	мешовита	10	9	0	149	43.5	73	176	28.4	Разнодобна	
31	VCB02f	мешовита	40	12	2	75	13.7	54	92	7.7	Разнодобна	
32	SSS02g	чиста	<10	14	4	**63**	4.2	53	66	2.2	Једнодобна	

Када су у питању разнодобне састојине, вреди поменути да се стандардна девијација код њих креће у изузетно широком опсегу. Минималан износ незнатно прелази половину добног разреда и износи 10,7 година (LR031b), а креће се све до огромних 43,5 године (STL54a). Детаљнијим увидом у дистрибуцију старости разнодобних састојина, приметно је постојање два шаблона у варирању. Наиме, релативно равномерне дистрибуције су регистроване на 9/15 ОПа (SK057b, KO035b, ZL096a, CV023b, BR008e, PB008a, LR031b, CVD02a и VCB02f), док је на преосталих 6 ОПа (ZL091c, ZL097c, MR057a, DL109f, CVD41c и STL54a) приметно диференцирање стабала у две групе. Оваква појава донекле може да упућује да се у првом случају ради о стаблимичној мешовитости, која се карактерише разнодобном старосном структуром. У другој ситуацији, разнодобност може бити условљена групимичном просторном структуром састојина. Међутим, установљено је да у оквиру обе разматране групе, има и ОПа која су према подацима из основа газдовања шумама, постављена у чистим састојинама храста китњака. Иако теоријски постоји могућност да се групимична разнодобност евидентира и у чистим и мешовитим састојинама, стаблимична разнодобност у чистим састојинама није својствена врстама светлости које лошије подносе засену у дужим временским периодима. Ипак, приликом разматрања добијених резултата треба имати у виду и чињеницу да преузете информације о саставу важе за ниво целих састојина, те да стога могу у извесној мери „прикрити“ већи степен мешовитости у одређеним деловима. Стога, да би се донели неки конкретнији закључци о просторном варирању старости и њеном односу према мешовитости, приликом оваквих истраживања је неопходно утврдити тачне позиције у простору свих узоркованих стабала китњака, као и позиције свих њима суседних стабала. Такође, за потпуно сагледавање ситуације је поред мапирања позиција потребно и да се прикупе остале информације о расту свих стабала, посебно старост и остварене висине.

7.2. **Емпиријске серије радијалног прираста**

Основне карактеристике измерених (емпиријских) серија радијалног прираста стабала китњака на 32 истраживана локалитета представљене су у табели 4. Као и у претходним табелама, редослед приказивања формиран је на основу календарске године у којој је извршено постављање огледног поља (ОП). Поред већ претходно наведеног броја бушених стабала, за свако ОП наведен је и број серија прираста које су задржане након провере квалитета података премера. Такође, приказан је и временски период (Од-До), који се односи на календарске године у периоду у којима је утврђивана величина прираста. У следећој колони наведен је просечно утврђен број прстенова прираста на анализираним изврцима по огледном пољу. Затим су посебно за све три врсте емпиријских серија радијалног прираста, односно за рано и касно дрво (EW и LW), као и за укупну величине радијалног прираста (RW), дати аритметички средњи износ ($\bar{i}$) и стандардна девијација (SD) измерених величина прираста.

У склопу статистичких показатеља су још приказани и просечни износи средњег степена сензитивитета (MS) и коефицијенти аутокорелације првог реда (AC1). У крајње три колоне дати су параметри којима је вршена евалуација слагања појединачних нормализованих серија радијалног прираста са мастер хронологијом. У ту сврху приказани су износи коефицијента упоредности низања величина

прираста (Glk), коефицијента интерсеријске корелације (r_{xy}) и износи t-тест вредности (t_{bp}).

Табела 4. Основне карактеристике емпиријских серија прираста китњака по огледним пољима. Детаљан опис параметара и значење скраћеница дати су у тексту.

Огледна поља		Стабала	Серија	≥ 5 величина радијалног прираста			Просечно за све серије							
							Статистички показатељи					Слагање са мастер хронологијом		
				Од	До	Број година	Врста серије	$\bar{i}$	SD	AC1	MS	Glk_{xy}	r_{xy}	t_{bp}
1	BR100	20	38	1848	2013	157	EW	0,46	0,16	0,44	0,26	0,55	0,34	1,69
							LW	0,89	0,64	0,64	0,37	0,68	0,69	7,07
							RW	1,35	0,71	0,70	0,26	0,71	0,74	8,42
2	LR032e	20	38	1830	2013	184	EW	0,45	0,15	0,33	0,30	0,55	0,30	1,41
							LW	0,82	0,48	0,56	0,37	0,66	0,68	6,73
							RW	1,27	0,54	0,62	0,25	0,70	0,74	8,48
3	SK057b	20	38	1905	2013	82	EW	0,51	0,18	0,31	0,31	0,53	0,18	0,48
							LW	1,60	0,99	0,57	0,39	0,73	0,70	5,41
							RW	2,11	1,07	0,61	0,30	0,73	0,72	6,01
4	KO035b	19	38	1837	2013	148	EW	0,45	0,16	0,32	0,32	0,55	0,33	1,63
							LW	0,89	0,60	0,55	0,41	0,68	0,67	6,26
							RW	1,34	0,66	0,58	0,30	0,70	0,73	7,95
5	ZL096a	20	38	1857	2013	128	EW	0,42	0,14	0,30	0,29	0,56	0,30	1,33
							LW	0,86	0,56	0,58	0,38	0,72	0,73	7,11
							RW	1,28	0,61	0,60	0,28	0,76	0,79	9,00
6	DJ022a	20	40	1942	2013	62	EW	0,54	0,19	0,23	0,32	0,55	0,29	0,83
							LW	1,62	0,83	0,47	0,38	0,75	0,78	6,22
							RW	2,16	0,88	0,48	0,30	0,75	0,80	6,65
7	CV023b	19	37	1913	2013	77	EW	0,47	0,17	0,38	0,30	0,54	0,24	0,77
							LW	1,31	0,94	0,62	0,40	0,68	0,62	4,14
							RW	1,78	1,03	0,65	0,31	0,69	0,65	4,64
8	BR008e	22	38	1862	2013	111	EW	0,45	0,16	0,34	0,30	0,54	0,23	0,76
							LW	1,11	0,66	0,53	0,40	0,70	0,62	5,52
							RW	1,56	0,72	0,57	0,30	0,73	0,74	6,64
9	ZL091c	20	38	1845	2013	129	EW	0,40	0,16	0,37	0,31	0,53	0,21	0,73
							LW	1,06	0,61	0,57	0,37	0,68	0,64	5,57
							RW	1,46	0,67	0,62	0,28	0,69	0,71	6,20
10	ZL097c	19	36	1843	2013	148	EW	0,40	0,16	0,35	0,32	0,53	0,18	0,66
							LW	0,96	0,58	0,61	0,36	0,67	0,61	5,58
							RW	1,36	0,64	0,66	0,27	0,69	0,67	6,42
11	CR124a	18	35	1855	2013	152	EW	0,59	0,23	0,34	0,23	0,56	0,37	2,05
							LW	1,16	0,74	0,57	0,41	0,70	0,67	6,74
							RW	1,75	0,89	0,65	0,29	0,70	0,69	7,17
12	BM088b	20	36	1938	2017	67	EW	0,65	0,21	0,22	0,31	0,52	0,15	0,36
							LW	1,76	0,84	0,59	0,30	0,66	0,60	3,63
							RW	2,41	0,88	0,62	0,22	0,67	0,68	4,14
13	PB008a	20	39	1892	2018	101	EW	0,44	0,16	0,30	0,33	0,54	0,24	0,77
							LW	1,23	0,71	0,50	0,41	0,72	0,69	5,28
							RW	1,67	0,76	0,54	0,32	0,74	0,72	6,08
14	MR057a	22	44	1849	2018	133	EW	0,44	0,16	0,37	0,32	0,53	0,23	0,75
							LW	1,11	0,65	0,56	0,37	0,68	0,66	5,62
							RW	1,55	0,70	0,60	0,28	0,71	0,71	6,69
15	SK061b	18	35	1900	2019	88	EW	0,43	0,16	0,31	0,32	0,53	0,17	0,50
							LW	1,47	0,92	0,48	0,45	0,76	0,74	6,52
							RW	1,90	0,97	0,50	0,36	0,77	0,77	7,24

	Огледна поља	Стабала	Серија	≥ 5 величина радијалног прираста			Просечно за све серије						
							Статистички показатељи					Слагање са мастер хронологијом	
				Од	До	Број годова	Врста серије	$\bar{i}$	SD	AC1	MS	Glk_{xy}	r_{xy}	t_{bp}
16	LR031b	15	30	1851	2019	150	EW	0,38	0,13	0,31	0,30	0,53	0,21	0,84
							LW	0,89	0,58	0,59	0,39	0,69	0,72	7,59
							RW	1,27	0,62	0,64	0,28	0,71	0,75	8,63
17	MP078e	14	28	1859	2019	144	EW	0,35	0,13	0,38	0,28	0,54	0,23	0,99
							LW	0,71	0,47	0,56	0,41	0,72	0,68	7,75
							RW	1,06	0,52	0,60	0,29	0,73	0,75	8,16
18	RR121d	14	24	1857	2019	143	EW	0,42	0,14	0,45	0,27	0,55	0,24	1,07
							LW	0,97	0,56	0,58	0,38	0,69	0,67	6,10
							RW	1,39	0,61	0,62	0,28	0,69	0,70	6,90
19	BE152b	15	28	1947	2019	68	EW	0,64	0,21	0,21	0,31	0,54	0,19	0,44
							LW	1,47	0,78	0,55	0,35	0,70	0,70	4,87
							RW	2,11	0,85	0,55	0,27	0,69	0,70	4,84
20	DL109f	13	13	1856	2021	136	EW	0,46	0,16	0,40	0,29	0,56	0,16	0,79
							LW	0,89	0,58	0,66	0,38	0,66	0,51	4,12
							RW	1,35	0,65	0,71	0,25	0,71	0,60	5,61
21	DL159b	14	14	1859	2021	145	EW	0,39	0,12	0,38	0,27	0,56	0,22	1,08
							LW	0,62	0,42	0,61	0,38	0,66	0,58	4,89
							RW	1,01	0,49	0,66	0,25	0,70	0,66	6,47
22	DL139b	15	15	1864	2021	136	EW	0,41	0,14	0,40	0,28	0,57	0,19	0,88
							LW	0,72	0,56	0,61	0,41	0,69	0,62	5,25
							RW	1,13	0,63	0,66	0,28	0,71	0,67	6,44
23	CVD41c	13	13	1869	2021	115	EW	0,50	0,19	0,49	0,29	0,56	0,16	0,58
							LW	1,13	0,75	0,50	0,46	0,69	0,50	4,45
							RW	1,63	0,84	0,57	0,33	0,71	0,59	4,91
24	CVD02a	16	16	1894	2021	107	EW	0,45	0,15	0,35	0,30	0,57	0,24	1,07
							LW	1,08	0,74	0,59	0,43	0,68	0,60	4,33
							RW	1,53	0,81	0,60	0,33	0,68	0,63	4,82
25	MR096g	17	17	1936	2021	80	EW	0,55	0,20	0,37	0,30	0,56	0,28	1,04
							LW	1,44	0,83	0,53	0,39	0,72	0,71	5,73
							RW	1,98	0,89	0,58	0,29	0,72	0,76	6,76
26	MR006c	17	17	1930	2021	84	EW	0,62	0,20	0,31	0,28	0,56	0,22	0,71
							LW	1,38	0,76	0,48	0,42	0,75	0,79	7,08
							RW	2,01	0,81	0,52	0,29	0,76	0,80	7,84
27	KR266d	17	17	1958	2021	59	EW	0,62	0,20	0,37	0,27	0,59	0,30	0,97
							LW	1,73	1,19	0,64	0,39	0,80	0,78	6,11
							RW	2,35	1,28	0,67	0,29	0,83	0,82	7,31
28	KR242e	18	18	1927	2021	74	EW	0,49	0,19	0,32	0,33	0,58	0,30	1,27
							LW	1,37	0,97	0,55	0,46	0,76	0,74	6,10
							RW	1,86	1,05	0,61	0,35	0,78	0,78	7,18
29	CVK16d	15	15	1962	2021	56	EW	0,59	0,25	0,30	0,33	0,58	0,24	1,06
							LW	2,12	1,11	0,60	0,30	0,74	0,63	3,66
							RW	2,71	1,19	0,65	0,24	0,73	0,65	3,69
30	STL54a	13	13	1850	2021	143	EW	0,38	0,14	0,27	0,34	0,57	0,24	1,17
							LW	0,83	0,49	0,53	0,38	0,70	0,64	5,71
							RW	1,21	0,54	0,55	0,29	0,73	0,72	7,17
31	VCB02f	13	13	1937	2021	70	EW	0,52	0,22	0,32	0,36	0,59	0,22	1,34
							LW	1,44	0,86	0,62	0,36	0,68	0,52	3,63
							RW	1,96	0,95	0,65	0,28	0,72	0,57	4,19
32	SSS02g	14	14	1958	2021	60	EW	0,61	0,22	0,31	0,32	0,58	0,21	0,57
							LW	1,86	1,10	0,64	0,35	0,71	0,69	4,58
							RW	2,47	1,17	0,69	0,27	0,71	0,72	4,79

По проучаваним ОП узорковано између 13 и 22 стабла, на основу којих је успостављено између 13 и 44 серија прираста. Најдужи низ годова забележен на више од 5 извртака утврђен је на ОП LR032e и износи 184 године (1830-2013). Најкраћи период са више од пет величина прираста евидентиран је на CVK16d и износи 56 година (период од 1962. до 2021. године). Истовремено на овом ОП регистрована је и најкраћа просечна дужина појединачних серија прираста од свега 56 година у низу. С друге стране, најдужа просечна серија од 165 годова забележена је на LR032e.

Највећа просечна величина прираста (RW=2,71 mm) и прираста касног дрвета (LW=2,12 mm) евидентирана је на CVK16d. Високи емпиријски износи ових прираста су донекле и очекивани, јер се ради о најмлађој састојини у узорку, у којој још увек није дошло до значајнијег опадања прираста, што је неизбежан тренд условљен старењем. С друге стране, код једне од најстаријих састојина (DL159b), регистровани су најмање величине прираста (RW=1,01 mm и LW=0,62 mm, у просеку). Просечни износи прираста раног дрвета (EW), укупно посматрано, варирају у релативно уском опсегу, између минималних 0,36 mm (MP078e) и максималних 0,65 mm (BM088b). Величине стандардне девијација (SD) износе од 0,12 (DL159b) до 0,25 (CVK16d). Када је у питању стандардна девијација прираста раног и касног дрвета, величине по ОПа су значајно веће у односу на рану зону, а међусобно су сличне. Код RW величине SD износе од 0,49 (DL159b) до 1,28 (KR266d), а слични износи евидентирани су и код LW, где SD на истим ОПа варира између 0,42 и 1,19.

Изражено присуство аутокорелације првог реда (AC1) утврђено је код укупне величине прираста (RW) и прираста касног дрвета (LW), док је код раног дрвета евидентирана нешто мања зависност величина прираста ове компоненте года у узастопним годинама. Максимални износи AC1 код RW и LW забележени су на DL109f ($AC1_{RW}$=0,71; $AC1_{LW}$=0,66), док су минималне величине коефицијента утврђене на DJ022a ($AC1_{RW}$=0,48; $AC1_{LW}$=0,47). Код прираста ране зоне дрвета коефицијент AC1 износи у опсегу од 0,21 (BE152b) до 0,45 (RR121d).

Супротно од начина варирања код претходно анализираних параметара, средњи степен сензитивитета (MS) открива да величине прираста LW значајно више осцилирају у поређењу са величинама прираста EW и RW, који међусобно показују сличан начин варирања. Код LW су забележене серије са максималним и минималним величинама MS од 0,30-0,46 (CVK16d - KR242e). Ти износи су значајно виши у односу на EW и RW, где је евидентиран готово идентичан опсег варирања износа MS параметра: 0,23-0,36 (CR124a - VCB02f) и 0,22-0,36 (BM088b-SK061b).

Слагање нормализованих серија са мастер хронологијом за све три врсте емпиријских података евалуирано је израчунавањем параметара Glk_{xy}, r_{xy}, и t_{bp}. Добијени резултати послужили су за додатно пречишћавање узорка, које је подразумевало да са приликом спровођења поступка синхронизације из даље анализе уклоне серије са ниским укупним или сегментним износима наведених параметара. На тај начин додатно је хомогенизован заједнички сигнал на свим истраживаним ОПа, што је представља основ за проучавање стварне природе реакција стабала китњака на промене овде анализираних климатских елемената.

Да су у преосталим серијама прираста LW и RW у дефинитивном узорку присутни заједнички трендови прираста у задовољавајућој мери, потврђују и величине параметара Glk_{xy}, r_{xy} и t_{bp} (табела 4). Евидентно је да су добијени резултати значајно већи од оријентационих и широко прихваћених минималних износа

неопходних за спровођење дендрохронолошких и дендроклиматолошких истраживања. На пример, минималне величине Glk_{xy} су значајно изнад, у литератури опште прихваћеног, прага од 0,60 (Grissino-Mayer 2001). Код LW и RW, Glk_{xy} износе од 0,66 и 0,67 (BM088b), па чак до 0,80 и 0,83 (KR266d). Износи r_{xy} су, такође, изнад границе од 0,50 и то за LW од 0,51-0,79 (DL109f - MR006c) и RW од 0,57-0,82 (VCB02f - KR266d).

Када се кроз t_{bp} обједињено посматрају корелација и број корелираних износа, евидентно је да серије RW и LW и, које су задржане након филтрирања узорка, у просеку имају износе изнад прихваћеног прага од 3,5 (Baillie, Pilcher 1973). Укупно посматрано, највећи износи код сва три наведена коефицијента детерминисани на KR266d, док најслабије изражено слагање серија евидентирано на DL109f.

За разлику од израженог степена слагања прираста LW и RW, код прираста EW ситуација је у потпуности супротна. Износи сва три анализирана параметра слагања су значајно испод величина које су усвојене као минимални прагови. Тако Glk_{xy} за EW износи 0,53-0,59 (BM088b- KR266d), r_{xy} се креће од свега 0,15 (BM088b) до 0,37 (CR124a), а t_{bp} између 0,36 (BM088b) и 2,05 (CR124a). Евидентно је да добијени резултати указују да у овом делу укупног радијалног прираста није изражена довољна заједничка реакција стабала на промену услова за раст.

7.3. **Станишне хронологије прираста**

Најважније карактеристике резидуалних хронологија укупног радијалног прираста (RW), прираста раног (EW) и прираста касног дрвета (LW) по проучаваним ОПа приказане су на графиконима 11-42. Због прегледности и упрошћавања текста, али и његове јасноће, у даљем навођењу неће се више помињати термин "резидуална" хронологија, већ само хронологија.

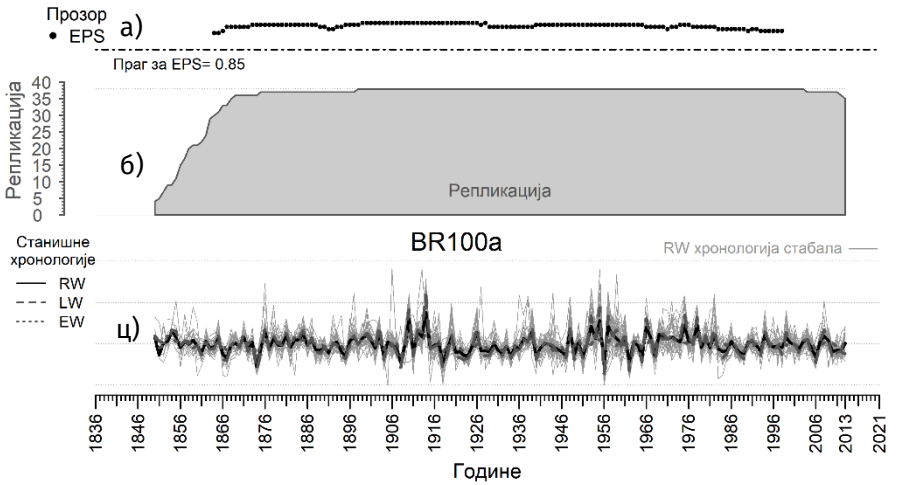
Формиране хронологије представљају серије индекса прираста, које се због начина упросечавања називају и локалним или мастер хронологијама. С обзиром да су ове просечне хронологије јединствене за свако ОП и одражавају динамику раста у специфичним еколошким условима, поменуте хронологије се често називају и станишним. У сврху ефективнијег приказа и ефикасније анализе добијених резултата сви графикони имају идентичан изглед, који је састављен од три вертикално интегрисана дела означена са а), б) и ц). У централном делу сваког од графикона јасно је видљива ознака огледног поља.

У односу на серије радијалног прираста, дужине хронологија усклађене су са степеном израженост популационог сигнала (EPS). За све графиконе успостављена је униформна апсциса за календарски период од 1836. до 2021. године, што је уједно и временска секвенца коју покривају најдужа и најкраћа формирана хронологија. У складу са максималним износима прираста формирана је и униформна ордината, која се карактерише скалом од 0 до 3 и позиционирана је на десној страни графикона. У доњем делу графикона (под ц) су црном пуном, испрекиданом и истачканом линијом приказане станишне хронологије RW, EW и LW. У позадини све три врсте станишних хронологија, сивом бојом су представљене RW хронологије свих појединачних стабала на ОП.

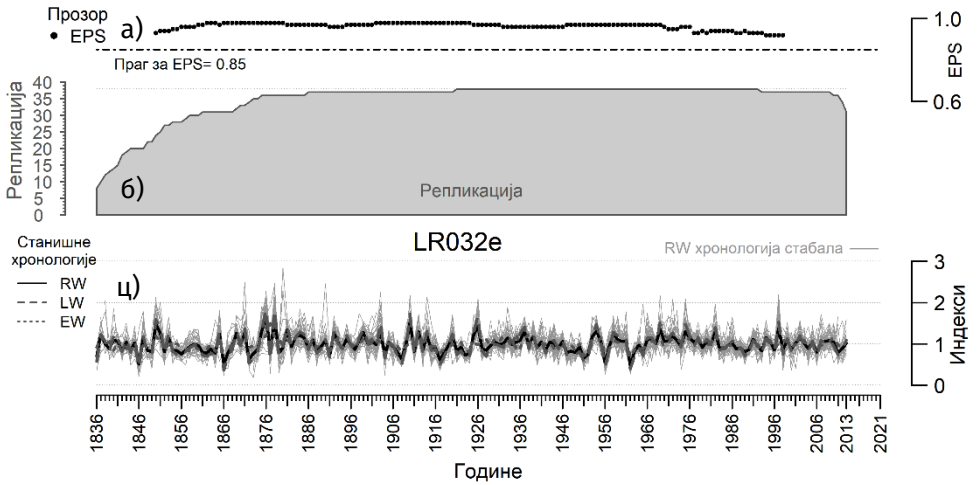
Да би се додатно окарактерисала промена броја анализираних индекса прираста по календарским годинама, у делу графикона под б је) представљена

репликација узорка помоћу сиво обојеног полигона неправилног облика. Спољне контуре у горњем делу полигона, одражавају промену броја узрока у односу на сиво обојену ординату која се налази са леве стране. Јединствена скала са поделом на сваких 5 мерења за посматрану годину формирана је на основу максималне репликације узорка. Да би се лакше уочила максимална репликација, сивом истачканом линијом спојен је врх полигона и ордината. Евидентно је да се максимална репликација узорка креће између минималних 5 и максималних 44 индекса по календарској години.

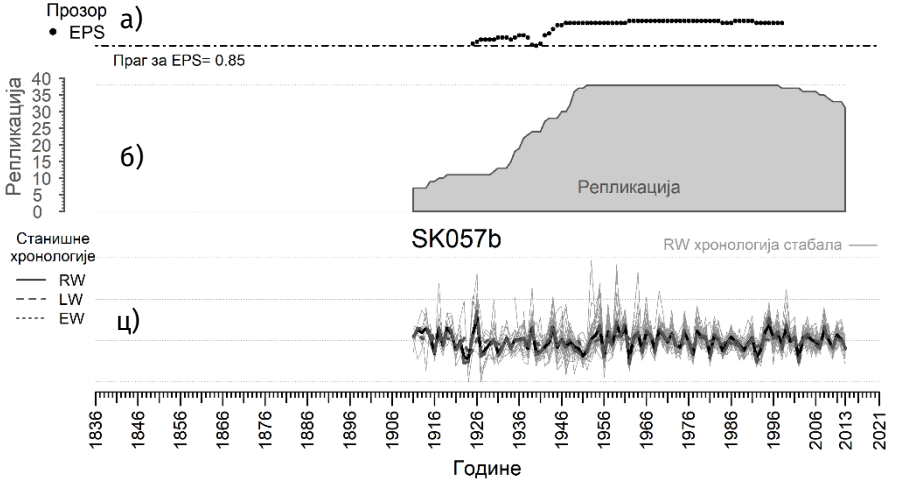
Степен изражености популационог сигнала (EPS) за RW хронологије, приказан је у горњем делу графикона под а). Свака тачка представља износ EPS утврђеног у сегментима ширине 30 година, а позиционирана је на средишњу годину у оквиру обухваћеног периода. У сврху свеобухватне анализе промене заједничког сигнала појединачних стабала, успостављени сегменти су од почетка до краја хронологије померани за по једну годину. На тај начин је омогућено да се анализира промена степена изражености популационог сигнала кроз време. Јединствена скала износа EPS приказана је на десној страни и креће се од 0,6 до 1,0. Црном линијом која се састоји из узастопне смене тачака и црта, представљена је позиција опште прихваћеног прага EPS од 0,85 (Cook, Kairiukstis 1990; Stajić et al. 2018). Да би се заједнички сигнал у хронологијама окарактерисао као довољно изражен и погодан за дендроклиматолошка истраживања, неопходно је да EPS има стабилне износе који су константно изнад дефинисаног прага. У контексту временске стабилности сигнала посебно су критични најстарији делови хронологија, где услед опадања репликације узорка најчешће долази и до слабљења EPS-а. Стога, из успостављених станишних хронологија уклоњени су делови у којима EPS није довољно изражен, што условљава појаву разлика у максималним дужинама код емпиријских серија и хронологија радијалног прираста.



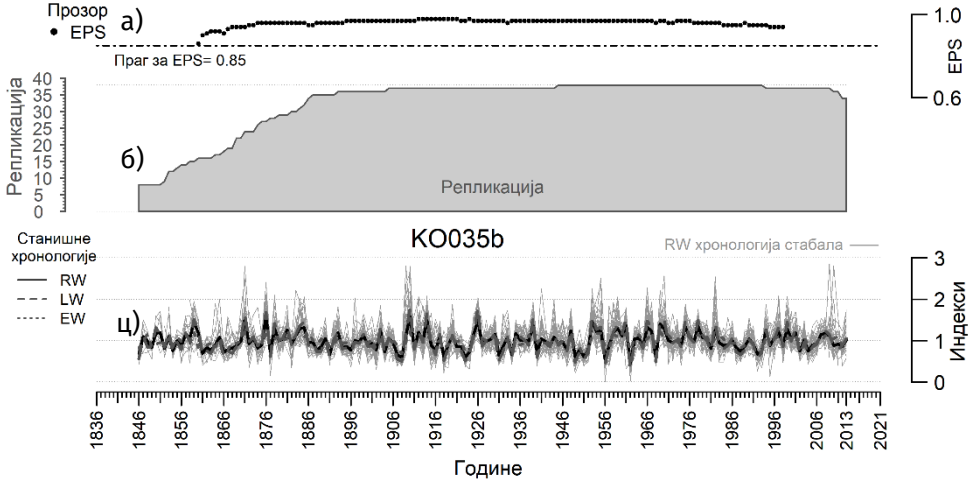
Графикон 11. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BR100a.



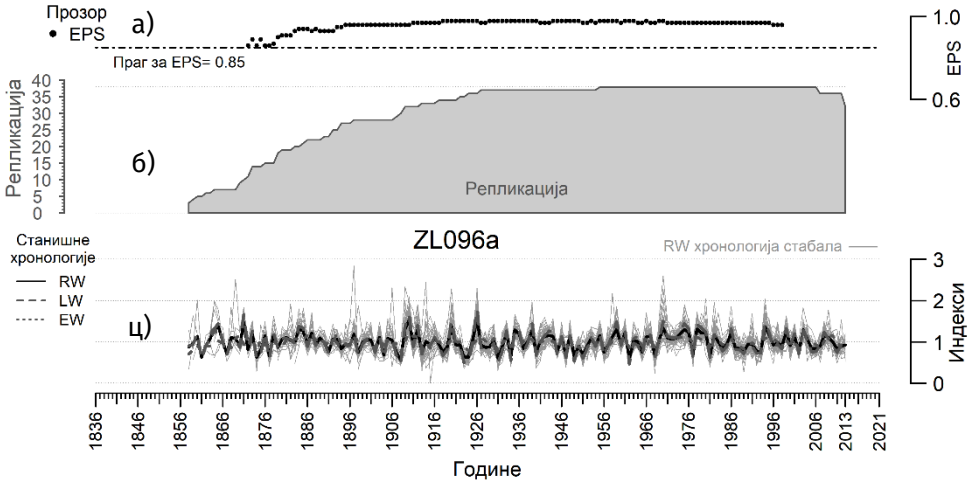
Графикон 12. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП LR032e.



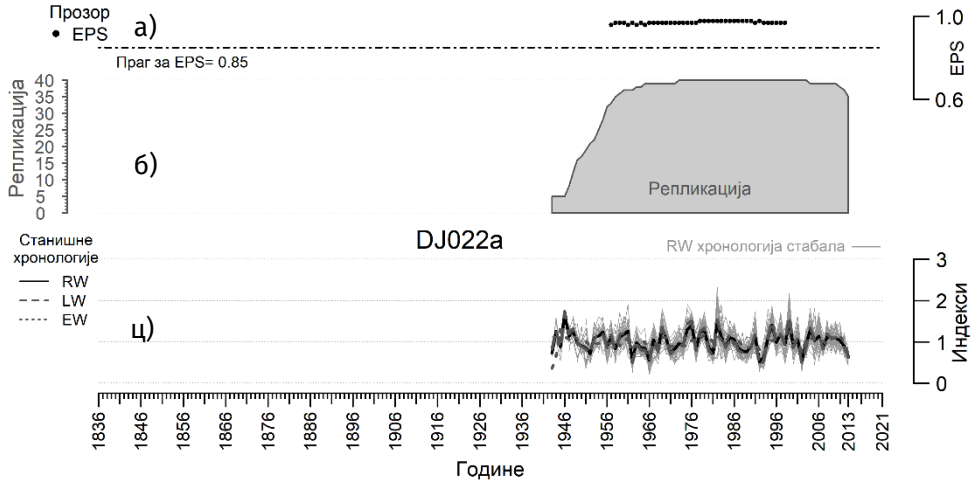
Графикон 13. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП SK057b.



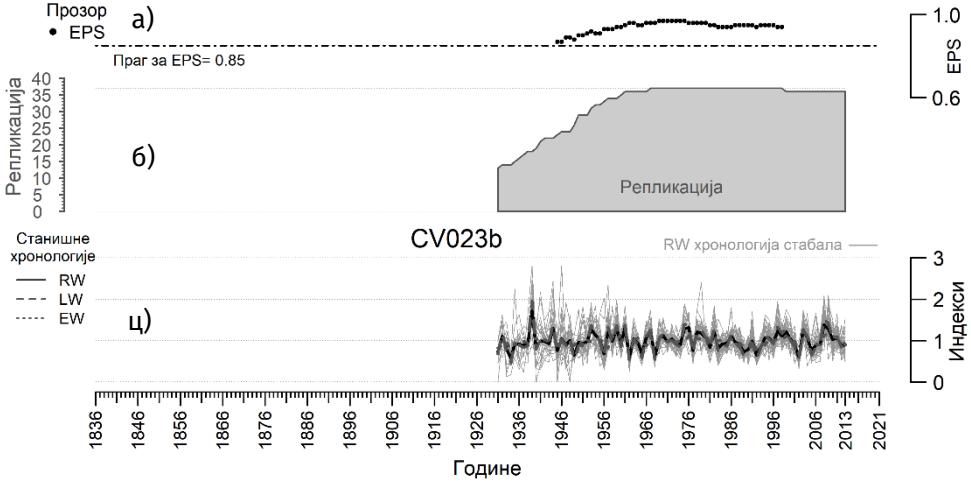
Графикон 14. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП KO035b.



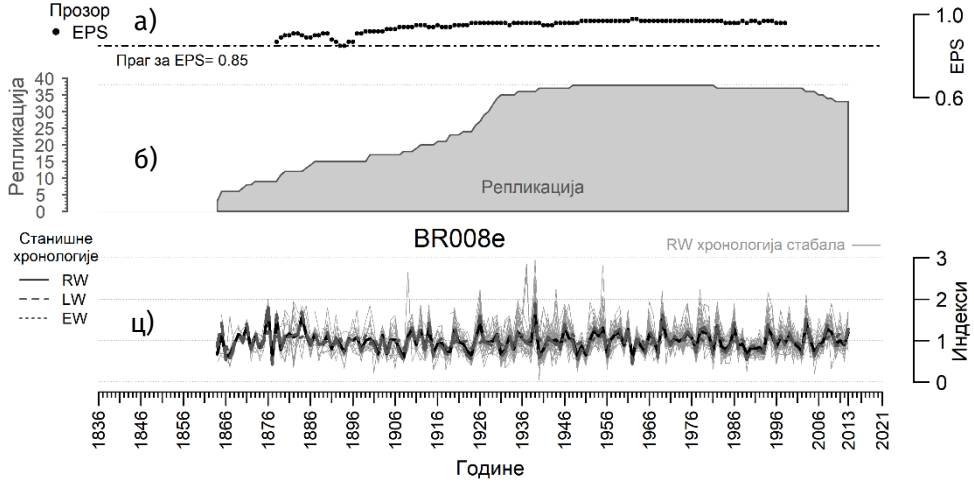
Графикон 15. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП ZL096a.



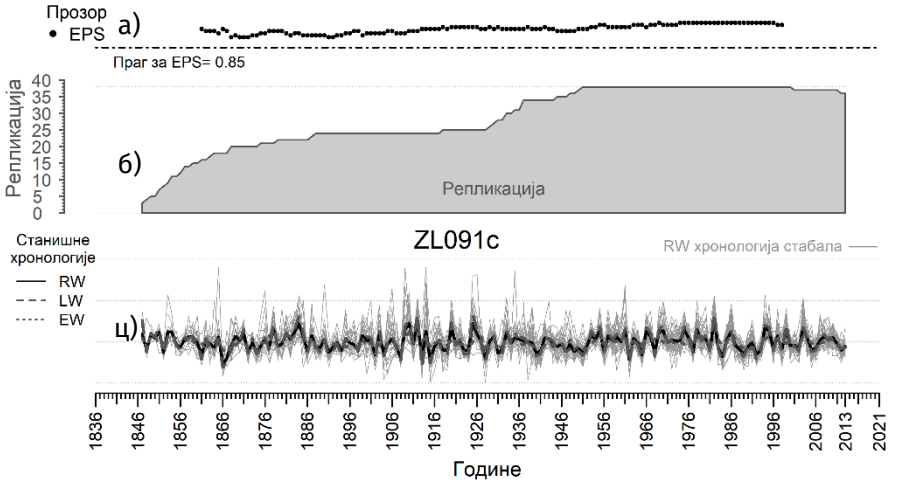
Графикон 16. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DJ022a.



