**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ**
**ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**
**ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ,ТУРИЗАМ И ХОТЕЛИЈЕРСТВО**

**MSc Никола Р. Бачевић**

# СРЕДЊЕ И ГОРЊЕ ПЛЕИСТОЦЕНЕ ЛЕСНО-ПАЛЕОЗЕМЉИШНЕ СЕКВЕНЦЕ У ДОЛИНИ ЈУЖНЕ МОРАВЕ

**- докторска дисертација-**

**Нови Сад, 2018.**

# САДРЖАЈ


**1. УВОД ..... 7**

**1.1. ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА ..... 8**

**1.2. ОСНОВНЕ ОДЛИКЕ И РАСПРОСТРАЊЕНОСТ ЛПС ..... 10**

*1.2.1. ЛЕС ..... 10*

*1.2.2. ЗЕМЉИШТЕ И ПАЛЕОЗЕМЉИШТЕ ..... 18*

**1.3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА ..... 20**

*1.3.1. НАЈРАНИЈА ИСТРАЖИВАЊА ..... 20*

*1.3.2. НЕДАВНА ИСТРАЖИВАЊА ..... 28*

**1.4. КВАРТАР ..... 41**

*1.4.1. ДЕФИНИЦИЈА, ПОЈАМ И ПОДЕЛА КВАРТАРА ..... 41*

*1.4.2. ОРГАНИЗАЦИЈЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОЛОШКЕ ВРЕМЕНСКЕ СКАЛЕ ..... 45*

**1.5. ЛЕС У СРБИЈИ ..... 63**

*1.5.1. ЛЕС У ВОЈВОДИНИ ..... 64*

*1.5.2. ЛЕС У ЦЕНТРАЛНОЈ СРБИЈИ ..... 72*

*1.5.3. ЛЕС НА КОСОВУ И МЕТОХИЈИ ..... 78*

**2. ОБЛАСТ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА ..... 79**

**2.1. ЛОКАЛИТЕТ СТАЛАЋ ..... 81**

**2.2. ЛОКАЛИТЕТ БЕЛОТИНАЦ ..... 85**

**3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА ..... 88**

**3.1. СТАЛАЋ ..... 88**

*3.1.1. МЕРЕЊЕ МАГНЕТНИХ СВОЈСТАВА ЛПС ..... 91*

*3.1.2. МЕРЕЊЕ ГРАНУЛОМЕТРИЈСКОГ САСТАВА ЛПС ..... 92*

*3.1.3. МЕРЕЊЕ ГЕОХЕМИЈСКОГ САСТАВА ЛПС ..... 92*

*3.1.4. МЕРЕЊЕ ГЕОХЕМИЈСКОГ САСТАВА ВУЛКАНСКОГ СТАКЛА ИЗ УЗОРКА ТЕФРЕ ..... 92*

*3.1.5. МЕРЕЊЕ КОЛОРИМЕТРИЈСКИХ СВОЈСТАВА ЛПС ..... 93*

*3.1.6. ДЕФИНИСАЊЕ КОРЕЛАЦИОНОГ ВРЕМЕНСКОГ МОДЕЛА ЛПС ... 93*

*3.1.7. ЛУМИНЕСЦЕНТНО ДАТИРАЊЕ ЛПС ... 93*

*3.1.8. МЕРЕЊА ЕКВИВАЛЕНТНЕ ДОЗЕ (De) ... 94*

*3.1.8. МЕРЕЊА ДОЗНЕ СТОПЕ ... 95*

**3.2. БЕЛОТИНАЦ ... 96**

*3.2.1. МЕРЕЊЕ КОЛОРИМЕТРИЈСКИХ СВОЈСТАВА ЛПС ... 97*

*3.2.2. МЕРЕЊЕ МАГНЕТНИХ СВОЈСТАВА ЛПС ... 99*

*3.2.3. МЕРЕЊА ГРАНУЛОМЕТРИЈСКОГ СВОЈСТВА ЛПС ... 99*

*3.2.4. МЕРЕЊЕ ГЕОХЕМИЈСКОГ САСТАВА ЛПС ... 99*

*3.2.5. ЛУМИНЕСЦЕНТНО ДАТИРАЊЕ ЛПС ... 101*

**4. РЕЗУЛТАТИ ... 102**

**4.1. ПЕДО- И ЛИТО-СТРАТИГРАФСКИ ОПИС ИСТРАЖИВАНИХ ПРОФИЛА ... 102**

*4.1.1. СТАЛАЋ ... 103*

*4.1.2. БЕЛОТИНАЦ ... 114*

**4.2. РЕКОНСТРУКЦИЈА ПАЛЕОРЕЉЕФА НА ОСНОВУ ПРОСТОРНИХ ОДНОСА ЛПС ... 116**

*4.2.1. СТАЛАЋ ... 118*

*4.2.2. БЕЛОТИНАЦ ... 121*

**4.3. ЛУМИНЕСЦЕНТНО ДАТИРАЊЕ ... 121**

*4.3.1. СТАЛАЋ ... 122*

*4.3.2. БЕЛОТИНАЦ ... 130*

**4.4. МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛПС ... 133**

*4.4.1. СТАЛАЋ ... 134*

*4.4.2. БЕЛОТИНАЦ ... 136*

**4.5. ГРАНУЛОМЕТРИЈСКИ САСТАВ ... 138**

*4.5.1. СТАЛАЋ ... 138*

*4.5.2. БЕЛОТИНАЦ ... 145*

**4.6. ГЕОХЕМИЈСКИ САСТАВ ЛПС ... 147**

*4.6.1. СТАЛАЋ ... 147*

*4.6.2. БЕЛОТИНАЦ ... 149*

**4.7. БОЈА ЛПС ..... 151**

*4.7.1. СТАЛАЋ ..... 152*

*4.7.2. БЕЛОТИНАЦ ..... 154*

**5. ДИСКУСИЈА ..... 156**

**5.1. ХРОНОСТРАТИГРАФИЈА ЛЕСНИХ ПРОФИЛА ПОВРШИНСКИХ КОПОВА ЦИГЛАНА У СТАЛАЋУ И БЕЛОТИНЦУ ..... 158**

**5.2. ДЕФИНИСАЊЕ ВРЕМЕНСКЕ СКАЛЕ ЗА ПРОФИЛ У СТАЛАЋУ ..... 160**

**5.3. ПОРЕКЛО МАТЕРИЈАЛА ЗА ФОРМИРАЊЕ ЛЕСНИХ НАСЛАГА ..... 165**

**5.4. ПАЛЕОКЛИМАТСКА И ПАЛЕОЕКОЛОШКА РЕКОНСТРУКЦИЈА ..... 174**

**6. ЗАКЉУЧАК ..... 181**

**7. ЛИТЕРАТУРА ..... 189**

# ПРЕДГОВОР

Неколико претходних година сам се посветио озбиљном истраживачком раду у геонаучним истраживањима. Надам се да својом докторском тезом дајем допринос науци, развоју географије и постављању новог гледишта на пољу физичке географије.

Неисцрпна мотивација и жеља за радом свакако потичу из мог интересовања и тежње ка успостављању нових, темељних података и теза заснованих на чињеницама, доказима и помном истраживању лесно-палеоземљишних плеистоцених секвенци у долини Јужне Мораве.

Поред унутрашње мотивације и сопственог надахнућа самом природом посла који сам одабрао, моја највећа мотивација долази од најближих и значајних људи у мом животу. Неизмерну захвалност дугујем професорима, колегама, својој породици и пријатељима.

Посебну и највећу захвалност упућујем свом ментору, дописном члану Српске академије наука и уметности, професору Слободану Б. Марковићу на интелектуалној и моралној подршци, на стрпљењу и поверењу које ми је указао током вишегодишњих докторских студија, без чије помоћи ова докторска теза не би успешно била окончана.

Професору Миливоју Б. Гаврилову дугујем безрезервну захвалност на стручној и моралној помоћи. На његовом несебичном преношењу знања, на његовој посвећености и стрпљењу и онда када нисам био на завидном нивоу.

Захваљујем се и трећем члану комисије професору Радиславу Тошићу на пажњи и разумевању.

Захваљујући смерницама и упутствима које сам од њих добијао и њиховој несебичној подршци, моја посвећеност изради ове тезе добија на значају, а истраживачки рад изнет у њој остварује своју сврсисходност и целовитост.

Драгом колеги и пријатељу Игору Обрехту захваљујем се на великом залагању да ми помогне, пре свега у теренским и лабораторијским истраживањима, чиме ми је знатно олакшао рад у изради ове тезе.

Колегама: Зорану Перићу, Немањи Томићу, Александру Ваљаревићу и Растку Марковићу, захвалан сам на несебичној помоћи на терену приликом узорковања потребног материјала.

Упућујем захвалност професору Улриху Хамбаху (Ulrich Hambach), Франку Лахмуту (Frank Lehmkuhl), Кристијану Лагу (Christian Laag) и Ђанини Боскен (Janina Bösken) на помоћи у лабораторији где су изведене значајне анализе и где су добијени резултати, који су допринели да се ова дисертација успешно заврши.

Неизмерну захвалност дугујем својој породици за незаобилазну подршку у мом досадашњем, надам се и будућем раду. Пре свега захваљујем се мојој супрузи Татјани Бачевић, која је моја неицрпна снага воље, труда и енергије, као и нашој деци сину Цветку и кћерци Зоји, који су мој највећи животни успех. Такође, захвалност дугујем својим родитељима мајци Славици и оцу Радомиру на моралној и материјалној помоћи.

Хвала свима на указаном поверењу и на помоћи!

# 1. УВОД

Уводно поглавље ове докторске дисертације садржи: предмет, циљ, методе и преглед досадашњих истраживања. У овој докторској дисертацији детаљно су разматрана следећа најзначајнија истраживачка питања. Основне одлике и глобална географска распрострањеност леса са посебним освртом на распростирање леса у долини Јужне Мораве. Затим, приказана су слична истраживања лесно-палеоземљишних секвенци (ЛПС) у Србији, засебно су приказана слична истраживања у Војводини, централној Србији и на Косову и Метохији. Обухвата поглавље Квартар и његове временске скале. Дат је приказ о организацијама, које се баве проучавањем ЛПС.Посебнапажња у истраживањима усмерена јена разумевању педо- и лито-стратиграфских односа на кључним профилима две цигланеу Сталаћу (ПЦС) и Белотинцу (ПЦБ). Извршена је реконструкција палеорељефа на основу просторних односа ЛПС. Овај истраживачки изазов био јенарочито изражен код ЛПС откривених на ПЦС, где су реконструисани веома комликовани палеорељефни односи. Посебна пажња поклоњена је анализи измерених вредности магнетног сусцептибилитета (МС) (осетљивости) ЛПС у долини Јужне Мораве који се сматра веома сензитивним показатељем интензитета педогенезе у палеоклиматским истраживањима. Нарочито је разматрано варирање гранулометријског састава истраживаних ЛПС. Детаљно је приказан и анализиран геохемијски састав ЛПС. Резултати геохемијских истраживања имају посебан потенцијал у тумачењу и разумевању порекла материјала од којег су формиране ЛПС у Сталаћу. У овој докторској дисертацји представљена су и детаљна колориметријска истраживања ЛПС. Ова истраживања имају велик значај за реконструкцију услова под којима се одвијала педогенеза фосилних земљишта.

У уводном поглављу је приказан иопширан преглед досадашњих истраживања и неки резултати најзначајнијих истраживања ЛПС у иностранству и нашој земљи (Аутономна Покрајина Војводина и долина Јужне Мораве). Хронолошки су набројане и анализиране најзначајније студије везане за проблематику истраживања ЛПС средње и горње плеистоцене старости у долини Јужне Мораве.