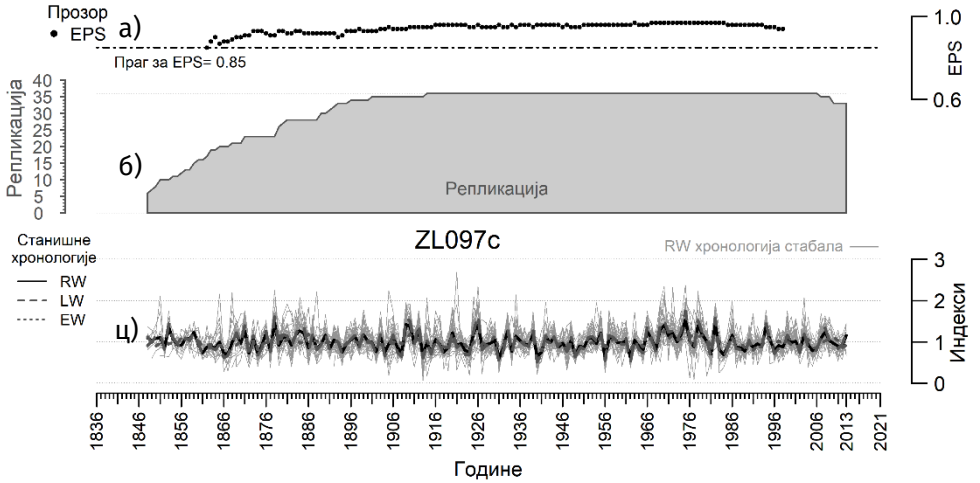
Графикон 17. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CV023b.



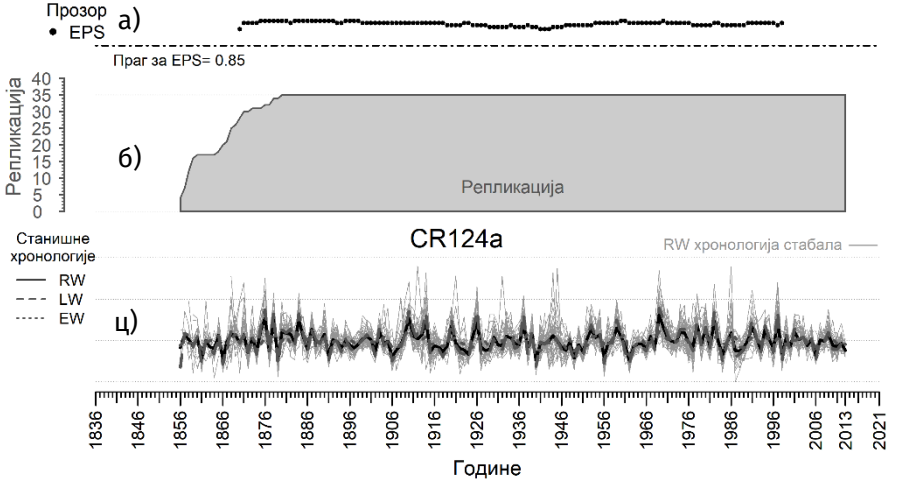
Графикон 18. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BR008e.



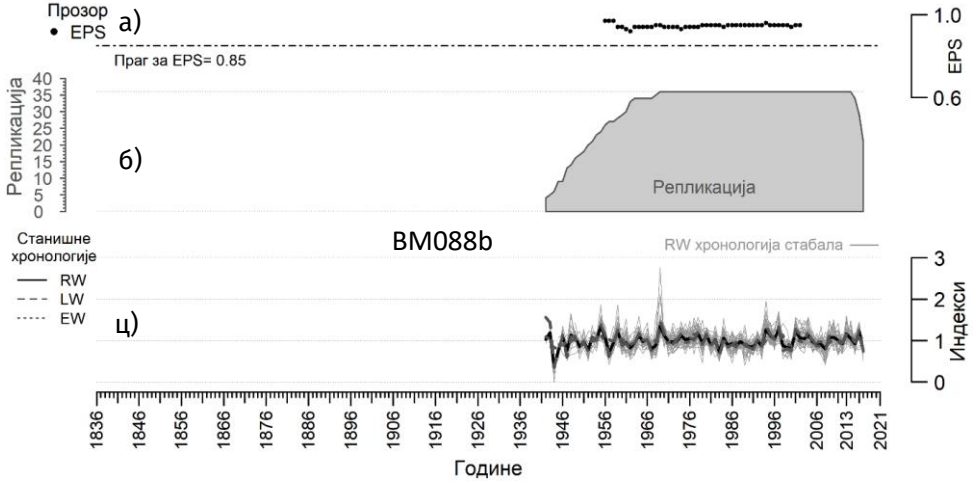
Графикон 19. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП ZL091c.



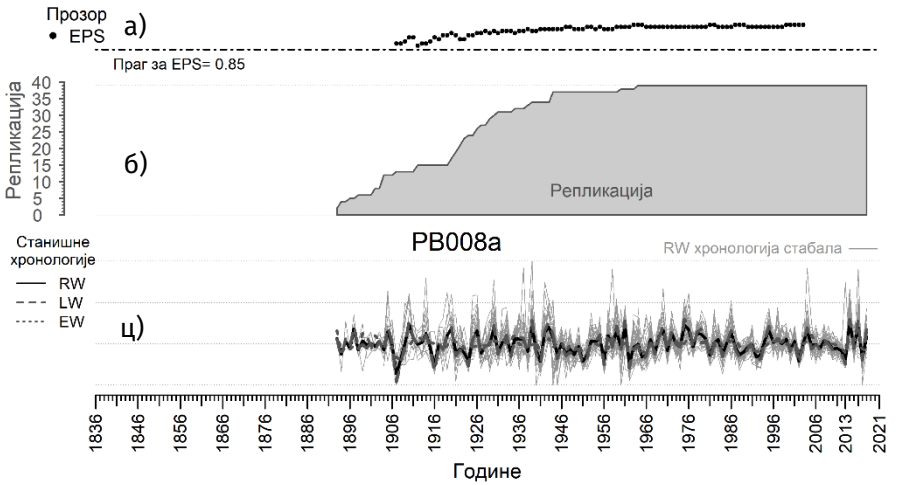
Графикон 20. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП ZL097c.



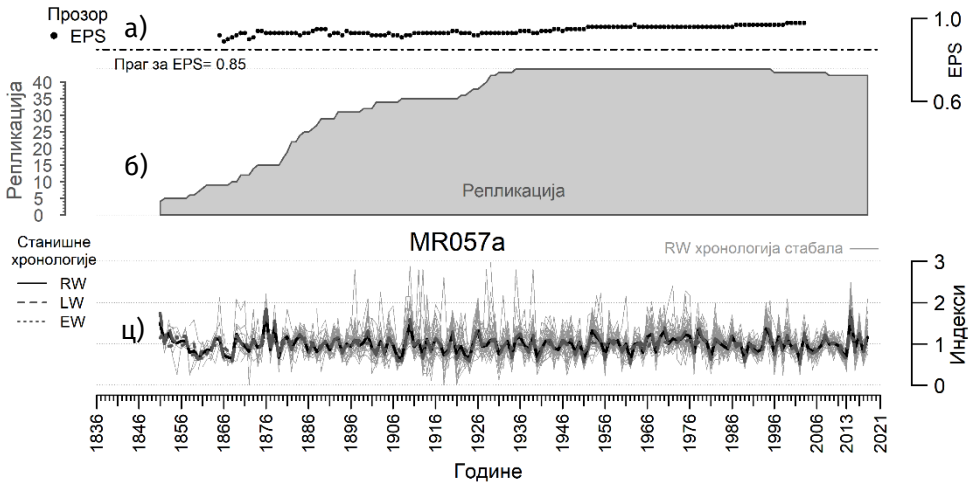
Графикон 21. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CR124a.



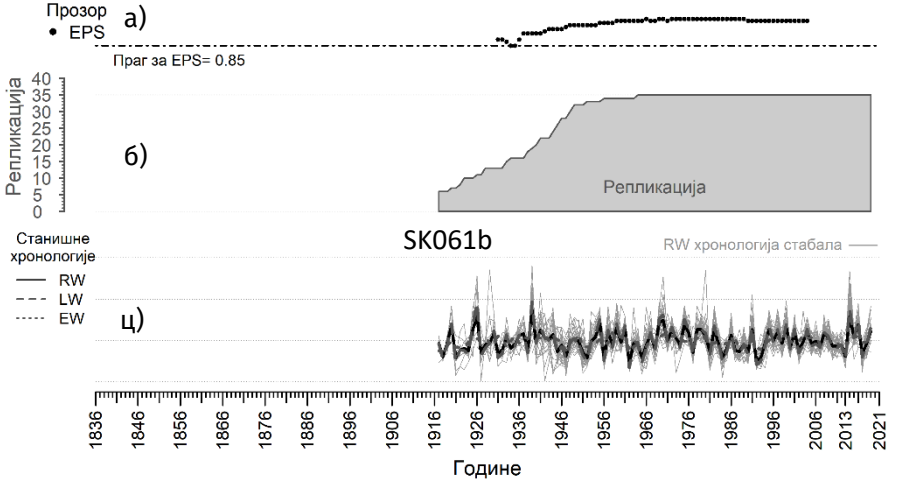
Графикон 22. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BM088b.



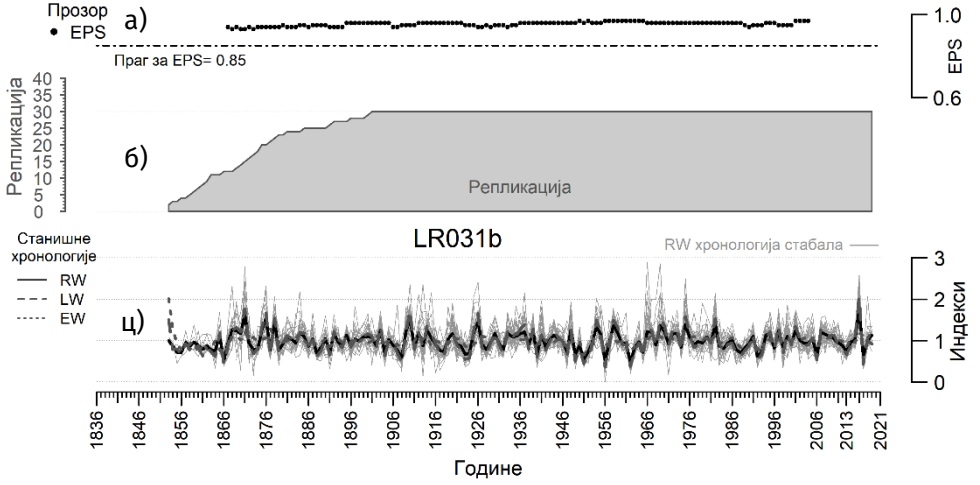
Графикон 23. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП PB008a.



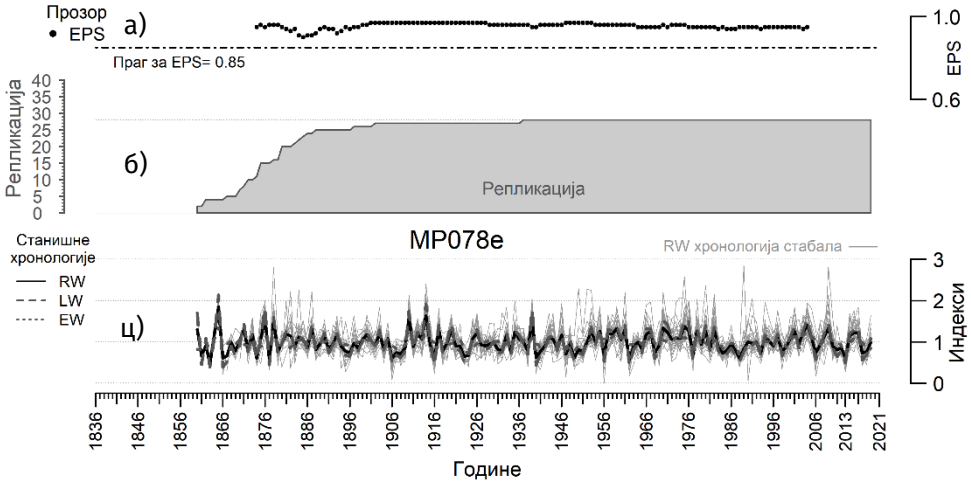
Графикон 24. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MR057a.



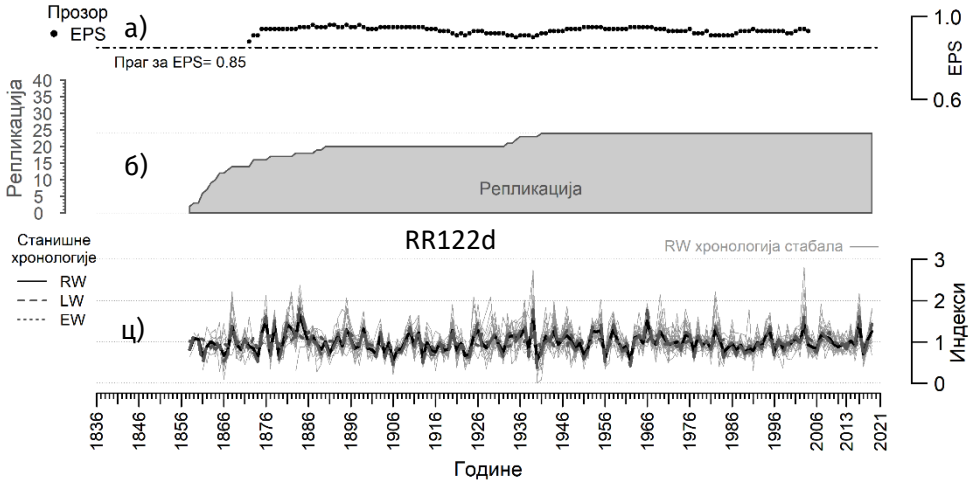
Графикон 25. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП SK061b.



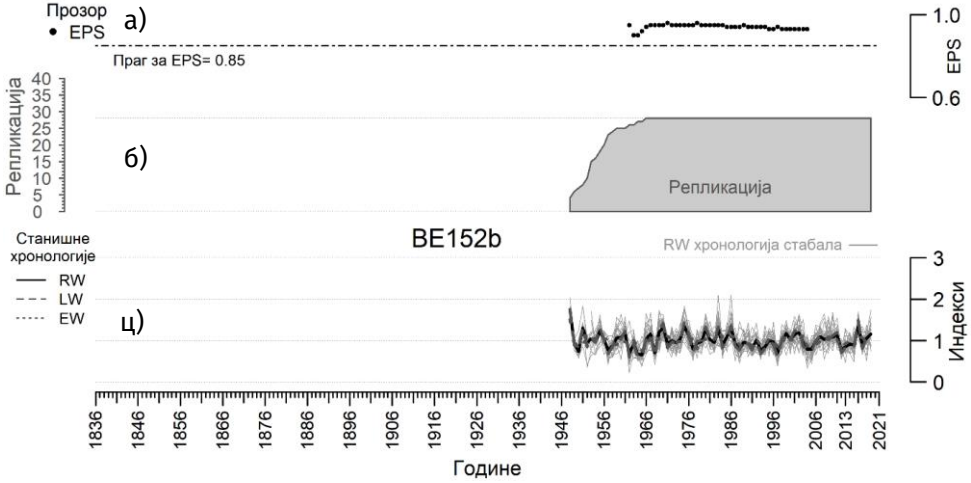
Графикон 26. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП LR031b.



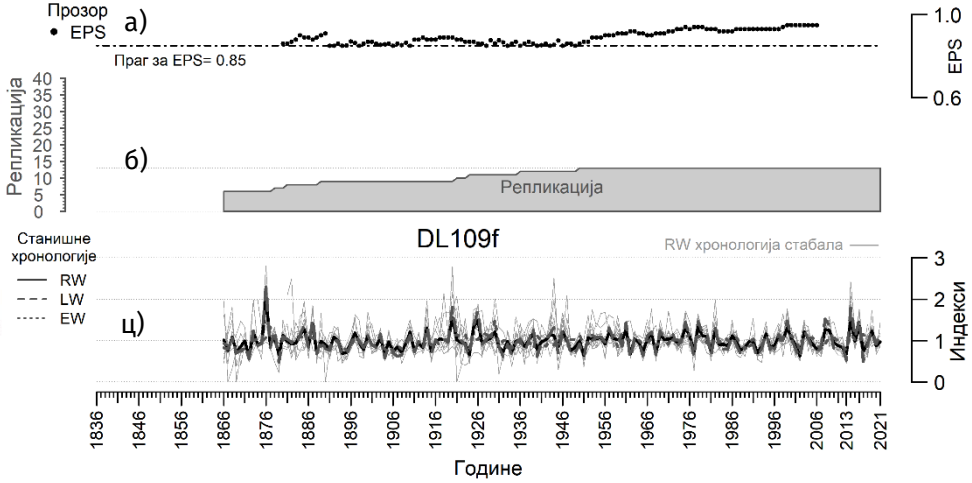
Графикон 27. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MP078e.



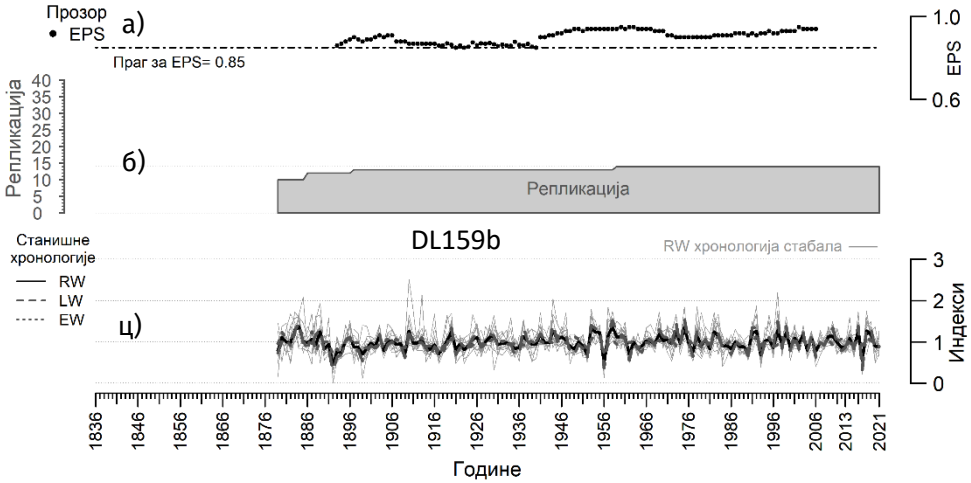
Графикон 28. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП RR122d.



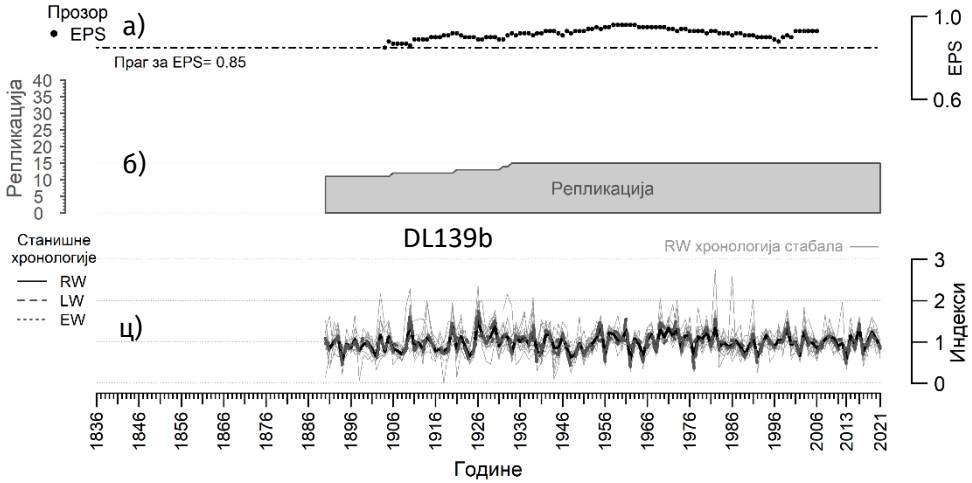
Графикон 29. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП BE152b.



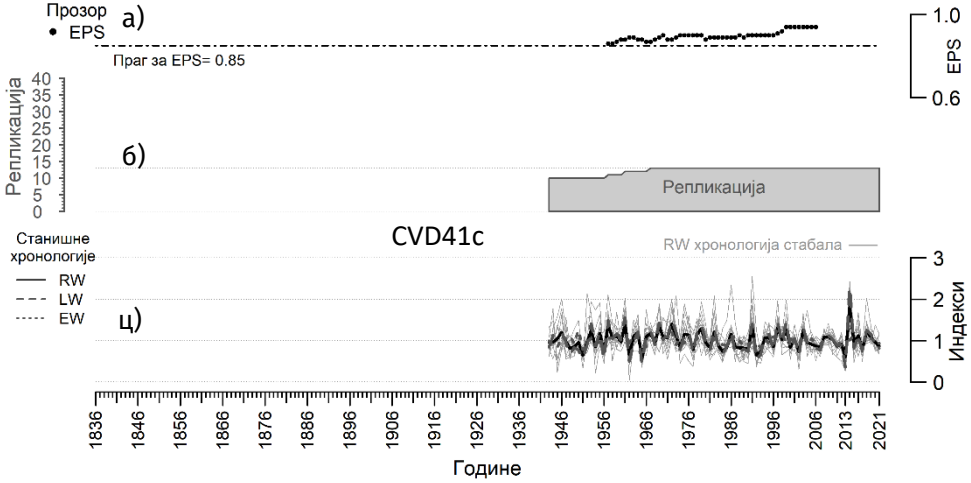
Графикон 30. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DL109f.



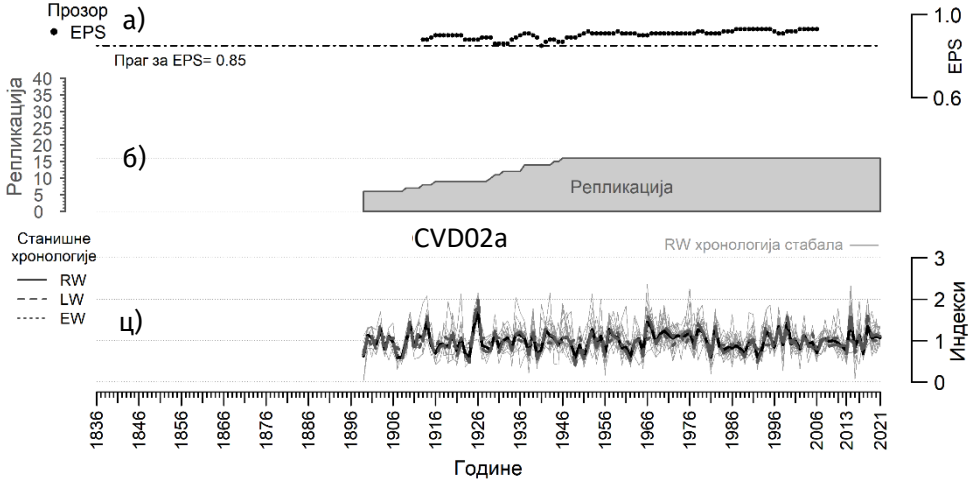
Графикон 31. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DL159b.



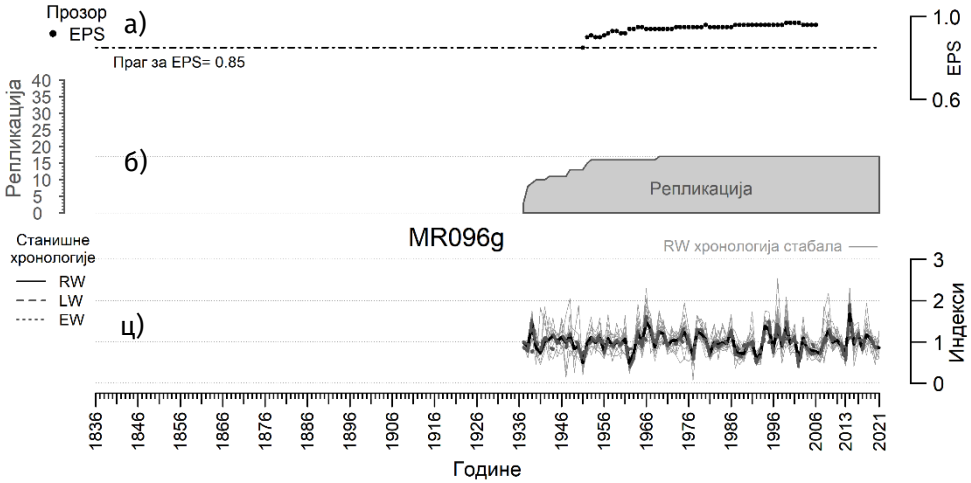
Графикон 32. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП DL139b.



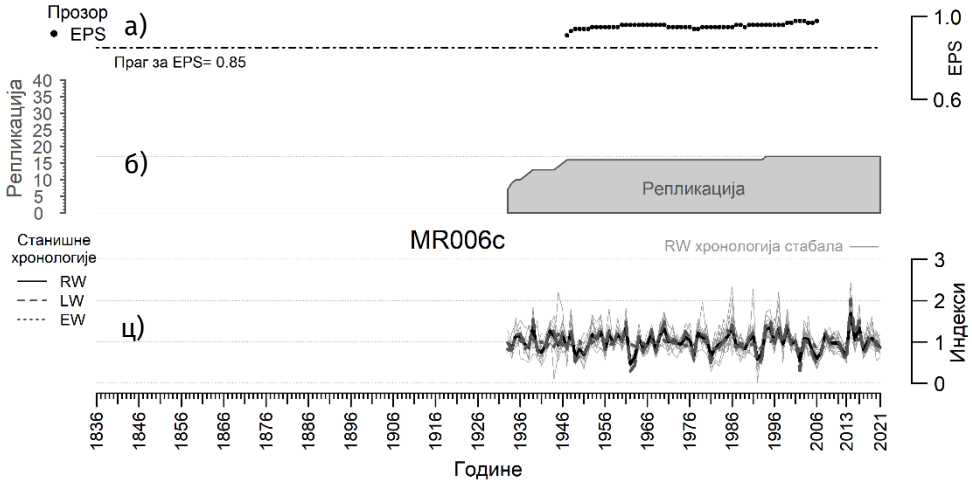
Графикон 33. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CVD41c.



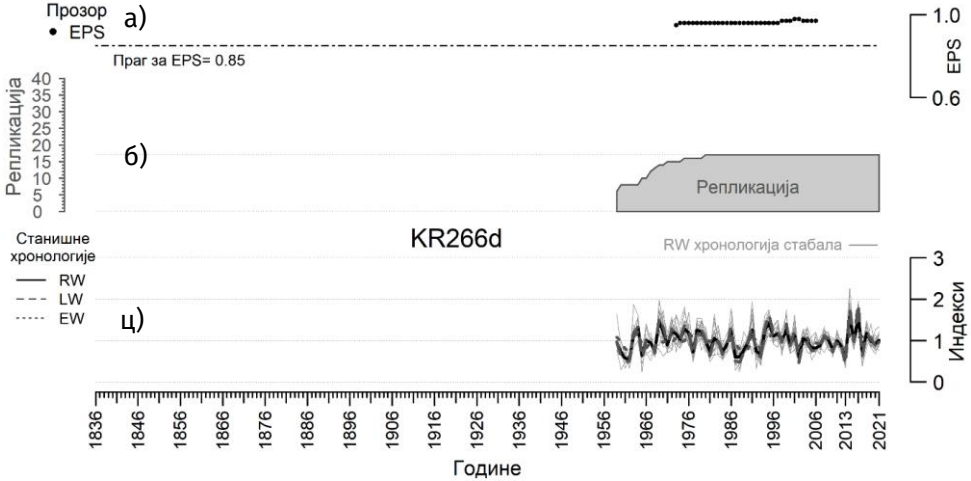
Графикон 34. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CV002a.



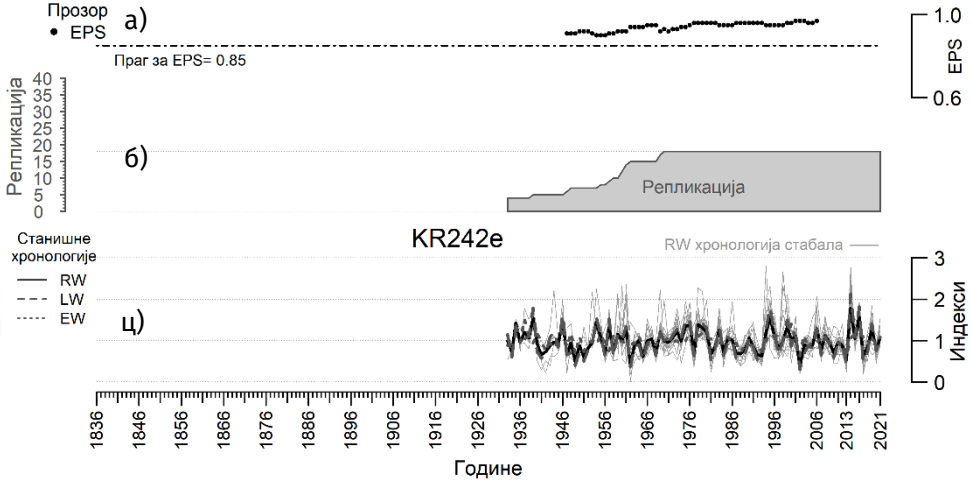
Графикон 35. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MR096g.



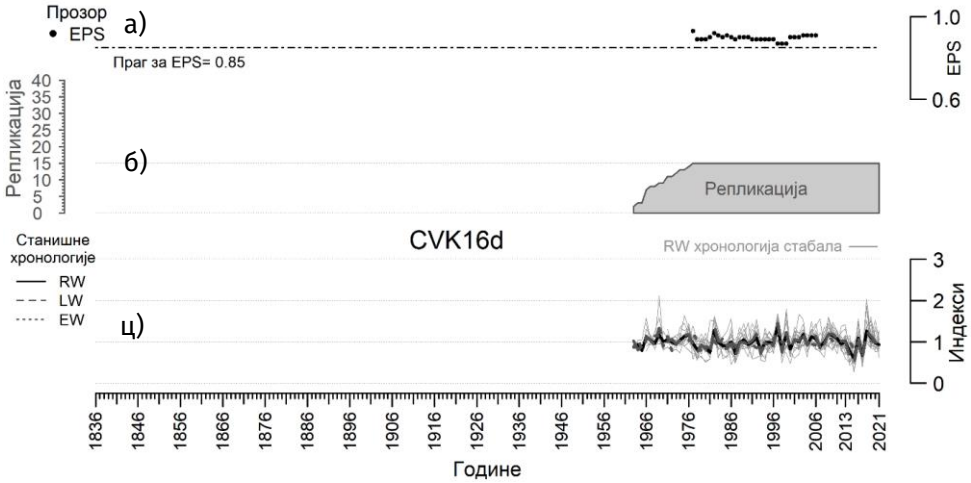
Графикон 36. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП MR006c.



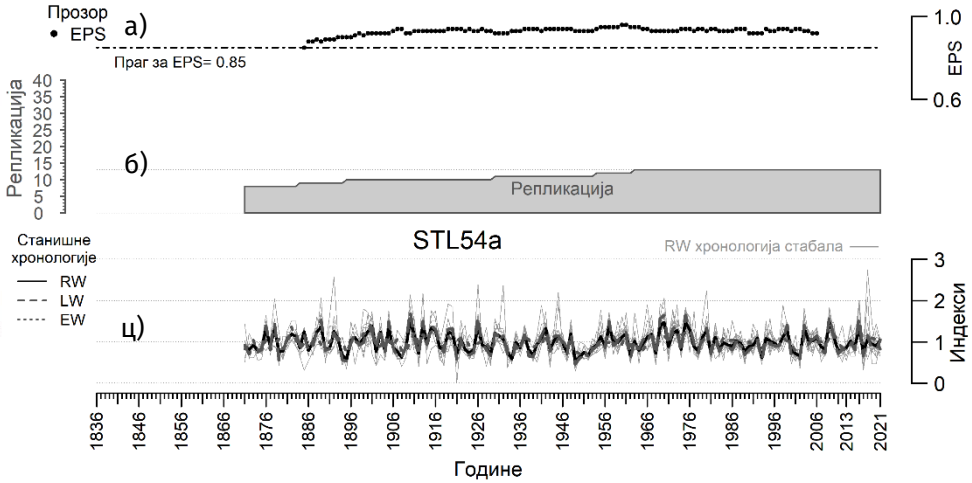
Графикон 37. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП KR266d.



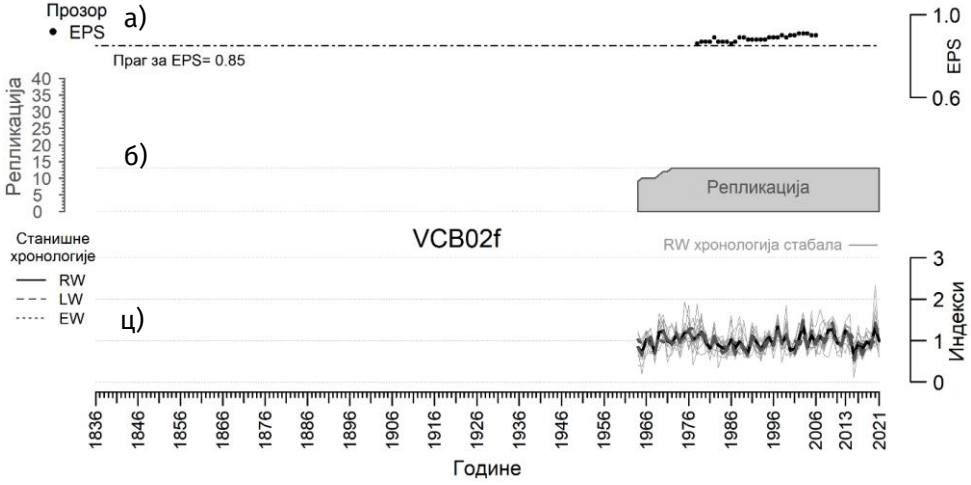
Графикон 38. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП KR242e.



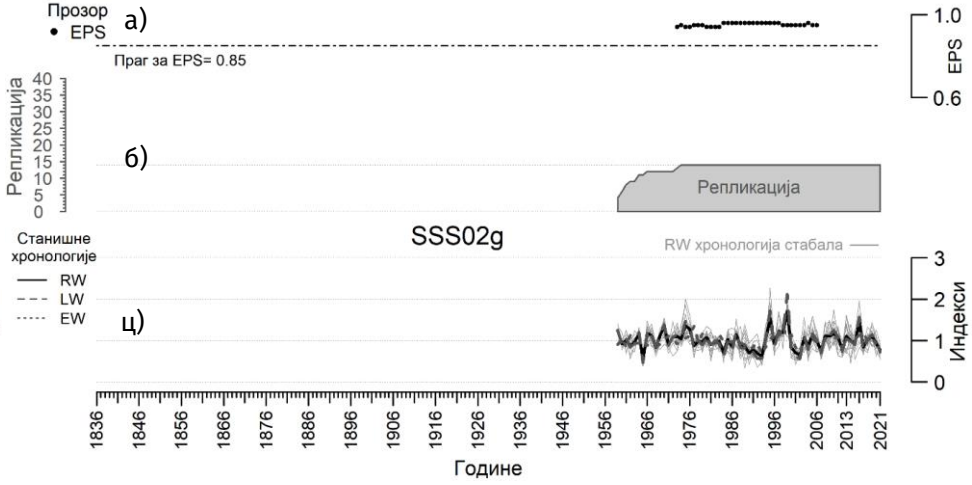
Графикон 39. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП CVK16d.



Графикон 40. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП STL54a.



Графикон 41. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП VCB02f.



Графикон 42. Ниво репликације узорка, резидуалне станишне хронологије и заједничког сигнала на ОП SSS02g.

Основне дендрохронолошке карактеристике серија индекса радијалног прираста стабала храста китњака дате су у табели 5. Најдужа резидуална хронологија, састављена од 177 индекса прираста између 1836. и 2013. године, успостављена је за ОП LR032e. С друге стране, свега 58 година дуга станишна хронологија формирана је за CVK16d и покрива период 1964-2021 године. Просечна дужина станишних хронологија износи 121, 5 године са стандардном девијацијом од 41,2.

Табела 5. Основне карактеристике хронологија прираста китњака по огледним пољима. Детаљан опис параметара и значење скраћеница дати су у тексту.

	ОП	Од	До	Број година	Врста серије	MS	AC1	EPS	SNR	PC1
1	BR100a	1849	2013	164	EW	0,12	0,14	0,82	6,09	0,21
					LW	0,32	-0,01	0,94	21,90	0,49
					RW	0,24	-0,05	0,96	25,94	0,53
2	LR032e	1836	2013	178	EW	0,12	0,22	0,84	5,39	0,22
					LW	0,33	-0,08	0,94	20,51	0,41
					RW	0,23	-0,03	0,96	26,1	0,51
3	SK057b	1911	2013	103	EW	0,10	0,18	0,70	2,32	0,14
					LW	0,34	-0,05	0,94	15,72	0,51
					RW	0,27	-0,08	0,95	19,29	0,54
4	KO035b	1846	2013	168	EW	0,14	0,19	0,83	5,56	0,24
					LW	0,33	-0,02	0,95	17,38	0,49
					RW	0,26	-0,05	0,96	23	0,56
5	ZL096a	1858	2013	156	EW	0,12	0,19	0,82	4,46	0,17
					LW	0,34	-0,08	0,96	21,93	0,51
					RW	0,26	-0,11	0,97	27,58	0,58
6	DJ022a	1943	2013	71	EW	0,13	0,32	0,84	5,39	0,20
					LW	0,32	0,03	0,95	29,81	0,6
					RW	0,27	0,01	0,97	33,67	0,63
7	CV023b	1931	2013	83	EW	0,10	0,14	0,72	2,60	0,14
					LW	0,32	-0,06	0,93	12,94	0,45
					RW	0,24	-0,01	0,96	16,27	0,48
8	BR008e	1864	2013	150	EW	0,11	0,14	0,70	2,29	0,13
					LW	0,36	-0,08	0,95	17,29	0,53
					RW	0,27	-0,08	0,97	19,46	0,58
9	ZL091c	1847	2013	167	EW	0,11	0,19	0,71	2,44	0,14
					LW	0,32	-0,09	0,91	14,67	0,51
					RW	0,25	-0,10	0,94	16,85	0,53
10	ZL097c	1848	2013	166	EW	0,10	0,23	0,71	2,43	0,13
					LW	0,29	-0,03	0,94	15,88	0,43
					RW	0,23	-0,06	0,95	18,38	0,48
11	CR124a	1856	2013	158	EW	0,11	0,21	0,84	5,92	0,22
					LW	0,38	-0,07	0,95	19,89	0,49
					RW	0,27	-0,09	0,95	20,02	0,49
12	BM088b	1942	2017	76	EW	0,10	0,17	0,69	2,26	0,15
					LW	0,24	0,01	0,93	14,05	0,39
					RW	0,22	-0,05	0,95	17,23	0,44
13	PB008a	1893	2018	126	EW	0,12	0,23	0,73	2,72	0,14
					LW	0,38	-0,05	0,95	18,44	0,48
					RW	0,3	-0,05	0,95	19,65	0,52
14	MR057a	1851	2018	168	EW	0,11	0,14	0,67	2,00	0,09
					LW	0,30	-0,04	0,94	14,65	0,39
					RW	0,24	-0,10	0,95	17,23	0,43
15	SK061b	1917	2019	103	EW	0,10	0,26	0,69	2,24	0,12
					LW	0,40	-0,07	0,94	21,93	0,58
					RW	0,33	-0,09	0,96	26,93	0,62

	ОП	Од	До	Број годова	Врста серије	MS	AC1	EPS	SNR	PC1
16	LR031b	1853	2019	167	EW	0,11	0,33	0,71	2,43	0,14
					LW	0,35	-0,02	0,95	17,57	0,51
					RW	0,25	-0,01	0,95	20,21	0,55
17	MP078e	1859	2019	161	EW	0,11	0,27	0,72	2,52	0,17
					LW	0,4	-0,11	0,95	18,78	0,51
					RW	0,29	-0,11	0,95	19,94	0,53
18	RR121d	1858	2019	162	EW	0,11	0,17	0,68	2,17	0,15
					LW	0,35	-0,04	0,92	12,04	0,45
					RW	0,25	-0,04	0,93	13,15	0,48
19	BE152b	1948	2019	72	EW	0,10	0,09	0,64	1,74	0,12
					LW	0,27	0,08	0,94	14,34	0,43
					RW	0,24	0,02	0,96	15,89	0,44
20	DL109f	1866	2021	156	EW	0,13	0,15	0,52	1,10	0,18
					LW	0,32	-0,11	0,86	5,94	0,47
					RW	0,24	-0,14	0,88	7,47	0,54
21	DL159b	1879	2021	143	EW	0,13	0,05	0,56	1,26	0,16
					LW	0,30	-0,01	0,87	6,96	0,46
					RW	0,20	-0,05	0,90	9,05	0,50
22	DL139b	1890	2021	132	EW	0,13	0,11	0,59	1,44	0,18
					LW	0,37	-0,13	0,89	8,13	0,47
					RW	0,25	-0,11	0,91	10,01	0,49
23	CVD41c	1943	2021	79	EW	0,13	-0,01	0,39	0,64	0,16
					LW	0,35	-0,06	0,84	5,09	0,46
					RW	0,26	-0,05	0,89	8,52	0,50
24	CVD02a	1899	2021	123	EW	0,13	-0,01	0,56	1,28	0,18
					LW	0,35	-0,04	0,88	7,14	0,43
					RW	0,27	-0,05	0,91	8,29	0,44
25	MR096g	1937	2021	85	EW	0,13	0,17	0,68	2,11	0,19
					LW	0,33	-0,06	0,94	14,72	0,56
					RW	0,26	-0,05	0,94	16,91	0,58
26	MR006c	1933	2021	89	EW	0,12	0,08	0,63	1,68	0,23
					LW	0,37	-0,06	0,94	19,31	0,66
					RW	0,26	-0,04	0,96	20,49	0,71
27	KR266d	1959	2021	63	EW	0,11	0,31	0,73	2,65	0,24
					LW	0,37	-0,03	0,93	20,43	0,62
					RW	0,29	-0,02	0,96	25,91	0,68
28	KR242e	1933	2021	89	EW	0,15	0,05	0,73	2,68	0,26
					LW	0,47	-0,11	0,91	15,43	0,60
					RW	0,35	-0,08	0,94	17,06	0,61
29	CVK16d	1963	2021	59	EW	0,11	0,07	0,32	0,47	0,14
					LW	0,23	-0,10	0,89	7,72	0,42
					RW	0,21	-0,05	0,92	7,90	0,43
30	STL54a	1871	2021	151	EW	0,15	0,10	0,61	1,58	0,22
					LW	0,31	-0,01	0,89	8,44	0,51
					RW	0,26	-0,03	0,91	10,65	0,53
31	VCB02f	1964	2021	58	EW	0,14	0,14	0,49	0,96	0,19
					LW	0,30	-0,11	0,85	4,23	0,37
					RW	0,22	-0,01	0,91	7,11	0,42
32	SSS02g	1959	2021	63	EW	0,14	0,21	0,67	2,02	0,24
					LW	0,29	0,02	0,91	15,11	0,58
					RW	0,23	0,05	0,94	16,93	0,60

Поступак стандардизације и робусног упросечавања серија прираста резултовао је евидентним умањењем средњег степена сензитивитета (MS) код станишних хронологија. Укупно гледано, највеће износе MS имају LW хронологије, затим су нешто мање осцилације индекса прираста регистроване за RW хронологије,

док је код EW забележен минималан степен варирања. У том смислу, код LW хронологија параметар MS се креће од 0,23 (CVK16d) до 0,47 (KR242e), код RW је то 0,20-0,38 (DL159b-KR242e), а за EW варира у уском опсегу између 0,10 и 0,16.

Након примене одговарајућег поступка ауторегресионог моделовања, из стандардизованих индекса је уклоњено нежељено својство аутокорелација временских серија. То потврђују дати износи коефицијента AC1, који су код сва три типа хронологија нижи у односу на просечне износе регистроване код емпиријских серија прираста. Пожељно ниски износи AC1 регистровани су код LW и RW хронологија и евидентно је да се статистички значајно не разликују од нуле. С тим у вези, може се закључити да су ова два типа хронологија у потпуности пречишћена. С друге стране, износ AC1 за EW хронологије износе 0,10-0,15.

У односу на серије радијалног прираста, дужине хронологија су скраћене и усклађене са минимално дозвољеном величином степена изражености популационог сигнала (EPS). Овај параметар је израз јачине утврђеног заједничког сигнала између стабала (Wigley et al. 1984) и представља величину тзв. "сигнала" хронологије, који је изражен као фракција укупне варијансе хронологије (Briffa, Jones 1990). Да би се заједнички сигнал у хронологијама окарактерисао као довољно изражен и погодан за дендроклиматолошка истраживања, неопходно је да EPS има стабилне износе, који су константно изнад дефинисаног прага и према Wigley *et al.* (1984) износи 0,85. У начелу, често су, у контексту временске стабилности сигнала, посебно критични најстарији делови хронологија, где услед опадања репликације узорка може доћи до опадања величине овог параметра. Стога су, из успостављених станишних хронологија уклоњени делови у којима EPS није довољно изражен, што је условило појаву разлика у максималним дужинама емпиријских серија радијалног прираста и резидуалних хронологија радијалног прираста.

Укупно посматрано код LW и RW хронологија, степен изражености заједничког популационог сигнала (EPS) је изнад минималног прага од 0,85. Уколико међусобно упоредимо EPS код ове две врсте серија индекса прираста, евидентно је да RW хронологије имају у просеку за 0,02 веће износе. Насупрот томе, величина EPS код EW хронологија ни у једној састојини не достиже ниво који одговара усвојеном прагу, што јасно указује да у овом делу прираста не постоји изражена заједничка реакција на промене услова за раст.

Следећи показатељ који може окарактерисати јачину заједничког сигнала у расту јесте тзв. однос између "шума" и заједничког "сигнала" (SNR) . У просеку за сва станишта разлика у SNR износе 2,65, а крећу се од 0,13 (CR124a) до 5,65 (ZL096a). Код RW хронологија SNR варира од 7,11 (VCB02f) до 33,67 (DJ022a), док је код LW хронологија то 4,23-29,81 (VCB02f-DJ022a). Величине SNR код EW хронологија су далеко мање и износе од 0,47 (CVK16d) до 6,09 (BR100a).

Проценат варијансе објашњене сопственим векторима у анализи главних компоненти (PCA), представља следећи параметар којима се карактеришу станишне хронологије. Величине варијансе објашњене 1. сопственим вектором (првим вектором у анализи главних компоненти) – PC1 износе код RW хронологија од 42% (VCB02f) до 71% (MR006c). На истим ОПа су утврђени и највеће и најмање величине PC1 за LW хронологија од 0,37% и 0,66%. Укупно гледано, износи PC1 су у просеку већи за 0,04% код RW у односу на LW хронологије.

7.4. **Сличности станишних хронологија прираста**

У сврху потпунијег сагледавања динамике просторног варирања радијалног прираста китњака у североисточној Србија, корелационом анализом је проверена повезаност варијација одабраних еигенвектора са 14 различитих предиктора (табела 6). Промене у начину варирања прираста посматране су у односу на: децимални запис географске ширине и дужине, надморску висину (три предиктора дата у табели 1), број стабала у састојини (N/ha [kom]), темељницу састојине (G [m^2/ha]), запремину састојине (V [m^3/ha]), средњи пречник и висину доминантних стабала (Ds [cm] и Hs [m]) у састојини (пет предиктора датих у табели 2), минималне, просечне и максималне годишње температуре [C°], годишњу суму падавина [mm/m^2] (видети графиконе 8 и 9), старост на ОП и тоталну сунчеву радијацију [W/m^2]. Старост на ОП је утврђивана као просечан износ старости свих појединачних стабала. За квантификацију степена осунчаности на различитим експозицијама коришћена је тотална сунчева радијација [W/m^2]. За добијање очекиваних износа тоталне сунчеве радијација на ОПа, коришћени су растеризовани подаци преузети са репозиторијума Лабораторије за отворене геопросторне податке, Одсека за геодезију и геоинформатику Грађевинског факултета на Универзитету у Београду (http://osgl.grf.bg.ac.rs/).

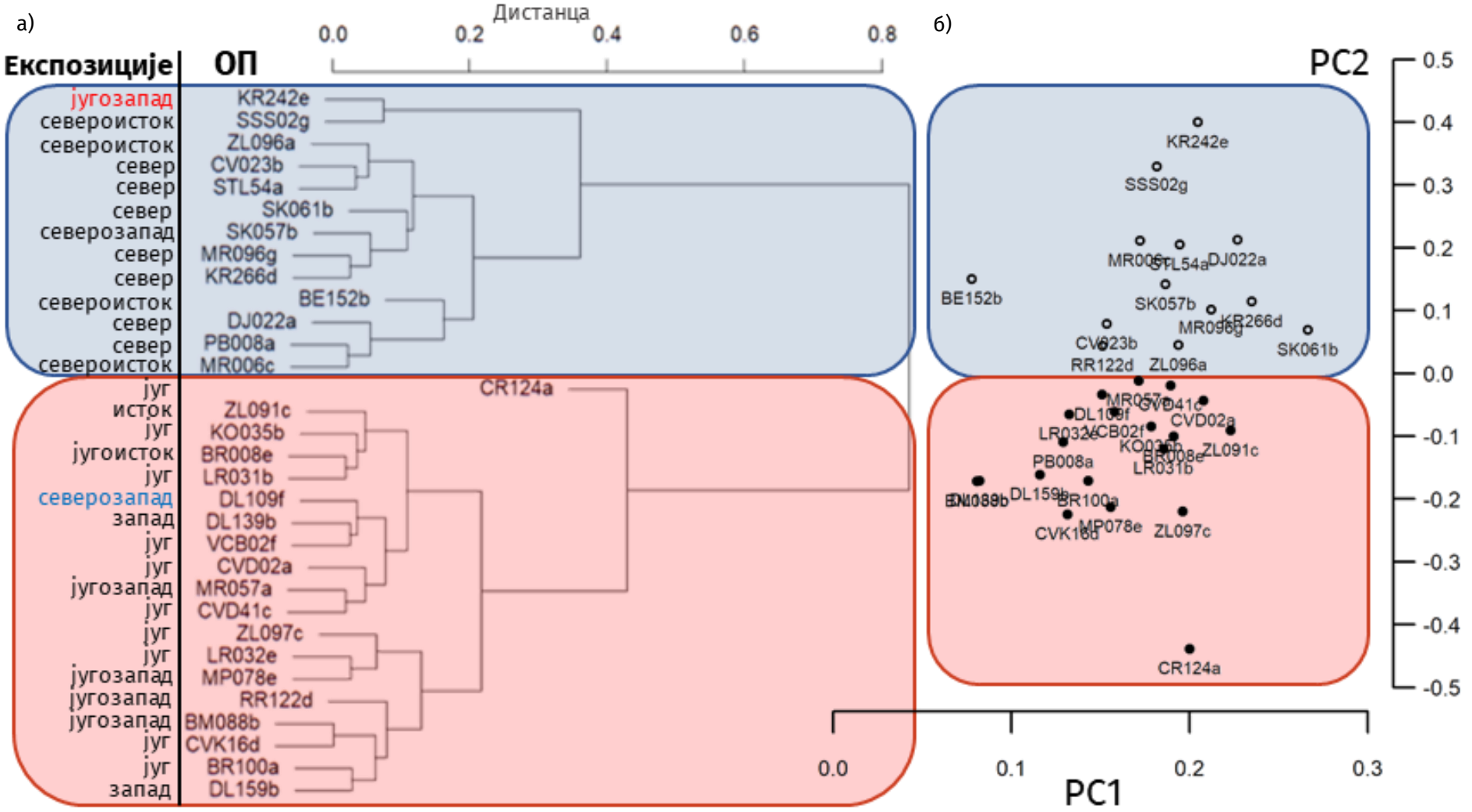
У табели 6 дата је матрица са износима коефицијената корелације (r_{xy}) који се статистички значајно разликују од нуле са сигурношћу од 95% (вероватноћа грешке $p<0,05$). У зависности од смера везе, поља са коефицијентима су обојена према скали датој поред табеле.

Табела 6. Корелациона матрица елемената PC1 и PC2 са 14 предиктора који описују станишне и састојинске услове. Статистички значајни коефицијенти корелације ($p<0,05$) приказани су одговарајућим бојама у складу са приказаном континуалном скалом везаном за смер везе.

Корелациона анализа је показала да 64% варијансе на PC1 статистички сигнификантно повезано са географском ширином (r_{xy}=0,74), дужином (r_{xy}=0,57), годишњом сумом падавина (r_{xy}=-0,38), минималном годишњом температуром (r_{xy}=0,51) и тоталном сунчевом радијацијом (r_{xy}=-0,62). С друге стране, утврђено је да 9% варијација које се налазе дуж PC2 имају статистички значајну везу са чак 10 предиктора. Значајне осцилације радијалног прираста су регистроване са променом географске дужине (r_{xy}=0,78) и надморске висине (r_{xy}=-0,56). Даље, забележена је изражена негативна зависност са четири од пет анализираних елемената састојинске структуре. Тако r_{xy} између PC2 и G износи -0,76, са V -0,47, са Ds -0,70 и Hs -0,46. Позитивна корелација регистрована је и са минималном (r_{xy}=0,67), максималном (r_{xy}=0,68) и просечном (r_{xy}=0,60) годишњом температуром. На крају, идентификована је јака негативна зависност између варијација на PC2 и утврђене просечне старости на ОП.

Да са променом локације долази и до одређених измена услова за раст указују релативно изражене зависности између координата и скалара PC1. Детектоване промене еколошких фактора се пре свега односе на годишњу суму падавина и минималне температуре, за које се показало да су значајно повезане са варијацијама на првом сопственом вектору. Ипак, корелационом анализом је откривено да топлотни режим има најзначајнију улогу у 64% варијација дебљинског прираста у истраживаном подручју.

Код PC2 је детектована зависности са надморском висином и географском ширином, које посредно указују на промене прираста везане за минималне, просечне и максималне годишње температуре на проучаваним ОПа. Да је део варијација прираста модификован и утицајем обраслости и конкурентских односа унутар истраживаних састојина, указује и изражена повезаност скалара PC2 са G, Ds и донекле V. Висина доминантних стабала - Hs представља један од најефикаснијих индикатора повољности станишта за дату врсту (Fabrika, Pretzsch 2013; Stajić et al. 2016), па значајна веза са овим елементом раста показатељ је да је степен варијација дуж PC2, генерално, зависан од укупног квалитета станишних услова.

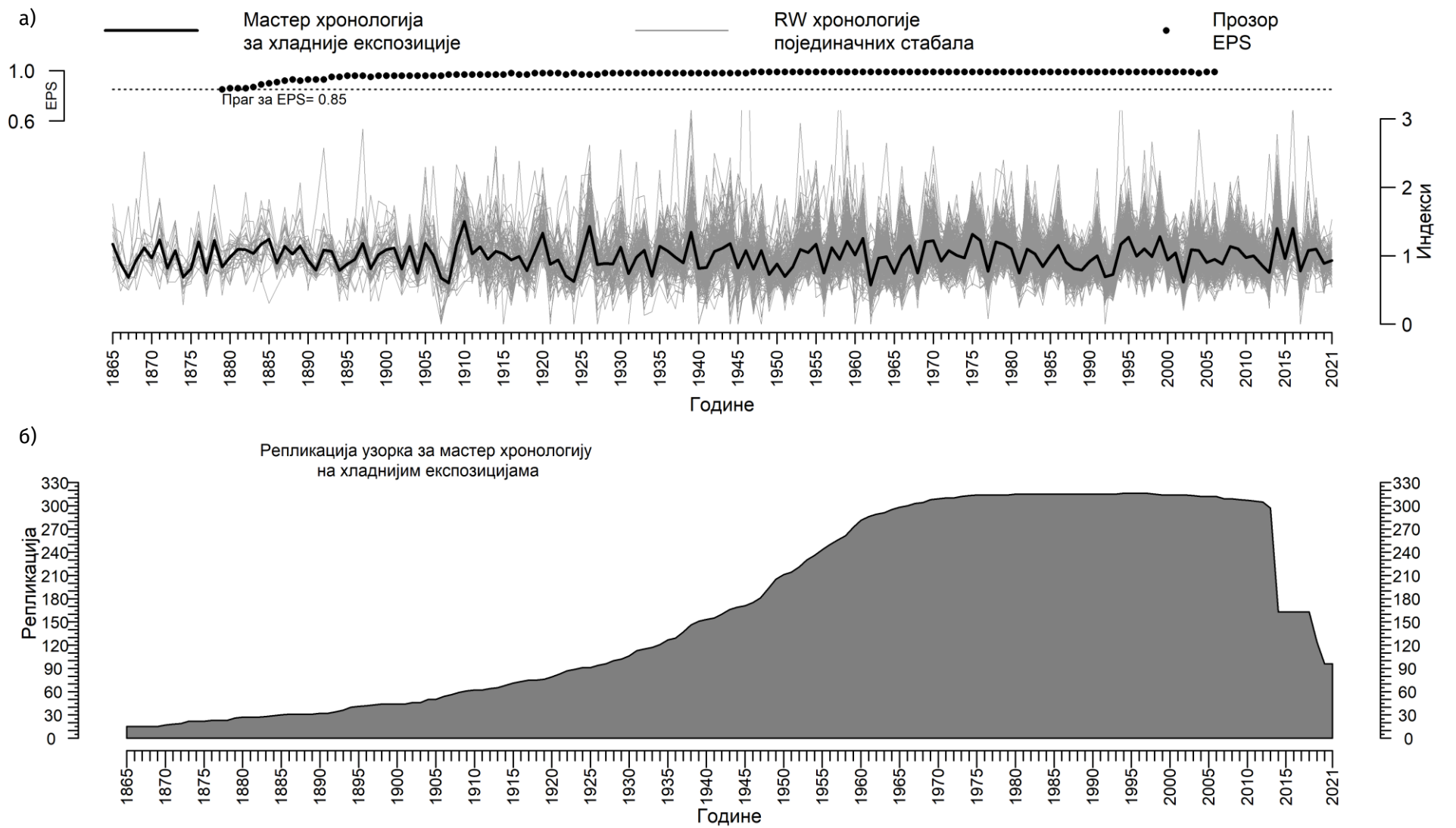


Графикон 43. Подела истраживаних ОПа на два кластера означена је плавим и црвеним правоугаоницима, који симболизују топлотни режим на хладнијим и топлијим експозицијама. У делу графикона под а) приказана је хијерархијска кластер структура и експозиције ОПа, док је под б) представљена веза између елемената првог и другог еигенвектора (PC1 и PC2).

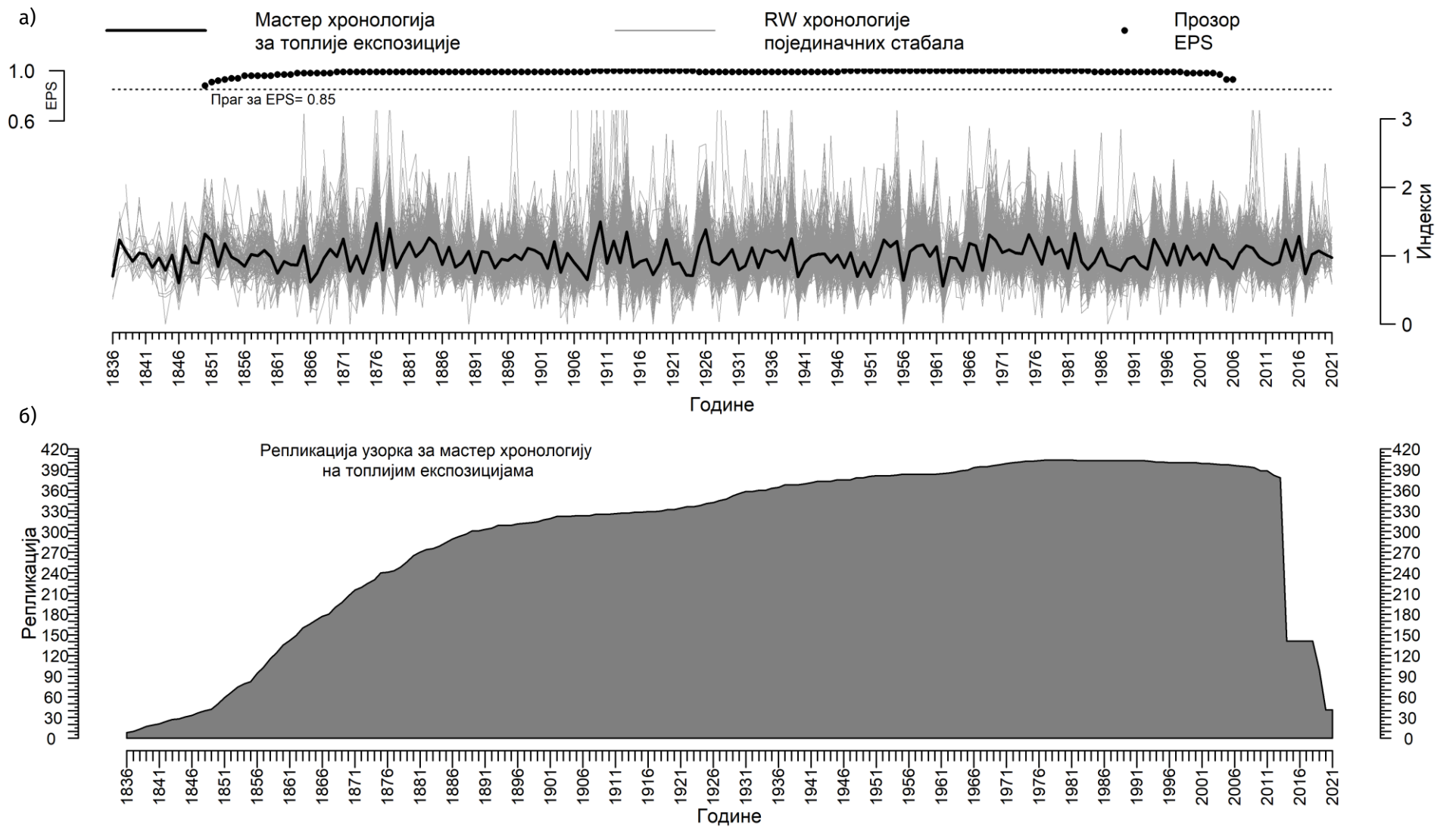
Након анализе просторних варијација, следећи корак подразумева формирање хомогених група у оквиру којих ће се наћи оне станишне хронологије које се карактеришу истим или сличним реакцијама на утицај владајућих климатских услова. У ту сврху је на графикону 43б приказана повезаност између елемената прва два еигенвектора, где су поред тачака дате и ознаке ОПа. Сличност између скалара PC1 и PC2 оцењивана је израчунавањем комплексних еуклидијанових дистанци. На основу дистанци је итеративним поступком извршено груписање и успостављање хијерархијске кластер структура, која је представљена на делу графикона 43 под а). На основу примене критеријума најдуже гране у хијерархији, која има дистанцу од 0,41, извршена је подела свих проучаваних ОПа на две групе. Формирани кластери су на оба дела графикона 43 представљена заобљеним правоугаоницима одговарајућих боја. Такође, у зависности од тога којем кластеру припадају, на делу графикона под б) су тачке представљене као пуне или празне.

Из приложеног се види да подела на кластере коиндицира са предзнаком елемената у другом еигенвектору корелационе матрице. Тако су сва ОПа са позитивним износима PC2 одвојена од оних која имају негативни предзнак. Међутим, када се детаљније сагледају резултати поделе, кластер анализа је јасно диференцирала станишта на хладнијим експозицијама у односу на она која се налазе на топлијим падинама, односно на стаништима са већим степеном сунчеве радијације. Да би се детектована правилност учинила очигледном, на графикону 43а су поред назива ОПа са десне стране додате и њихове експозиције (из табеле 1). Укупно посматрано, у кластеру хладнијих експозиција нашло се 13 ОПа, док је 19 њих сврстано у групу на топлијим експозицијама. Приказана подела није била у потпуности доследна само на два места. Тако је у групу са хладнијим ОПа сврстала KR242e, које се налази на југозападној експозицији. Насупрот томе, DL109f на северној експозицији сврстано је у кластер са топлијим експозицијама.

Имајући у виду представљене резултате кластер анализе, формиране су две мастер хронологије које су раздвојиле ОП која се налазе на хладнијим и топлијим експозицијама. Поступак формирања подразумевао је спајање емпиријских серија у два кластера, а затим њихово поновно детрендовање, стандардизовање и уклањање аутокорелације. Другим речима, примењен је идентичан поступак као и приликом формирања станишних хронологија, где се у задњем кораку подразумева тежинско упросечавање појединачних RW серија индекса у мастер хронологије радијалног прираста. Формиране хронологије и пратеће карактеристике приказане су на графиконима 44 и 45. Ознаке и изглед графикона идентичан је као и код станишних хронологија (графикони 11-42). Мастер хронологија за хладније експозиције покрива 156 година дугу временску секвенцу, од 1865. до 2021. године (графикон 44а). Репликација узорка код мастер хронологије на хладнијим експозицијама креће се од минималних 10 индекса прираста по календарској години, па све до максималних 316 података (графикон 44б). На графикону 45а приказана је 185 година дуга мастер хронологија за топлије експозиције (1836-2021. година). Ова хронологија има нешто већу репликацију која се креће између 8 и 408 индекса радијалног прираста по календарског години (графикон 45б). Код обе формиране мастер хронологије израженост популационог сигнала у свим позицијама прозора се налази изнад прихваћеног прага за EPS, што их препоручује као у потпуности адекватне за даља дендроклиматолошка истраживања.



Графикон 44. Мастер хронологија радијалног прираста на хладнијим експозицијама, израженост заједничког сигнала (EPS) (а) и ниво репликација узорка (б) по календарским годинама.



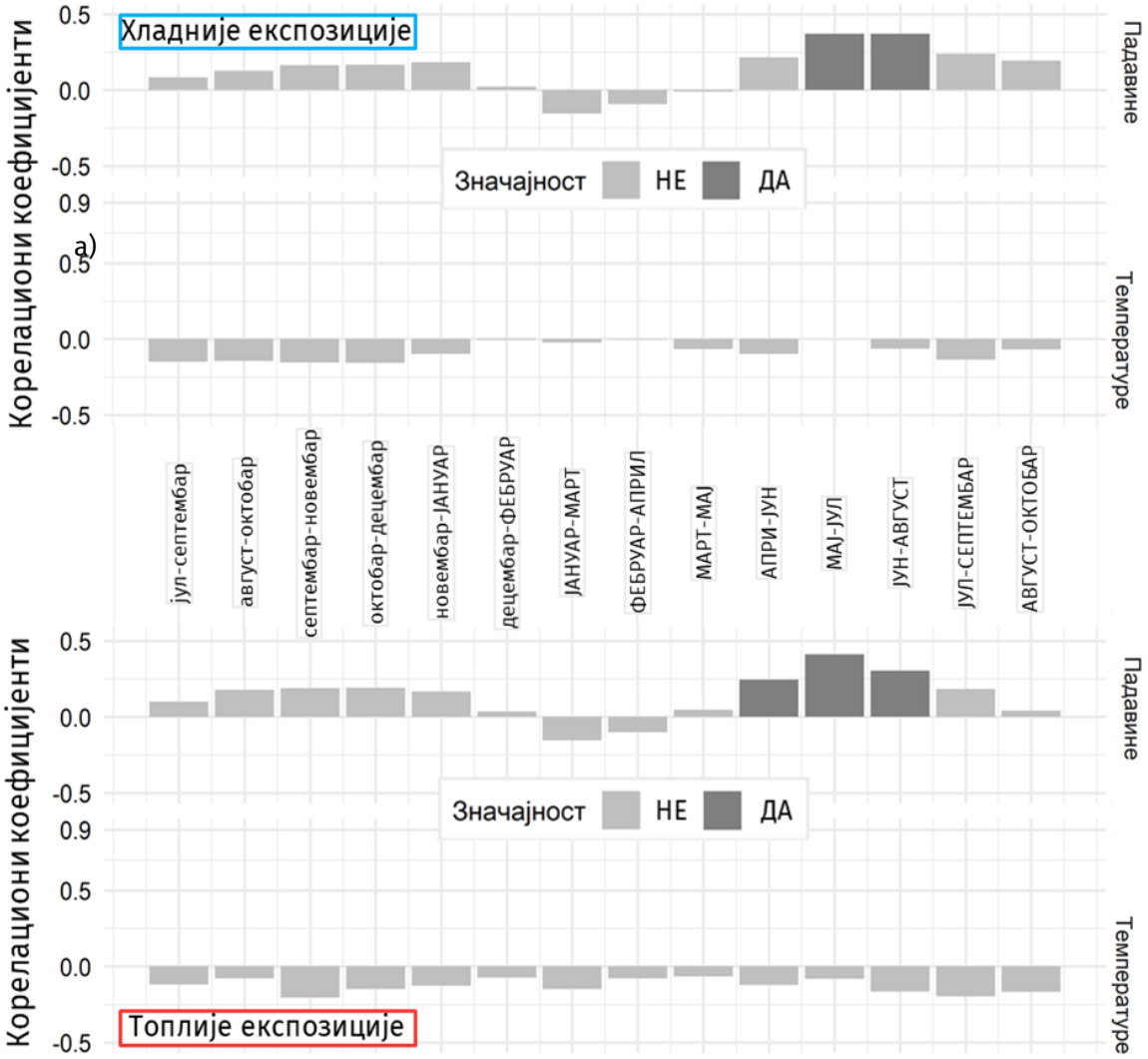
Графикон 45. Мастер хронологија радијалног прираста на топлијим експозицијама, израженост заједничког сигнала (EPS) (а) и ниво репликација узорка (б) по календарским годинама.