## 1.1. ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања су ЛПС у долини Јужне Мораве. Ове секвенце представљају јединствен континентални архив палеоклиматских и палеоеколошких промена и указују на континуирану динамику еолске акумулације, као и промене интензитета педогенезе на истраживаном подручју. Интензивна истраживања лесних профила у Србији трају од педесетих година прошлог века. Она указују да су акумулације леса у долини Јужне Мораве једна од најкомплетнијих копнених архива палеоклиматских и палеоеколошких промена током плеистоцена на простору централног дела Балканског полуострва. Поред интензивно истраживаних ЛПС у Војводини, значајније распростирање лесних седимената у нашој земљи јавља се и у долинама Велике Мораве, Јужне Мораве и Дунава од Пожаревца до Голупца.

Досадашње искуство показало је да су најпогоднији локалитети за истраживање ЛПС отворени профили на површинским коповима циглана. Овде приказана истраживања реализована су на лесним ПЦС и ПЦБ. Најзначајнија предност истраживања отворених лесних профила, који се често налазе на површинским коповима циглана, огледа се у: (1) релативно једноставном прикупљању лесних узорака, најчешће само мануелним путем и (2) бољој могућности тродимензионалне (3Д) реконструкције палеогеографских својстава истраживаног подручја због непосредног визуелног увида у лесне седименте, него што би то било, на пример, узорковање бушењем лесних слојева. Савремена лесна истраживања подразумевају употребу најразноврснијих савремених метода као што су: мерење магнетних својстава, одређивање гранулометријског састава, геохемијске анализе, као и апсолутно датирање седимената применом различитих метода оптички стимулисане луминисценције. Такође, ова систематска истраживања су показала да се ЛПС у нашој земљи, па и у долини Јужне Мораве, могу сматрати најстаријим у Европи, што додатно апострофира њихов значај. Лес истраживаног подручја представља зону, можда, најјужнијег распрострањења еолских седимената у Европи. Због тога ова истраживања имају изузетан значај за боље познавање климатске и еколошке еволуције током плеистоцена овог дела Балканског полуострва и целог простора Југоисточне Европе. Планирани и очекивани резултати истраживања треба да помогну бољем разумевању узрока изузетног рецентног биодиверзитета истраживаног подручја, које представља једно од најзначајнијих европских области које карактерише изузетна разноврсност живог света.

Главни циљ докторске дисертације је детаљна реконструкција палеоклиматских и палеоеколошких процеса током средњег и горњег Плеистоцена у долини Јужне Мораве са посебним освртом на кључне локалитете Сталаћ и Белотинац. Изучавање својстава ЛПС, као показатеља палеоклиматских и палеоеколошких процеса, представља својеврстан покушај да се допуне и разраде резултати истраживања добијени применом горе поменутих метода палеоклиматске и палеоеколошке реконструкције плеистоцених природних процеса. Циљ добијених резултатаје да се допуни мозаик палеоклиматских и палеоеколошких проучавања у овом делу Европе. Наведене чињенице имплицирају потребу за увођењем софистицираних седиментолошких, геохемијских и магнетних метода приликом проучавања ЛПС истраживаног подручја. То би довело до креирања базе података високе резолуције, који би сензитивније илустровали и приказали палеоклиматске и палеоеколошке флуктуације на истраживаном простору током средњег и горњег плеистоцена. На овај начин ће бити делимично реконструсани животни услови током леденог доба у овом делу Балкана, који су имали пресудни утицај на стварање несвакидашње разноврсности савременог живог света. Разумевање формирања рефугијалних станишта представља најзначајнију основу за адекватну конзервацију и заштиту биодиверзитета Балканског полустрва.

На основу овде добијених резултата први пут ће моћи да се утврди степен медитеранског климатског утицаја у региону централног Балкана. Такође, ова истраживања имају велики значај и за миграције наших палеолитских предака.

Методе које ће бити примењене су: 1. Кабинетско истраживање и преглед досадашње литературе релевантне за дефинисани предмет истраживања; 2. Теренско истраживање у виду рекогностицирања терена, утврђивање палеорељефних односа, литостратиграфски опис истраживаних профила и узорковања ЛПС за потребе лабораторијских анализа; 3. Лабораторијска испитивања лесно-палеоземљишних узорака применом следећих метода: 3.1. Мерења магнетних својстава седимената, геохронологије и гранулометрије, 3.2. Седиментолошких, 3.3. Геохемијских својстава седимената, 3.4. Одређивање колориметрије и спектрофотометрије и 3.5. Примена различитих луминесцентних метода апсолутног датирања ЛПС; 4. Статистичке обраде за анализе података добијених кроз све претходно наведене методе истраживања; и 5. Компарација и корелација статистички обрађених података са постојећим еквивалентним подацима за наш простор и сличним резултатима у окружењу. Поред анализе и синтезе, статистичка

обрада прикупљених података, биће урађена уз коришћење софтверског пакета Microsoft Office и његових апликација Excel 2007 и CorelDRAWX7.

Експериментално истраживање је реализовано у следећим институцијама: Природно-математички факултет у Новом Саду, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Лабораторија за палеоклиматску и палеоеколошку реконструкцију-LAPER при Департману за биологију и екологију, Лабораторија за магнетна и палеомагнетна истраживања, Катедре за геоморфологију, Универзитета у Бајројту, Лабораторије за геохемијска и гранулометријска истраживања, Департмана за физичку географију, Универзитета у Ахену и Лабораторији за луминесцентно датирање, Универзитета у Келну.

## 1.2. ОСНОВНЕ ОДЛИКЕ И РАСПРОСТРАЊЕНОСТ ЛПС

### *1.2.1. ЛЕС*

Назив лес потиче из немачког језика, од речи „Löss", и први пут је употребљен у научној литератури од стране немачког пореског инспектора Карла Цезара од Леонарда (Karl Cäsar von Leonhard, Прилог 1), који се бавио и геологијом. Овакав термин употребио је како би описао растресите седименте у долини реке Рајне (Kirchenheimer, 1969). Овај термин за лесне седименте почео је да се користи средином 19. века. Међу првима користи га шкотски геолог Чарлс Лајл (Charles Lyell), након својих пропутовања долином великих речних токова Мисисипија и Рајне, где уочава сличност леса и осталих речних седимената у обе регије дуж лесних одсека. У том периоду лес постаје опште прихваћен термин у стручној литератури за означавање еолских квартарних силтних наслага.

*Прилог 1. Карл Цезар од Леонарда (Литографија Рудолфа Хофмана, 1857; Национална библиотека Аустрије, Беч).*

Дуго се у светској литератури води жестока полемика о пореклу леса и лесоидних седимената. При томе, западноевропска и пољска школа леса заступају гледиште о његовом еолском пореклу, док се у рускимнаучним круговима, постанак овог седимента тумачи епигенетским распадањем под утицајем климатских промена. Уновије време,украјински геолози све више истичу претпоставку о педолошком пореклу ове седиментне стене. Еолско порекло леса је прихваћено након радова Вирлета д 'Ауста (Virlet d'Aoust) и Рихтхофенових (Ferdinand Freiherr Von Richthofen) запажања и интерпретације кинеског леса (Lyell, 1847; Virlet d' Aoust, 1857; von Richthofen, 1882; Russel, 1944). Лес и лесу слични седименти покривају ~ 10 % површине Земље (Карта 1). Умерени и полуаридни климати представљају идеалне услове за формирање лесних наслага у низијама, платоима и дуж речних басена. Типични лес понекада није лако разликовати од лесу сличних седимената због чега је неопходно утврдити критеријуме битне за његову дефиницију.

*Прилог 2. Профил лесних и палеоземљишних слојева ПЦС (фото: Никола Бачевић, 2013).*

Савремена схватања о пореклу лесних седимената могу се сврстати у две групе. Прва група сматра да је у транспорту честица од којих су настали слојеви лесних седимената, главну улогу одиграла елоска ерозија тј. ветар или да су ове творевине флувиоглацијалног порекла. Међутим, преовладало је схватање да је прави лес настао од материјала који је транспортован еолским путем, док разни лесоиди имају речно и делувијално порекло. Лесне творевине су настале у условима хладне и суве климе, где су снажни ветрови, који су дували преко глечера и периферије глечера, носили фини алевритски материјал и транспортовали га километрима далеко по областима степа и хладних сувих тундри. За време интерглацијала долазило је до делимичног разарања и разлагања његових хоризоната, при чему се образовала кора распадања или погребана земља. Због великог присуства бујне вегетације, ови хоризонти су богати хумусом, а сам лес карактеристичним вертикалним шупљинама, које указују на прашином затрпану травнату вегетацију.

*Прилог 3. Профил лесних хоризоната и палеоземљишта ПЦС (фото: Никола Бачевић, 2013).*

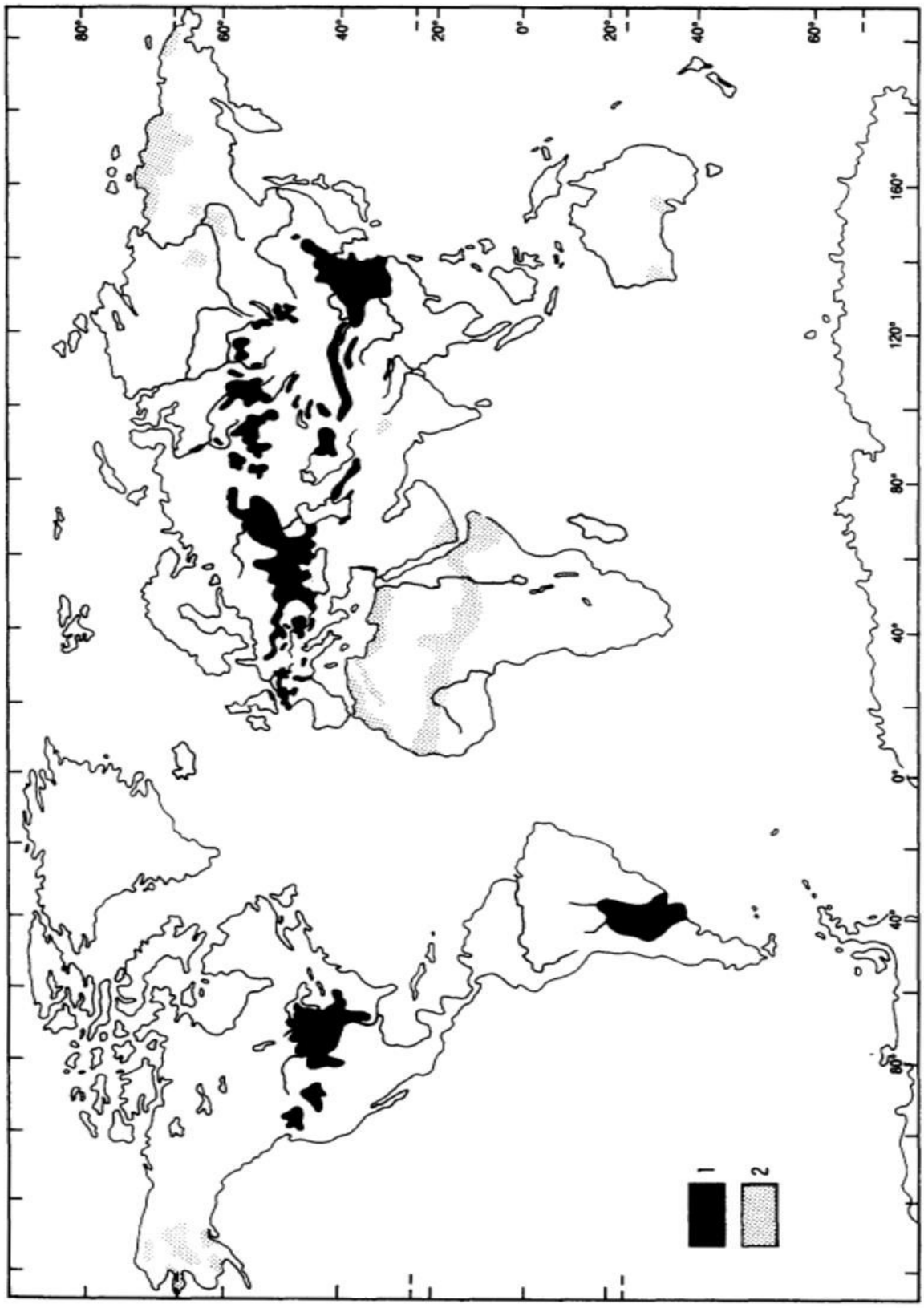
Лес представља масивну, порозну и растреситу седиментну стену у чијем саставу доминирају силтне величине алевритско-глиновитог састава, претежно жуте и жутомрке боје, углавном због садржаја лимонита ($Fe_2O_3$ .nH2O), који је сатављен од разних аморфних хидроксида гвожђа: гетит (a-FeOOh), лепидокрит (y-FeOOh) и некристални гвожђе-хидроксид Лимонит лако дехидрира у хематит ($Fe_2O_3$ ) који је тамноцрвене боје (Mottanaetal., 1982). Када се говори о величини честица од којих се сатоји лес заузима средњу позицију у континууму седимената, који су наталожени ветром. Просечна величина честица овог седимента је мања од ветром депонованог песка за (2,00-0,05 mm), али већа од прашине која је транспортована са великих удаљености. Дебљина лесних седимената или моћност је јако променљива. Може бити од неколико центиметара до неколико стотине метара дебљине. Карактерише га одсуство крупних одломака стена и макроскопски видљиве слојевитости. Вертикалне округле шупљине, које га прожимају, омогућавају му да се релативно дуго одржи у вертикалним одсецима. Боја, величина зрна и интеркалација леса и слојевима земљишта, одређују стратиграфске јединице у лесно-палеолесним секвенцама (Osipov and Sokolov, 1995). Лес се најчешће депонује преко већ