7.5. **Зависност климе и прираста**

7.5.1. Корелационе анализе

У циљу стицања основних сазнања о периодима (сезонама) у току године који најзначајније утичу на раст и прираст шумских стабала утврђени су корелациони коефицијенти између сезонских (различити тромесечни временски периоди) података о температури и падавинама и мастер хронологија радијалног прираста китњака на подручју североисточне Србије, на начин како су то спровели Стајић и Казимировић (2017).

Резултати корелационе анализе сезонских климатских података и хронологија радијалног прираста приказани су на графикону 46. Том приликом разматран је утицај укупно 14 тромесечних периода, који покривају период од августа прошле године до октобра текуће вегетационе сезоне. С тим у вези, месеци из претходне године написани су малим, а месеци из текуће године великим словима.

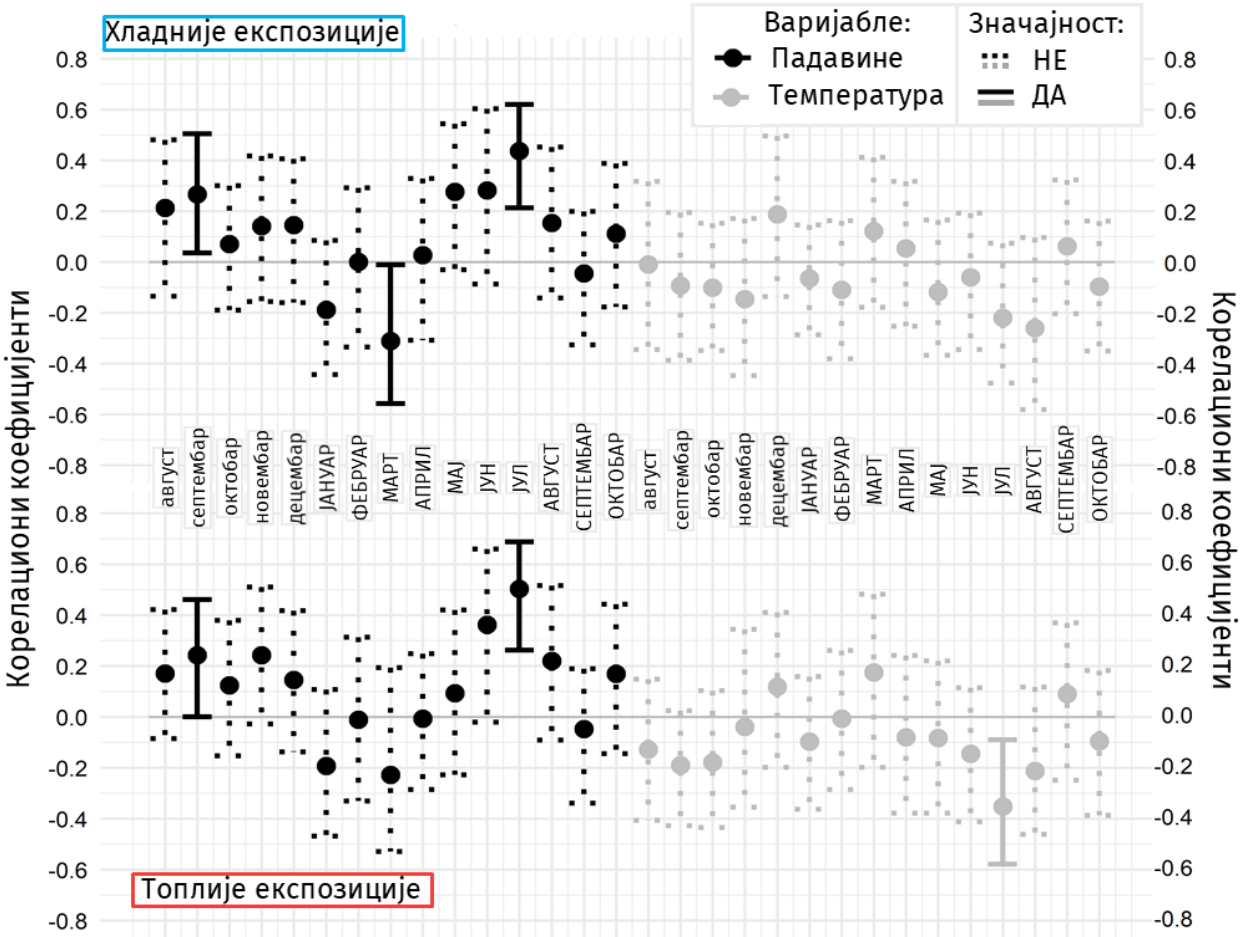


Графикон 46. Корелациони коефицијенти између сезонских величина температуре и падавина са мастер хронологијама радијалног прираста на подручју североисточне Србије.

На левом делу поменутог графикона приказана је скала за износе корелационих коефицијената, док се на десној страни налазе називи анализираних параметара. Величине корелационих коефицијената представљене су стубићима обојеним у две нијансе сиве боје, од којих она тамнија означава износе који се статистички сигнификантно разликују од нуле ($p<0,05$).

Са поменутог графикона се може видети да постоји статистички значајан позитиван утицај увећаних падавина на тромесечни радијални прираст китњака на обе врсте станишта. Корелациони коефицијенти за статистички значајна тромесечја износе за хладније експозиције МАЈ-ЈУЛ (0,37) и ЈУН-АВГУСТ (0,37), а за топлије експозиције АПР-ЈУН (0,25), МАЈ-ЈУЛ (0,41) и ЈУН-АВГ (0,30). Код обе мастер хронологије (и за хладнија и за топлија станишта) нису утврђени периоди у којима је корелација између њихових вредности и сезонских података о температури била статистички значајна (графикон 46).

Зарад детаљније анализе климатских утицаја на радијални прираст на топлим и хладним експозицијама приступило се упоређивању мастер хронологија са подацима о температури ваздуха и падавинама на месечном нивоу.



Графикон 47. Корелациони коефицијенти (добијени тзв. *bootstrapped* методом) између суме падавина (црна боја) и средњих температуре (сива боја), за месеце август претходне године - октобар текуће године и мастер хронологија радијалног прираста китњака на подручју североисточне Србије.

Утицај климатских услова у појединачним месецима на износе прираста стабала китњака анализиран је корелационом анализом, у којој су као варијабле

узети подаци о температури и падавинама у периоду од 15 месеци, од августа претходне године до октобра текуће године.

Корелације су приказане помоћу вертикалних линија које спајају доње и горње величине коефицијената (r_{xy}), при чему су средњи износи представљени круговима одговарајуће боје (графикон 47). Црним линијама приказани су резултати везани за падавине, а сивим за температуру. Код сигнификантних износа корелације ($p<0,05$) вертикалне линије су пуне, а уколико се ради о статистички безначајним коефицијентима линије су испрекидане. Означавање месеци је идентично као и на претходном графикону.

Добијени резултати показали су да на хладнијим експозицијама постоји позитиван ефекат обилних падавина у јулу текуће вегетационе сезоне ($r_{xy} = 0,47$) и у септембру прошле календарске године ($r_{xy} = 0,27$) на величину оствареног радијалног прираста. Негативан утицај веће количине падавина на прираст утврђен је за март текуће календарске године ($r_{xy} = -0,31$).

Резултати истраживања за храст на топлијим експозицијама показали су, такође, постојање статистички сигнификантног позитиваног утицаја обилних падавина у јулу текуће вегетационе сезоне ($r_{xy} = 0,51$) и у септембру прошле календарске године ($r_{xy} = 0,24$) на величину оствареног радијалног прираста.

Средње месечне температуре нису показале значајан ниво слагања са прирастом оствареним на хладнијим експозицијама. С друге стране, на топлијим експозицијама је утврђено да високе температуре током јула текуће године имају значајан негативан ефекат на ширину года ($r_{xy} = -0,36$).

Статистички позитиван утицај виших температура у раним и касним пролећним месецима и негативан утицај таквих температура у осталим летњим и јесењим месецима на величину годишњег прираста није утврђен.

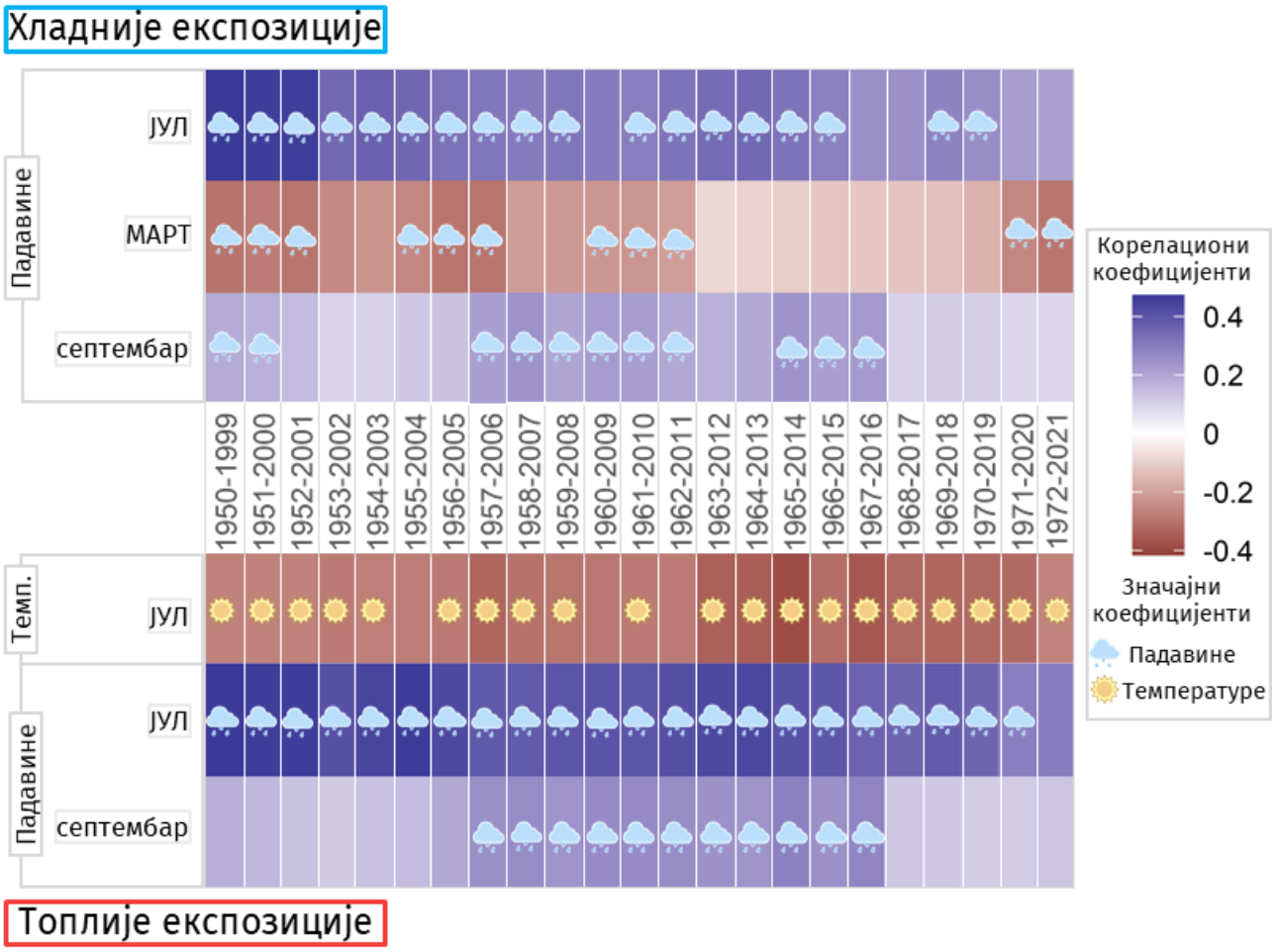
7.5.1.1 Временска стабилност везе

Временска стабилност значајних корелационих коефицијената установљених између мастер хронологија радијалног прираста и климатских података у месечној резолуцији испитана је коришћењем тзв. покретног прозора, ширине 50 година. Позиција прозора је померана преко хронологија за по једну годину, почевши од прве, која покрива период 1950-1999. године, па до последње између 1972. и 2021. године. На тај начин је анализирано укупно 23 периода, чије почетне и крајње године су приказане у средини графикона 48.

Код хладнијих експозиција анализирана је стабилност везе између прираста и падавина из септембра прошле године, као и марта и јула текуће године. На топлијим експозицијама је поред падавина у септембру прошле и јула текуће године, анализирана и временска постојаност зависности прираста и просечних месечних температура у јулу текуће године. На тај начин је код две мастер хронологије анализирана стабилност везе са климатским параметрима из укупно 6 месеци, подељених у 23 временска периода. Сваки од укупно 138 израчунатих коефицијената корелације представљен је одговарајућом нијансом боје. Скала са бојама налази се на десној страни графикона и креће се између 0,4 и -0,4, при чему су плавом бојом представљени позитивни износи корелационих коефицијената, а црвеном

негативни. Код падавина су статистички значајни износи корелационих коефицијената представљени симболом облака са кишом, док је код температура у ту сврху искоришћен мотив сунца.

Везе између прираста стабала храста китњака и количине падавина на хладнијим експозицијама у месецима у којима је утврђена статистичка зависност показале су се, генерално, као прилично константне у времену. То се посебно односи на падавине у јулу текуће године, код којих у свега 5 позиција прозора нису утврђене значајне релације. Код падавина у септембру претходне и марту текуће године евидентиран је нешто већи број сегмената где није установљена значајна корелација са прирастом. Код оба наведена месеца јавља се по 12 таквих сегмената, који су подељени у по три интервала.



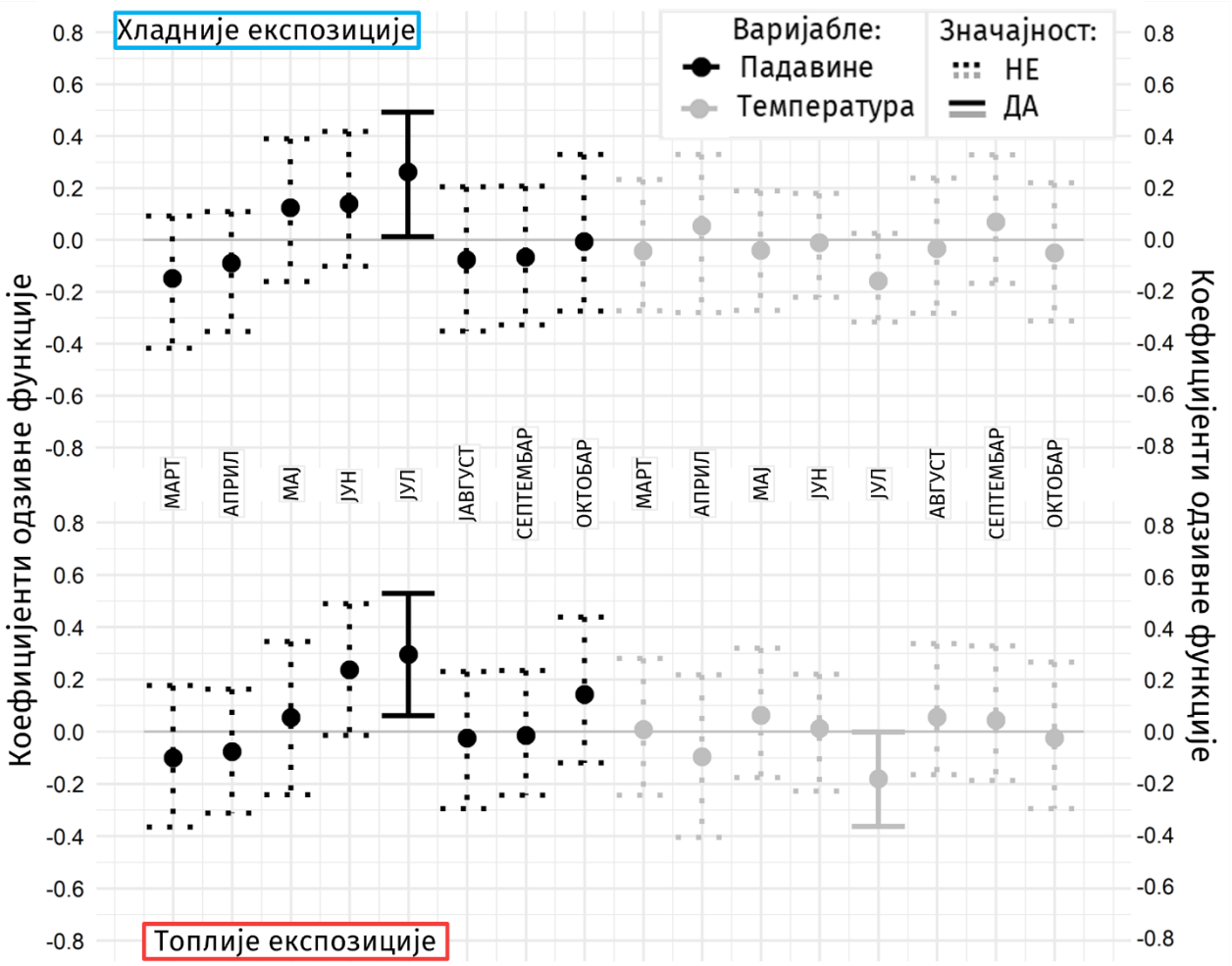
Графикон 48. Временска стабилност значајних корелационих коефицијената установљених између хронологија радијалног прираста и климатских података у месечној резолуцији Ширина анализираних периода износи 50 година.

Установљене зависности између климе и прираста китњака на топлијим експозицијама показале су се као изузетно постојане. Значајан утицај падавина у јулу текуће године није регистрован само у једном периоду (1972-2021), док просечне температуре у јулу текуће године нису имале статистички значајну везу с прирастом само код 3 позиције прозора. С друге стране, веза прираста са количином падавина из септембра претходне године је показала специфичан начин осцилација. Наиме,

ове кише су утицале на увећање прираста у следећој вегетационој сезоне у 11 централних сегмената са почетним годинама 1957-1967. Ипак, у првих 7 и последњих 5 анализираних периода ова веза није детектована као статистички значајна.

7.5.2. Одзивне функције

Резултати примене одзивних функција са климатским параметрима у редукованој димензионалности приказани су у форми износа коефицијената вишеструке регресије (графикон 49). Пуним и испрекиданим линијама представљена је информација о томе да ли се ради о коефицијентима који се значајно разликују или не разликују од нуле, односно да ли значајно доприносе моделу вишеструке регресије који објашњава природу утицаја климатских параметара на радијални прираст китњака на подручју североисточне Србије. Сивом и црном бојом су представљени коефицијенти везани за декорелисане износе температура и падавина.



Графикон 49. Коефицијенти одзивне функције између падавина и температуре за месеце МАРТ-ОКТОБАР текуће године мастер хронологија радијалног прираста китњака на подручју североисточне Србије. Пуном линијом су означени месеци за значајним коефицијентима.

Приликом параметризације одзивних функција, први и последњи месец сегмента који улази у анализу, одређен је на основу сигнификантних износа

корелационих коефицијената регистрованих приликом проучавања зависности са сумама падавина и средњим температурама у месечној резолуцији. На тај начин коефицијенти одзивних функција су детерминисани за период од МАРТА до ОКТОБРА.

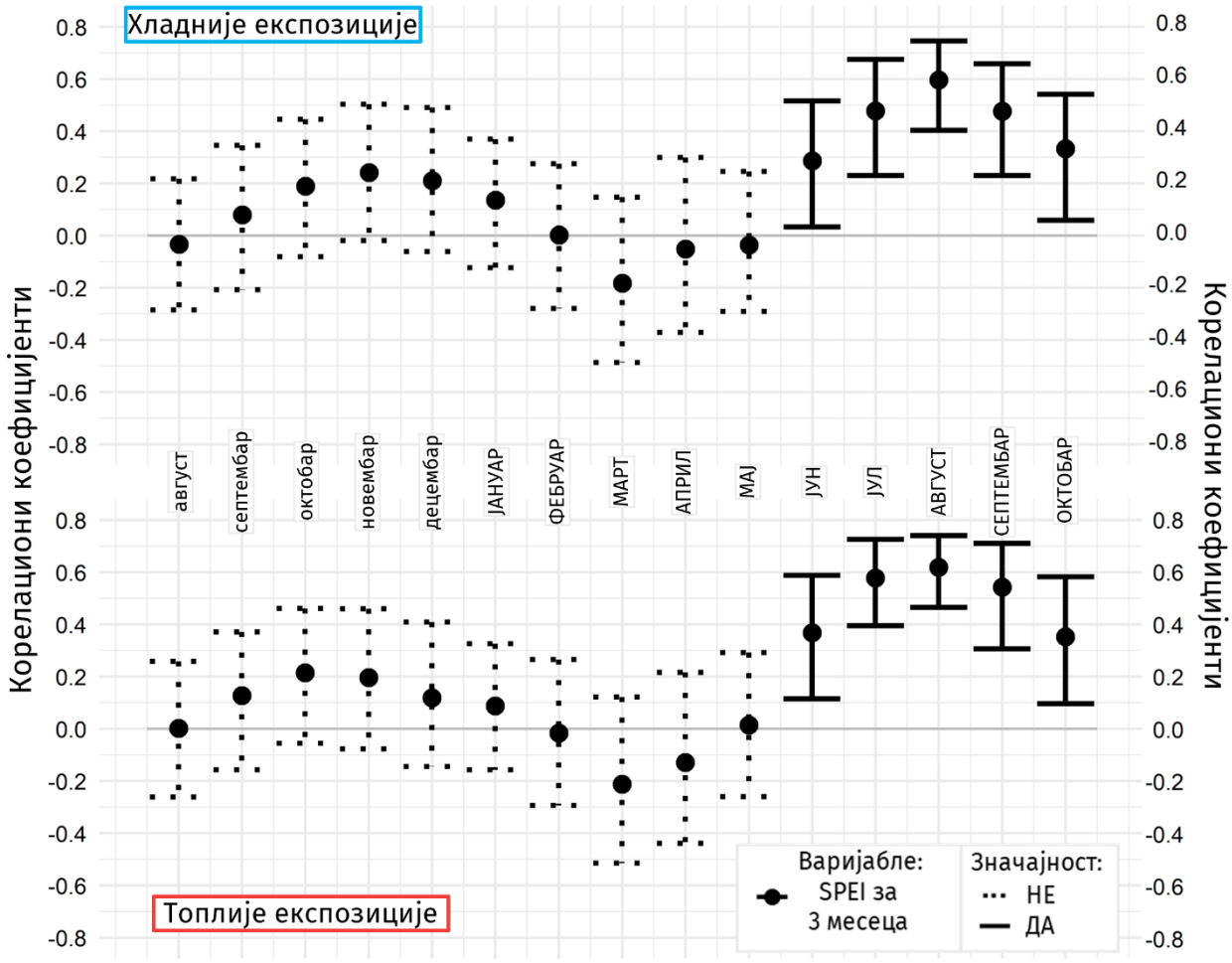
Након декорелације климатских параметара, показало се да варијације код оба типа хронологија (и за хладније и топлије експозиције) превасходно зависе од климатских услова током месеца ЈУЛА. Тако је код одзивне функције калибрисане на основу мастер хронологије са хладнијих експозиција, за падавине месеца ЈУЛ регистрован коефицијент вишеструке регресије од 0,29. На топлијим експозицијама је установљено да падавине имају још израженији ефекат на радијални прираст, јер је забележено да ЈУЛСКИ коефицијент износи 0,32.

Код одзивне функције калибрисане на основу мастер хронологије са топлијих експозиција, за температуре месеца ЈУЛ утврђен је негативан утицај температуре и коефицијент вишеструке регресије од -0,18.

7.5.3. Индекс суше - SPEI

Након утврђене зависности између мастер хронологија и средњих месечних температура и сума падавина, анализирана је веза и са износима стандардизованог индекса падавина и потенцијалне евапотранспирације - SPEI. Резултати корелационе анализе између индекса радијалног прираста и износа SPEI интегрисаног за три месеца (SPEI3) приказани су на графикону 50. Израчунати коефицијенти корелације означени су на основу средишњег месеца из тромесечног периода за који је SPEI3 израчунаван. Приликом означавања значајности коефицијената корелације коришћена је нотација успостављена на претходном графикону.

На топлијим експозицијама коефицијент корелације за ЈУН износи r_{xy} = 0,37, за ЈУЛ r_{xy} = 0,58, за АВГУСТ r_{xy} = 0,62, за СЕПТЕМБАР r_{xy} = 0,54 и за ОКТОБАР r_{xy} = 0,35. Нешто нижи или слични износи коефицијената корелације регистровани су и на хладнијим експозицијама, где за ЈУН r_{xy} износи 0,30, за ЈУЛ r_{xy} = 0,48, за АВГУСТ r_{xy} = 0,60, за СЕПТЕМБАР r_{xy} = 0,48 и за ОКТОБАР r_{xy} = 0,33. Укупно посматрано, SPEI3 има прилично веће максималне износе коефицијената корелације и боље кореспондира са мастер хронологијама него месечни климатски подаци.



Графикон 50. Корелациони коефицијенти између SPEI израчунатих за три месеца са средњим месецима од августа претходне године - октобар текуће године и мастер хронологија радијалног прираста китњака на подручју североисточне Србије. Пуном линијом су означени месеци за значајном корелацијом.

7.6. **Карактеристичне године у расту**

Екстремни утицаји различитих фактора раста шумских стабала у одређеним годинама доводе до формирања изузетно уских или широких годова, насталих као реакција стабала на изразито неповољне или повољне услове средине (Стајић 2010). Овакви упадљиво уски или широки годови називају се карактеристични годови (Vučković et al. 2005). Године у којима су формирани ови маркантни годови називају се *карактеристичним годинама* (енг. *pointer years*, нем. *Weiserjahre*).

Резултати детерминације карактеристичних година код обе групе хронологија радијалног прираста храста китњака у североисточној Србији приказани су на графикону 51. Два реда кратких цртица црне боје означавају године у расту храста китњака, при чему су карактеристичне године болдиране и нумерички означене. У случају да се ради о позитивним трендовима у оствареном прирасту (*позитивне карактеристичне године*), година детекције и одговарајући симболи калкулативних процедура уписани су изнад линија са цртицама. Ако се ради о негативним трендовима у прирасту (*негативне карактеристичне године*), ознаке се налазе испод цртица.

Ознаке коришћене за обележавање карактеристичних година у зависности од примењиване процедуре, приказане су у горњем десном делу графикона 51. Поред одговарајућих боја и симбола, карактеристичне године детерминисане на два начина метода интервала тренда (Schweingruber 1983) су означене са IT_Schwe и IT_Becker (Becker et al. 1994), затим методом релативне промене у расту (Schweingruber et al. 1990) са RGC_Schwe и нормализацијом у симетричном покретном прозору од 5, 7 и 13 година, предложеном од стране Cropper (1979) и Neuwirth et al. (2007) - NW_Cropp5, 7, 13 и NW_Neuw 5, 7, 13. Број хоризонталних линија на NW_Neuw* тачкама указује на јачину године показивача. Једна хоризонтална линија преко квадрата означава годину слабе показиваче (*C* вредности > 1), две су за јаку (*C* > 1,28), а три су за екстремно јаку (*C* > 1,645).

Анализом величина и трендова прираста у хронологијама на хладнијим експозицијама, установљено је укупно 19 карактеристичних година за период 1866-2021. Доминирају негативне године, којих је детерминисано 12, док су преосталих 7 позитивне.

Методом релативног интервала тренда (Schweingruber 1983; Becker et al. 1994) детерминисано је укупно 7 карактеристичних година, 4 позитивне и 3 негативне.

Применом метода релативне промене (Schweingruber et al. 1990) није детектована ниједна карактеристична година.

Највећи број карактеристичних година утврђен је применом варијанти метода нормализације у покретном прозору (Cropper 1979; Neuwirth et al. 2007), њих укупно 14. Од тог броја, у 4 ситуације се ради о широким годовима (позитивне карактеристичне године), док су код 10 година идентификовани карактеристично уски прстенови прираста (негативне карактеристичне године).

Само је 1962. година истовремено препозната као година са карактеристично уским прирастом од стране два различита метода.

Поред тога, варијанте нормализације по Neuwirth et al. (2007), препознале су 1926. годину као екстремно јаку позитивну карактеристичну годину (*C* > 1,645), док је 1977. детерминисана као јака негативна (*C* > 1,28).

Код резидуалних хронологије са **топлијих експозиција,** у периоду 1837-2021 године, идентификовано је укупно 16 карактеристичних година, од чега је 10 позитивних и 6 негативних.

По 9 карактеристичних детерминисано је варијантама методе интервала тренда (Schweingruber 1983; Becker et al. 1994) и нормализације у прозору (Cropper 1979; Neuwirth et al. 2007). У оба случаја су као екстремно широки и уске препознати прирасти формирани у 5, односно 4 календарске године.

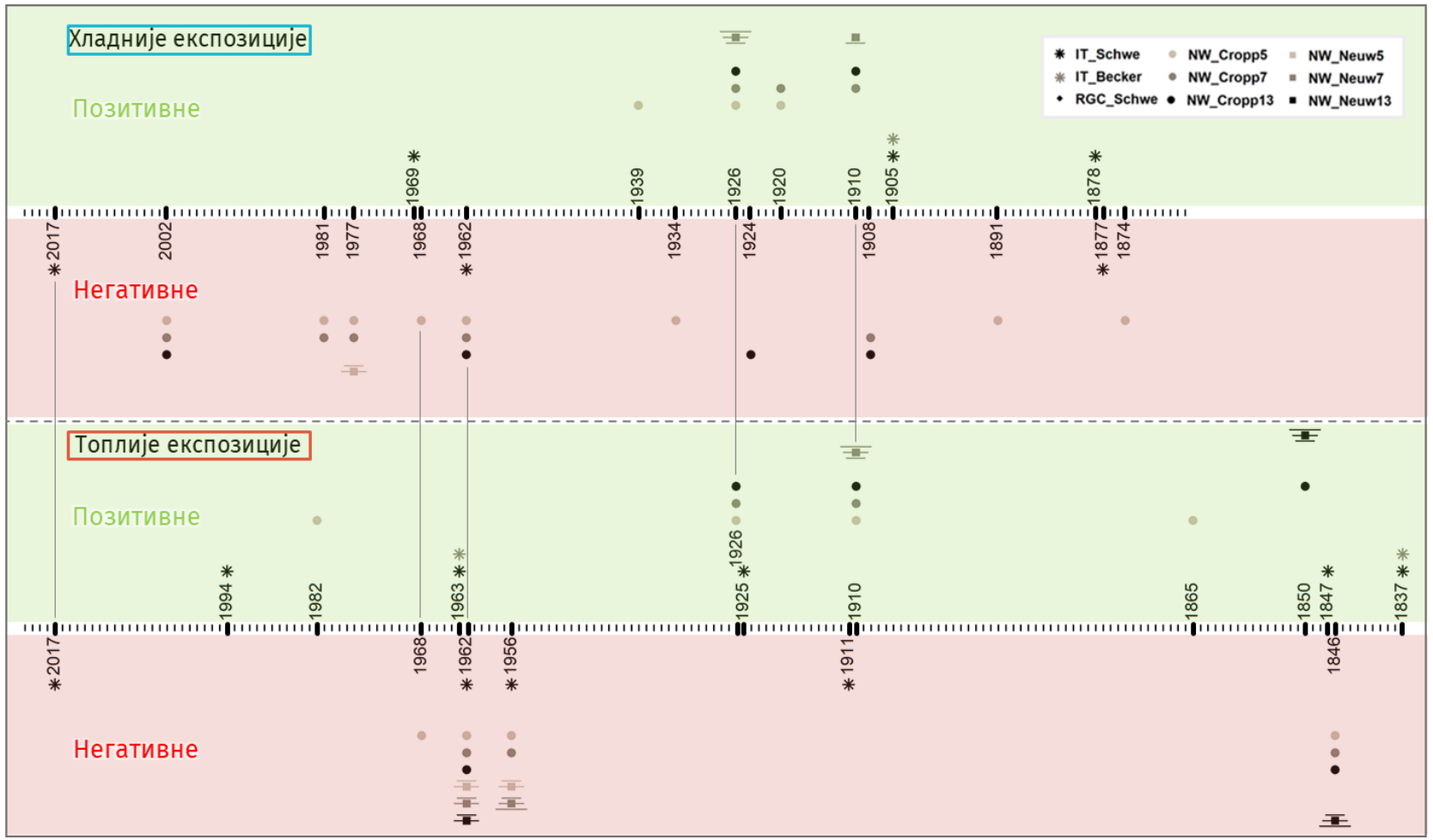
Као и на хладнијим експозицијама, метод релативне промене раста (Schweingruber et al. 1990) није успео да препозна значајне године у прирасту на топлијим експозицијама. За разлику од хладнијих експозиција, овом приликом су 2 карактеристичне године детектоване истовремено са 2 различита метода. Ради се прирастима формираним 1962. и 1956. године и обе године се интерпретирају као негативне године у расту.

Као резултат примене нормализације по Neuwirth et al. (2007), чак пет карактеристичних година су препознате као јаке и екстремно јаке. С тим у вези,

прирасти формирани 1962, 1956. и 1846. године препознати су као екстремно уски, до су екстремно широки годови забележени 1910. и 1850. године.

Уколико међусобно упоредимо резултате детерминације карактеристичних година код две групе хронологија интересантно је да је већи број установљен на хладнијим експозицијама. Ипак, евидентно је да је на топлијим експозицијама забележено више „екстремних“ карактеристичних година, где их има чак 5 у поређењу са свега 1 на хладнијим експозицијама.

Да се екстремније негативне реакције дешавају на топлијим а тиме и сувљим стаништима, говори и детекција негативне 1962 године, током које је значајно мањи прираст остварен у аридњијим условима. Таквој тези додатно у прилог иду и подаци да се израженије позитивне реакције дешавају на хладнијим и стога влажнијим стаништима. Тако је код обе групе 1925. година препозната као повољна година, али је ипак нешто шири прираст формиран на хумиднијим стаништима. Такође, екстремно уске карактеристичне године формиране су само на топлијим експозицијама 1956. и 1846. године, што говори да на оваквим стаништима сушне године могу значајно више да редукују прираст који на хладнијим експозицијама истовремено остаје на просечно очекиваном нивоу. Анализом климатских података за 1956. установљено је да су те године јулске температуре биле пола степена изнад просека за период 1949-2021, док су падавине биле мање за готово 30 mm/m^2.