постојећих геоморфолошких облика на рељефу површине Земље, као покривач где се најмоћније акумулације јављају у изолованим, нижим срединама, пространим низијама, речним долинама, док се најтање акумулације лесних седимената срећу на уским, благо брдовитим локалитетима. Због положаја у рељефу, начина седиментације, смењивања са погребених земљишта и одређених палеонтолошких карактеристика, ова седиментна стена се сматра поузданим палеоклиматолошким и палеоеколошким маркером.

*Табела 1. Класификација седимената која се заснива на величини фрагмената од којих је стена изграђена, као и на степену дијагенезе (Јовановић и Срећковић-Батоћанин, 2009).*

| Невезане | Полувезане | Везане | Величина зрна |
|---|---|---|---|
| ПСЕФИТИ<br>Дробина<br>Шљунак | | ПСЕФИТОЛИТИ<br>Бреча<br>Конгломерат | < 2 mm |
| ПСАМИТИ<br>Песак | | ПСАМОТОЛИТИ<br>Пешчар | 2,00-0,05 mm |
| **АЛЕВРИТИ**<br>**Лес** | | АЛЕВРОЛИТИ | 0,050-0,005 mm |
| ПЕЛИТИ<br>Муљ | Глина | ПЕЛИТОЛИТИ | > 0,005 mm |

Обимне геохемијске анализе показале су да је најдоминантнији састојак лесних седимената силицијум диоксид ($SiO_2$) чији се садржај креће од 45 % до 75 % (углавном од 5 % до 65 %), што очигледно рефлектује доминатност кварца (Sartori, 2000). Тешки метали су често присутни, али у знатно мањим количинама (од 1 % до 6%). Лес садржи највише алевритске компоненте (60-80 %), глиновите компоненте (7-18 %), а песковитих честица у неким случајевима има и до 31 %. Добра сортираност материјала (So 1,7 и више) указује на његово сингенетско еолско порекло. Богат је калцијум-карбонатом чије учешће варира од 6-37 %, који може бити распрострањен по целој стенској маси, дисперзован или у облику конкреција „лесних луткица“, које настају таложењем карбонантног раствора око средишта неке друге материје (корен биљке, фрагмент стене, део љуштуре и др.). Лесне луткице имају карактеристичан облик и могу се јавити у седименту без неке правилности у целом пакету наслага или у облику већих нагомилавања у доњем делу лесног хоризонта.




*Карта 1. Распрострањење леса и лесу сличних седимената 1) лес; 2) лесу слични седименти (према Pesci, 1990).*

На подручју западне хемисфере леса има на територији Северне и Јужне Америке. У Северној Америци присутан је лес на пет значајних локалитета:

1. Велике средишне низије (Great Plains loess belt).
2. Наслаге леса на Аљасци и Јукону (Alaska loess region).
3. Средишњи низијски делови континента (Central Lowlands loess belt).
4. Подручје реке Снејк (Snake River Plain loess belt).
5. Палус лес у источном делу државе Вашингтон и Орогону (Palouse loess region).

(Muhs and Beattis, 2003).

У Јужној Америци постоје два лесна региона: Чако (Chaco loess region) лес у Парагвају и северној Аргентини и Пампаски лес (Pampas loess region) у централној Аргентини.

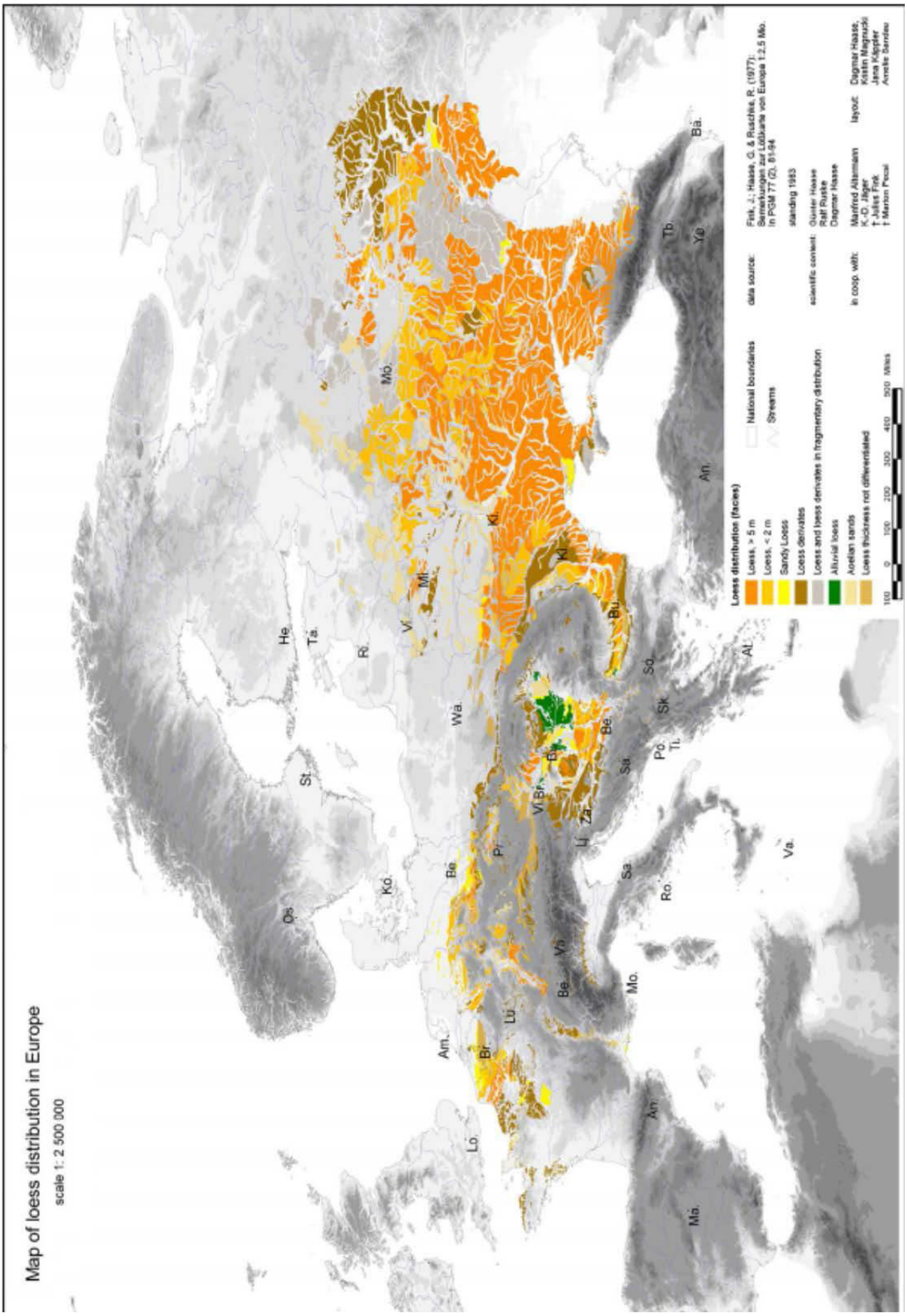
На Блиском истоку и у Африци постоје географски ограничене лесне наслаге у Израелу, Либији, Нигерији, Тунису и Намибији (McTanish, 1987).

На аустралијском континету јављају се седименти богати глином, названи парна, и има их на веома малим површинама (Muhs and Beattis, 2003). Међутим, на Новом Зеланду лесни седименти су више распрострањени и детаљније изучавани (PalmerandPillans, 1996; Grahametal., 2001).

У центалној Азији и Кини налазе се највеће концентрације лесних наслага (Kukla, 1987; Kukla and An, 1989; Dodonov and Baiguzina, 1995).

У Европи издвојене су четири главне лесне области (Карта 2):

1. Континуирани лесни појас у северозападној Европи.
2. Наслаге у северним алпским подгоринама, средњем и доњем току Дунава.
3. Велики појас у источној Европи.
4. Наслаге у мањим басенима и речним долинама (Muhs and Beattis, 2003).