Графикон 51. Карактеристичне године одређене методом интервала тренда - Schweingruber (1983) - IT_Schwe и Becker et al. (1994) - IT_Becker, затим методом релативне промене у расту Schweingruber et al. (1990) - RGC_Schwe и нормализацијом у симетрично покретном прозору од 5, 7 и 13 година, предложеном од стране Cropper (1979) и Neuwirth et al. (2007) - NW_Cropp5, 7, 13 и NW_Neuw5, 7, 13. Број хоризонталних линија на NW_Neuw* тачкама указује на јачину године показивача. Једна хоризонтална линија преко квадрата означава годину слабе показиваче (C вредности > 1), две су за јаку (C > 1,28), а три су за екстремно јаку (C > 1,645).

8. ДИСКУСИЈА

8.1. Оцена квалитета серија радијалног прираста храста китњака

Почетни део истраживања између прираста и климатских елемената односи се на комплетирање коначног дендрохронолошког материјала (након поступка вишеструке синхронизације) и оцену квалитета анализираних емпиријских серија радијалног прираста за закључивање о природи наведене везе (Стајић 2010, Стајић и сар. 2014а). У ту сврху је укупно обрађено 295.713 величина прираста, односно прецизно је датирано 98.571 величина радијалног прираста. Најдужи низ величина прираста забележен на више од 5 извртака износи 184 године и покрива период од 1830 до 2013. године, а најкраћи - 56 година (период од 1962. до 2021. године. Утврђене дужине серија радијалног прираста (број величина прираста) показују да је узорак по овом критеријуму адекватан, те је стога могуће успоставити коректне, статистички потврђене и валидне везе између величина прираста и података о варијацијама количина падавина и температуре ваздуха у различитој временској резолуцији.

Као што је познато, промене прираста стабала, изазване променама климатских и других фактора раста, најчешће се посматрају на дебљинском, односно радијалном прирасту, с обзиром на могућност његовог егзактног, свакогодишњег мерења (до на стоти део милиметра), реконструкцију његових износа из далеке прошлости и уску везу са ограничавајућим или стимулативним фактором (Stajić et al. 2015, Stajić, Vučković 2023). Међутим, у наведену сврху, поред укупне величине радијалног прираста, могуће је користити и прираст компоненти годова – прираст раног и прираст касног дрвета, максималну густину и друге елементе. Не само да је могуће, већ је и врло често у приросту ових компоненти, а нарочито касног дрвета, утврђен јачи климатски сигнал и постојање израженије везе са варијацијама климе него код укупне величине радијалног прираста, односно прираста ширине года. Резултати бројних досадашњих истраживања (Lebourgeois 2000; Lebourgeois et al. 2004; Kern et al. 2013; Radaković, Stajić 2021) показали су да анализа токова и величина прираста касног дрвета, у односу на укупан прираст ширине года и нарочито прираст ширине года, даје још дубљи увид у природу реакције стабала неке врсте дрвећа на варирање падавина и температуре. Из ових разлога, поред мерења укупних величина радијалног прираста (RW), мерене су и величине прираста раног (EW) и касног (LW) дрвета.

Grissino-Mayer (2001) напомиње да компарирање величина стандардних девијација емпиријских величина RW између серија није потпуно смислено вршити, јер су те величине јако зависне од аритметичке средине емпиријских ширина годова те су емпиријске серије ширина годова са већим аритметичким срединама су углавном и серије са већим стандардним девијацијама (цит. у Стајић 2010). С друге стране, износи аритметичке средине зависе од старости стабала и код млађих стабала су већи, а код старијих мањи. Слично се може рећи и за серије прираста LW и делом EW. Ипак у циљу стицања основних назнака о могућим износима прираста годова и његових компоненти анализирани су и напред наведени показатељи. Резултати су показали да су највеће просечне величине RW (2,71 mm) и LW (2,12 mm) утврђене код најмлађе састојине, у којој још није дошло до значајнијег опадања

прираста након достизања кулминације, а највећа просечна величина прираста EW износила је 0,65 mm.

Једно од важних својстава серија величина прираста јесте тзв. средњи степен сензитивитета - MS (Grissino-Mayer 2001). Иако примена овог параметра може понекад довести до конфузности у закључивању, што је утврђено неким истраживањима (Strackee, Jansma 1992), MS је саставни део већине истраживања овакве природе. У суштини, овај параметар дефинише разлике у величинама прираста два узастопна года у низу (хронологији) година, те утврђене величине средњег степена осетљивости указују на значајно присуство пожељних високо-фреквентних осцилација ширина година (Stajić 2010). Стога су у серијама величина прираста пожељне што веће величине средњег степена сензитивитета. Резултати у оквиру ове дисертације показали су да две узастопне величине прираста LW, у просеку, значајно више осцилирају у поређењу са просечним износом осцилирања две узастопне величине прираста RW и EW, који међусобно показују сличан начин варирања износа од года до года. Па тако, према просечним износима MS и критеријумима Grissino-Mayer (2001), серије величина прираста LW (0,30-0,46) могу се означити као серије великог степена сензитивитета, а серије RW и EW (0,23-0,36) као серије средњег до великог степена сензитивитета.

Супротно од стандардне девијације и средњег степена сензитивитета, у серијама ширина година су пожељне мање величине аутокорелационих коефицијената (Stajić 2010). Говорећи о утицају овог параметра на правилност закључивања о реакцији неке врсте дрвећа на климатске промене Стајић и сар. (2014) наводе стога да је ".. *из ширина година неопходно уклонити и овај вид нежељеног климатског варирања, јер одавно је познато да су серије ширина година високо аутокорелиране*..." (Fritts 1976, Grissino-Mayer 2001). У овде анализираним истраживањима, код серија прираста RW (048-0,71) и LW (0,47-0,66) констатовано је присуство изражене аутокорелације првог реда, док је код серија прираста EW ауткорелација првог реда знатно мање изражена (AC1 је од 0,21 до 0,46). С обзиром на утврђено значајно присуство аутокорелације у серијама прираста года и његових компоненти, а тиме и једне врсте непожељног ниско-фреквентног осциловања у серијама, извршено је ауторегресивно моделовање док се аутокорелација није потпуно или највећим делом уклонила из серија величина прираста.

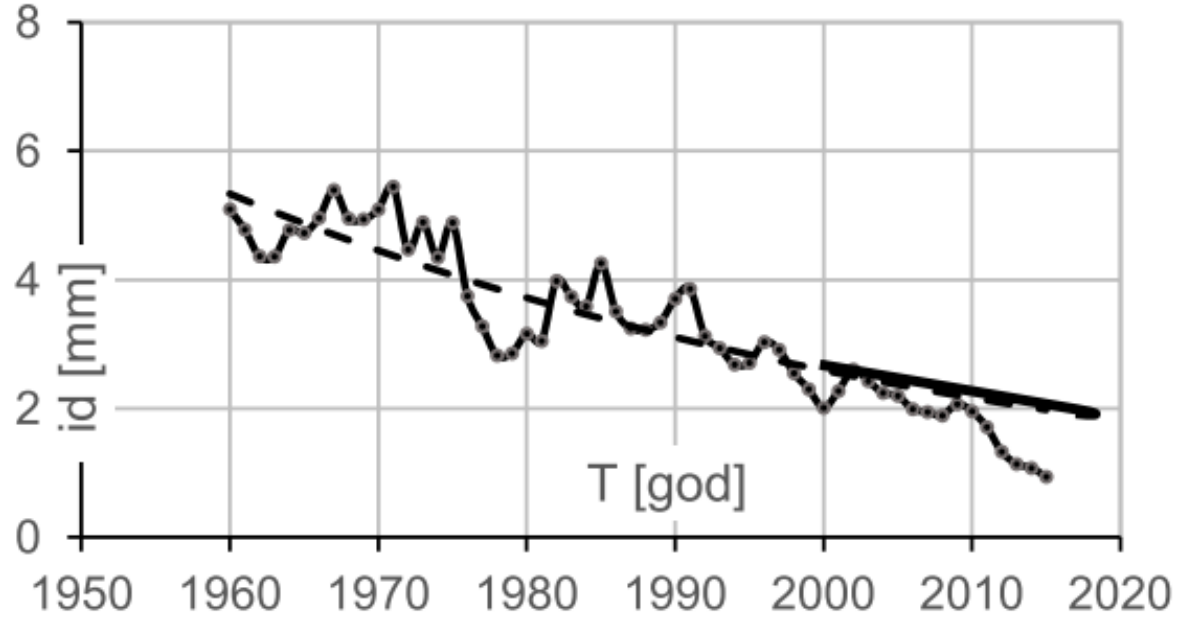
Говорећи о подацима о емпиријским величинама радијалног прираста (ширине година) и проблемима који се јављају приликом њиховог мерења, анализе и касније адекватног закључивања, Strumia (1999) напомиње следеће:

1. Серије величина година су обично хетероскедастичне, што значи да варијанса величина прираста није хомогена дуж целе временске скале и зависи од величине аритметичке средине прираста стабала са датог локалитета (Cook et a. 1990)
2. Пре него што се оцени аритметичка средина, неопходно је трансформисати све серије величина прираста у серије података са стандардном средином 1. У супротном, стабла са израженијим токовима прираста (већим износима прираста) утицаће далеко више на износ аритметичке средине него стабла са малим износима прираста (Fritts 1976)

3. Утицај старосног тренда у линеарном агрегационом моделу мора се отклонити иначе на тај начин може доћи до нежељене варијабилности дугорочног тренда прираста и утврђивања неадекватне локалне хронологије.

Отклањање ових проблема, према Strumia (1999), може се спровести поступком тзв. стандардизације. О поступку стандардизације већ је доста назначено у поглављу 6 (метод рада). У начелу, циљ проведене стандардизације ширина годова, деобом емпиријске ширине годова са очекиваном (процењеном) ширином годова, према Стајићу и сар. (2014) јесте "... *да се елиминишу дугорочне ниско фреквентне осцилације у годовима изазване овом врстом тренда и уклони део неклиматских извора варирања, односно онај део варијабилитета који није својствен свим стаблима (серијама), али и изврши стабилизација различитих варијанси ширина годова у појединим периодима појединачних хронологија. На тај начин настају индекси радијалног прираста или индекси ширина годова, који репрезентују одступања од "очекиваних" величина за дату календарску годину*...". На сличан начин размишљају и Phipps и Yanosky (2020) када наводе да се процес стандардизације серија прираста може схватити као поступак којим се идентификују и уклањају неклиматске компоненте из емпиријских серија величина прираста.

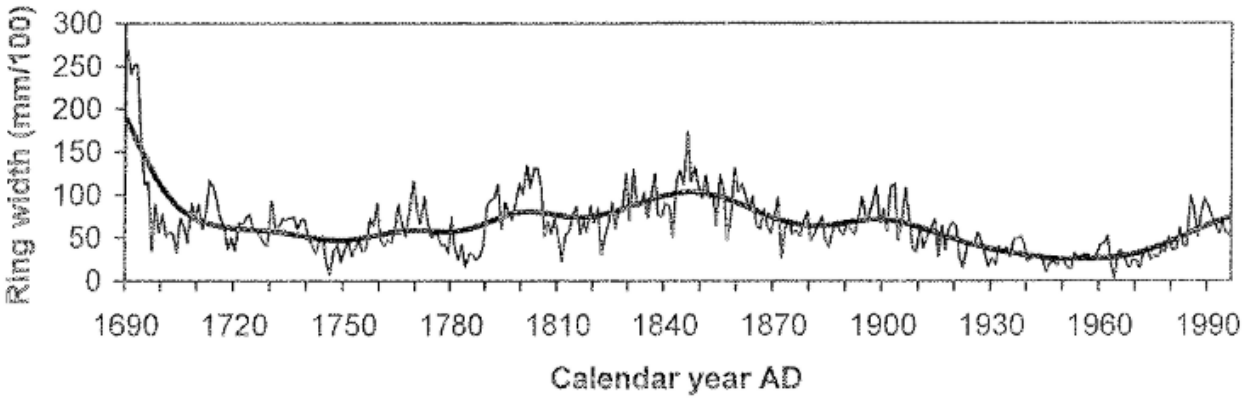
Постоји доста начина, односно процедура којима се врши поступак стандардизације серија величина прираста, који су презентовани од стране Frits-a (1976), Cook и Kairiukstis (1990), Strumia (1999), Dukić и Petrović (2021) и других. У начелу, када стабла имају довољно простора за раст, величине радијалног прираста стабала са старошћу опадају према негативном експоненцијалном тренду. Пример очекиваног опадања емпиријски утврђених износа прираста са старошћу представљен је на слици 64 црном изломљеном линијом која спаја сиве тачке, док је општи тренд апроксимиран одговарајућим моделом који је графички приказан испрекиданом црном линијом, која на крају прелази у пуну (Stajić et al. 2017a).



Слика 64. Стварни (изломљена црна линија) и нормални токови (испрекидана/пуна црна линија) радијалног прираста стабала (Stajić et al. 2017a).

Појава опадања ширине годова са старошћу означена је као присуство старосног тренда у токовима радијалног прираста стабала, а моделовањем оваквих трендова долази се до нормалних, очекиваних токова по којима прираст опада. Приказани ток радијалног прираста карактерише стабла која су расла на осами или у разбијеном склопу, тако да су њихове крошње имале довољно простора за неометано ширење. За моделовање старосног тренда се у овом случају најчешће користе функције које су по својој природи детерминистичке. У ову групу могу се сврстати линеарна регресија, полиноми вишег степена, негативна експоненцијална функција и њене модификоване верзија (Fritts 1976; Cook 1985; Cook, Kairiukstis 1990; Speer 2010).

С друге стране, уколико су стабла расла у састојини, конкурентски односи битно утичу на простор за раст, те стога и на токове радијалног прираста (Dittmar et al. 2003; Di Filippo et al. 2007; Stajić et al. 2017a). Поред унутарсастојинских процеса, нормалне токове прираста у оба случаја могу да модификују и утицаји који долазе од биотичких и абиотичких фактора из окружења. Конкретно, на токове радијалног прираста утичу узгојне интервенције у зависности од интензитета и природе (Bosela et al. 2016), затим пожари (Seidl et al. 2017), каламитети инсеката (Leland et al. 2016), механичка оштећења (Mirtchev et al. 2012), плодоношење (Drobyshev et al. 2010) итд. У том смислу, на слици 65 (Strumia 1999) дат је пример стварног и нормалног тока радијалног прираста стабла из састојине која је под одређеним газдинским поступком. Овако сложени токови раста, изискују употребу стохастичких поступака моделовања старосног тренда, јер омогућавају адекватно прилагођавање осцилацијама тренда. У најчешће коришћене стохастичке методе детрендовања спадају различите верзије ниско-пропусних филтера и полиномних сплајнова (Cook, Peters 1981; Cook, Kairiukstis 1990; Melvin et al. 2007). Имајући у виду сву комплексност процеса раста стабала у састојинама и његову зависност од низа фактора, правилан избор метода којим ће бити процењиван старосни тренд у серијама радијалног прираста од изузетног је значаја и представља једну од најважнијих процедура у поступку утврђивања реакције неке врсте дрвећа на варијације климатских елемената.



Слика 65. Стварни (танка линија) и нормални токови радијалног прираста (дебља линија) стабла које је расло у састојинском склопу (Strumia 1999).

С обзиром на претходно, елиминисање старосног тренда и уједначавање варијансе радијалног прираста дуж целог анализираног периода у истраживањима у оквиру ове дисертације извршено је поступком тзв. дуплог детрендовања, које се сматра посебно погодним за стабла расла у "привредним" шумама (Holmes et al. 1986; Holmes 1994), односно у шумама у којима се редовно газдује. Слагање "нормализованих" серија прираста са мастер хронологијом за све три врсте емпиријских података евалуирано је израчунавањем параметара Glk_{xy}, r_{xy}, и t_{bp}. Добијени резултати послужили су за додатно пречишћавање узорка, које је подразумевало да са приликом спровођења поступка синхронизације из даље анализе уклоне серије са ниским укупним или сегментним износима наведених параметара. На тај начин је још више хомогенизован заједнички сигнал на свим истраживаним ОПа, што представља основ за проучавање стварне природе реакција стабала китњака на промене овде анализираних климатских елемената. У начелу, циљ је да се "ухвати" жељени "сигнал", који репрезентује заједнички варијабилитет присутан у свим серијама ширина годова у датим станишним условима и да се минимизира утицај свих неклиматских фактора, који ометају доношење тачних закључака и који се у оваквим истраживањима називају "шум". Овде добијени резултати показали су да су у серијама коначног узорка присутни заједнички трендови прираста у задовољавајућој мери. То је нарочито уочено за серије прираста LW и RW, што је потврђено добијеним величинама параметара Glk_{xy}, r_{xy}, и t_{bp}. Утврђени износи ових параметара значајно су већи од оријентационих и широко прихваћених минималних износа неопходних за спровођење квалитетних дендрохронолошких и дендроклиматолошких истраживања. На пример, минималне величине Glk_{xy} су значајно изнад у литератури опште прихваћеног прага од 0,60 (Grissino-Mayer 2001). Код LW величине Glk_{xy} износе од 0,66 па до чак 0,80, а код RW од 0,67 па чак до 0,83. Износи r_{xy} су, такође, изнад опште прихваћене границе од 0,50 и то за LW од 0,51 до 0,79, а за серије RW од 0,57 до 0,82. Када се кроз величину коефицијента t_{bp} обједињено посматрају корелација и број корелираних износа, евидентно је да серије RW и LW које су задржане након филтрирања узорка, у просеку имају износе изнад прихваћеног прага од 3,5 (Baillie, Pilcher 1973). За разлику од израженог степена слагања прираста LW и RW, код прираста EW ситуација је у потпуности супротна и износи за сва три анализирана параметра слагања су испод величина које су усвојене као минимални прагови. Тако Glk_{xy} за EW износи 0,53-0,59, r_{xy} од свега 0,15 до 0,37, а t_{bp} између 0,36 и 2,05 (CR124a). Овим је поново потврђена, у литератури више пута навођена чињеница, да су серије прираста EW најчешће неупотребљиве за оваква истраживања, с обзиром на то да у овом делу укупног радијалног прираста није утврђено постојање довољно изражене заједничке реакције стабала на промену климатских услова.

Након двоструког детрендовања, ауторегресионог моделовања и тзв. робусног упросечавања емпиријских серија прираста формиране су резидуалне хронологије (RES), које су локалног карактера. Исте представљају серије индекса прираста, које се због начина упросечавања називају и *мастер* хронологијама. С обзиром да су ове просечне хронологије јединствене за свако огледно поље (састојину) и одражавају динамику раста у специфичним еколошким условима, поменуте хронологије се често називају и *станишним*. Спровођење наведених поступака (двоструко детрендовање, ауторегресивно моделовање и упросечавање емпиријских серија прираста) резултирало је евидентним умањењем средњег

степена сензитивитета (MS) код станишних хронологија LW (сада од 0,23 до 0,47), RW (сада од 0,20 до 0,38) и EW (од 0,10 до 0,16). Поред тога, дошло је значајног смањења нежељеног својства аутокорелација оваквог вида временских серија. Наиме, практично је уклоњено присуство аутокорелације у серијама станишних хронологија индекса прираста LW и RW. С друге стране, примењени поступак није у потпуности успео да уклони аутокорелацију из EW станишне хронологије (AC1 износи 0,10-0,15).

Следећи проблем у поступку спознаје и квантификације реакције неке врсте дрвећа на варијације климатских елемената јесте чињеница да, услед различите дужине појединачних хронологија стабала, долази до неједнаке репликације узорка по годинама, па тако имамо појаву да су најстарије године у серији величина прираста покривене са једним или два понављања, односно утврђене су и премерене само на једном или два извртка. То утиче на ниво заједничког сигнала у расту, који је услед тога у крајњим деловима серије значајно слабије изражен. Из тог разлога, у овде утврђеним станишним хронологијама храста китњака одређена је тачна година у најстаријим деловима од које заједнички сигнал у станишним хронологијама постаје довољно изражен и употребљив за даљу анализу, односно то је одређено коришћењем тзв. коефицијента израженост популационог сигнала – EPS (*Expressed Population Signal*) према Wigley et al. (1984), односно на основу његове доње границе величине, која према наведеном аутору износи 0,85. У суштини, овај параметар представља величину тзв. "сигнала" хронологије, који је изражен као фракција укупне варијансе хронологије (Briffa, Jones 1990). На примеру дефинисаних локалних хронологија, укупна варијанса сваке серије индекса ширина годова састављена је од заједничког, општег "сигнала", који се може окарактерисати величином просечног коефицијента интерсеријске корелације (*r)* и "шума", који је у суштини једнак 1- *r* (Стајић 2010). Добијени резултати показали су да су величине EPS овде анализираних LW и RW локалних хронологија изнад доње границе прихватљивости и поверења хронологија, те да утврђене хронологије поседују висок ниво заједничког сигнала. Уколико међусобно упоредимо EPS код ове две врсте серија индекса прираста, евидентно је да RW хронологије имају, у просеку, нешто веће износе. Насупрот томе, величина EPS код EW хронологија ни у једној састојини не достиже усвојени праг, што јасно указује да се у овој компоненти радијалног прираста не може констатовати постојање довољног нивоа заједничке реакције стабала на промене климатских услова.

Однос између тзв. шума и заједничког сигнала (SNR) је посебно погодан параметар за упоређивање јачине сигнала код хронологија са идентичним нивоом репликације узорка (Cook, Kairiukstis 1990). С тим у вези, SNR има значајан потенцијал да укаже на разлике у снази заједничког сигнала код различитих врста хронологија формираних на нивоу једне састојине. Добијени резултати показали су да је на свим огледним пољима присуство тзв. сигнала према тзв. шуму значајно јаче изражено код хронологија RW у односу на LW хронологије.

Анализом основних компоненти варијација (PCA) могуће је спознати правилности у колебању прираста, а затим и детектовати факторе који се могу окарактерисати као директни или индиректни генератори промена у динамици раста. Из тог разлога Čufar et al. (2014) и Stajić et al. (2020) подвлаче да проценат варијансе објашњене сопственим векторима у анализи главних компоненти (PCA) представља значајан индикатор приликом проучавање сличности и разлика у

варирању прираста (Čufar et al. 2014a; Stajić et al. 2020). Примена PCA је посебно погодна за проучавања варијација на географски ширем подручју, где је обухваћен читав спектар разноликих станишних и састојинских услова за раст. За спровођење PCA анализе одабрана је корелациона матрица, формирана на основу хронологија чија је дужина прилагођена најдужем заједничком периоду. Приликом одабира релевантних еигенвектора употребљено је *Kayseri* правило, које је као релевантне правце издвојило прва два сопствена вектора матрице. На прва два вектора налази се 73% од укупних варијација између станишних хронологија (PC1 64% и PC2 9%). Укупно гледано, износи PC1 су, у просеку, нешто већи код RW хронологија у односу на LW хронологије.

У сврху потпунијег сагледавања динамике просторног варирања радијалног прираста китњака у североисточној Србији, корелационом анализом је проверена повезаност варијација одабраних еигенвектора са 14 различитих предиктора. Добијени резултати релативно изражене зависности између координата и скалара PC1 показали су да промена локације истраживаних састојина доводи до значајних измена услова за раст, пре свега, климатских. Односно, детектоване промене еколошких фактора се пре свега односе на годишњу суму падавине и минималне температуре, за које се показало да су значајно повезане са варијацијама на првом сопственом вектору. Ипак, корелационом анализом је откривено да топлотни режим има најзначајнију улогу у 64% варијација дебљинског прираста у истраживаном подручју. Код PC2 је детектована зависности са надморском висином и географском ширином, које посредно указују на промене прираста везане за минималне, просечне и максималне годишње температуре у проучаваним састојинама. Да је део варијација прираста модификован и утицајем обраслости и конкурентских односа унутар истраживаних састојина, указује и изражена повезаност скалара PC2 са G, Ds и донекле V. Висина доминантних стабала - Hs представља један од најефикаснијих индикатора повољности станишта за дату врсту (Fabrika, Pretzsch 2013; Stajić et al. 2016), па значајна веза са овим елементом раста показатељ је да степен варијација дуж PC2, генерално, зависан од укупног квалитета станишних услова.

На крају, добијени резултати анализе карактеристика станишних хронологија показали су да серије индекса прираста ране зоне дрвета (EW) не садрже довољно изражен заједнички популациони сигнал у расту и да стога нису оптималне за дендроклиматошка истраживања. За разлику од њих, хронологије прираста касне зоне (LW) и укупне ширине прстенова прираста (RW) садрже наглашену заједничку реакцију на годишње осцилације климатских услова на подручју североисточне Србије. Добијени резултати показали су, такође, да утврђене станишне LW хронологије и RW хронологије поседују висок ниво заједничког сигнала, те да је коришћени пречишћени и хомогенизовани узорак дендрохронолошког материјала довољан да се "ухвати" жељени "сигнал", који репрезентује заједнички варијабилитет присутан у свим серијама ширина годова храста китњака у датим станишним условима. Иако LW хронологије показују већу сензитивност на промене, преостали анализирани параметри су показали да RW хронологије, ипак, имају нешто повољније карактеристике, посебно веће присуство "сигнала" у односу на "шум". Имајући у виду наведено, за даља проучавања просторног варирања и дендроклиматолошке анализе коришћене су **RW резидуалне хронологије**. Због прегледности у даљем тексту неће се децидно наводити да се ради о резидуалним RW хронологијама, него ће се то подразумевати.

8.2. Зависност између прираста храста китњака и климе на подручју североисточне Србије

С обзиром да су истраживања везе између прираста храста китњака и климе веома ретка у Србији, а имајући у виду да је сама природа ове релације веома условљена позицијом и климом локалитета на којем се врше истраживања, а и мноштвом других утичућих фактора, у циљу стицања што вернијих сазнања о дендроклиматолошкој реакцији ове врсте дрвећа у Србији, утицај климе на прираст стабала храста китњака истражен је на бази: 1) корелације између радијалног прираста и сезонских података о падавинама и температури; 2) корелације између радијалног прираста и месечних података о падавинама и температури; 3) тзв. одзивне функције; 4) индекса суше SPEI и 5) карактеристичних година у расту стабала ове врсте дрвећа.

8.2.1. Падавине и прираст стабала храста китњака

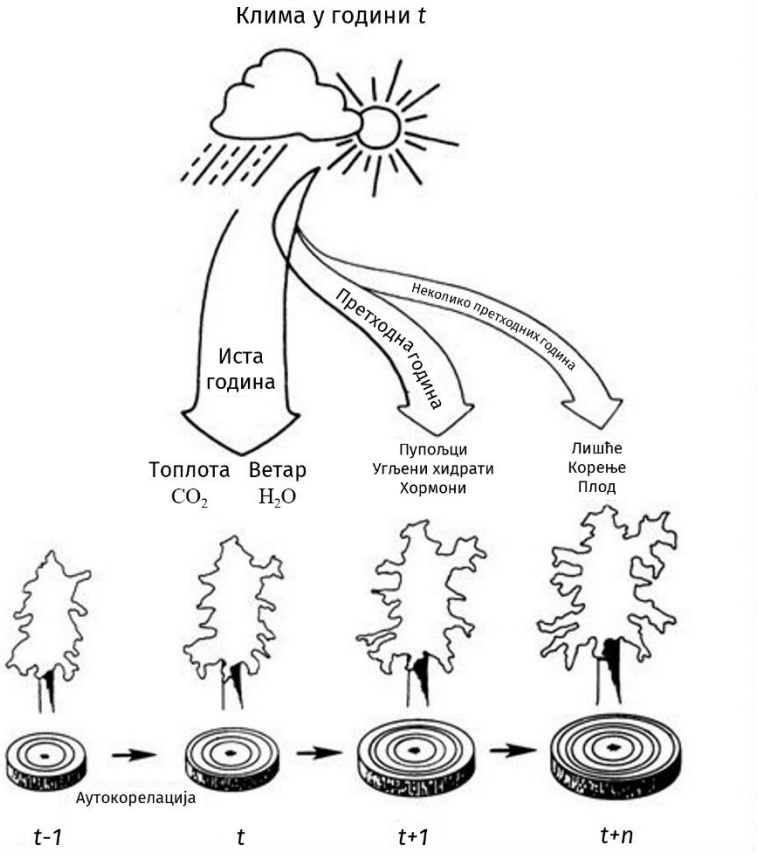
Анализирајући резултате примене свих 5 методолошких процедура за утврђивање зависности прираста стабала храста китњака од климе на подручју североисточне Србије може се извести закључак да постоји јасна зависност између прираста ове врсте дрвећа и анализираних климатских елемената и параметара.

Тако, резултати примене корелационе анализе између прираста и сезонских (тромесечних) падавина показали су **да присуство веће количине падавина у пролеће, касно пролеће/рано лето и у лето текуће године резултира значајним повећањем прираста китњака**. На *хладнијим експозицијама*, раст храста китњака доминантно је одређен количинама падавина у касно пролеће/рано лето и у најтоплијем периоду лета. С друге стране, што су веће количине падавина у пролеће, касно пролеће/рано лето и у најтоплијем периоду лета текуће године то је и раст китњака на *топлијим експозицијама* интензивнији.

Да падавине у летњим месецима, а поготову у оном најтоплијем (јулу) опредељујуће утичу на прираст китњака показали су резултати корелације између мастер хронологија и података о падавинама на месечном нивоу. Може се закључити да, **без обзира да ли храст расте на топлијим или хладнијим експозицијама, смањене количине падавина у јулу значајно умањује прираст китњака у датој години**. Једина разлика је што ниво падавина у јулу текуће године на топлијим стаништима још у већој мери утиче на величину радијалног прираста китњака у тој години у односу на станишта на хладнијим експозицијама. Интензивнији утицај падавина на топлијим стаништима у летњим месецима на раст и прираст стабала китњака у односу на хладнија станишта делом је и очекивана појава.

Интересантно је да **увећане падавине из септембра претходне године значајно стимулативно утичу на величину прираста у текућој години на обе групе станишта**. То практично значи, да падавине из претходне године имају знатан утицај на формирање прираста у наредној години. Позитиван утицај падавина из претходне године на раст у текућој години може бити, према Fritts-y (1976) и Rentch-y et al. (2003) објашњен чињеницом да пупољци формирани током претходне године садрже примордијално меристемско ткиво од којег ће делимично бити формирано лишће у текућој години или како то констатују Barbaroux и Breda (2002) – акумулацијом и кон-

центрацијом угљених хидрата у том периоду, који ће се користити на почетку следећег вегетационог периода, односно сезоне раста (цит. у Stajić et al. 2015). Поред тога, као још једно од објашњења за уочене релације може бити и продужен раст корена до почетка зиме или дуже, што ће изазвати дужи раст надземних делова биљке и сходно томе, већи прираст стабала у наредној години (Stajić et al. 2015). На сличан начин о поменутој појави говори и Fritts (1976), напомињући да клима у години *t* може да утиче на продукцију пупољака, шећера и хормона у следећој години (*t+1*) и продукцију лишћа, кореновог система и плодова у наредних неколико година (*t+k*), што је илустративно приказано на слици 66.



Слика 66. Утицај климе у текућој години (t) на прираст стабала у наредној или неколико наредних година (*t+1, t+k*) (Fritts 1976).

Поред позитивних ефеката које падавине имају на раст китњака на хладнијим експозицијама, откривен је **и негативан утицај веће количине падавина током марта текуће године на оваквим стаништима**. У начелу, негативне релације између падавина и раста стабала су мало вероватне и ретке, а могу бити констатоване на стаништима са слабо дренираним земљиштима, када вишак воде креира анаеробне услове који редукују раст корена (Strumia 1999). Поред тога, земљиште на великом броју станишта у пролеће доста је засићено влагом, али је тада још увек хладно. У случају увећаних температура у пролеће, тада може вишак воде деловати стимулативно на прираст, тако што се, услед ранијег почетка раста, продужава вегетациони период, а тиме и величина прираста у тој години. Међутим, ако нема довољно топлоте, повећана количина влаге изазива негативне утицаје на раст стабала. То је услед тога што вишак падавина на почетку вегетационе сезоне на тај начин може значајно пролонгирати почетак камбијалне активности и стога умањити укупно

остварени прираст у години. Таквом епилогу у великој мери погодује и слабија осунчаност хладнијих експозиција у првим пролећним месецима.

Имајући у виду да су падавине и температура ваздуха у међусобној корелацији (већа температура – мање падавине и обрнуто), што у значајној мери може модификовати релације између клime и прираста, овај проблем се успешно може решити трансформацијом падавина и температуре у нове независно променљиве – некорелисане величине које се зову сопствени вектори или главне компоненте. Овакав метод коришћења новоформираних ортогоналних климатских података у регресионим анализама у циљу детекције зависности прираста од клime назива се **тзв. анализа одзивне функције**, енгл. *Response function analysis* (Fritts 1976, цит. у Стајић, Казимировић 2018). Дакле, одзивне функције су вишеструке регресионе анализе које користе главне компоненте месечних климатских података да би се извршила процена индексираних величина радијалног прираста (Fritts, Xiangding 1986). Након примене овог методолошког приступа и декорелације климатских параметара показало се, такође, да на раст храста китњака и на хладнијим и топлијим стаништима **највећи позитивни утицај имају увећане количине падавина у месецу јулу текуће године.**

8.2.2. Температуре и прираст стабала храста китњака

Релације између сезонских климатских података и прираста храста китњака разматране су за укупно 14 тромесечних периода, који покривају временски оквир од августа претходне године до октобра текуће вегетационе сезоне. Добијени резултати примењене корелационе анализе показали су да код храста китњака који расте и на хладним и на топлијим експозицијама нису утврђени периоди текуће године у којима је температура значајно утицала на величину оствареног прираста. Ипак, то не значи апсолутно да температурни режим није значајно утицао на колебања у приросту на топлијим експозицијама, него је извесније да је природа овог утицаја „маскирана“ услед поступка сезонализације података. Генерално, када се подаци анализирају на нивоу тромесечних периода, постоји реална могућност да један или два месеца са мање израженим износима климатских елемената "прикрију" ефекте утицаја клime из трећег месеца.

У сврху отклањања наведеног недостатка анализирана је зависност прираста од температуре на месечном нивоу. Добијени резултати у погледу просечних месечних података о температури ваздуха и њиховом утицају на прираст храста китњака потврдили су чињеницу да је овај климатски елеменат од далеко мањег утицаја него падавине. Ипак, применом овог методолошког приступа утврђено је да повишене температуре у јулу негативно утичу на остварени прираст китњака само на топлијим стаништима. То практично значи да ако су температуре у месецу јулу више од просека прираст стабала у оваквим станишним условима се смањује. Евидентно је да у таквим случајевима, комбинације високих летњих температура и изражене осунчаности утичу на водни дефицит и појаву суше, на коју стабла реагују затварањем стома и инхибицијом фотосинтезе. То условљава смањење прираста, а ако ови периоди трају дуже, поред значајнијих губитака у приросту може да дође и до појаве девитализације, па чак и до сушења стабала.

Што се тиче резултата истраживања на овде анализираном подручју, посебно је индикативно то што је на топлијим стаништима статистички значајан негативан ефекат високих јулских температура на прираст китњака у текућој години опстао у

моделу и након декорелисања климатских података, што је потврђено применом тзв. одзивних функција. Имајући то у виду, као и све претходне резултате, евидентно је да је формирање прираста на топлијим стаништима дефинитивно додатно оптерећено утицајем надпросечних летњих температура, појачаних за већи степен директног сунчевог зрачења.

Оно што је важно такође напоменути јесте да, као и у случају примене корелационих функција за сезонске и месечне податке, применом овог методолошког поступка може се закључити да је утицај температуре из претходне године на величину прираста текуће године миноран.

У циљу утврђивања стабилности утврђених веза између климе и прираста примењени су тзв. покретни прозори, ширине 50 година. Добијени резултати анализе стабилности значајности корелационих коефицијената установљених између радијалног прираста и климатских података у месечној резолуцији за 23 анализирана периода показали су, најпре, да су утврђене релације између прираста китњака и количине падавина на хладнијим експозицијама у североисточној Србији ипак, нешто мање константне у времену него на топлијим експозицијама. То се посебно односи на утицај падавина у септембру претходне и марту текуће године. Специфичан начин груписања периода значајности ових веза указује да су се у прошлости смењивали периоди година у којима су падавине из септембра претходне и марта текуће године имале изражен утицај на прираст китњака текуће године. С друге стране, стабилност везе између падавине у јулу текуће године и прираста је израженија кроз време (код свега 5 од укупно 23 позиције прозора нису утврђене статистички значајне релације).

Установљене зависности између климе и прираста китњака на топлијим експозицијама показале су се као изузетно постојане у времену. То се посебно односи на утицај смањених падавина и повећаних температура у месецу јулу текуће године. Веза између прираста у текућој години и падавина из септембра претходне године није тако постојана као претходне две везе, али је ипак израженија него у састојинама на хладнијим стаништима. Наиме, за разлику од хладнијих експозиција и испресецаног утицаја септембарских падавина кроз време, на топлијим стаништима утицај падавина наведеног месеца се, ипак, јавља у једном континуалном временског интервалу,

Може се закључити да, укупно гледано, број значајних сегмената и редослед њиховог појављивања сугеришу да на топлијим експозицијама постоји нешто израженија постојаност веза између климатских параметара и радијалног прираста стабала китњака у североисточној Србији.

8.2.3. SPEI и прираст стабала храста китњака

Према бројним ауторима (Levanič et al. 2013; Lévesque et al. 2013; Martin-Benito et al. 2013), примена индекса суше може често обезбедити бољи увид у природу реакције стабала неке врсте дрвећа на промену климатских елемената него примена само података о падавинама и температури. Из тог разлога, за даљу анализу утицаја временских услова на раст китњака на подручју североисточне Србије, поред падавина и температуре, коришћен је и стандардизовани индекс суше - SPEI (Vicente-Serrano et al. 2010). Овај индекс базиран је на интегрисању података о

падавинама и потенцијалној евапотранспирацији. У начелу, SPEI се показао као изузетно погодан индекс за евалуацију почетка, трајања и изражености сушног периода (Beguería et al. 2010) и представља још један начин да се одстране евентуалне грешке у закључивању изазване међусобним утицајем температуре и падавина (Mausolf et al. 2018; Tognetti et al. 2019). Из тог разлога Ma et al. (2015) напомињу да информације о природи реакције прираста стабала преко SPEI индекса проширују видике и знања у погледу "рањивости" – угрожености стабала и способности предвиђања будућих варијација сушних периода (цит. у Stajić et al. 2020). Претходни аутори (Stajić et al. 2020) цитирају Martin-Benito et al. (2012) и наводе даље "... *да интеракције између температуре и падавина, које су сумиране у величину SPEI, условљавају да раст стабала буде у најизраженијој корелацији са величином овог индекса* ...". Претходна констатација је потврђена и резултатима истраживања у оквиру ове дисертације. Наиме, SPEI3 има прилично веће максималне износе коефицијента корелације и далеко боље кореспондира са величинама прираста него месечни подаци о падавинама и температурама. Нпр. коефицијент корелације између величина SPEI3 у периоду јун-август износи 0,58, а у периоду јул-септембар чак 0,62. То практично значи, да је раст храста китњака је у веома јакој корелацији са износима SPEI3 у најтоплијем периоду лета и у периоду касно лето/рана јесен, али и да радијални прираст китњака у североисточној Србији има значајну позитивну корелацију и са величинама SPEI3 у другим деловима вегетационог периода: у касно пролеће/рано лето и у јесен.

То практично значи, да са повећањем износа SPEI3 у летњим месецима код храста који расте и на топлијим и хладнијим експозицијама у овом делу Србије, долази до формирања ширих прстенова прираста. Евидентно је да влажнији услови посебно погодују приросту на топлијим експозицијама, где недостатак падавина у комбинацији са високом евапотранспирацијом може значајно да умањи прираст и створи услове за појаву девитализације стабала. С друге стране, показало се да су стабла расла на хладнијим експозицијама нешто толерантнија на сушне периоде, посебно ако се изузме август као централни месец летњих сушних периода.

Уочене релације су потпуном складу са претходно презентованим зависностима између климе и прираста и на својеврстан начин представљају потврду претходних резултата, у којим су падавине и сунчева радијација идентификовани као једни од најбитнијих фактора за динамику дебљинског прираста китњака у североисточној Србији. Поред већ констатованог утицаја јула, овим резултатима делимично и индиректно је и апострофиран и утицај месеца августа на величину оствареног прираста ове врсте дрвећа.

Имајући то у виду, као и све претходне резултате, евидентно је да је формирање прираста на топлијим стаништима дефинитивно додатно отежано утицајем надпросечних летњих температура, чији је ефекат појачан већим степеном директног сунчевог зрачења. У таквим околностима долази до повећавања евапотранспирације и негативних износа SPEI3 индекса, што све заједно указује да сушни периоди на топлим експозицијама имају јачи негативан ефекат на прираст у односу на китњак који расте на хладнијим падинама.

8.2.4. Карактеристичне године у расту храста китњака

Начелно, релације између раста и климатских фактора се најчешће истражују помоћу анализе корелационих и одзивних функција (Stajić et al. 2015). Ипак, примена метода. *анализе карактеристичних година у расту*, према Lebourgeois et al. (2004). може обезбедити додатне информације о овим релацијама на годишњем нивоу и може се сматрати као додатак појашњењу релација утврђених рачунањем линеарних регресионих модела. Такође, De Ridder et al. (2014) констатују да је, услед комплексности оваквих релација и бројности фактора који директно и индиректно опредељују ту веза, утврђивање зависности раста и прираста и климатских фактора се још јасније "маркирају" применом метода анализе карактеристичних година у расту. Овакви закључци су потпуно на месту, имајући у виду, да су, према Стајићу (2010), карактеристичне године оне године када су стабла у току раста била изложена дејству екстремних утицаја, те су карактеристични годови настали у тим годинама "огледало" и јачине и учесталости оваквих утицаја на раст неке врсте дрвећа. Прикладност овакве методе анализе карактеристичних година у расту у сврху детерминисања екстремно изражене реакције у расту неке врсте дрвећа доказана је у бројних досадашњим истраживањима (Neuwirth et al. 2004; Lebourgeois et al. 2005; Elferts 2007; Matisons et al. 2013; Kalbarczyk, Ziemiańska 2017; Stajić et al. 2017b; Jetschke et al. 2019).

До данас је развијено више различитих методолошких приступа за утврђивање карактеристичних година у расту врста дрвећа и карактеристичних годова, односно карактеристичних величина прираста. Међутим, када се крене са компарацијом метода и резултата добијених тим методама онда се може закључити да је често тешко одабрати који од метода се треба применити у наведену сврху. Па тако, Stajić et al. (2017) констатују да селекција метода може бити даље отежана из разлога што нпр. Cropper (1972) и Schweingruber et al. (1990), предлагајући своје методолошке прилазе, нису обезбедили довољно инструкција о следећем: 1) како селектовати одговарајући број годова (величина прираста) непосредно испред и иза посматране величине прираста приликом компарирања са прирастом посматране године и 2) на који начин дефинисати одговарајућу граничну вредност за идентификацију негативне или позитивне карактеристичне године у контексту величине промене прираста? Из тих разлога, Stajić et al. (2017) констатују да таква ситуација оставља простора за субјективну интерпретацију анализираних критеријума, што резултира могућности примене више различитих методолошких приступа утврђивању карактеристичних година (Becker et al. 1994, Lebourgeois et al. 2005, Neuwirth et al. 2007). Ово питање је третирао и Bijak (2007), демонстрирајући како комбинација ових критеријума и сходно примена таквих процедура доводи до утврђивања различитих карактеристичних година у расту. Стога овај аутор, такође, закључује да би се добили употребљиви резултати, које је могуће после компарирати, различити аспекти процеса детерминације захтевају примену много детаљније спецификације критеријума.

Имајући у виду претходне разлоге, у сврху детекције карактеристичних година Stajić et al. (2017b) и Jetschke et al. (2019) препоручују комбиновани приступ, који се заснива на употреби више одговарајућих метода квантификације. Стога су у овим истраживањима, примењена три различита метода одређивања значајних година у расту, а у оквиру њих је имплементирано већи број препоручених калкулативних

варијанти. Укупно гледано, коришћено је осам различитих процедура за детекцију година са екстремним износима прираста, на начин како су то урадили Radaković и Stajić (2021).

На бази примене претходног приступа може се констатовати да је на хладнијим експозицијама, у задњих нешто више од 150 година (период 1866-2021), утврђено укупно 19 карактеристичних година, те да је раст храста китњака у оваквим условима опредељиван знатно више дејством ограничавајућих, штетних фактора раста (12 негативних година) у односу на утицај стимулативних фактора, који су изазивали екстремно увећање прираста ове врсте на годишњем нивоу (7 позитивних година). Број утврђених година са изразито малим или великим износима прираста варирао је од метода до метода, као и од варијанте методолошког приступа. Па је тако, највећи број карактеристичних година утврђен применом варијанти метода нормализације у покретном прозору, које су предложили Cropper (1979) и Neuwirth et al. (2007), а најмањи (ниједна година) применом тзв. метода релативне промене по Schweingruber et al. (1990).

У сврху извођења релевантних закључака примењен је поступак који су предложили Radaković и Stajić (2021), а који претпоставља да се као карактеристичне године у расту означе само оне које су детерминисана истовремено са најмање два методолошка приступа. Добијени резултати су показали да је на хладнијим експозицијама само 1962. година истовремено препозната као година са карактеристично уским прирастом храста китњака (негативна карактеристична година) од стране најмање два различита метода. Поред тога, варијанте нормализације по Neuwirth et al. (2007), препознале су 1926. годину као екстремно јаку позитивну карактеристичну годину (C > 1,645), док је 1977. година детерминисана као јака негативна (C > 1,28).

Прираст храста китњака на топлијим експозицијама у задњих око 190 година (период 1837-2021 година), био је под утицајем изузетно повољних или ограничавајућих фактора у току 16 година, од којих су 10 година биле изузетно стимулативне, а 6 изразито ограничавајуће. Као и на хладнијим експозицијама, применом тзв. метода релативне промене раста (Schweingruber et al. 1990) није утврђена ниједна карактеристична године у расту. За разлику од хладнијих експозиција, овом приликом су 2 карактеристичне године детектоване истовремено са 2 различите методе (1956. и 1962. година) и обе године се могу интерпретирати као негативне године у расту. Као резултат примене нормализације по Neuwirth et al. (2007), чак пет карактеристичних година су препознате као јаке и екстремно јаке. С тим у вези, прирасти формирани 1962, 1956. и 1846. године препознати су као екстремно уски, до су екстремно широки годови забележени 1910. и 1850. године.

Уколико међусобно упоредимо резултате детерминације карактеристичних година код раста китњака на топлијим и на хладнијим стаништима, може се констатовати да је већи број установљен код китњака на хладнијим експозицијама. Ипак, евидентно је да је на топлијим експозицијама забележено више „екстремних“ карактеристичних година, где их има чак 5 у поређењу са свега 1 на хладнијим експозицијама. Да се екстремније негативне реакције дешавају на топлијим, а тиме и сувљим стаништима, говори и утврђивање 1962. године као негативне карактеристичне године, током које је значајно мањи прираст остварен у ариднијим условима. Таквој тези додатно у прилог иду и добијени резултати који показују да се

израженије позитивне реакције дешавају на хладнијим и стога влажнијим и за раст повољнијим стаништима. Тако је код обе групе, година 1925. препозната као година са јако повољним условима за раст, али је ипак нешто већи прираст формиран на хумиднијим стаништима. Такође, екстремно уске карактеристичне године формиране су само на топлијим експозицијама (1846. и 1956. године), што говори да на оваквим стаништима сушне године могу значајно више редуковати прираст, а који на хладнијим експозицијама истовремено остане на просечно очекиваном нивоу. Анализом климатских података за 1956. годину установљено је да су те године јулске температуре биле 0,5^{0}C изнад просека за период 1949-2021, док су падавине биле мање за готово 30 mm/m^2.

Поред претходног, резултати су показали да су забележене и "заједничке" карактеристичне године, односно године са екстремно израженим утицајем климатских услова за раст храста у оба типа станишних услова. Наиме, утврђено је 5 таквих година, од којих су 3 негативне (2017, 1968. и 1962.) и 2 позитивне (1926. и 1910.). Имајући у виду да се 1962. година појавила као карактеристична година код обе групе, при чему посебно негативна на топлим експозицијама, може се сматрати да су тада били посебно неповољни услови за раст храста китњака у североисточној Србији. Уколико се погледају климатски подаци, температуре у месецу јулу 1962. године биле су веће од просека за 0,8 C°, а падавине испод просека за 18 mm/m^2. Што се тиче 2017. године, може се констатовати да су, у односу на вишедеценијски просек (50 mm/m^2), падавине у марту биле више него дупло мање (23,9 mm/m^2). Такође, као додатни разлог за уочено изражено смањење прираста у 2017. години може се навести то да су у падавине јулу ове године биле мање за 40%, а при температури већој за 0,3 C° у односу на вишегодишњи просек. Ефекат мартовских падавина је вероватно на хладнијим експозицијама резултовао појавом негативне карактеристичне године, док су јулске утицале да се не топлијим локацијама формира мањи прираст него претходне године. Разлог појаве малог прираста 1968. године може се може приписати 30% мањој количини падавина у марту текуће године, јер су сви остали климатски параметри били приближни вишегодишњим просецима.

Анализирајући токове раста и прираста храста китњака са подручја Наставне базе "Мајданпечка домена" и њихову зависност од варијација количине падавина и температуре ваздуха Radaković и Stajić (2021) утврдили су да се као карактеристичне године за раст китњака на том локалитету могу означити 3 од 5 овде утврђених карактеристичних година. Поменути аутори су констатовали да је 1962. година негативна, а 1926. и 1910. позитивне карактеристичне године. Утврђени изражено већи или мањи прираст у овим годинама резултат је забележених аномалија у количинама падавина у посматраним годинама. Па тако, у њиховим истраживањима констатовани изражено мали прираст забележен у 2006, 1962. и 1956. години може се недвосмислено објаснити изузетно малим количинама падавина у мају, августу и периоду септембар-октобар, које су износиле од 61% до чак 91% мање у односу на вишедеценијски просек (1961-1990. година). Заједничка карактеристична негативна година за ова два истраживања (1962.) и изразито мали прираст храста китњака у овој години, забележен у оба истраживања, може се објаснити утицајем веома малих износа падавина у свим периодима ове године у односу на претходно назначени просек. Па тако, сумарна количина падавина у мају и јуну те године износила је само 25% од просека!. Слично је било и у осталим периодима: у вегетационом периоду –

55% од просека, у рано пролеће (63% од просека), рано лето (44% од просека), у најтоплијем делу лета (52% од просека), у касно лето (58% од просека) и у рану јесен (50% од просека).

С друге стране, значајно већи прираст у 1910. и 1926. години од вишедеценијског просека вероватно је условљен знатно обилнијим падавинама у ове две позитивне карактеристичне године у односу на просек. Детаљније информације о процентуалним одступањима у односу на просек или који периоди у години су, са аспекта обиља падавина, били посебно повољни за раст храста китњака на овде анализираном подручју нису биле могуће, услед недостатка података о климатским елементима из 20-тих и 30-тих година прошлог века.

8.3. Поређење добијених резултата са резултатима истраживања у Европи, с посебним освртом на резултате истраживања у Србији и земљама Балканског полуострва

Храстови су врста дрвећа која је дендроклиматолошки и дендроеколошки интензивно истраживана у Европи. Храстови су, генерално, препознати као релативно толерантни на сушу услед њиховог корена који дубоко продире у земљу и јаке контроле активности стома, која им омогућава избегавање значајнијих губитака воде у току процеса транспирације (Gea-Izquierdo et al. 2021).

У погледу сагледавања утицаја падавина на прираст храста китњака може се рећи да су резултати ових истраживања у сагласју са резултатима који осликавају реакцију стабала ове врсте дрвећа у зависности од количине падавина у земљама на подручју Балканског полуострва. Констатована доминирајућа зависност токова раста и прираста храста китњака од количине падавина је нешто што је чак карактеристично за раст храстова у већем делу Европе (Bednarz, Ptak 1990; Lebourgeois et al. 2004; Cedro 2007; Di Filippo et al. 2010; Anderson et al. 2011; Mirtchev et al. 2012; Cedro, Nowak 2015; Stajić et al. 2015; Radaković, Stajić 2021; Mészáros et al. 2022). На сличан начин, говорећи о природи реакције храстова на промене климе, Roibu et al. (2020) констатују да су храстови, према резултатима већине студија везе између климе и раста и прираста ове врсте дрвећа у Европи, генерално јако сензитивни према падавинама, које представљају главни лимитирајући фактор који опредељује њихов раст и развој. У начелу, да дебљински, односно радијални прираст у току летњих месеци, опште узевши, више зависи од влажности земљишта и падавина, него што зависи од температуре констатовао је Holmsgaard још 1955. године (Stamenković, Vučković 1988).

Када говоримо о утицају падавина на раст китњака, овде утврђени доминирајући позитиван утицај израженијих летњих падавина на величину прираста храста китњака констатован је и приликом оваквих истраживања у Хрватској, Бугарској, Румунији, Словенији, Мађарској и Турској. Разлика је већином у томе што су количине падавина у јуну значајније за успешан раст храстова у овим земљама него јулске падавине које су утврђене за китњак у североисточној Србији. Поред тога, у доста истраживања у овом делу Европе констатован је и прилично јак и статистички потврђен значај јунских падавина за формирање прираста у текућој години. Па тако, храст у Хрватској (лужњак) у позитивној је релацији са падавинама у јуну (Čufar et al. 2014b, 2014a).

Да повећане падавине у месецу јуну најзначајније утичу на увећање прираста стабала храстова и њихову виталност утврђено је у Румунији, у западном делу (Popa et al. 2013) и северозападном делу Карпатских планина (Nechita et al. 2017).

Поред тога, за храстове на малим надморским висинама и југозападним експозицијама у северној Мађарској, Mészáros et al. (2022) утврдили су постојање јаких релација између прираста китњака и цера и падавина у месецу јуну текуће године.

Слично су утврдили и Roibu et al. (2020), констатујући јаку зависност прираста храста лужњака у источним деловима Молдавије од количине падавина у периоду касног пролећа, са највећим коефицијентом корелације за месец јун текуће године.

Значај падавина у јуну, али и целог периода касног пролећа, за успешан раст храстова потврђен је и за храстове који су расли у западном делу Мађарске (Kern et al. 2009) или на подручју Турске (Griggs et al. 2006).

Позитиван утицај јунских падавина на прираст храстова забележен је и у истраживањима Čufar et al. (2008) и Čatera и Levaniča (2015) на подручју Словеније.

Јак и статистички значајан позитиван утицај јунских и јулских падавина на раст храста лужњака у североисточном делу Велике равнице Мађарске (Alföld) констатован је истраживањима Kern et al. (2013). Претходни аутори овакав закључак су донели на бази реакције хронологије LW и хронологије RW.

Да падавине у јуну, али и у месецу мају и јулу, стимулативно делују на раст храстова забележено је и резултатима истраживања Mirtchev et al. (2012) у састојинама на подручју југозападне Бугарске.

Изражен позитиван утицај већих количина падавина у месецу јуну, али и у осталим деловима лета, на величину прираста у текућој години, детектован је и резултатима истраживања и у другим земљама Европе. У то име, постојање јаке позитивне зависности између количине падавина и радијалног прираста у периоду јун-јул, мај-јул и јул-август текуће године потврђено је резултатима истраживања нпр. у Пољској (Bednardz-a 1990). Овај аутор је у Кракову, у шуми Ниеполомице, утврдио висок степен сагласности између повећања прираста и повећања количине падавина у периодима јун-јул, јул-август и јун-август. Дакле, висока количина падавина у овим периодима фаворизује радијални прираст, док га ниска смањује. До истог закључка о статистички значајном позитивном утицај јунских и јулских падавина на раст храстова у Пољској дошли су и Cedro и Nowak (2015). Такође, истраживање динамике радијалног прираста у централној Словачкој и његове зависности од појединих климатских фактора показала су да падавине у периоду мај-јул текуће године утичу позитивно и статистички сигнификантно на величину радијалног прираста (Petráš et al. 2007).

Оно што значајно карактерише природу дендроклиматолошке реакције храста китњака на подручју североисточне Србије јесте и чињеница да увећане падавине у касно лето/рану јесен, односно прецизно из септембра претходне године, значајно стимулативно утичу на величину прираста у текућој години на обе групе станишта. Резултати истраживања на подручју Балканског полуострва показали су да утицај падавина из септембра претходне године може бити јако изражен, с једне стране или бити од секундарног значаја, с друге стране. Такође, значај падавина у овом месецу претходне године на формирање прираста у текућој

години може бити и потпуно безначајан. Па тако, Mészáros et al. (2022) констатовали су јаку зависност прираста храста китњака, али и цера, од падавина из септембра претходне године. С друге стране, Kern et al. (2013) су, коришћењем више различитих извора података (хронологије RW, EW и LW, као и хронологије стабилног изотопа угљеника Ц13), значајан позитиван утицај падавина из септембра претходне године на прираст текуће године утврђен је само код RW хронологије. За разлику од претходна два истраживања, Roibu et al. (2020) су утврдили да је сума падавина у септембру претходне године без великог практичног значаја за величину оствареног прираста у наредној години.

У начелу, релације између прираста и температуре у највећем делу године су негативног предзнака. Позитиван утицај, како је то већ раније речено, може бити детектован на одређеном броју станишта где је у пролеће земљиште доста, са увећаним температурама, што може деловати стимулативно на прираст, тако што се, услед ранијег почетка раста, продужава вегетациони период, а тиме и величина прираста у тој години. Говорећи о утицају температуре на раст храстова, Roibu et al. (2020) напомињу да је природа реакције у приросту ове врсте дрвећа према летњим температурама прилично нестабилна, варирајући од станишта до станишта и корелација може бити позитивна или негативна. Па тако, од четири анализиране врсте храстова у Румунији, Popa et al. (2013) су констатовали да *Q. cerris* показује сигнификантан негативан утицај на повишене мартовске, *Q. petraea* на априлске и мајске, а *Q. robur* на јунске и јулске температуре, док *Q. frainetto* није показао никакву значајну реакцију према месечним температурама.

Овде утврђени далеко слабији утицај температуре него падавина на прираст храста китњака на подручју североисточне Србије, поготову у састојинама на хладнијим експозицијама, одговара закључцима бројних истраживања дендроклиматолошке реакције храстова на Балканском полуострву и у Европи. То је потврђено и резултатима вероватно најобимнијих истраживања природе дендроклиматолошке реакције храста китњака и лужњака на промене климе у Европи (Bose et al. 2021), спроведених на 100 станишта и који су показали много јачу зависност раста ових храстова од падавина него од температуре.

Утврђена чињеница да повишене температуре у летњим месецима, а нарочито у јулу, негативно утичу на остварени прираст китњака на топлијим стаништима овог дела Србије је једна од одредница дендроклиматолошког понашања храстова у Европи, као што је то утврђено у Пољској (Cedro 2007; Kalbarczyk et al. 2018)(Cedro 2007, Kalbarczyk et al. 2018), Молдавији (Roibu et al. 2020), Естонији (Läänelaid et al. 2008), Румунији (Nechita, Popa 2011), Мађарској (Kern et al. 2013, 2009, Mészáros et al. 2022) и у другим земљама. Па тако, Roibu et al. (2020) констатују статистички значајну зависност прираста LW и RW храста лужњака у источним деловима Молдавије од температуре у месецу јулу. Говорећи о релацијама између раста *Q. petraea* и *Q. cerris* и климе у Мађарској, Mészáros et al. (2022) констатује да су више температуре у марту и августу имале негативне реперкусије на прираст ових врста дрвећа.

Дендроклиматолошка истраживања у Србији, како је то већ раније назначено нису много спровођена, а највише су, са овог становишта, истраживани храстови и то китњак, лужњак и цер. Анализирајући утицај количине падавина и температуре ваздуха на прираст китњака на подручју НП "Ђердап" Радаковић (2014) је

констатовао јак утицај падавина из текуће године на величину прираста, посебно падавина у летњим месецима (јун-јул, јул-август и јун-август).

У истраживањима на подручју НП "Фрушка гора", у вештачки подигнутој састојини храста китњака на дубоком, квалитетном земљишту Stajić et al. (2015) констатовали су да су раст и прираст китњака више под утицајем падавина него температуре ваздуха. Слично су забележили и Radaković и Stajić (2021) за храст китњак на подручју НБ "Мајданпечке домене" у источној Србији, с том разликом да на овом подручју није утврђен никакав значајнији утицај температуре на формирање прираста китњака. Стога, са овог становишта, може се рећи да су резултати Stajić et al. (2015) и Radakovića и Stajića (2021) у сагласности са закључком истраживања у оквиру ове дисертације о доминирајућем значају падавина за раст китњака. Када се говори о претежној зависности прираста храстова од падавина, може се уочити да су овде изведени закључци о израженијој значајности овог климатског елемента на раст и прираст стабала храста китњака у супротности са добијеним резултатима дендроклиматолошких истраживања у низијским шумама храста лужњака у Срему (D. B. Stojanović et al. 2015). Наиме, поменути аутори су констатовали да је раст лужњака у Срему преовлађујуће под утицајем нивоа подземних вода и температуре ваздуха, а тек онда од падавина. Истражујући релације између прираста лужњака и цера, али и стабилног изотопа угљеника $\delta^{13}C$, с једне стране и падавина и температуре, с друге стране, Kostić et al. (2022) су утврдили, посматрано кроз време, јачу корелацију између прираста и температуре у првим деценијама, док су падавине биле у јачој корелацији са прирастом и хронологијом стабилног изотопа угљеника $\delta^{13}C$ у задњим декадама анализираног периода времена.

Што се тиче значајности месечних износа падавина, резултати истраживања у Србији показују различит начин реакције храстова према варијацијама овог климатског елемента, која је пре свега у зависности од станишних услова. Утврђени статистички позитиван утицај обилнијих падавина у лето, посебно у месецу јулу, на раст китњака у североисточној Србији, сличан је природи реакције храста китњака на варијације овог климатског елемента на подручју Мајданпечке домене, која се налази у оквиру Наставне базе Шумарског факултета у Београду (Radaković, Stajić 2021). Ови аутори су утврдили да су падавине у јуну и јулу главни стимулативни фактор за успешан раст китњака на том подручју. Када говоримо о утицају падавина на раст китњака, овде утврђени статистички потврђен позитиван утицај израженијих летњих падавина на величину прираста није констатован у истраживањима Stajića et al. (2015). То се може објаснити веома квалитетним стаништем (врло дубоко, добро аеробно и водом снабдевено земљиште), па храст тако има веома повољне услове та неометан раст. Значајан позитиван утицај падавина на величину прираста у текућој години претходни аутори су констатовали само за увећане износе падавина из периода септембар-октобар претходне године. С друге стране, резултати првих истраживања дендроклиматолошког "понашања" храстова у Србији, који је спровела Čufar et al. (2014) на подручју Срема, указали су да раст храста (вероватно лужњака) не зависи значајно од количине падавина у летњим месецима.

Следећа значајна одредница начина дендрохронолошке реакције храста китњака на, у овој дисертацији анализираном подручју, јесте да надпросечне температуре у лето, а нарочито у јулу текуће године, значајно редукују величине

прираста, на топлијим експозицијама, док на хладнијим немају такав значај. Радаковић (2014) је утврдио да повећање температуре у периоду јул-август текуће године изазива значајно смањење прираста китњака само на делу подручја НП "Ђердап", на којем се налазе ГЈ "Ђердап" и "Штрбачко корито", док код храста на осталим деловима овог подручја то није утврђено. Утврђени статистички негативан утицај виших температура у лето на прираст китњака, већим делом је потврђен и резултатима истраживањима Stajića et al. (2015) на Фрушкој гори. На станишту вишег производног потенцијала, ови аутори су утврдили да температуре у месецу августу, које су више од просека, смањују прираст ове врсте дрвећа. Анализирајући овакво дендроклиматолошко понашање храста китњака у Србији, Стајић и Вучковић (2023) стога закључују следеће: "... *Резултати истраживања Stajića et al. (2015) показали су да храст китњак, на дубоким, високо квалитетним и аеробним земљиштима, још увек може да поднесе повећане температуре ваздуха и смањене количине падавина у првим летњим месецима (јун и јул). Међутим, у годинама када су и у августу забележене надпросечне температуре ваздуха и значајно мање количине падавинама него што је то вишедеценијски просек, дебљински прираст ове врсте дрвећа се сигнификантно смањивао. Са друге стране, на топлим, јужним експозицијама и плитким земљиштима, у годинама са недовољно јунских падавина већ тада долази до значајног смањење дебљинског прираста храста китњака (Radaković, Stajić 2021)*...". Оно што је посебно научно-стручно интересантно јесу резултати истраживања Čufar et al. (2014) у храстовим шумама на подручју Срема. Поред тога што је утврђено да раст храста на овом подручју не зависи значајно од количине падавина у летњим месецима, резултати ових истраживања указују на то да раст ове врсте дрвећа не зависи значајно ни од варијација месечних температура у току текуће године. Овакви резултати су у супротности са осталим истраживања храста са тог подручја, али се можда могу објаснити релативно малим узорком (узорци са 7 стабала).

9. ЗАКЉУЧЦИ

1. Истраживања су спроведена у североисточном делу Републике Србије, на територији општина Мајданпек, Бор, Кладово, Неготин и Зајечар.
2. Узорци за истраживање радијалног прираста и његове зависности од температуре ваздуха и падавина узети су из 32 састојине храста китњака (огледна поља - ОП). Састојина на најнижој надморској висини налази се на 275 m (CV023b), а на највишој на 840 m (DL159b), чиме је узорковањем покривен трансект од чак 565 m вертикалне дистрибуције храста китњака.
3. Од укупно 32 састојине у којима су постављена ОПа, њих 14 су чисте, а преосталих 18 су мешовите састојине и у њима се удео китњака креће од мање од 10 па све до 70%.
4. На хладнијим експозицијама (северозападна - NW, северна - N, североисточна - NE и источна - E) укупно је постављено 14, на топлим експозицијама (југоисточну- SE, јужну - S, југозападну - SW и западну - W) укупно 18 огледних поља.
5. Груписано по експозицијама (хладније и топлије), годишње количине падавина износе од 513 mm/m^2 до 629 mm/m^2 (хладније) и од 541 mm/m^2 до 651 mm/m^2 (топлије), у просеку на хладнијим експозицијама 573,3 mm/m^2, а на топлијим 578,6 mm/m^2. На топлијим експозицијама евидентиране су средње температуре које су за 0,3 C° ниже у односу на хладније експозиције (10,8 C° у односу на 11.1 C°), што делује контрадикторно ако се не узме у обзир чињеница да се чак 7 састојина на топлијим експозицијама налази изнад 590 m н.в., на којој је постављено највише ОП на хладнијим експозицијама. Укупно посматрано, најнижи износи максималне, минималне и средње годишње температуре регистровани су у састојини CVK16d (наведеним редом 5,2; 9,7; 14,8 C°), која је постављена на 715 m н.в. и на типично топлијој, јужној експозицији. И на хладнијим експозицијама су регистроване сличне најниже температуре, где у састојини SK061b (на 590 m. n. v.) минимална, средња и максимална годишња температура у просеку износе 5,3- 9,8 и 14,3 C°. Највише температуре забележене су на самом истоку земље, у ГЈ „Крива река 2“ и ГЈ „Ђердап“, где просечне температуре на овим ОП износе 12.4 и 12.3 C°, док су минималне 6,8 и 6,7 C°.
6. Број стабала по јединици површине по састојинама износи од 234 (BR008e) до чак 2500 (VCB02f). Најмањи износ темељнице (12,0 m^2/ha) забележен је у мешовитој, 50 година старој састојини ОП KR242e, а највећи (31,5 m^2/ha) у чистој 115 година старој састојини ZL097c. Слично, најмањи износ запремине од свега 79 m^2/ha регистрован је у 50 година старој мешовитој састојини KR242e, а највећи (380 m^2/ha) у 120. година старој мешовитој састојини LR032e. Услед најмање старости, у састојини VCB02f евидентирана и најмања просечна висина (11 m), а у састојини ОП KO035b, највећа (23,2 m).
7. За утврђивање релација између прираста и количине падавина и температуре ваздуха узорковано од 13 до 22 стабла по огледном пољу (састојини), што укупно чини од 13 до 44 серије радијалног прираста. Најдужи низ годова на

више од 5 извртака износи 184 године (период 1830-2013. година), а најкраћи 56 година (период од 1962. до 2021. године).

8. Највећа просечна величина прираста (RW=2,71 mm) и прираста касног дрвета (LW=2,12 mm) евидентирана је на CVK16d (најмлађа састојина у узорку), а најмања (RW=1,01 mm и LW=0,62 mm, у просеку) у једној од најстаријих састојина - DL159b, , Просечни износи прираста раног дрвета (EW) варирају у релативно уском опсегу, између минималних 0,36 mm (MP078e) и максималних 0,65 mm (BM088b).

9. Серије ширина годова у дефинитивном узорку задовољавајућег су степена међузависности, јер су величине интерсеријских коефицијената корелације ширина годова у границама у којима се налазе величине ових показатеља код већине хронологија (0,550-0,75).

10. Две узастопне величине прираста LW, у просеку, значајно више осцилирају у поређењу са просечним износом осцилирања две узастопне величине прираста RW и EW, који међусобно показују сличан начин варирања износа од года до года. Према просечним износима MS и критеријумима Grissino-Mayer (2001), серије величина прираста LW (0,30-0,46) могу се означити као серије великог степена сензитивитета, а серије RW и EW (0,23-0,36) као серије средњег до великог степена сензитивитета.

11. Присуство изражене аутокорелације првог реда констатовано је код серија прираста RW (AC1 износи 048-0,71) и прираста LW (AC1 износи 0,47-0,66), док је код серија прираста EW ауткорелација првог реда знатно мање изражена (AC1 је од 0,21 до 0,46). С обзиром на утврђено значајно присуство аутокорелације у серијама прираста года и његових компоненти, а тиме и једне врсте непожељног ниско-фреквентног осциловања у серијама, ауторегресионим моделовањем иста је потпуно или највећим делом уклоњена из серија величина прираста.