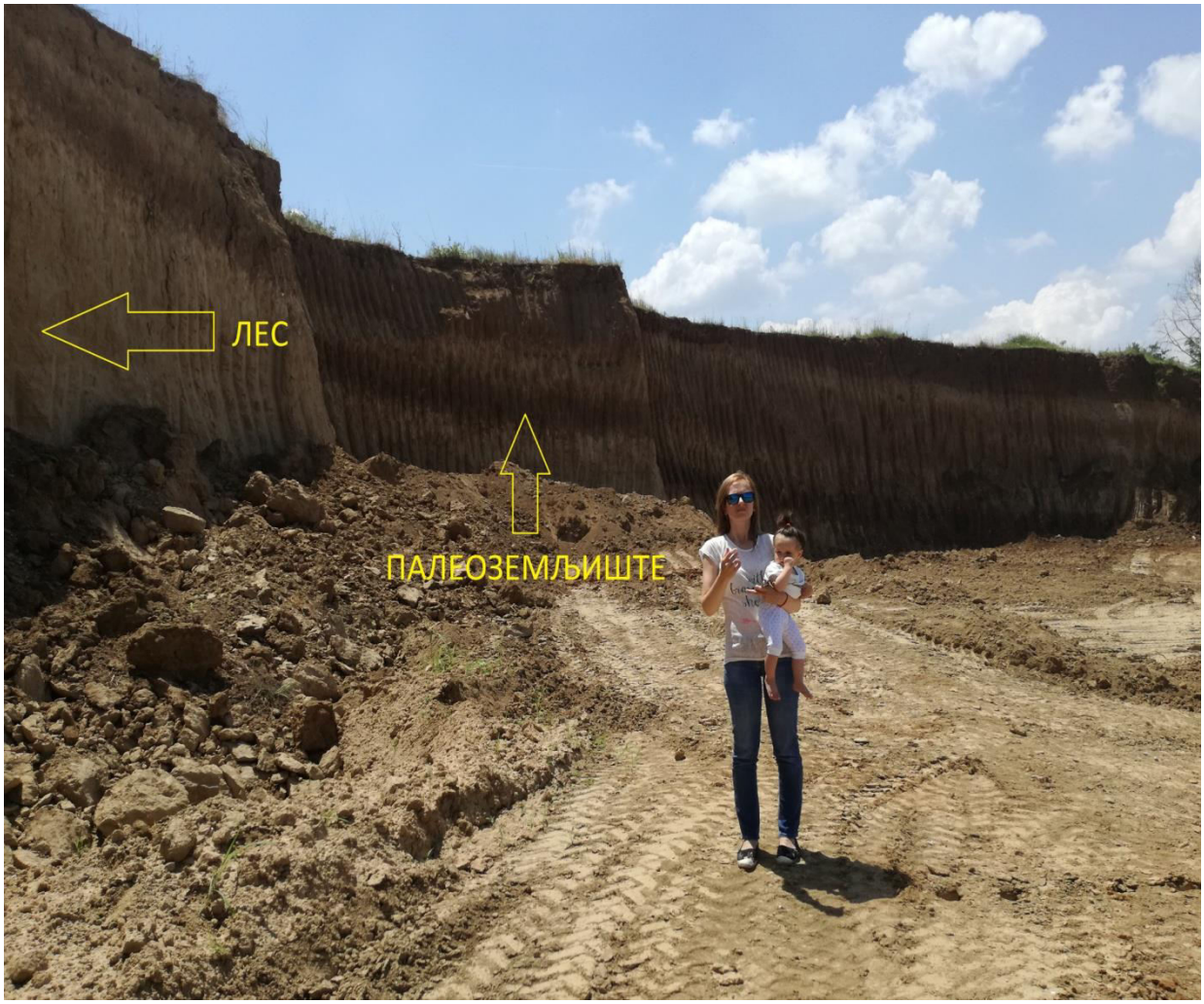

*Карта 2. Распрострањење леса у Европи (Haase et al., 2007).*

У Панонском и Дакијском басену, тј. у басенима југоисточне Европе, наслаге лесних седимената прекривају велико пространство и према досадашњим истраживањима имају највећу моћност у Европи (Haase et al., 2007) (Карта 2).

На основу наведеног прегледа распрострањења леса у свету може се закључити да су највеће концентрације ове врсте еолских седимената везане за умерени климатски појас северне хемисфере (Карата 1).

### *1.2.2. ЗЕМЉИШТЕ И ПАЛЕОЗЕМЉИШТЕ*

Формирање лесних седимената је уско повезано са глацијалним циклусима током плеистоцена. Ови седименти бивају, транспортованиеолсим радом, углавном за време глацијалних периода, током којих пролази кроз више ерозивних и депозиционих процеса, када полако добија своје изразите карактеристике. У време топлијих, интерглацијалних периода, лес се налази под утицајем другачијих климатских услова: више температуре, већа количина падавина, пораст хемијских и биолошких активности на површини, као и прогресивне педогенезе у дубини тла. Због ових фактора, лес може прогресивно бити трансформисан у земљиште (педогенеза) које у неком каснијем периоду поново може бити прекривено новом лесном наслагом. Циклично смењивање лесних наслага и слојева земљишта, (прилог 4), представља смену хладне и сувеса топлом и влажном климом. Овакве слојеве земљиштаназивамо палеоземљишта (Ruhe, 1956). Током дешавања процеса педогенезе, физички и хемијски процеси узрокују карактеристичне промене у дистрибуцији величине честица и минералном саставу. По дефиницији организације INQUA-е, земљиште представља „тродимензионално“ тело на површини Земље, састављено од минерала и/или органских материјала, ваздуха и воде, формирано под утицајем природних фактора, који делују на матични материјал током одређеног временског периода да би произвели редослед хоризоната (INQUA Commission 6, in Catt, 1995). Формирање земљишта у лесним седиментима настајепомоћу следећих процеса: хемијско деловање (формирање оксида или хидроксида услед ослобађања Fe и Al), излучивање растворљивих материјала, акумулација растворљивих соли у хоризонтима близу површине услед евапорације у аридиним срединама, разлагање органских материјала, поремећаји настали услед биолошке активности, елувијација глине и каснија илувијација подземних хоризоната као и претварање минерала гвожђа у једињења гвожђа, у влажним условима (Birkeland, 1984).




*Прилог 4. Лесни ПЦС (Фото: Никола Бачевић, 2017).*

Земљиште Чернозем има карактеристично дебљи (~ 1 m) А-хоризонт који лежи преко С-хоризонта. Овакав тип земљишта често налазимо у пределима са степском вегетацијом, са сувим, топлим летима и хладним зимама. Горњи хоризонт је обично поремећен и проширен јер се животиње, које обитавају у земљишту, крећу надоле да би избегле сушу током лета и хладноћу за време зиме. Због тога, органски материјал се транспортује надоле, док се кречни материјал из С-хоризонта транспортује нагоре (Sticher, 1997). Након краћег временског периода, приликом затрпавања, палеоземљишта постају скоро затворени хемијски системи (Driese et al., 2000). Само процесом дијагенезе могуће је изменити његове особине оксидацијом органског угљеника, илитизацијом смектита, дехидратацијом и рекристализацијом оксихидроксида гвожђа и мангана, као и доломитизацијом педогенетског, секундарног калцита (Catt, 1995).

Смена глацијалне депозиције леса и инерглацијалног формирања земљишта, успешно је корелисано са MIS (Marine Isotope Stage) глацијално-интерглацијалних циклуса. Овакав модел има своју оправданост, међутим, када се лесни записи детаљније анализирају, њихова стратиграфија је веома ретко тако једноставна. Можда би оправданије било овај систем сматрати као „такмичарским процесом“ између седиментације леса и формирања земљишта. Када су седиментационе стопе високе, педогенетски процеси не могу држати корак тако да је могућа акумулација релативно непромењеног седимента (Verosub et al., 1993; Muhs et al., 2004). Супротно томе, када су седиментационе стопе ниске, педогенетски процеси могу продрети дубље у претходно депоноване лесне наслаге. ЛПС представљају јако сложене системе и понекада је разлика између седимента и земљишта јако тешко уочљива.

## 1.3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

### *1.3.1. НАЈРАНИЈА ИСТРАЖИВАЊА*

Почеци истарживања леса у нашој земљи везани су за име др Јелене Марковић Марјановић (Прилог 5). Детаље њене биографије и библиографије наводи Антонијевић (1982). Јелена Марковић Марјановић потиче из чиновничке породице, од родитеља Цвете, учитељице, и Будимира Марјановића, саветника Министарства финасија. Ова наша најзначајнија научница у области квартаролошких истраживања рођена је у Николчеву код Зајечара, у првој деценији двадесетог века (1903, године). Основну и Нижу гимназију завршила је у Пожаревцу, а Вишу гимназију у Битољу, 1923. године. Дипломирала је на Филозофском факултету Универзитета у Београду природне науке (геологија, геоморфологија) 1927. године. Због честих промена места боравка, др Јелена Марковић Марјановић је врло рано упознала предеона својства већег дела југолсовенских земаља. Доктор наука је постала у Пољској, после другог светског рата, на Универзитету Марија Кири Складовска (Marija Kiri Sklodowska) у Лублину (Lublin), 1964. године код познатог прпфесора Адама Малицког (Adam Malicki). Иначе, група за истраживања леса Универзитета Марија Кири Складовска у Лублину веома је позната у свету и одликује се дугом традицијом.

*Прилог 5. Др Јелена Марковић Марјановић (www.google.com).*

Службеничку каријеру започела је као професор Реалне гимназије у Сенти (заједно са супругом др Драгољубом Марјановићем, касније професором Природно-математичког факултета у Београду), затим у Зрењанину, Смедереву и Београду, све до Другог светског рата, када јој је служба престала (1941).

После ослобођења Југославије, реактивирана је као геолог у Геолошком институту Српске академије наука као његов стални сарадник, стручни и научни, све до 1959. године. Као саветник Завода за геолошка и геофизичка истраживања СР Србије, радила је релативно кратко, где је пензионисана 1960. године. Њена активност и сарадња са Геозаводом наставља се и даље, веома интезивно, све до 1978. године.

Др Јелена Марковић Марјановић вршила је истраживања квартарних наслага у свим републикама Југославије, у дугом периоду од 1928. до 1978. године, изузев Словеније, обухватајући све врсте фација, сем глацијалних. Као изразити квартаролог и члан више Комисија и Субкомисија Међународне асоцијације INQUA, прочавањем квартара бавила се непрекидно пуних 55 година. Активно је учествовала на бројним домаћим и међународним научним скуповима. Године 1959. др Јелена Марковић

Марјановић одлази у западну Немачку где узима учешће у теренском истраживању палеолитских култура.

Објавила је 126 библиографских јединица, које по садржају и проблематици, научном приступу и постигнутим резултатима представљају основе квартарне геологије Југославије и односе се на неколико кључних научних проблема.

- На стратиграфију еолских седимената-леса и живог песка
- На проблеме постављања границе неоген-квартар, односно почетак леденог доба
- На терасну стратиграфију флувијалних седимената, затим на картирање тераса Западне Мораве и Белог Дрима (израда основне геолошке карте ОГК)
- На геологију и стратиграфију археолошких насеља, првенствено палеолита и мезолита
- На хроностратиграфију и фосилну флору Леденог доба-Плеистоцена
- На израду карте еолских седимената Југославије (на тражење Међународне Комисије INQUA).

Новим сазнањем о размештају еолских седимената у Југославији др Јелена Марковић Марјановић доприноси стварању комплетне слике о периглацијалној зони на домаку Медитерана. Осим тога, моћни акватични слатководни седименти, пре Минделских лесова и земљишта, указују на дуг период влажне климе пре почетка Леденог доба.

Резултати педесетпетогодишњих истраживања квартара Југославије, могу се по садржини класификовати у неколико категорија. Најпре долазе они у којима је реч о стратиграфији и хронологизацији еолских седимената: леса и живог песка. Пешчаре су рашчлањене и обрађене први пут 1950. године и то најпре Делиблатска/Банатска, затим Рамско-голубачка и најзад Суботичка (Марковић Марјановић, 1965).

Лесни седименти су сврстани у два типа распрострањења. У првом случају, као „Лесни платои“, који доминирају на територији Војводине, међу којима су први пут запажени и обрађени: Тамишки и Нештински лесни платои (Марковић Марјановић, 1965),

док је Бачки (између Дунава и Тисе) специјално проучен, а резултати објављени у посебној монографији на пољском језику (Марковић Марјановић, 1959).

Друга група лесних наслага је обухваћена називом „Лесне оазе“. Оне су сачуване, и у ствари су фрагменти некадашњег непрекидног лесног покривача у речним долинама Србије, Босне, Црне Горе, на Јадранској обали и острвима (Марковић Марјановић, 1965). Као документарни материјал за датовање лесова, поред фауне, коришћени су типови фосилних земљишта и том приликом је код нас издвојена шумска, медитеранска и саванска земљишта (Марковић Марјановић, 1959).