12. У циљу елиминисања дугорочних ниско-фреквентних осцилација у годовима изазваних старосним трендом и уклањања неклиматских извора варирања, али и стабилизације различитих варијанси ширина годова у појединим периодима појединачних хронологија, процес стандардизације серија прираста извршен је поступком тзв. дуплог детрендовања, које се сматра посебно погодним за стабла расла у "привредним" шумама, односно у шумама у којима се редовно газдује.

13. Утврђени износи параметара Glk_{xy} (код LW серија од 0,66 па до 0,80, а код RW серија од 0,67 па до 0,83), r_{xy} (код LW серија од 0,51 до 0,79, а код RW серија 0,57 до 0,82) и t_{bp} (код LW серија од 3,63 па до 7,75, а код RW серија од 3,69 до 9,0) за серије прираста RW и LW значајно су већи од оријентационих и у литератури широко прихваћених минималних износа неопходних за спровођење квалитетних дендрохронолошких и дендроклиматолошких истраживања. Закључено је да су у серијама емпиријских података о приросту LW и RW у коначном узорку присутни заједнички трендови прираста и "сигнала" у расту у задовољавајућој мери. За разлику од израженог степена слагања серија прираста LW и RW, код прираста EW ситуација је у потпуности супротна и

износи сва три анализирана параметра слагања су испод величина које су усвојене као минимални прагови.

14. Поступком двоструког детрендовања, ауторегресионог моделовања и тзв. робусног упросечавања емпиријских серија прираста формиране су резидуалне хронологије (RES), које су локалног карактера и које се називају мастер или станишне хронологије. Спровођењем наведених поступака смањен је износ средњег степена сензитивитета и практично је уклоњено присуство аутокорелације у серијама станишних хронологија индекса прираста LW и RW. Примењени поступак није у потпуности успео да уклони аутокорелацију из EW станишне хронологије (AC1 износи 0,10-0,15).

15. Величине коефицијента EPS дефинисаних LW и RW локалних хронологија изнад су доње границе прихватљивости и поверења хронологија (0,85), те ове хронологије поседују висок ниво заједничког сигнала. Износи величина EPS нешто су већи код RW хронологије у односу на LW хронологије. Величине EPS код EW хронологија ни у једној састојини не достижу износе усвојеног доњег прага величина овог показатеља.

16. Величине коефицијента SNR (однос између тзв. шума и заједничког сигнала у расту) показали су да је у свим састојинама присуство тзв. сигнала у односу на тзв. шум значајно јаче изражено код хронологија RW у односу на LW хронологије.

17. Утврђене величине параметара $Glk_{xy,}$ r_{xy} и t_{bp} за емпиријске серије прираста EW и величине EPS и SNR локалних хронологија показале су да у овим серијама прираста EW није констатована довољно изражена заједничка реакција стабала на промену климатских услова, чиме је у, литератури више пута навођена чињеница да су серије прираста EW најчешће неупотребљиве за оваква истраживања, поново потврђена.

18. Утврђене станишне LW хронологије и RW хронологије поседују висок ниво заједничког сигнала, те је коришћени пречишћени и хомогенизовани узорак дендрохронолошког материјала у овим серијама довољан да се "ухвати" жељени "сигнал", који репрезентује заједнички варијабилитет присутан у свим серијама ширина годова храста китњака у датим станишним условима.

19. Иако LW хронологије показују већу сензитивност на промене, преостали анализирани параметри су показали да RW хронологије, ипак, имају нешто повољније карактеристике, посебно веће присуство "сигнала" у односу на "шум". Имајући у виду наведено, за даља проучавања просторног варирања и дендроклиматолошке анализе коришћене су RW резидуалне хронологије.

20. Корелационе анализе између прираста и сезонских (тромесечних) падавина показале су да присуство веће количине падавина у пролеће, касно пролеће/рано лето и у лето текуће године резултира значајним повећањем прираста китњака. На *хладнијим експозицијама*, раст храста китњака доминантно је одређен количинама падавина у касно пролеће/рано лето и у најтоплијем периоду лета. С друге стране, што су веће количине падавина у пролеће, касно пролеће/рано лето и у најтоплијем периоду лета текуће године то је и раст китњака на *топлијим експозицијама* интензивнији.

21. Значајност утицаја падавина у летњим месецима, а поготову у оном најтоплијем (јулу) на прираст китњака, потврђена је резултати спроведеним анализама везе између локалних хронологија и података о падавинама на месечном нивоу. Закључено је да без обзира да ли храст расте на топлијим или хладнијим експозицијама, смањене количине падавина у јулу значајно умањују прираст китњака у датој години.
22. Увећане падавине из септембра претходне године значајно стимулативно утичу на величину прираста у текућој години на обе групе станишта.
23. Веће количине падавина током марта текуће године на хладнијим стаништима негативно утичу на раст китњака.
24. Код храста китњака који расте на оба типа станишта нису утврђени периоди (сезоне) у години у којима је температура значајно утицала на величину оствареног прираста.
25. Добијени резултати у погледу просечних месечних података о температури ваздуха и њиховом утицају на прираст храста китњака показали су да, ипак, у одређеној мери постоји значајан утицај овог климатског елемента, али је исти од далеко мањег утицаја него падавине. Што су температуре у месецу јулу више од просечних, прираст стабала на топлијим стаништима се смањује.
26. Значајан негативан ефекат високих јулских температура на прираст китњака у текућој години опстао је у моделу и након декорелисања података о падавинама и температури, што је потврђено применом тзв. одзивних функција.
27. Стабилност значајности корелационих коефицијената установљених између радијалног прираста и климатских података путем тзв. покретних прозора ширине 50 година да су утврђене релације између прираста китњака и количине падавина на хладнијим експозицијама у североисточној Србији ипак, нешто мање константне у времену него на топлијим експозицијама.
28. Величине индекса суше SPEI3 далеко боље кореспондирају са величинама прираста него месечни подаци о падавинама и температурама.
29. Раст храста китњака је у веома јакој позитивној корелацији са износима SPEI3 у најтоплијем периоду лета и у периоду касно лето/рана јесен, али и у нешто мањој, али статистички значајној корелацији и са величинама SPEI3 у другим деловима вегетационог периода: у касно пролеће/рано лето и у јесен. То значи, да са повећањем износа SPEI3 у овим периодима долази до формирања ширих прстенова прираста и неометаног раста.
30. Стабла расла на хладнијим експозицијама нешто су толерантнија на сушне периоде.
31. У анализираним станишним условима североисточне Србије, карактеристичне негативне године у расту храста китњака више су заступљене него карактеристичне позитивне године.
32. Раст китњака на хладнијим експозицијама у задњих нешто више од 150 година далеко више је под утицајем ограничавајућих, штетних фактора раста (12

негативних карактеристичних година у расту) у односу на утицај стимулативних фактора (7 позитивних карактеристичних година).

33. Раст храста китњака на топлијим експозицијама у задњих око 190 година (период 1837-2021 година), био је под утицајем изузетно повољних или ограничавајућих фактора у току 16 година, од којих су 10 година биле изузетно стимулативне, а 6 изразито ограничавајуће.

34. Иако је већи број карактеристичних година установљен код китњака на хладнијим експозицијама, више „екстремно јаких“ карактеристичних година у расту ове врсте дрвећа забележено је на топлијим експозицијама (5) у односу на хладније (1).

35. Заједничке карактеристичне године, односно године са екстремно израженим утицајем климатских услова за раст храста у оба типа станишних услова биле су 1910. и 1926. (позитивне), као и 1962, 1968. и 2017. година (негативне).

36. Појава негативних карактеристичних године у расту китњака је најчешће резултат утицаја јако умањених падавина или комбинације израженијих температура и умањених падавина у појединим периодима или месецима тих година у односу на вишедеценијски просек.

37. На значајно умањење прираста у 2017. години највише је утицала дупло мања количина падавина у марту (23,9 mm/m^2) и за 40% мање падавине у јулу те године у односу вишедеценијске просеке. Комбиновани утицај надпросечно смањених падавина и увећаних температура на изражено смањење прираста у овој години огледа се у чињеници да је, поред знатно мањих јулских количина падавина у односу на просек, температура у јулу била већа за 0,3 C° у односу на вишегодишњи просек. Слично, изразито умањење прираста китњака у 1962. години резултат је уочљиво виших температура у месецу јулу те године (за 0,8 C° просечно већа у односу на вишедеценијски просек). Разлог појаве малог прираста 1968. године је 30% мање количина падавина у марту текуће године.

38. Детаљнији резултати анализе информација о разлозима значајно већег прираста китњака у 1910. и 1926. години нису биле могуће, услед недостатка података о климатским елементима из 20-тих и 30-тих година прошлог века.

39. Храст китњак на подручју североисточне Србије далеко више је сензитиван према падавинама него температури, те падавине представљају главни лимитирајући фактор који опредељује њихов раст и развој.

40. Констатована доминирајућа зависност токова раста и прираста храста китњака од количине падавина је нешто што је карактеристично за раст храстова у већем делу Европе.

41. Позитиван утицај већих падавина у касно лето/рану јесен, прецизно из септембра претходне године, на величину прираста у текућој години на обе групе станишта, у осталим земљама Балканског полуострва може бити тако изражен, с једне стране или секундарног значаја, с друге стране.

42. Релације између прираста китњака и температуре у највећем делу године су негативног предзнака.
43. Утврђени далеко слабији утицај температуре него падавина на прираст храста китњака на подручју североисточне Србије, поготову у састојинама на хладнијим експозицијама, одговара закључцима бројних истраживања дендроклиматолошке реакције храстова на Балканском полуострву и у Европи.
44. Констатована чињеница да повишене температуре у летњим месецима негативно утичу на остварени прираст китњака једна је од одредница дендроклиматолошког понашања храстова у Србији.
45. Добијени резултати су показали да температура ваздуха и количина падавина на подручју североисточне Србије, иако са веома повољним условима за храст китњака, значајно утичу на карактеристике радијалног прираста стабала храста китњака, чиме је истраживачка хипотеза 1 потврђено у потпуности.
46. Истраживањима је утврђено да на величину годишњег радијалног прираста стабала храста китњака највећи утицај има износ падавина у летњим месецима, чиме је и истраживачка хипотеза 2 у потпуности потврђена.
47. Јачина климатског сигнала у укупној величини радијалног прираста и прираста касног дрвета храста китњака већа је у односу на климатски сигнал садржан у приросту раног дрвета, што показује да је и истраживачка хипотеза 3, такође, у потпуности потврђена.
48. Анализа заједничких варијација прираста није пружила довољно доказа који могу у потпуности да потврде истраживачку хипотезу 4 да повећање температуре и на вишим надморским висинама изазива сигнификантно смањење радијалног прираста храста китњака. Наиме, свега 9% заједничких варијација између истраживаних локалитета негативно корелира са променом надморске висине (табела 6), што указује да је промена климатских елемената дуж вертикалног градијента у ограниченој мери утицала на систематске варијације дебљинског прираста. С друге стране, изостанак систематских осцилација са променом надморске висине, не искључује у потпуности могућност да на одређеним ксеротермнијим стаништима на већим надморским висинама, може доћи до значајне редукције радијалног прираста услед појава надпросечних летњих температура и сушних периода.

На крају, треба напоменути да су ова истраживања наставак првих обимнијих истраживања реакције храста китњака у Србији на утицаје неких од најзначајнијих климатских елемената, које је на подручју НП "Ђердап" спровео Радаковић (2014). Овде извршене анализе показале су у којој мери је китњак, са аспекта раста и продукције, угрожен варијацијама климе и додатно ће "осветлити" могућност употребе храста китњака за реконструкцију климе у прошлости, али и за прогнозу климатских дешавања у будућности. Резултати досадашњих истраживања, овде проведених и других сличних, али и свих будућих, послужиће као основа за формирање информационе базе података од значаја за спознају раста и успевања храста китњака, степена његове угрожености и дестабилизације, а тиме и за дефинисање одрживих планова газдовања састојинама и шумама

храста китњака у Србији. У сврху доношења дефинитивних закључака о дендроклиматолошкој реакцији храста китњака неопходна су додатна истраживања, која ће проширити постојећа сазнања о утицају варирања климе на раст и прираст ове врсте и проширити спектар добијених резултата.

У том смислу, неки од будућих истраживачких задатака везани су за квантификовање просторних и временских варијација радијалног прираста применом одговарајућих структура генерализованих модела са мешовитим ефектима. Ови модели се називају још и хијерархијским јер омогућавају да се превазиђу ограничења која су наметнута традиционалном анализом по локацијама локације, као што су критеријуми хронолошке репликације и обрачунавање неквантификованих фактора (Klesse et al. 2020; Martinez del Castillo et al. 2022). Овакав приступ моделовању омогућава да се угнежђивањем додатних насумичних ефеката на нивоу дрвета и локације квантификују случајне и специфичне варијације.

Модели радијалног прираста омогућиће процену рањивости и одрживости врсте на основу предикције трендова раста у односу на различите климатске сценарије на начин како је то презентовано нпр. у Tognetti et al. (Tognetti et al. 2019) или код Klesse et al. (2020). Предвиђање утицаја климатских сценарија са (RCP4.5) и без митигације (RCP8.5) емисије гасова са ефектом стаклене баште обезбедиће детаљнији увид у перспективе за аклиматизацију у измењеним условима и дати шансу да се кроз адекватно управљање и планирање газдинских мера смање процеси смртности и ублаже штетни ефекти климатских промена.

10. ЛИТЕРАТУРА

Anderson, R.G., Canadell, J.G., Randerson, J.T., Jackson, R.B., Hungate, B.A., Baldocchi, D.D., Ban-Weiss, G.A., Bonan, G.B., Caldeira, K., Cao, L., Diffenbaugh, N.S., Gurney, K.R., Kueppers, L.M., Law, B.E., Luyssaert, S., O'Halloran, T.L., 2011. Biophysical considerations in forestry for climate protection. Front. Ecol. Environ. 9, 174–182. https://doi.org/10.1890/090179

Árvai, M., Morgós, A., Kern, Z., 2018. Growth-climate relations and the enhancement of drought signals in pedunculate oak (Quercus robur L.) tree-ring chronology in Eastern Hungary. IForest 11, 267–274. https://doi.org/10.3832/ifor2348-011

Asherin, L., Mata, S., 2001. Basic tree-ring sample preparation techniques for aging aspen. Sustain. Aspen West. Landscapes, ... 347–351.

Bae, D.-H., Jung, I.W., Lettenmaier, D., 2011. Hydrologic Uncertainties in Climate Change from IPCC AR4 GCM Simulations of the Chungju Basin, Korea. J. Hydrol. - J HYDROL 401, 90–105. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.02.012

Baillie, M., Pilcher, J., 1973. A Simple Crossdating Program for Tree-Ring Research. Tree-ring Bull. 7–14.

Banković, S., Medarević, M., 2009. Kodni priručnik.

Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N., 2009. Nacionalna Inventura Šuma Republike Srbije: šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Uprava za šume, Belgrade. Serbia.

Barbaroux, C., Bréda, N., 2002. Contrasting distribution and seasonal dynamics of carbohydrate reserves in stem wood of adult ring-porous sessile oak and diffuse-porous beech trees. Tree Physiol. 22, 1201–1210. https://doi.org/10.1093/treephys/22.17.1201

Becker, M., Nieminen, T., Geremia, F., 1994. Short term variations and long term changes in oak productivity in northesten France. Ann. For. Sci. 51, 477–492.

Bednarz, Z.., Ptak, J., 1990. The Influence of Temperature and Precipitation on Ring Widths of Oak (Quercus Robur L .) in the Niepolomice Forest Near. Tree-Ring Bull. 50, 1–10.

Beguería, S., Vicente-Serrano, S.M., Angulo-Martínez, M., 2010. A multiscalar global drought dataset: The SPEI base: A new gridded product for the analysis of drought variability and impacts. Bull. Am. Meteorol. Soc. 91, 1351–1356. https://doi.org/10.1175/2010BAMS2988.1

Bijak, S., 2007. Tree growth - climate response in relation to habitat type in spruce stands of the Borecka Primeval Forest, in: Dendrosymposium 2006, April 20th - 22nd 2006. pp. 54–59.

Biondi, F., 1997. Evolutionary and moving response functions in dendroclimatology. Dendrochronologia 15, 139–150.

Biondi, F., Waikul, K., 2004. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. Comput. Geosci. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2003.11.004

Bolte, A., Ammer, C., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G.J., Schall, P., Spathelf, P., Rock, J., 2009. Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. Scand. J. For. Res. 24, 473–482. https://doi.org/10.1080/02827580903418224

Bonan, G.B., 2008. Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. Science (80-.). 320, 1444–1449. https://doi.org/10.1126/science.1155121

Bose, A.K., Scherrer, D., Camarero, J.J., Ziche, D., Babst, F., Bigler, C., Bolte, A., Dorado-Liñán, I., Etzold, S., Fonti, P., Forrester, D.I., Gavinet, J., Gazol, A., de Andrés, E.G., Karger, D.N., Lebourgeois, F., Lévesque, M., Martínez-Sancho, E., Menzel, A., Neuwirth, B., Nicolas, M., Sanders, T.G.M., Scharnweber, T., Schröder, J., Zweifel, R., Gessler, A., Rigling, A., 2021. Climate sensitivity and drought seasonality determine post-drought growth recovery of Quercus petraea and Quercus robur in Europe. Sci. Total Environ. 784, 147222. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147222

Bosela, M., Štefančík, I., Petráš, R., Vacek, S., 2016. The effects of climate warming on the growth of European beech forests depend critically on thinning strategy and site productivity. Agric. For. Meteorol. 222, 21–31. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.03.005

Briffa, K.R., 1984. Tree-Climate Relationships and Dendroclimatological reconstruction in the British Isles: Volume 2 of 2 1.

Briffa, K.R., Jones, P.D., 1990. Basic chronology statistics and assessment, in: Cook, E.R., Kairiukstis, L.A. (Eds.), Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 137–152.

Bronisz, A., Bijak, S., Bronisz, K., Zasada, M., 2012. Climate influence on radial increment of oak (Quercus SP.) in central Poland. Geochronometria. https://doi.org/10.2478/s13386-012-0011-7

Bunn, A.G., 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). Dendrochronologia 26, 115–124. https://doi.org/doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002

Büntgen, U., Tegel, W., Heussner, K.U., Hofmann, J., Kontic, R., Kyncl, T., Cook, E.R., 2012. Effects of sample size in dendroclimatology. Clim. Res. https://doi.org/10.3354/cr01107

Buras, A., Van Der Maaten-Theunissen, M., Van Der Maaten, E., Ahlgrimm, S., Hermann, P., Simard, S., Heinrich, I., Helle, G., Unterseher, M., Schnittler, M., Eusemann, P., Wilmking, M., 2016. Tuning the voices of a choir: Detecting ecological gradients in time-series populations. PLoS One 11. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158346

Čater, M., Levanič, T., 2015. Physiological and growth response of Quercus robur in Slovenia. Dendrobiology 74, 3–12. https://doi.org/10.12657/denbio.074.001

Cedro, A., 2007. Tree-ring chronologies of downy oak (Quercus Pubescens), pedunculate oak (Q. Robur) and sessile oak (Q. Petraea) in the Bielinek Nature Reserve: Comparison of the climatic determinants of tree-ring width. Geochronometria 26, 39–45. https://doi.org/10.2478/v10003-007-0005-2

Cedro, A., Nowak, G., 2015. Dendroclimatic investigations on Quercus rubra and Quercus robur in north-western Poland 74, 123–133.

Cherubini, P., Gärtner, H., Esper, J., Dobbertin, M.K., Kaiser, K.F., Rigling, A., Treydte, K., Zimmermann, N.E., Bräker, O.U., 2004. Jahrringe als Archive für interdisziplinäre Umweltforschung | Annual rings as an archive for interdisciplinary environmental research. Schweizerische Zeitschrift fur Forstwes. 155, 162–168. https://doi.org/10.3188/szf.2004.0162

Christensen, J.H., Kanikicharla, K.K., Aldrian, E., An, S. Il, Albuquerque Cavalcanti, I.F., de Castro, M., Dong, W., Goswami, P., Hall, A., Kanyanga, J.K., Kitoh, A., Kossin, J., Lau, N.C., Renwick, J., Stephenson, D.B., Xie, S.P., Zhou, T., Abraham, L., Ambrizzi, T., Anderson, B., Arakawa, O., Arritt, R., Baldwin, M., Barlow, M., Barriopedro, D., Biasutti, M., Biner, S., Bromwich, D., Brown, J., Cai, W., Carvalho, L. V., Chang, P., Chen, X., Choi, J., Christensen, O.B., Deser, C., Emanuel, K., Endo, H., Enfield, D.B., Evan, A., Giannini, A., Gillett, N., Hariharasubramanian, A., Huang, P., Jones, J., Karumuri, A., Katzfey, J., Kjellström, E., Knight, J., Knutson, T., Kulkarni, A., Kundeti, K.R., Lau, W.K., Lenderink, G., Lennard, C., Leung, L. yung R., Lin, R., Losada, T., Mackellar, N.C., Magaña, V., Marshall, G., Mearns, L., Meehl, G., Menéndez, C., Murakami, H., Nath, M.J., Neelin, J.D., van Oldenborgh, G.J., Olesen, M., Polcher, J., Qian, Y., Ray, S., Reich, K.D., de Fonseca, B.R., Ruti, P., Screen, J., Sedláček, J., Solman, S., Stendel, M., Stevenson, S., Takayabu, I., Turner, J., Ummenhofer, C., Walsh, K., Wang, B., Wang, C., Watterson, I., Widlansky, M., Wittenberg, A., Woollings, T., Yeh, S.W., Zhang, C., Zhang, L., Zheng, X., Zou, L., 2013. Climate phenomena and their relevance for future regional climate change. Clim. Chang. 2013 Phys. Sci. Basis Work. Gr. I Contrib. to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang. 9781107057, 1217–1308. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.028

Clark, S.L., Hallgren, S.W., 2004. Age estimation of Quercus marilandica and Quercus stellata: Applications for interpreting stand dynamics. Can. J. For. Res. 34, 1353–1358. https://doi.org/10.1139/X04-020

Cook, E.R., 1985. A Time Series Analysis Approach to Tree Ring Standardization. Sch. Renew. Nat. Resour.

Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., 1990. Methods of Dendrochronology -Applications in the Environmental Sciences. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS.

Cook, E.R., Peters, K., 1981. The Smoothing Spline: A New Approach to Standardizing Forest Interior Tree-Ring Width Series for Dendroclimatic Studies. Tree-Ring Bull.

Crivellaro, A., Schweingruber, F.H., 2015. Stem anatomical features of Dicotyledons.

Cropper, J.P., 1979. Tree ring skeleton plotting by computer. Tree rings archaelogy, Climatol. Ecol. 39, 47–59.

Čufar, K., Grabner, M., Morgos, A., Martınez del Castillo, E., Merela, M., Martin De, L., 2014a. Common climatic signals affecting oak tree ring growth in SE Central Europe. Trees. https://doi.org/10.1007/s00468-013-0972-z

Čufar, K., Šefc, B., De Luis, M., Morgos, A., Grabner, M., Merela, M., Trajković, J., 2014b. Tree-Ring Chronology of Pedunculate Oak (Quercus robur) and its Potential for Development of Dendrochronological Research in Croatia. Drv. Ind.

https://doi.org/10.5552/drind.2014.1337

Čufar, K., Zupančič, M., Krze, L., De Luis, M., Eckstein, D., 2008. Dendrochronology of oak (Quercus spp.) in Slovenia an interim report. TRACE Proceeding.

Cvjetićanin, R., Brujić, J., Perović, M., Stupar, V., 2016. Dendrologija. Универзитет, Шумарски факултет.

Cvjeticanin, R., Kosanin, O., Krstic, M., Perovic, M., Novakovic-Vukovic, M., 2013. Phytocenological and edaphic characteristics of sessile oak forests on Miroc Mt in northeastern Serbia. Glas. Sumar. Fak. 27–55. https://doi.org/10.2298/gsf120425001c

Cvjetićanin, R., Košanin, O., Marijana, N., 2005. Ekološke jedinice šuma hrasta kitnjaka u istraživanim sastojinama severoistočne Srbije. Šumarstvo 3, 25–36.

Cvjetićanin, R., Krstić, M., Knežević, M., Kadović, R., Simić, S.B., Kosanin, O., 2007. Taksonomija, ekološki uslovi i šumske zajednice hrasta kitnjaka, in: Hrast Kitnjak (Quercus Petraea Agg. Ehrendorfer 1967) u Srbiji. Универзитет у Београду - Шумарски факултет и Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, p. 498.

de Ridder, M., Toirambe, B., Van den Bulcke, J., Bourland, N., Van Acker, J., Beeckman, H., 2014. Dendrochronological potential in a semi-deciduous rainforest: The case of Pericopsis elata in central Africa. Forests 5, 3087–3106. https://doi.org/10.3390/f5123087

Di Filippo, A., Alessandrini, A., Biondi, F., Blasi, S., Portoghesi, L., Piovesan, G., 2010. Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (Quercus cerris L.) old stored coppice in Central Italy. Ann. For. Sci. 67. https://doi.org/10.1051/forest/2010031

Di Filippo, A., Biondi, F., Čufar, K., De Luis, M., Grabner, M., Maugeri, M., Presutti Saba, E., Schirone, B., Piovesan, G., 2007. Bioclimatology of beech (Fagus sylvatica L.) in the Eastern Alps: Spatial and altitudinal climatic signals identified through a tree-ring network. J. Biogeogr. 34, 1873–1892. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01747.x

Dittmar, C., Zech, W., Elling, W., 2003. Growth variations of Common beech (Fagus sylvatica L.) under different climatic and environmental conditions in Europe - A dendroecological study. For. Ecol. Manage. 173, 63–78. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00816-7

Douglas A. E., 1939. Crossdating in dendrochronology. J. For. 32, 825–831.

Drobyshev, I., Övergaard, R., Saygin, I., Niklasson, M., Hickler, T., Karlsson, M., Sykes, M.T., 2010. Masting behaviour and dendrochronology of European beech (Fagus sylvatica L.) in southern Sweden. For. Ecol. Manage. 259, 2160–2171. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.01.037

Dukić, V., Petrović, D., 2021. Dendrohronologija. Univerzitet u Banja Luci, Šumarski fakultet.

Duncan, R.P., 1989. An evaluation of errors in tree age estimates based on increment cores in kahikatea (Dacrycarpus dacrydioides). New Zeal. Nat. Sci. 16, 31–37.

Đurđević, V.; Vuković, A.; Vujadinović-Mandić, M., 2018. Climate changes observed in Serbia and future climate projections based on different scenarios of future emissions.

Eckstein, D., Bauch, J., 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstwissenschaftliches Cent. 88, 230–250.

Elferts, D., 2007. Scots pine pointer-years in northwestern Latvia and their relationship with climatic factors 723, 163–170.

Erić, R., Kadović, R., Đurđević, V., Đukić, V., 2021. Future changes in extreme precipitation in central Serbia. J. Hydrol. Hydromechanics 69, 196–208. https://doi.org/10.2478/johh-2021-0006

Esper, J., Gärtner, H., 2001. Interpretation of Tree-Ring Chronologies. Erdkunde 55, 277–288. https://doi.org/10.3112/erdkunde.2001.03.05

Fabrika, M., Pretzsch, H., 2013. Forest ecosystem analysis and modelling. Berlin GmbH, Berlin.

Fritts, H.C., 1976. Tree Rings and Climate.

Fritts, H.C., Xiangding, W., 1986. A comparison between response-function analysis and other regression techniques. Tree-Ring Bull. 46, 31–46.

García-Hidalgo, M., García-Pedrero, Á., Colón, D., Sangüesa-Barreda, G., García-Cervigón, A.I., López-Molina, J., Hernández-Alonso, H., Rozas, V., Olano, J.M., Alonso-Gómez, V., 2022. CaptuRING: A do-it-yourself tool for wood sample digitization. Methods Ecol. Evol. 2022, 1–7. https://doi.org/10.1111/2041-210x.13847

Gärtner, H., Cherubini, P., Fonti, P., von Arx, G., Schneider, L., Nievergelt, D., Verstege, A., Bast, A., Schweingruber, F.H., Büntgen, U., 2015. A technical perspective in modern tree-ring research - How to overcome dendroecological and wood anatomical challenges. J. Vis. Exp. 2015, 1–10. https://doi.org/10.3791/52337

Gea-Izquierdo, G., Natalini, F., Cardillo, E., 2021. Holm oak death is accelerated but not sudden and expresses drought legacies. Sci. Total Environ. 754, 141793. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141793

Griggs, C.B., Kuniholm, P.I., Newton, M.W., Dagaetano, A.T., 2006. REGIONAL RECONSTRUCTION OF PRECIPITATION IN THE NORTH AEGEAN AND NORTHWESTERN TURKEY FROM AN OAK TREE-RING CHRONOLOGY, AD. TÜBA-AR IX.

Grissino-Mayer, H., 2001. Evaluating Crossdating Accuracy: A Manual and Tutorial for the Computer Program COFECHA. Tree-Ring Res.

Guiot, J., 1991. The Bootstrapped Response Function Item. Tree-Ring Bull. 51, 39–41.

Haneca, K., Cufar, K., Beeckman, H., 2009. Oaks tree-rings and wooden cultural heritage a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. J. Archaeol. Sci. J. 36, 1–11.

Holmes, R.L., 1994. Dendrochronology program library - users manual (November update). Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tuc.

Holmes, R.L., Adams, R.K., Fritts, H.C., 1986. Procedures Used in the Chronology Development Work Including Users Man. for Com. Pr. COFECHA and ARSTAN. Proj. Rep.

Janković, M., 1973. Прилог познавању таксономије, екологије и ценологије храстова(Quercus), ђердапског подручја. Гласник Института за ботанику и ботаничке баште 2, 9–32.

Jetschke, G., van der Maaten, E., van der Maaten-Theunissen, M., 2019. Towards the extremes: A critical analysis of pointer year detection methods. Dendrochronologia 53, 55–62. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.11.004

Jovanović, B., 2007. Dendrologija. Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Kalbarczyk, R., Ziemiańska, M., 2017. Identification of meteorological conditions in the growth of robinia pseudoacacia on the basis of pointer years in urban conditions. Dendrobiology 77, 33–43. https://doi.org/10.12657/denbio.077.003

Kalbarczyk, R., Ziemiańska, M., Machowska-Molik, A., 2018. Dendroclimatological analysis of radial growth of old-growth oak (Quercus robur L.) on the oder river floodbank in the city of Wrocław, south-western Poland. Drv. Ind. https://doi.org/10.5552/drind.2018.1745

Kazimirović, M., 2023. Simulator rasta šumskih stabala i sastojina 'RASTko': razvoj i parametrizacija za bukvu u zapadnoj Srbiji. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet. https://doi.org/115952137

Kern, Z., Grynaeus, A., Morgos, A., 2009. Reconstructed precipitation for southern Bakony Mountains (Transdanubia, Hungary) back to 1746 AD based on ring widths of oak. IDŐJÁRÁS 113, 299–314.

Kern, Z., Patkó, M., Kázmér, M., Fekete, J., Kele, S., Pályi, Z., 2013. Multiple tree-ring proxies (earlywood width, latewood width and δ13C) from pedunculate oak (Quercus robur L.), Hungary. Quat. Int. 293, 257–267. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.05.037

Klesse, S., DeRose, R.J., Babst, F., Black, B.A., Anderegg, L.D.L., Axelson, J., Ettinger, A., Griesbauer, H., Guiterman, C.H., Harley, G., Harvey, J.E., Lo, Y.H., Lynch, A.M., O'Connor, C., Restaino, C., Sauchyn, D., Shaw, J.D., Smith, D.J., Wood, L., Villanueva-Díaz, J., Evans, M.E.K., 2020. Continental-scale tree-ring-based projection of Douglas-fir growth: Testing the limits of space-for-time substitution. Glob. Chang. Biol. 26, 5146–5163. https://doi.org/10.1111/gcb.15170

Kojić, M., 1991. Botanika, 5 Izdanje. ed. Nauka, Beograd, Srbija.

Kolić, M., Popović, R., Karadžić, B., 1994. Фитоиндикатори и њихов значај у процени еколошких услова станишта. Наука, Институт за истраживања у пољопривреди „Србија".

Košanin, O., Perović, M., Knežević, M., Cvjetićanin, R., Ljubučić, J., 2021. Forest sites mapping in Serbia. Fresenius Environ. Bull. Adv. Food Sci. 30, 8244–8251.

Kostić, S., Levanič, T., Orlović, S., Matović, B., Stojanović, D.B., 2022. Turkey oak (Quercus cerris L.) is more drought tolerant and better reflects climate variations compared to pedunculate oak (Quercus robur L.) in lowland mixed forests in northwestern Serbia: A stable carbon isotope ratio (δ13C) and radial growth approach. Ecol. Indic. 142, 0–

3. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109242

Kulakov, J., 2011. Изменчивость радиального прироста дуба скального в условиях горного рельефа на Западном Кавказе. Научный журнал КубГАУ 71, 1–12.

Läänelaid, A., Sohar, K., Meikar, T., 2008. Present state and chronology of oaks in an oak forest in Saaremaa Island, Estonia. Balt. For. 14.

Larsson, L.-A., 2005. CDendro & CooRecorder program package, version 9.2 February 5 2018.

Lebourgeois, F., 2000. Climatic signals in earlywood, latewood and total ring width of Corsican pine from western France. Ann. For. Sci. 57, 155–164.

Lebourgeois, F., Bréda, N., Ulrich, E., Granier, A., 2005. Climate-tree-growth relationships of European beech (Fagus sylvatica L.) in the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). Trees - Struct. Funct. 19, 385–401. https://doi.org/10.1007/s00468-004-0397-9

Lebourgeois, F., Cousseau, G., Ducos, Y., 2004. Climate-tree-growth relationships of Quercus petraea Mill. stand in the Forest of Bercé ("Futaie des Clos", Sarthe, France). Ann. For. Sci. 61, 361–372. https://doi.org/10.1051/forest:2004029

Leland, C., Hom, J., Skowronski, N., Ledig, F.T., Krusic, P.J., Cook, E.R., Martin-Benito, D., Martin-Fernandez, J., Pederson, N., 2016. Missing rings, synchronous growth, and ecological disturbance in a 36-year pitch pine (pinus rigida) provenance study. PLoS One 11. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154730

Leuzinger, S., Zotz, G., Asshoff, R., Körner, C., 2005. Responses of deciduous forest trees to severe drought in Central Europe. Tree Physiol. 25, 641–650. https://doi.org/10.1093/treephys/25.6.641

Levanič, T., Popa, I., Poljanšek, S., Nechita, C., 2013. A 323-year long reconstruction of drought for SW Romania based on black pine (Pinus Nigra) tree-ring widths. Int. J. Biometeorol. 57, 703–714. https://doi.org/10.1007/s00484-012-0596-9

Lévesque, M., Saurer, M., Siegwolf, R., Eilmann, B., Brang, P., Bugmann, H., Rigling, A., 2013. Drought response of five conifer species under contrasting water availability suggests high vulnerability of Norway spruce and European larch. Glob. Chang. Biol. 19, 3184–3199. https://doi.org/10.1111/gcb.12268

Ma, Y., Liu, Y., Song, H., Sun, J., Lei, Y., Wang, Y., 2015. A standardized precipitation evapotranspiration index reconstruction in the taihe mountains using tree-ring widths for the last 283 years. PLoS One 10, 1–15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133605

Martin-Benito, D., Beeckman, H., Cañellas, I., 2013. Influence of drought on tree rings and tracheid features of Pinus nigra and Pinus sylvestris in a mesic Mediterranean forest. Eur. J. For. Res. 132, 33–45. https://doi.org/10.1007/s10342-012-0652-3

Martinez del Castillo, E., Zang, C.S., Buras, A., Hacket-Pain, A., Esper, J., Serrano-Notivoli, R., Hartl, C., Weigel, R., Klesse, S., Resco de Dios, V., Scharnweber, T., Dorado-Liñán, I., van der Maaten-Theunissen, M., van der Maaten, E., Jump, A., Mikac, S., Banzragch, B.E., Beck, W., Cavin, L., Claessens, H., Čada, V., Čufar, K., Dulamsuren, C., Gričar, J., Gil-

Pelegrín, E., Janda, P., Kazimirovic, M., Kreyling, J., Latte, N., Leuschner, C., Longares, L.A., Menzel, A., Merela, M., Motta, R., Muffler, L., Nola, P., Petritan, A.M., Petritan, I.C., Prislan, P., Rubio-Cuadrado, Á., Rydval, M., Stajić, B., Svoboda, M., Toromani, E., Trotsiuk, V., Wilmking, M., Zlatanov, T., de Luis, M., 2022. Climate-change-driven growth decline of European beech forests. Commun. Biol. 5, 1–9. https://doi.org/10.1038/s42003-022-03107-3

Matisons, R., Elferts, D., Brumelis, G., 2013. Pointer years in tree-ring width and earlywood-vessel area time series of Quercus robur-Relation with climate factors near its northern distribution limit. Dendrochronologia 31, 129–139. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2012.10.001

Matović, B., Stojanović, D., Kesić, L., Stjepanović, S., 2018. Uticaj klime na rast i vitalnost smrče na Kopaoniku / Impact of climate on growth and vitality of Norway spruce at Kopaonik Mountain. Topola / Poplar 202, 99–116.

Mausolf, K., Wilm, P., Härdtle, W., Jansen, K., Schuldt, B., Sturm, K., von Oheimb, G., Hertel, D., Leuschner, C., Fichtner, A., 2018. Higher drought sensitivity of radial growth of European beech in managed than in unmanaged forests. Sci. Total Environ. 642, 1201–1208. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.065

Medarević, M., 2006. Planiranje gazdovanja šumama. Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

Medarević, M., Jovanović, B., Banković, S., Karadžić, D., 2001. Šume Đerdapa. Nacionalni park Đerdap, Donji Milanovac.

Meko, D.M., Touchan, R., Anchukaitis, K.J., 2011. Seascorr: A MATLAB program for identifying the seasonal climate signal in an annual tree-ring time series. Comput. Geosci. 37, 1234–1241. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.01.013

Melvin, T.M., Brifffa, K.R., Nicolussi, K., Grabner, M., 2007. Time-varying-response smoothing. Dendrochronologia 25, 65–69. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2007.01.004

Mészáros, I., Adorján, B., Nyitrai, B., Kanalas, P., Oláh, V., Levanič, T., 2022. Long-term radial growth and climate-growth relationships of Quercus petraea (Matt.) Liebl. and Quercus cerris L. in a xeric low elevation site from Hungary. Dendrochronologia 76. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2022.126014

Michelot, A., Simard, S., Rathgeber, C., Dufrêne, E., Damesin, C., 2012. Comparing the intra-annual wood formation of three European species (Fagus sylvatica, Quercus petraea and Pinus sylvestris) as related to leaf phenology and non-structural carbohydrate dynamics. Tree Physiol. 32, 1033–1045. https://doi.org/10.1093/treephys/tps052

Mirtchev, S., Zafirov, N., Rasheed, R., 2012. Dendrochronology as a tool for the investigation of forest decline. For. ideas 18, 117–124.

Nechita, C., Popa, I., 2011. Dendrochonology of oak species in Vasluio region, tree ring growth responses to climate. Analele Univ. din Oradea XVII.

Nechita, C., Popa, I., Eggertsson, O., 2017. Climate response of oak (Quercus spp.), an evidence of a bioclimatic boundary induced by the Carpathians. Sci. Total Environ. J.

1598–1607. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.118

Neuwirth, B., Esper, J., Schweingruber, F.H., Winiger, M., 2004. Site ecological differences to the climatic forcing of spruce pointer years from the Lötschental, Switzerland. Dendrochronologia 21, 69–78. https://doi.org/10.1078/1125-7865-00040

Neuwirth, B., Friedrichs, D., Hennen, M., 2007. 2003 – where is the negative pointer year? A case study for the NW-German low mountain ranges.

Paulo, A.A., Rosa, R.D., Pereira, L.S., 2012. Climate trends and behaviour of drought indices based on precipitation and evapotranspiration in Portugal. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 12, 1481–1491. https://doi.org/10.5194/nhess-12-1481-2012

Petráš, R., Brezina, L., Mecko, J., 2007. Dynamics of radial increments of oak due to climatic factors effect. Ekol. Bratislava 26, 295–304.

Phipps, R., Yanosky, T., 2020. Dendroecology: Principles and Practice. J. Ross Publishing.

Pilcher, J.R., 1976. A statistical oak chronology from the north of Ireland. Tree-Ring Bull. 36, 21–27.

Pirie, M.R., Fowler, A.M., Triggs, C.M., 2015. Assessing the accuracy of three commonly used pith offset methods applied to Agathis australis (Kauri) incremental cores. Dendrochronologia 36, 60–68. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2015.10.003

Popa, I., Leca, S., Craciunescu, A., Sidor, C., Badea, O., 2013. Dendroclimatic Response Variability of Quercus species in the Romanian Intensive Forest Monitoring Network. Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca 41, 326–332.

Popović, T., 2007. Trend promena temperature vazduha i količine padavina na području Republike Srbije. Šume i Promen. klime, Šumarski Fak. Beogr. 81–123.

Pretzsch, H., 2009. Forest dynamics, growth and yield: From measurement to model. For. Dyn. Growth Yield From Meas. to Model. https://doi.org/10.1007/978-3-540-88307-4

Radaković, N., 2014. Радијални прираст храста китњака (Quercus petraea agg. Ehrendorfer 1967) и његова зависност од температуре ваздуха и количине падавина на подручју Националног Парка ‘Ђердап’ (in Serbian).

Radaković, N., Stajić, B., 2021. Climate signals in earlywood, latewood and tree-ring width chronologies of sessile oak (Quercus petraea (Matt.) liebl.) from Majdanpek, North–Eastern Serbia. Drv. Ind. 72, 79–87. https://doi.org/10.5552/drvind.2021.2016

Rentch, J., Fajvan, M., Hicks, R., 2003. Oak establishment and canopy accession strategies in five old-growth stands in the central hardwood forest region. For. Ecol. Manage. 184, 285–297. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00155-5

Roibu, C.C., Sfecla, V., Mursa, A., Ionita, M., Nagavciuc, V., Chiriloaei, F., Lesan, I., Popa, I., 2020. The climatic response of tree ring width components of ash (Fraxinus excelsior L.) and common oak (Quercus robur L.) from Eastern Europe. Forests 11, 1–19. https://doi.org/10.3390/F11050600

Roibu, C.C., Ważny, T., Crivellaro, A., Mursa, A., Chiriloaei, F., Ştirbu, M.I., Popa, I., 2021. The Suceava oak chronology: A new 804 years long tree-ring chronology bridging the gap between central and south Europe. Dendrochronologia 68.

https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125856

Rozas, V., 2003. Tree age estimates in Fagus sylvatica and Quercus robur: Testing previous and improved methods. Plant Ecol. 167, 193–212. https://doi.org/10.1023/A:1023969822044

Ruml, M., Vuković, A., Vujadinović, M., Djurdjević, V., Ranković-Vasić, Z., Atanacković, Z., Sivčev, B., Marković, N., Matijašević, S., Petrović, N., 2012. On the use of regional climate models: Implications of climate change for viticulture in Serbia. Agric. For. Meteorol. 158–159, 53–62. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.02.004

Ruseckas, J., 2006. Impact of climatic fluctuations on radial increment of English oak. EKOLOGIJA. 1, 16–24.

Schweinbruber, F.H., Eckstein, D., Serre-Bache, F., Braker, O.U., 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years.pdf. Dendrochronologia 8, 9–38.

Schweingruber, F.H., 1983. Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Haupt, Bern Stuttgart.

Schweingruber, F.H., Eckstein, D., Serre-Bachet, F., Bräker, O.U., 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. Dendrochronologia 8, 9–38.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M.J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T.A., Reyer, C.P.O., 2017. Forest disturbances under climate change. Nat. Clim. Chang. https://doi.org/10.1038/nclimate3303

Seke, A., 2016. Прилагођавање на могуће климатске промене и одрживи развој Adaptation to possible climate change and sustainable development.

Sekulić, A., Kilibarda, M., Protić, D., Bajat, B., 2021. A high-resolution daily gridded meteorological dataset for Serbia made by Random Forest Spatial Interpolation. Sci. Data 8, 1–12. https://doi.org/10.1038/s41597-021-00901-2

Speer, J.H., 2010. Fundamentals of tree-ring research. https://doi.org/10.1002/gea.20357

Spiecker, H., 2002. Tree rings and forest management in Europe. Dendrochronologia 20, 191–202. https://doi.org/10.1078/1125-7865-00016

Stajić, B., 2014a. Dendrohronološka istraživanja u veštački podignutoj sastojini hrasta kitnjaka na području Fruške gore. ГЛАСНИК ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА 109, 149–168.

Stajić, B., 2014b. Karakteristične godine u rastu stabala bukve na području NP ‘Đerdap’. Glas. Sumar. Fak. 110, 175–188.

Stajić, B., 2010. Karakteristike sastojinske strukture i rasta stabala u mešovitim sastojinama bukve i plemenitih lišćara na području Nacionalnog parka ‘Đerdap’. Diesertacija, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Stajić, B., Dimitrijević, S., Kazimirović, M., Dukić, V., 2017a. Diameter increment of trees as a bioindicator of their vitality: a case study from Despotovac region [In Serbian, English Abstract]. ГЛАСНИК ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БАЊОЈ ЛУЦИ

1. https://doi.org/10.7251/gsf1727017s

Stajić, B., Janjatović, Ž., Aleksić, P., Baković, Z., Kazimirović, M., Milojković, N., 2016. Anamorphic site index curves for moesian beech (Fagus × taurica Popl .) in the region of Zagubica, Eastern Serbia. Sumar. List 561, 251–258.

Stajić, B., Kazimirović, M., 2018. The influence of temperature and precipitation on the increment of black pine (Pinus nigra J.F. Arnold): A case study from the area of Mt. Rudnik. Glas. Sumar. Fak. -Bulletin Fac. For. 143–164. https://doi.org/10.2298/gsf1818143s

Stajić, B., Kazimirović, M., Baković, Z., Dukić, V., 2017b. Pointer years in beech in the region of Žagubica , Eastern Serbia. TRACE Proceeding 2013.

Stajić, B., Kazimirović, M., Dukić, V., Radaković, N., 2020. First Dendroclimatological Insight into Austrian Pine (Pinus nigra Arnold) Climate-Growth Relationship in Belgrade Area, Serbia. South-East Eur. For. 11, 127–134. https://doi.org/https://doi.org/10.15177/seefor.20-12

Stajić, B., Kazimirović, M., Radaković, N., 2018. The common population signal in the European ash (Fraxinus excelsior L.) tree–ring chronologies in NP „Djerdap“, Serbia, in: EcoTer. pp. 59–65.

Stajić, B., Vucković, M., 2023. Rast i proizvodnost šuma, 1st ed. Univerezitet u Beogradu, Šumarski fakultet., Belgrade. Serbia.

Stajić, B., Vučković, M., Janjatović, Ž., 2015. Preliminary Dendroclimatological Analysis of Sessile Oak. Balt. For. 21, 83–95.

Stamenković, V., Vučković, M., 1988. Prirast stabala hrasta kitnjaka (Quercus sessiliflora) kao pokazatelj stepena oboljenja – sušenja. Šumarstvo 1, 47–55.

Stojanović, D.B., Levanič, T., Matović, B., Orlović, S., 2015. Growth decrease and mortality of oak floodplain forests as a response to change of water regime and climate. Eur. J. For. Res. https://doi.org/10.1007/s10342-015-0871-5

Stojanović, M., Levanič, T., Sancez-Salguero, R., Pietras, J., Stojnic, S., Corbic, V., Čater, M., Pokorný, R., 2015. CLIMATE-GROWTH RESPONSES IN COPPICE AND HIGH SESSILE OAK (Quercus petraea (M.) Liebl.) STANDS A DENDROECOLOGICALAPPROACH TO ADAPTIVE MANAGEMENT IN CZECH REPUBLIC. TRACE Proceeding.

Stokes, M., Smiley, T.L., 1996. An Introduction to Tree-Ring Dating. University of Arizona Press.

Strackee, J., Jansma, E., 1992. The statistical properties of mean sensitivity - a reappraisal. Dendrochronologia 10, 121–135.

Strumia, G., 1999. Tree ring based reconstruction of precipitation in Eastern Austria.

Sturrock, R.N., Frankel, S.J., Brown, A. V., Hennon, P.E., Kliejunas, J.T., Lewis, K.J., Worrall, J.J., Woods, A.J., 2011. Climate change and forest diseases. Plant Pathol. 60, 133–149. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02406.x

Team R Core, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.

Tenzin, K., Dukpa, D., Krusic, P.J., Khandu, Y., Wangchuk, S., 2018. Dendrochronological Manual. Tree-Ring Laboratory Ugyen Wangchuck Institute of Conservation and Environmental Research.

Tognetti, R., Lasserre, B., Di Febbraro, M., Marchetti, M., 2019. Modeling regional drought-stress indices for beech forests in Mediterranean mountains based on tree-ring data. Agric. For. Meteorol. 265, 110–120. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.015

Trouet, V., Panayotov, M.P., Ivanova, A., Frank, D., 2012. A pan-European summer teleconnection mode recorded by a new temperature reconstruction from the northeastern Mediterranean (ad 1768-2008). Holocene 22, 887–898. https://doi.org/10.1177/0959683611434225

Unkašević, M., Tošić, I., 2013. Trends in temperature indices over Serbia: Relationships to large-scale circulation patterns. Int. J. Climatol. 33, 3152–3161. https://doi.org/10.1002/joc.3652

Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., Angulo, M., El Kenawy, A., 2010. A new global 0.5° gridded dataset (1901-2006) of a multiscalar drought index: Comparison with current drought index datasets based on the palmer drought severity index. J. Hydrometeorol. 11, 1033–1043. https://doi.org/10.1175/2010JHM1224.1

Villalba, R., Luckman, B.H., Boninsegna, J., D'Arrigo, R.D., Lara, A., Villanueva-Diaz, J., Masiokas, M., Argollo, J., Soliz, C., LeQuesne, C., Stahle, D.W., Roig, F., Aravena, J.C., Hughes, M.K., Wiles, G., Jacoby, G., Hartsough, P., Wilson, R.J.S., Watson, E., Cook, E.R., Cerano-Paredes, J., Therrell, M., Cleaveland, M., Morales, M.S., Graham, N.E., Moya, J., Pacajes, J., Massacchesi, G., Biondi, F., Urrutia, R., Pastur, G.M., 2011. Dendroclimatology from Regional to Continental Scales: Understanding Regional Processes to Reconstruct Large-Scale Climatic Variations Across the Western Americas. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5725-0_7

Vucković, M., Ratknić, M., Stamenković, V., 1996. Прираст шумског дрвећа као биоиндикатор деловања неких еколошких фактора, in: 5th Ecological Congress, 22-27 September. Belgrade. Serbia, pp. 203–208.

Vučković, M., Stajić, B., 2005. Razvojno-proizvodne karakteristike bukve (in Serbian), in: Bukva (Fagus Moesiaca Domin, MallyCzeczott.) u Srbiji. pp. 352–365.

Vučković, M., Stajić, B., 2004. Zadaci i značaj istraživanja rasta i proizvodnosti šuma za ekologiju i šumarstvo. Glas. Sumar. Fak. u Banja Luci 1, 15–25.

Vučković, M., Stajić, B., 2003. Karakteristike debljinskog prirasta u sastojinama bukve sa područja Brezovice. Šumarstvo 1–2, 165–172.

Vučković, M., Stajić, B., Smiljanić, M., 2008. Elementi izgrađenosti i rasta sastojine crnog bora na staništu cera i sladuna. Šumarstvo 4, 31–41.

Vuković, A., Vujadinović, M., Rendulić, S., Đurdjević, V., Ruml, M., Babić, V., Popović, D., 2018. Global warming impact on climate change in Serbia for the period 1961-2100. Therm. Sci. 2018, 2267–2280. https://doi.org/10.2298/TSCI180411168V

Wigley, T.M.L., Briffa, K.R., Jones, P.D., 1984. On the average value of correlated time series,

with applications in dendroclimatology and hydrometeorology, Journal of Climate and applied meteorology.

Zafirov, N., Kostov, G., 2019. Main Stress Factors in Coppice Oak Forests in Western Bulgaria. Silva Balc. 20, 37–52. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.8234369

Zang, C., Biondi, F., 2015. Treeclim: An R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. Ecography (Cop.). 38, 431–436. https://doi.org/10.1111/ecog.01335

БИОГРАФИЈА

Ненад Радаковић је рођен 13.04.1971. године у Неготину. Основну школу "Вука Караџић" завршава 1986.г. у Доњем Милановцу, а средњу школу – гимназију „Предраг Костић" 1990.г. у Неготину. Шумарски факултет, Универзитета у Београду уписује 1990. године на Одсеку за шумарство. Током основних студија остварио је просечну оцену 8,20. Дипломирао је 02.04.1996. године са оценом 10,00 одбранивши дипломски рад под називом: *„Шума храста китњака (Quercetum montanum Čer. et Jov.) у газдинској јединици „Златица""*.

Радни однос заснива у Јавном предузећу „Национални парк Ђердап" Доњи Милановац 1996.г., у коме је обављао различите послове ревирног инжењера (уређивање, заштита и гајење шума, стручни послови у шумама сопственика, обрада података и др.), руководиоца службе надзора, руководиоца службе чувара Националног парка, помоћника директора, извршног директора и директора. У периоду 2006-2007 обављао и функцију генералног директора Хотела „Лепенски вир" АД у Доњем Милановцу.

Учествовао на бројним како домаћим, тако и иностраним конференцијама, семинарима, стручним скуповима и сл. у у Европи, Јапану и у Сједињеним Америчким Државама, из области менаџмента, шумарства, заштићених подручја, екотуризма, противпожарне заштите и др. добивши већи број уверења, сертификата, потврда и сл.

Руководилац тима – (Team leader; Project Manager) и члан међународних пројеката испред Националног парка Ђердап: *Bioregio (Project - Integrated management of biological and landscape diversity for sustainable regional development and ecological connectivity in the Carpathians), DaRe To Connect – Interreg Danube Transnationl Programme, Danube Geotour – Interreg Danube Transnationl Programme, Connect Green – Interreg Danube Transnationl Programme* и др.

Руководилац пројектног тима за реализацију Пројекта *„Обнављање храстових шума/смернице за доношење одлука приликом узгојних захвата за негу и обнову састојина храста китњака"* (Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде – Управа за шуме, Национални парк Ђердап, Universität für Bodenkultur Wien University of Natural Resources and Applied Life Science, Vienna Department für Wald- und Bodenwissenschaften Institut für Waldbau).

Магистарски рад *„Радијални прираст храста китњака (Quercus petraea agg. Ehrendorfer 1967) и његова зависност од температуре ваздуха и количине падавина на подручју Националног парка „Ђердап"* је успешно одбранио са оценом 10,00, под менторством проф. др Бранка Стајића, са просечном оценом студирања 10.

Положио стручни испит за запослене са високом стручном спремом 1999.г.

Положио стручни испит за запослене који раде на пословима заштите од пожара са високом стручном спремом 2009.г.

Учествовао у програму JICA (Japan International Cooperation Agency) у Јапану „Eco – tourism and Strategic Regional Development for Eastern Europe" 2010.г.

Учествовао у као члан у раду подкомитета „UNESCO for the MaB", при Министарству спољних послова.

Изабран од стране „USA Embassy“ у Београду и учествовао „Openworld“ програму при „American council“-у САД-у (Washington; Utah), где је препознат као „особа ванредног искуства“ у менаџменту националних паркова - 2012.г.

Лиценцу за обављање стручних послова у газдовању шумама поседује од 2020.г.

Изабран за члана Радног тима за успостављање “Геопарка Ђердап” испред Министарства заштите животне средине (бр.: 353-02-01801/2015-17, 11.09.2015.г.), члан Техничког савета Геопарка Ђердап у оснивању испред Владе Републике Србије – Министарства заштите животне средине.

Од стране Министарства заштите животне средине изабран за представника Управног одбора „Карпатске мреже заштићених подручја (CNPA, SC)“ као представник на Конференцији у Вишеграду, Мађарска.

Члан радне групе за реализацију пројекта „Изградња Реверзибилне хидроелектране Ђердап 3“ . Члан је етичког одбора Коморе инжењера шумарства Србије. Званични представник Djerdap UNESCO Gloobal Geoparc у „GG Network UNESCO“.

Докторске студије на Шумарском факултету у Београду уписује 2015. године на Модулу шумарство, под-модул Планирање газдовања шумама.

Библиографију научних и стручних радова Ненада Радаковића чине:

1. **Radaković N.** (1996): Šuma hrasta kitnjaka (*Quercetum montanum* Čer. *et* Jov.) u gazdinskoj jedinici „Zlatica“, diplomski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, 43 str.
2. **Radaković N.** (1999): Primena fitoindikatora za određivanje razlika u ekološkim uslovima staništa fitocenoze hrasta kitnjaka (*Quercetum montanum* Čer et Jov. 1953), „Đerdapski vidici“, Donji Milanovac, str. 47-52;
3. Žikić G., **Radaković N.**, Nestorović S. (2005*): „Economic aspect of Sustainable Development in the Djerdap National park“,* 3rd Simposion of the Hohe Tauern National Park for Research in Protected Areas, Castle of Kaprun; p. 257-260;
4. **Радаковић Н.**, et al. (2005): „Туристичка карта Националног парка „Ђердап““, ЈП“Национални парк Ђердап“ Доњи Милановац, Геокарта, Београд;
5. Вучковић М., Стајић Б., **Радаковић Н.** (2005): „Значај мониторинга дебљинског прираста са аспекта биоиндикације шумских стабала и састојина“; „Шумарство“ 1-2, Београд; стр. 1-10;
6. Вучковић М., Стајић Б., **Радаковић Н**. (2006): „Моделовање оптималне изграђености састојине храста китњака у НП „Ђердап““, „Шумарство“ 1-2, Београд; стр. 11-20;
7. Живановић С., Ђорђевић Г., **Радаковић Н**. (2012): „Утицај климатских елемената на ризик шума од пожара на подручју НП Ђердап“, „Шумарство“ 3-4, Београд; стр. 175-184;
8. Живановић С., **Радаковић Н**. (2014): „Утицај туризма у природи на процену опасности од шумских пожара“, „Шумарство“ *1-2, Београд;* стр. 193-198;

9. **Радаковић Н**. (2014): „Откриће велике шумске сасе (*Pulsatilla vulgaris* Miller subsp. *grandis* (Wenderoth) у Националном парку „Ђердап““, Публикација Националне комисија за сарадњу са УНЕСКО, Београд, стр.133-137
10. **Радаковић Н**. (2014): „Радијални прираст храста китњака *(Quercus petraea agg*. Ehrendorfer 1967) и његова зависност од температуре ваздуха и количине падавина на подручју Националног парка „Ђердап“, магистарски рад, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд стр. 130;
11. **Радаковић Н**. (2017): „Морфолошке карактеристике крупноцветне сасе (*Pulsatilla vulgaris* Miller *subsp. grandi*s (Wenderoth) Zamels) у Националном парку „Ђердап“, „Ecologica“ бр. 85, Београд, 154-159 стр.
12. Стојановић Д., **Радаковић Н**. (2017): „Фауна лепидоптера Националног парка „Ђердап“, део други Microlepidoptera (superfamilia *Pyraloidea*), ЈП „Национални парк Ђердап“ Доњи Милановац, 189 стр.,
13. Stajić B., Kazimirović M., Dukić V., **Radaković N**. (2017): „First dendroclimatological insight into the black pine (Pinus nigra Arnold) climate-growth relationship in Belgrade area“, International conference TRACE 2017 trees ring in archeology, climatology and ecology, 16-21 May 2017, Svetlogorsk, Kaliningrad region, Russia , Trace Vol. 15, p. 30
14. Bobinac M., Andrašev S., **Radaković N.,** Šušić N., Bauer-Živković A. (2017): A review of the stand structure of mature sessile oak stands in northeastern Serbia before planned regeneration, The Forestry Science in Purpose of Sustainable Development of Forestry - 25 Years of Forestry of the Republic of Srpska 'FORSD', Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, December 07-09, 49. p.
15. Čučulović A., Čučulović R., Nestorović S., **Radaković N**., Veselinović D. (2018): „Radioactivity in soil from NP Djerdap in 2015 and 2016“, 26th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, 12-15 June 2018, Bor Lake, Bor, Serbia, EcoTer Bor, 140-145 p.
16. Stajić B., Kazimirović M., **Radaković N.** (2018): **„**The common population signal in the european ash *(Fraxinus excelsior* L.*)* tree-ring chronologies in NP „Djerdap“ Serbia“, 26th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, 12-15 June 2018, Bor Lake, Bor, Serbia, EcoTer Bor, 59-65 p.
17. **Radakovic N**. (2018): „Climate change impact on the forests of National Park Djerdap“, Humboldt Kolleg 2018,“Sustainable Development and Climate Change: Conneticing, Research, Education, Policy and Practice“, Belgrade, *p.* 159
18. Bobinac M., Andrašev S., **Radaković N**., Šušić N., Bauer Živković A. (2018): „The structure of a mature stand and the following sapling stage in the process of planned regeneration on a site of a monodominant sessile oak forest in the NP Djerdap“, THE 15th International Phytotechnology Conference, Novi Sad, 206 p.
19. **Radaković N**. (2018): **„**Impacts of air temperature and quantity of precipitation on radial growth of sessile oak (Quercus petraea agg. Ehrendorfer 1967) in the

Djerdap NP“, The 15th International Phytotechnology Conference, Novi Sad, 192 p.
20. **Radaković N.** et al., (2018)**:,** Turistička karta Nacionalnog parka „Đerdap“, JP NP Đerdap, Magic Map.
21. Čučulović A., Čučulović R., Nestorović S., **Radaković N.**, Veselinović D. (2019): „Sadržaj ^{137}Cs i ^{40}K u mahovinama injihovim podlogama sakupljenim 2016. godine u NP „Đerdap““, „Ecologica“ бр. 93, Beograd, 10-14 str.
22. Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Sabovljević M., Nestorović S., **Radaković N**., Veselinović D. (2019): „Activity levels of ^{137}Cs and ^{40}K in moss collected in 2018 from the Djerdap National Park“, 27th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, 18-21 June 2018, Bor Lake, Bor, Serbia, EcoTer Bor, 28-33 p.
23. Stajić B., **Radaković N**. (2019): „Beech-Turkish hazel forest in the area of „Djerdap National Park““, 27th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, 18-21 June 2019, Bor Lake, Bor, Serbia, EcoTer Bor, poster;
24. Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Nestorović S., **Radaković N.**, Veselinović D. (2019): „Radioaktivnost u mahovinama i zemljištu sakupljenom 2018.g. u NP „Đerdap““, XXX simpozijum društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, 2-4 Oktobar 2019, Hotel Divčibare, Divčibare, Srbija, 58-63 p.
25. Bobinac M., Andrašev S., **Radaković N**., Šušić N., Bauer Živković A. (2019): **„**The structure of stands from different subassociations of a monodominant sessile oak forest (Quercetum petraea Čer. Et Jov. 1953.) in the area of Northeatern Serbia before and after regeneration“ , Bulletin Faculty of Forstry, University of Belgarde, Faculty of Forestry, No120, 9-36 p.
26. Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Nestorović S., **Radaković N**., Veselinović D. (2020): „The distribution of the mass concentration of potassiium, thorium and radium in the soild of the Tekija region, the NP Đerdap“, 28th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, 16-19 June 2020, Hotel Aquastar Danube, Kladovo, Serbia, EcoTer 20, p. 11-16.
27. Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Nestorović S., **Radaković N.**, Veselinović D. (2020): „Raspodela masenih koncentracija kalijuma, radijuma i torijuma u zemljištu rejona Dobra i Donji Milanovac, NP Đerdap“, „Ecologica“ бр. 98, Beograd, 293-298 str.
28. **Radaković N**., Nestorović S. (2020): Zelenika (*Ilex aquifolium* L.) u Nacionalnom parku „Đerdap“, Holly (*Ilex aquifolium* L.) In The Djerdap National Park, „9. Simpozij Kopački rit jučer, danas, sutra, 2020. s medjunarodnim sudjelovanjem“
29. Stajić B., Kazimirović M., Dukić V., **Radaković N**. (2020): **„**First dendroclimatological insight into the black pine (*Pinus nigra Arnold*) climate-growth relationship in Belgrade area, South-east Eur. For. 11(2): 127-134, *https://doi.org/10.15177/seefor.20-12*.

30. Цвјетићанин Р., Кошанин О., Перовић М., ЈАНИЋ Д., **Радаковић Н.**, Бјелајац Д. (2020): Еколошке и флористичке карактеристике два нова налазишта вреса (Calluna vulgaris (L.) Hull.) на подручју Националног Парка "Ђердап", Гласник Шумарског Факултета бр. 122 BIBLID: 0353-4537, 2020, стр. 9-30, https://doi.org/10.2298/GSF2022009C
31. **Radaković N.**, Stajić B. (2021): Climate Signals in Earlywood, Latewood and Tree-Ring Width Chronologies of Sessile Oak (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) from Majdanpek, North–Eastern Serbia Klimatski signali u kronologijama ranog drva, kasnog drva i širini goda hrasta kitnjaka (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) iz Majdanpeka, sjeveroistočna Srbija, DRVNA INDUSTRIJA, 72 (1), p.79-87, https://doi.org/10.5552/drvind.2021.2016
32. **Radaković N.**, Nestorović S. (2021): Koprivić (*Celtis australis* L.) u Nacionalnom parku „Đerdap", Mediterranean Hackberry (*Ilex aquifolium* L.) in The Djerdap National Park, „10. Simpozij Kopački rit jučer, danas, sutra, 2021. s medjunarodnim sudjelovanjem"
33. **Radaković N**. (2021): Promena klimatskih karakteristka Donjeg Milanovca i okoline, Okrugli sto: "Promena privrednih i društveno-istorijskih uslova od potopa i preseljenja na novu lokaciju – pravci razvoja" – Donji Milanovac 1971-2021., str. 38-47.
34. Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Nestorović S., **Radaković N**. (2022): „Masena koncentracija kalijuma, torijuma i uranijuma u zemljištu rejona Dobra (NP Đerdap) u periodu 2018-2020. godine, „Međunarodna naučna konferencija Održivi razvoj i zelena ekonomija – knjiga apstrakata" , Beograd, 19-21 April, str. 143-144
35. Bobinac, M., Andrašev, S., Šušić, N., **Radaković, N.**, Maksimović, M. Bobinac, M., University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia, The distribution of Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Simaroubaceae*) in the Area of "Đerdap National Park", Oral presentation, 14th Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Neighboring Regions, Kladovo, 2022
36. Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Nestorović S., **Radaković N**. (2022): „The distribution of Mass concentrations of K, Th and U in the soils of the Tekija Region, THE NP Đerdap region", 29th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, 21-24 June 2022, Hotel Sunce, Sokobanja, Serbia, EcoTer Bor, 43-48 p.
37. **Radaković N.**, Nestorović S. (2022): Invasive species on the example of Tree of Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, syn. *Ailanthus glandulosa* Desf.), in The Djerdap National Park, „11. Simpozij Kopački rit jučer, danas, sutra, 2021. s medjunarodnim sudjelovanjem"
38. Stanojković J., Nestorović S., **Radaković N**. Čučulović R., Sabovljević M., Čučulović A., Vujičić M. (2022):The occurrence of 40K and 137Cs radioactivity in mosses during 2015–2019 in the Djerdap National Park (E. Serbia), Environmental Science and Pollution Research https://doi.org/10.1007/s11356-022-24416-4

39. Nonić D., Nedeljković J., **Radaković N.**, Šumarac P., Tomić M. (2022): Modeli upravljanja nacionalnim parkovima u Srbiji i odabranim zemljama regiona: uporedna analiza i mogućnosti unapređenja, Naučno-stručni skup „Održivo upravljanje nacionalniom parkovima i gazdovanja šumskim ekosistemima“, Glasnik Šumarskog fakulteta, Univerzitet u Beogradu, Specijalno izdanje povodom naučnog skupa „Održivo upravljanje nacionalnim parkovima i gazdovanje šumskim ekosistemima“, str. 45-58,
40. **Radaković N**. (2023): Hronološka rekonstrukcija geografskih lokacija i naziva glavnih naselja u Porečkom kraju u severoistočnoj Srbiji, Mitološki zbornik br. 47. Centar za mitološke studije Srbije, Rača, str. 203-234
41. Nonić M., Skočajić D. **Radaković N**. (2024): Identification of relict, rare, and endangered forest tree species in Djerdap National Park as basis for the genepool conservation; University of Primorska - Faculty of Mathematics, Natural Sciences and Information Technologies, COST Conserve Plants Final Conference: Book of Abstract, Izola, 12-13 February, Slovenia, p. 56

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Име и презиме аутора: **Ненад Радаковић**

Број индекса: **2015/15**

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

ДЕНДРОКЛИМАТОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА У САСТОЈИНАМА ХРАСТА КИТЊАКА (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967) НА ПОДРУЧЈУ СЕВЕРОИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

_____

ИЗЈАВУ О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА

Име и презиме аутора: **Ненад Радаковић**

Број индекса: **2015/15**

Студијски програм: **Шумарство, Модул планирање газдовања шумама**

Наслов рада: **ДЕНДРОКЛИМАТОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА У САСТОЈИНАМА ХРАСТА КИТЊАКА (Quercus petraea agg. Ehrendorfer 1967) НА ПОДРУЧЈУ СЕВЕРОИСТОЧНЕ СРБИЈЕ**

Ментор: **Проф. др Бранко Стајић**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

_____

ИЗЈАВУ О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ДЕНДРОКЛИМАТОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА У САСТОЈИНАМА ХРАСТА КИТЊАКА (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967) НА ПОДРУЧЈУ СЕВЕРОИСТОЧНЕ СРБИЈЕ

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. **Ауторство (CC BY)**

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

_____