Другу категорију чине радови који се односе на постављање границе неоген/квартар. Обухватају територије: Метохије (Марковић Марјановић, 1965), Панонског басена (Марковић Марјановић, 1953) и његовог јужног обода у Војводини и Србији (Марковић Марјановић, 1952). Документарни материјал за ову категорију радова чине литолошки односи (гранулометрија) и мега фауна.

Трећу, посебну целину чине саопштења, која се односе на археолошка истраживања палеолита и мезолита. Њихов циљ је био допринос решавању проблема квартарне хронологије. Др Јелена Марковић Марјановић је открила и обрадила два нова налазишта: Стара Моравица у Бачкој (1957) и Влашац у Ђердапу (1976). Писала је уџбенике за потребе Југословенске армије, а по завршетку Другог светског рата (1946) одржавала је посебне курсеве на Дедињу.

Разноврсна и плодна активност обухватала је њено интересовање и бављење проблемом топонома слике са циљем обавештавања наше средине о збивањима у српској историји (Марковић Марјановић, 1959). Сарадња са Геозаводом од 1960-1978. године, носи посебна обележја непосредног учешћа на изради Основне геолошке карте Југославије, нарочито на картирању и терасној стратиграфији квартарних наслага на листовима „Смедерево“, „Краљево“, „Лапово“, „Метохија“ и др.

Несебично се залаже и преноси своје знање на млађе сараднике и са њима заједнички решава најфиније хроностратиграфске проблеме квартарне геологије смедеревског Поморавља и Подунавља, Азањске потолине, долине Западне Мораве, Груже, доњег тока Ресаве, дислоциране терасе Велике Мораве, на релацији Ресава-Багрданска клисура, Метохије (Ереник, Бели Дрим) и др.

По одлуци Републичке заједнице науке Србије, у домену научне размене Југославија-Пољска 1961. године, бива одређена за научног водича на терену др А. Малицком, редовном професору Лублиског Универзитета у Пољској. Професору Малицком је приказан квартар Моравско-вардарске удолине са Дојранским језером, затим део Потисја (Тителски брег) и Подунавља Србије и Војводине (Марковић Марјановић, 1979).

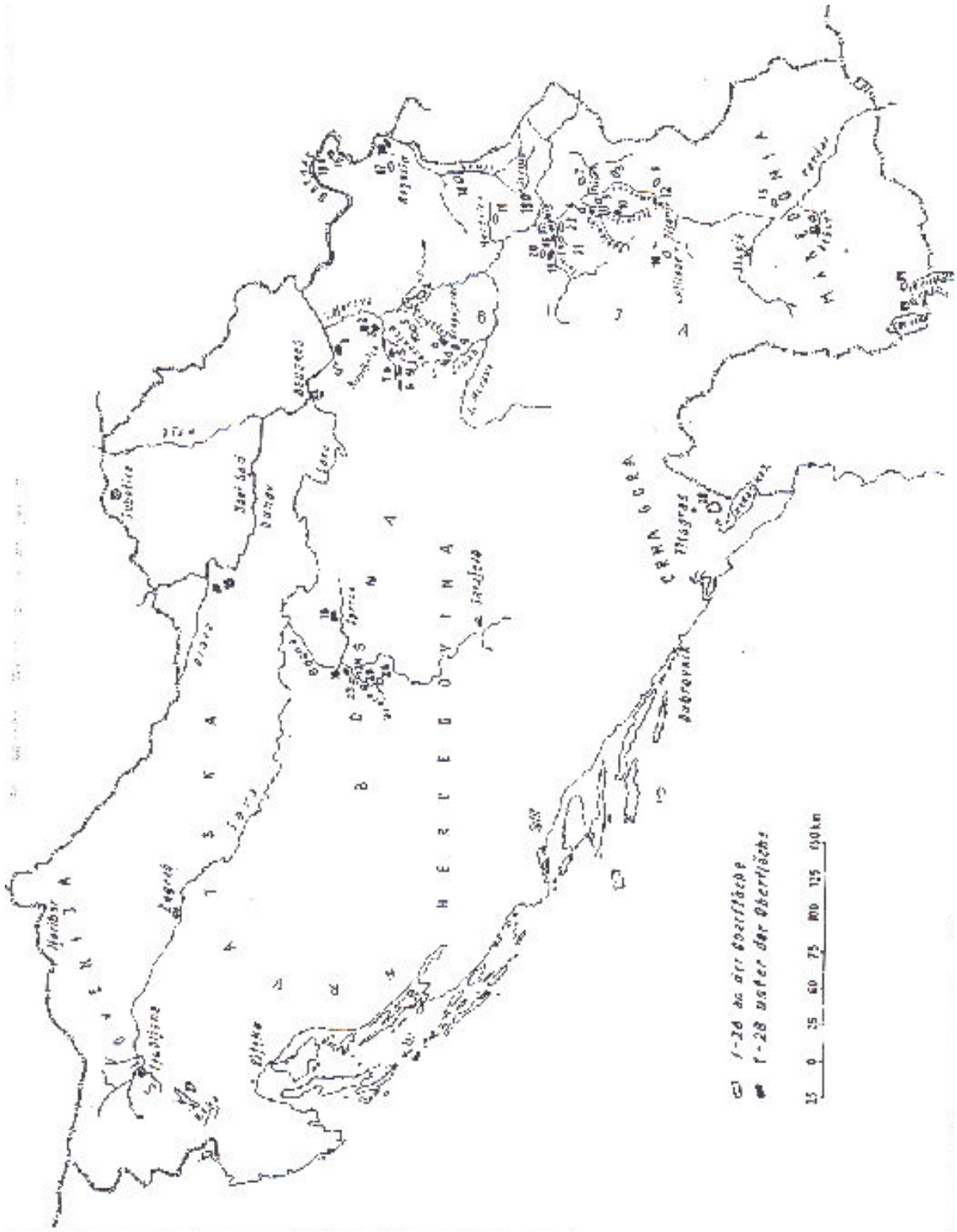
Целокупна активност др Јелене Марковић Марјановић на истраживању квартара Југославије, обележава значајно поглавље и даје печат квартарној геологији Југославије, нарочито због тога што је Јелена била и остала један од водећих квартаролога српске и југословенске геологије више од пола века. Научни допринос на проучавању квартара Југославије има и велики практичан значај у педологији и пољопривреди Србије, шумарству, категоризацији земљишта, инжењерској геологији, хидрогеологији, геоморфологији, неотектоници и др.

Најранији рад посвећен истраживању лесно-палеоземљишних секвенци у долини Јужне Мораве датира из 1952. године када је др Јелена Марковић Марјановић описала профиле у околини Сталаћа. У њеним осталим публикацијама набројени су најзначајнији профили истраживаног подручја (Марковић Марјановић, 1952).

На (Карти 3) приказана је географска распрострањеност лесних оаза у бившој Југославији.

Истраживања уз долину Јужне Мораве у правцу југа, настављена су након проналажења еолских седимената у Поморављу, у виду лесних оаза код села Сталаћа и Јовца. Том приликом је установљено да се лесне оазе пружају много даље према југу и да допиру уз Јужну Мораву готово до Лесковца. Такође је утврђено да је лес распрострањен и у долини Нишаве, у облику лесних оаза и то у Нишкој котлини.

У Сталаћкој клисури распрострањен је квартар у виду лесних наслага. Лес се појављује у клисури на четири места у незнатним количинама, а недалеко од улаза у Сталаћку клисуру, код Витковаца, јавља се и пета лсна оаза, која показује комплетан лесни профил. Тих пет лесних оаза налазе се на релативној краткој дужини од 29 km, тако да је просечна удаљенос оазе од друге 5,8 km.



*Карта 3. Географска распрострањеност леса у Југославији (Марковић Марјановић, 1959).*

Прва лесна оаза јавља се на самом излазу Јужне Мораве из Сталаћке клисуре, на левој обали. Лес покрива гнајсолико биотит-гранитске стене основе, које чине истакнут

стеновит рт између Западне и Јужне Мораве. Лесни отсеци се потом пружају уз Мораву на дужини од 0,5 km; док се вертикално пењу до Тодорове куле, преко 200 m апсолутне висине. На овом одстојању јављају се различити лесни профили, који се сатоје из више хоризоната. Тако је ова највиша плеистоцена тераса од 68 m висине местимично од повлате до основе састављена од чистог копненог леса са спорадичним интеркалацијама груса и речног шљунка.

Друга лесна оаза по пространству и по дебљини знатно заостаје иза прве. Јавља се код засеока Стеванца на ушћу истоименог потока. Лесни отсек 4-5 m висине, има апсолутну висину 140-145 m и види се код сеоских кућа на левој обали Јужне Мораве.

Трећа лесна наслага је по пространству и по дебљини значајнија од претходне. Она се јавља код Мојсинског железничког моста, јужно од села Церова. Може се посматрати и на левој обали Јужне Мораве, узводно и низводно од моста, чији је јужни носач и усађен у лесу, затим на усеку пута где је чело меандра створило вертикални одсек око 17 m висине. Овде се лес јавља на аполутној висини 140-160 m.

Четврта лесна оаза јесте село Трубарево, које такође лежи на левој обали. Лесни одсек је овде на апсолутној висини око 170 m и то код групе сеоских кућа и гробља, на 40 m релативне висине. У истом селу лес се јавља још и поред пута код основне школе, где је чист.

Пета лесна оаза налази се код села Витковца. Лесне наслаге на овом месту прекривају терасу 170-240 m апсолутне висине.

Лесне наслаге Сталаћке клисуре имају 3 до 4 слоја леса и одговарајући број фосилних земљишта, што указују да се степа данашње централне Азије спуштала из средње Европе дубље на југ средином Балканског полуострва. Вишефазност леса указује да се она врло дуго кроз плеистоцен одражавала у доњем току Јужне Мораве, да је ишчезавала само са навратима влажне климе, када су стварана фосилна тла, али да се 3 до 4 пута поново устаљавала.

Недовољно типски изражена лесна структура у доњим лесним хоризонтима, код леса у основи, и дробина указују да је у почетку клима била сува и неповољна за развитак вегетације (Марковић Марјановић, 1952).

Осврт на епоху научног рада Јована Цвијића у свом раду др Јелена Марковић Марјановић упоређује са данашњим истриживања и доводи до следећих сазнања:

- Да су резултати „О еолској ерозији и акумулацији“ драгоцена основа за наша садашња научна истраживања
- Да је критеријум о географском распрострањењу леса у Панонском басену остао непромењен, изузев малих корекција за Телечку, која је продужена до Потисја и за Тамишки лесни плато, који је издвојен као самосталан
- Да је питање генезе леса све до данас остало непромењено, али да је, због напредовања науке и због детаљнијих истраживања, измењено становиште о времену постанка леса, коме се данас преписује глацијално порекло, насупрот Цвијићевој епоси када је сматран за интерглацијалан и постглацијалан
- Да су накнадна научна истраживања унела корекцију о географској распрострањењу нашег леса, ограниченог на Панонски басен у Цвијићево доба, померивши његову јужну границуна југ за 457 km дуж Моравско-вардарске удолине до Скопске котлине, утврдивши исто тако да леса има и око Скадарског језера
- Да распрострањење леса јужно од Панонског басена представља важан допринос науци, јер до данас није прецизирана јужна граница леса у Европи.
- Да су наше лесне заравни полифазне у генетском смислу, за разлику од Цвијићевог доба, када су сматрани за монофазне, двофазне и трофазне
- Да терасни лес са фосилним земљиштима у долинама: Јужне и Велике Мораве, представља драгоцени материјал за терасну хронологизацију

Када се пореде научна истраживања у Цвијићевом добу и данашња научна истраживања, можемо констатовати да су данашња истраживања захваљујући новим научним методама и детаљним истраживањима леса кренула савременим путем, али да је потребно још доста времена и напорног рада да питања хронологизације и корекције са осталим земљама буду достигнута (Марковић Марјановић, 1965).

### *1.3.2. НЕДАВНА ИСТРАЖИВАЊА*

Еолски седименти у Србији су углавном сконцентрисани у северном делу наше земље, у међуречју великих река Дунава, Тисе, Саве, Мораве, Тамиша и Млаве. Интензивна истраживања спроведена на лесним седиментима у овој области пружиле су значајан допринос разумевању, не само регионалних природних процеса, већ нам помажу да боље разумемо плеистоцену палеоклиматску еволуцију на европском континенту (Marković et al., 2005, 2006, 2007, 2009, 2011.; Buggle et al., 2009, 2011; Újvári et al., 2010; Stevens et al., 2011; Liu et al., 2013). За разлику од добро проучених лесних седимената у Војводини, неколико мањих преосталих лесних зона који се налазе у осталим деловима Србије тек су делимично истражене (Kostić and Protić, 2000; Mitrović and Jovanović, 2000; Mitrović, 2004). Иницијална истраживања леса у околини Сталаћа, током својих студентских истраживања презентовао је академик Никола Пантић. Значајан допринос бољем истраживању ЛПС дали су Никола Костић и Небојша Протић. Лесни ПЦС садржи више развијених ЛПС које су проучаване хемијским, физичким и минеролошким методама у сврху одређивања палеоклиматских променама током плеистоцена. Циклична промена седиментних и педогенетских процеса објашњена је присуством калцијум-карбоната и минерологијом муља и глине. Лесни ПЦС нам обезбеђује важну везу између типичних ЛПС Средње Европе и југоисточне Европе, и указује на релативан утицај медитеранске и континенталне климе. Статистичка анализа криве вишег дела секвенце Сталаћа указује на мали пораст атмосферског утицаја интерглацијала и постепену промену топлије и влазне климе, па све до умерено сувих услова, што показује већи утицај континенталне климе. Крива нижег дела секвенце Сталаћа указује на јачи медитерански утицај који добро корелише са постојећим палеоклиматским записима у Грчкој (Kostić and Protić, 2000).

Како би превазишли овај јаз, започета су обимна мултидисциплинарна истраживања лесног ПЦБ, који се налази у долини Јужне Мораве, у близини Ниша. Лес у околини Ниша представља не само најјужнију зону простирања еолских седимената у Србији, већ и у Европи (Basarin et al., 2011; Обрехт, 2013; Obreht et al., 2014). Палеоклиматски докази који су сачувани у ЛПС, који се налазе у јужној Србији, веома су слабо истражени. Насупрот њима, истраживања која су вршена на северу земље (Војводина), извршена су детаљно у протеклих неколико година. Ова студија представља први детаљан опис, где су рађене следеће анализе: МС, боја, луминисцентно датирање и присутност угљеника. Узорци су узимани са напуштеног каменолома у селу Белотинац, у

близини града Ниша. Дебљина ЛПС износи 10 m и садржи три слоја леса и три слоја слабо развијеног палеоземљишта. Прелиминарни резултати показују да ЛПС у Белотинцу приказује јединствену климу, да је клима у току горњег плеистоцена била између медитеранске и континеталне, и да је било доста промена у животној средини (Basarin et al., 2011). Након вишегодишњих истраживања започетих 2009. године, лесни ПЦБ се може окарактерисати као најпроученији лесни профил у јужном делу наше земље. Резултати приказани у овом раду потврђују и у многоме употпуњавају закључке публиковане у претходним студијама о литостратиграфији, магнетним својствима (Basarin at al., 2011) и гранулометријском саставу (Обрехт, 2012) седимената ПЦБ.

Генерално посматрано, дуж целог ПЦБ присутно је значајно учешће грубљих фракција. То указује на близину материјала за формирање лесних наслага, који, највероватније, потиче из алувијалне равни Јужна Морава. Овој констатацији иду у прилог и претходно публиковани резултати магнетних својстава седимената профила ПЦБ. Поред овог извора, приметан је и други извор честица непознатог порекла. Поменути резултати показују да су вредности МС измерени у наносима у околини Ниша вишеструко већи од одговарајућих вредности измерених у лесним седиментима у северном делу наше земље. Појачани магнетни сигнал сачуван у ЛПС последица је значајног присуства метаморфних и вулканских стена у сливу Јужне Мораве (Обрехт, 2013).

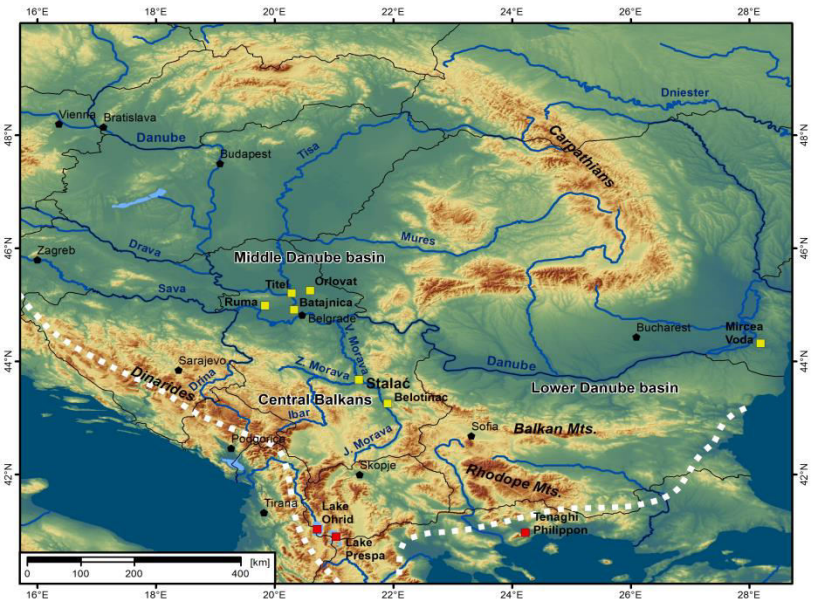
ПЦБ репрезентује четири главне палеоклиматске фазе. Прва фаза се односи на депозицију базалног пешчаног слоја коју карактерише велика динамика еолских облика, што се закључује на основу велике заступљености грубих честица. Следећа фаза се односи на остатке записа MIS 3 и представљена је палеоземљиштем одвојеним од пешчаног слоја танким лесним слојем. Тадашњи палеоклиматски услови су били хладнији него данашњи. Летње температуре су биле ниже, него данас, али не и екстремне (увек > 12 °C) (Sümegi and Krolopp, 2002). Због ниже температуре и у вези са тим смањене евапорације, дефицит влажности земљишта био је мање интензиван, него током интерглацијалног периода и екосистем је био релативно продуктиван. Иако су услови за време MIS 3 били погодни за развој палеоземљишта, оно се не може третирати као јасан показатељ побољшања климатских услова, како би се испрва очекивало. Литографске промене између интерстадијалног палеоземљишта и околних лесних слојева током MIS 3 односе и на промене у седиментационом систему, односно јачини акомулације, а мање је вероватно да су показатељ промена у температури или падавинама (Обрехт, 2013).Током

последњег глацијалног максимума је формиран лесни слој L1L1. Захлађење које је тада завладало умањило је евапорацију, повећало влажност земљишта и умањило водени стрес биљака. Тадашње летње средње температуре биле су приближно веће од 10 °C (већином изнад прелазне зоне из C3 у C4 вегетацију за ниво $CO_2$ током последњег глацијалног максимума). То је вероватно омогућило умерену експанзију дрвећа и трава C4 вегетације на локалитету Белотинац. Због нижих температура (али и даље летњих температура углавном већих од 12 °C) и краћег вегетационог периода, укупна биомаса продуктивности екосистема је била мања него у осталим фазама заступљеним на овом профилу (Обрехт, 2013).

Имајући у виду географски положај лесног ПЦБ, који је лоциран у најјужнијем делу очуваних еолских седимената у нашој земљи, обухватајући јужну границу распрострањања европског лесног појаса, презентовани резултати имају велики значај. Последњих година пажња светске палеоклиматске истраживачке заједнице све више је усмерена ка истраживању палеоклиматских архива који се налазе на Балканском полуострву и југоистоку Карпатског басена. Из тог разлога, локалитет Белотинац има велики потенцијал да пружи нови увид у палеоклиматску и палеоеколошку еволуцију из перспективе јужнијег локалитета од класичних лесних локалитета у Панонском басену. Ова студија такође представља пример потенцијалних паралелних студија изотопа угљеника и азота, комбинованих са стратиграфским, магнетним и гранулометријским резултатима, све зарад добијања што адекватније палеклиматске и палеоеколошке реконструкције. До данас је направљен мали број сличних студија на европским локалитетима. Оваква истраживања у будућности су неопходна како бисмо боље разумели промене животне средине у прошлости на европском континенту. Такође, оваква истраживања су неопхода како би се допунила и потврдила претпоставка о подељености Европе на зоне са хумидним интерглацијалима/интерстадијалима и сувљим глацијалним условима. У лесним пределима Европе под јачим утицајем океанских ваздушних маса попут источних делова Француске и западне деловима Немачке, чији су резултати приказани у овом раду, интерглацијални и интерстадијални периоди су влажнији, а стадијали су хладни и суви. Другу лесну зону која се простире у југоисточној Европикарактеришу суви интергацијали и интерстадијали смањене хумидности, а глацијали и стадијали повећане влажности. Такође је неопходно утврдити прелазну зону, која се претпоставља на основу доступних резултата да се налази на северном делу Карпатског басена. Правилно тумачене лекције из палеоеколошке и палеоклиматске

прошлости, како овог профила, тако и будућих истраживања нових локалитета на југу распростирања лесног појаса, имају круцијални значај за дефинисање адекватних активности везаних за будућу конзервацију биодиврзитета на Балканском полуострву и југоистоку Карпатског басена. Такође, све наведено ће дати и одређен допринос разумевању глобалних климатских и еколошких промена (Обрехт, 2013).

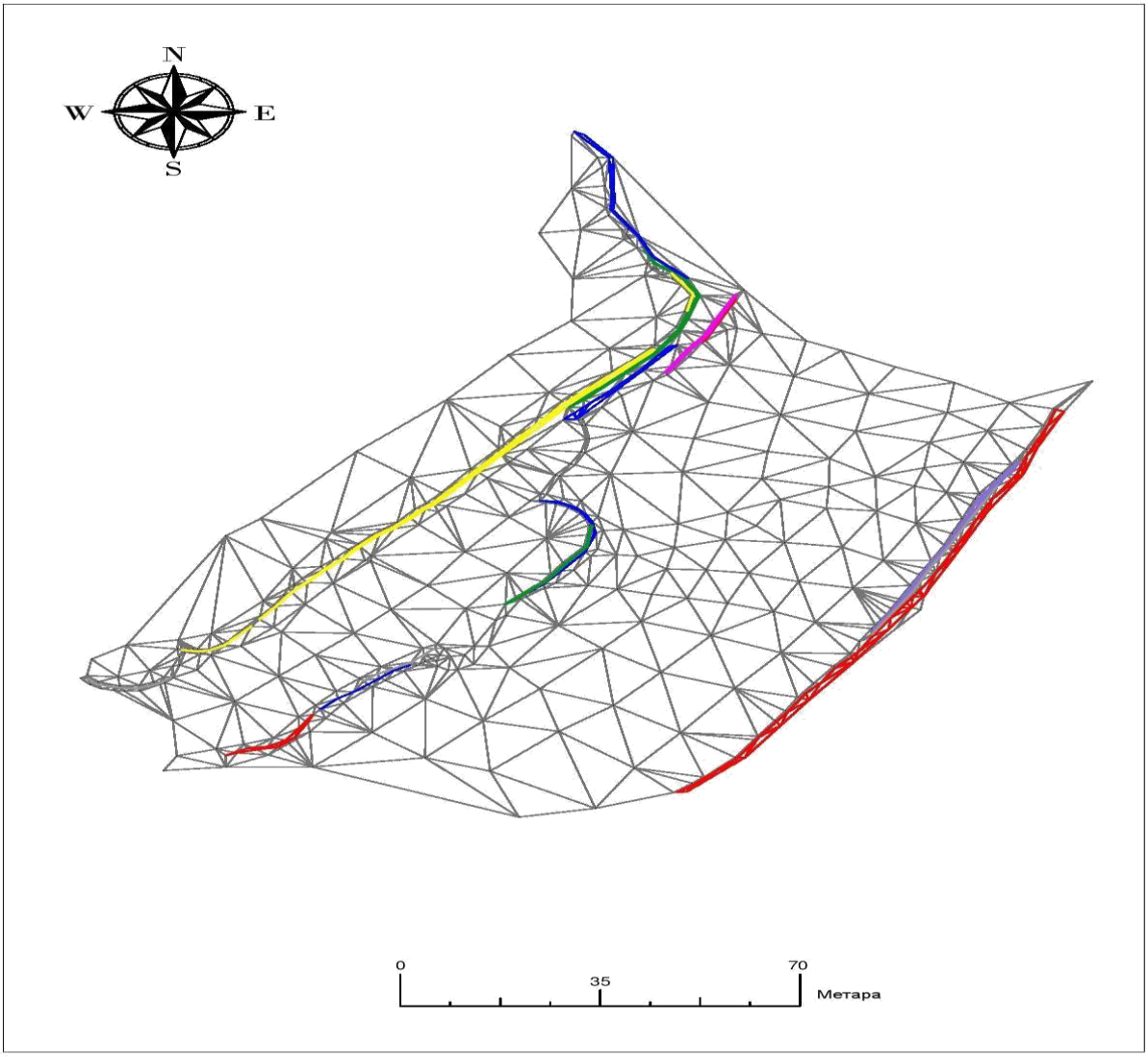
Мултидисциплинарним анализама је установљено да се на овом профилу наизменично смењују фазе развоја слабог интерстадијалног земљишта са фазама повећане депозиције лесних седимената. Садашњи резултати и открића истичу потенцијал ПЦБ као прелазног локалитета између утицаја континеталних и медитеранских ваздушних маса, што пружа нови увид у регионалну палеоклиматску еволуцију Југоисточне Европе током последњих 35.000 година (Обрехт, 2013; Obreht et al., 2014).



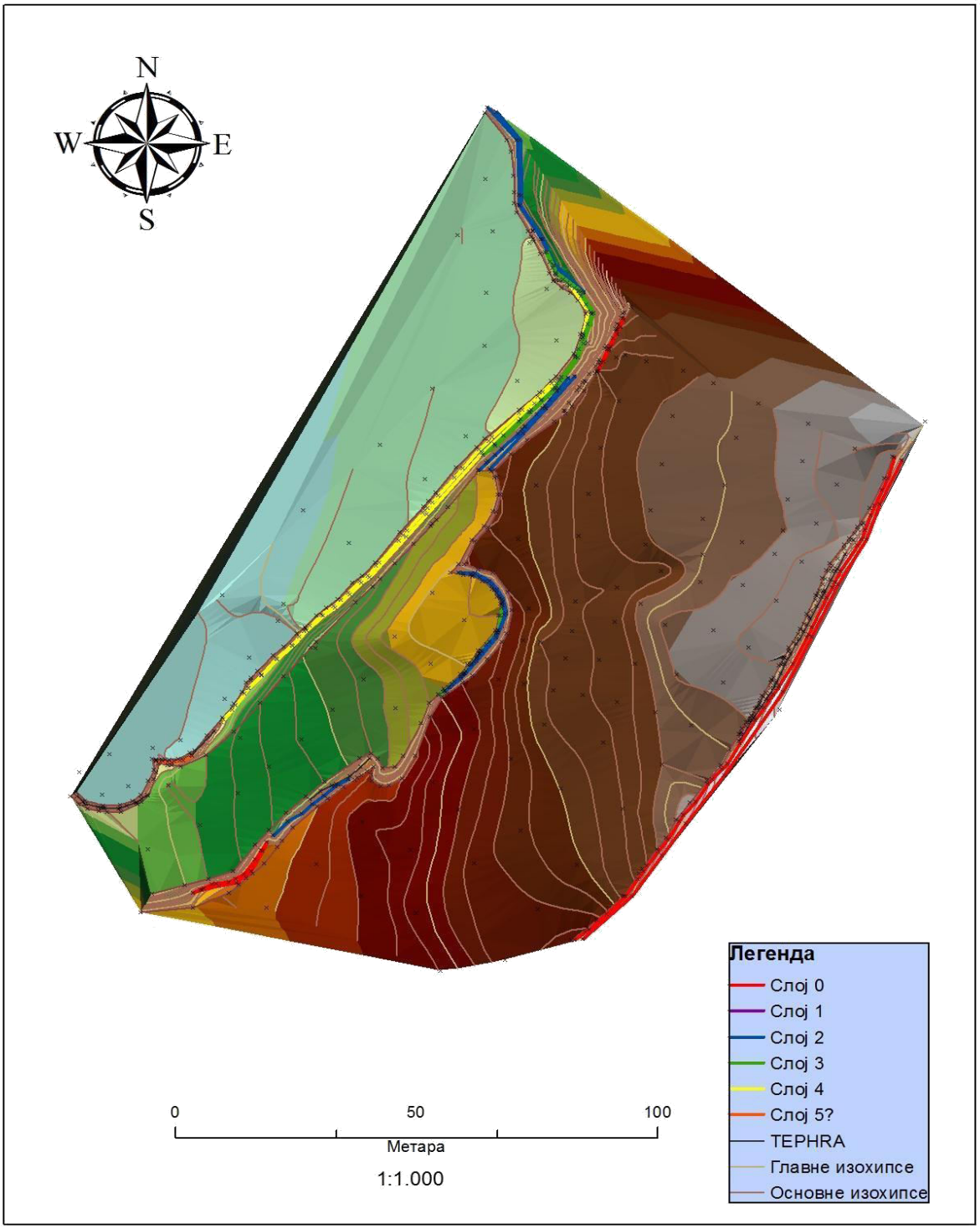

*Карта 4. Карта Балканског полуострва са географским положајем најзначајнијих лесних профила и језерских палеоклиматаских архива. Беле тачкице показују границе савременог утицаја медитеранске климе (Obreht et al., 2016).*

Коцо (2015) је направио нумеричко-геометријски модел ЛПС ПЦС на основу геодетског мерења. Овај модел омогућава израду различитих физичко-географских карата лесног ПЦС, као што је приказано на картама 5-12. Лесни профили, који су откривени, представљају специфичан и аутентичан архив палеоклиматских и палеоеколошких промена на простору централне Србије. Због специфичности положаја Сталаћа, постоји

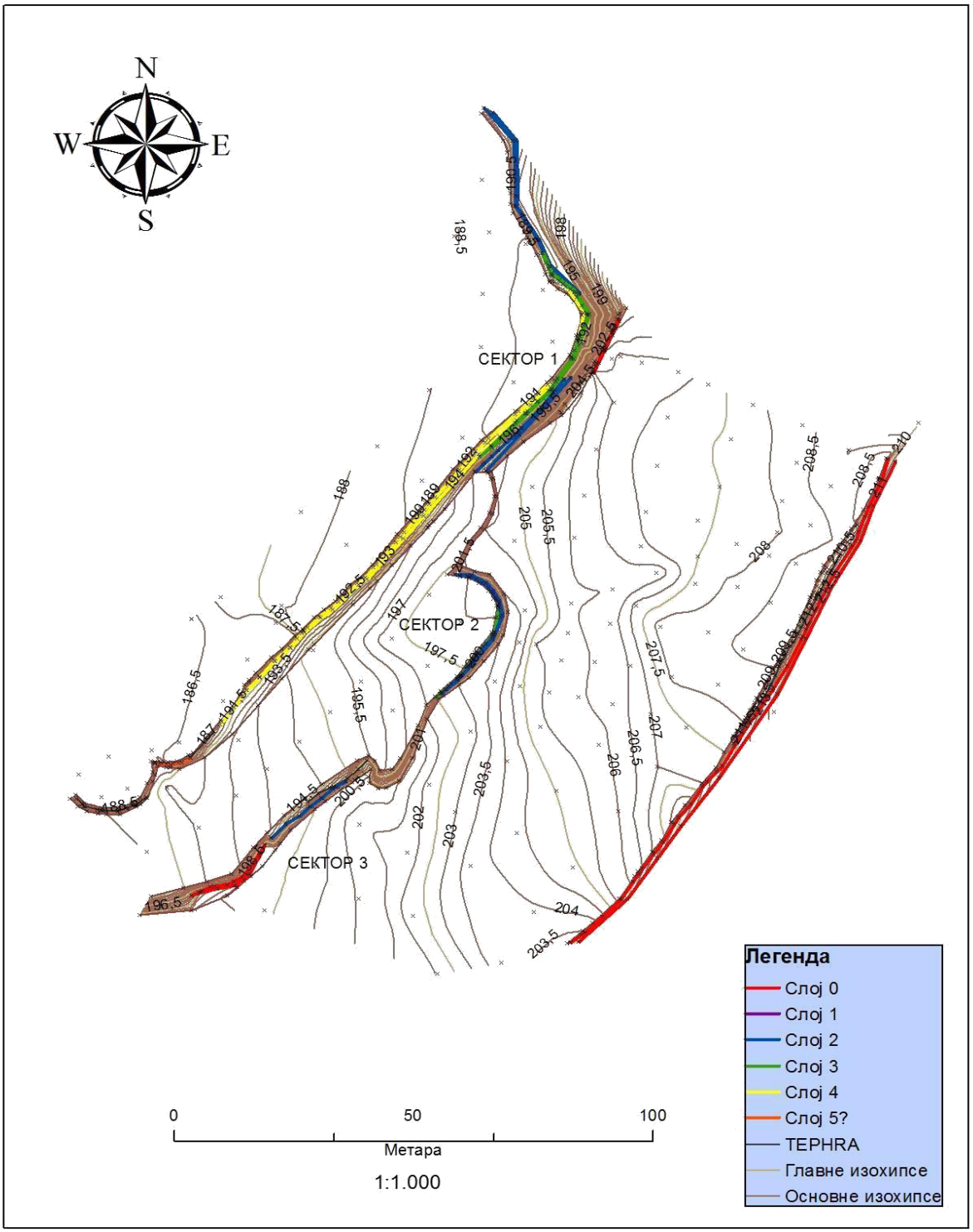
могућност да је лесна прашина у једном периоду потицала из слива Јужне Мораве, док са друге стране, извор лесне прашине могу бити слив Западне Мораве.



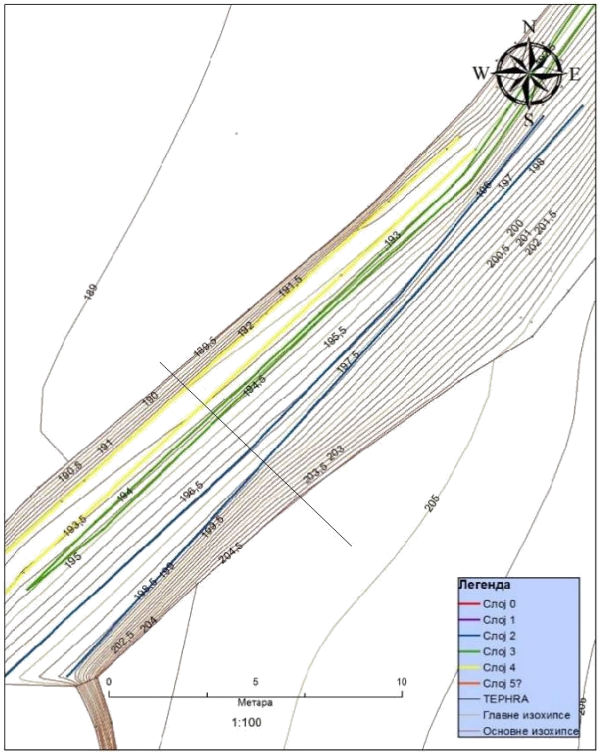

*Карта 5. TIN структура лесног ПЦС (Коџо, 2015).*



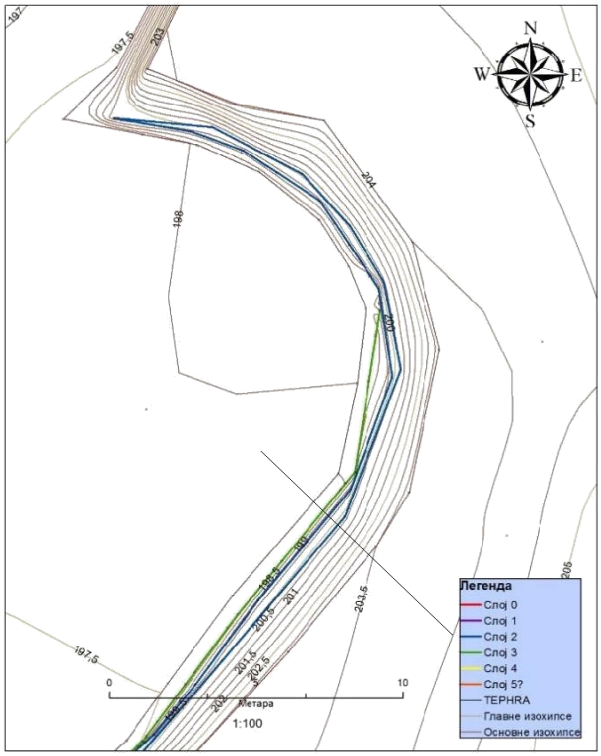

*Карта 6. Физичко-географска карта лесног ПЦС (Коцо, 2015).*



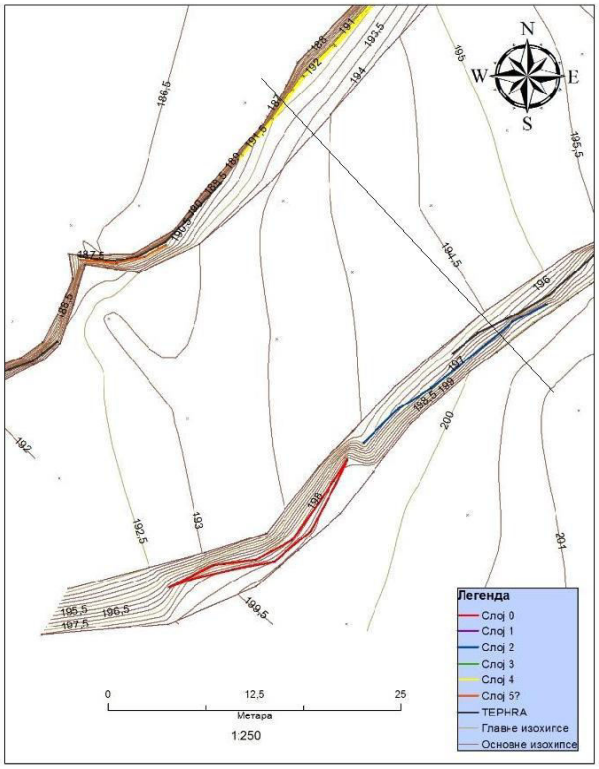

*Карта 7. Висинска представа лесног ПЦС (Коцо, 2015).*



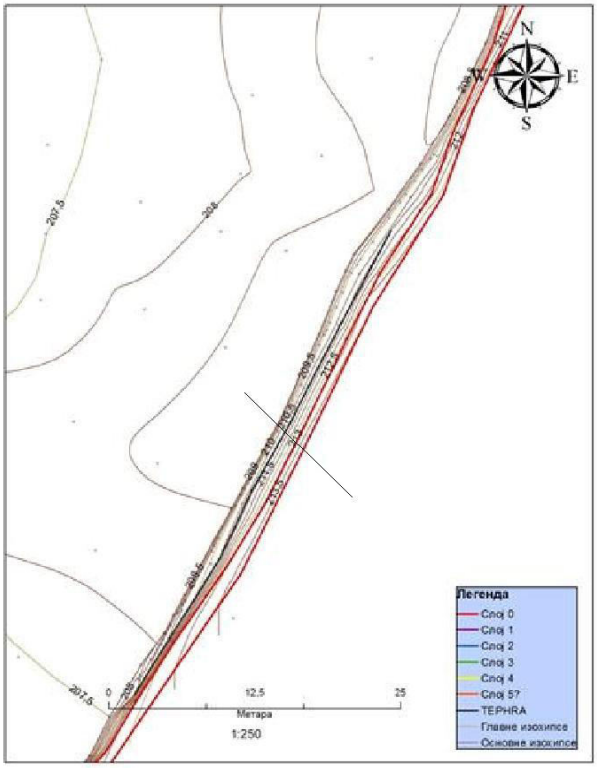

*Карта 8. Сектор 1 (Коџо, 2015).*




*Карта 9. Сектор 2 (Коџо, 2015).*

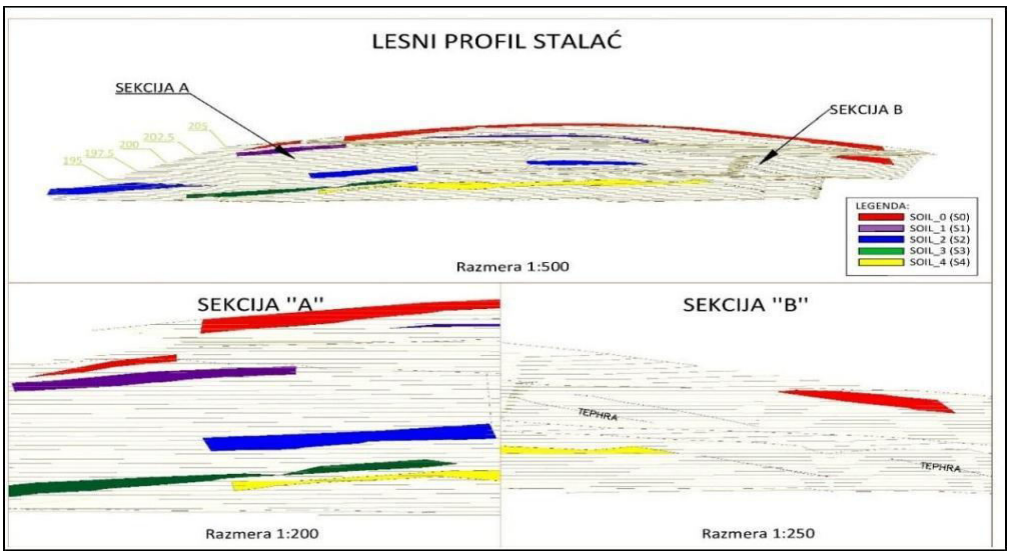



*Карта 10. Сектор 3.*

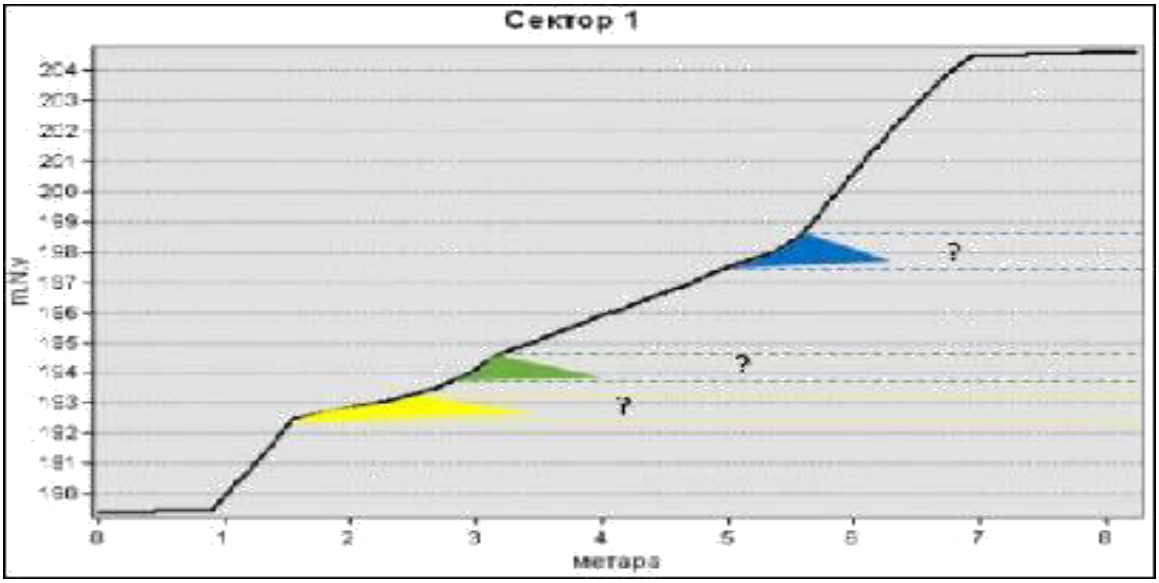



*Карта 11. Сектор 4.*

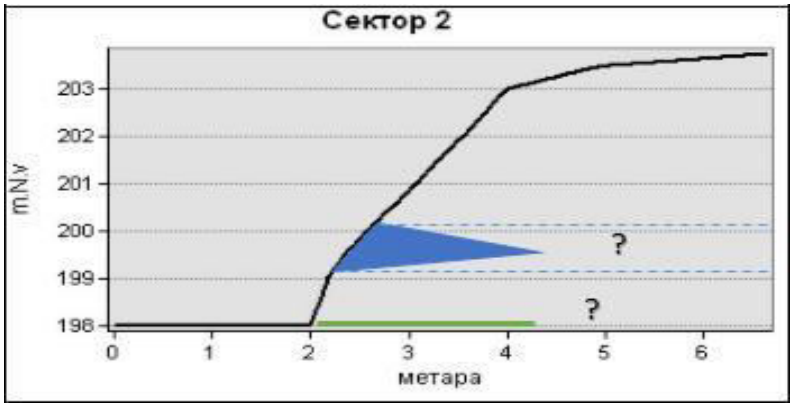
Карта 6 представља део терена отвореног копа ПЦС са наглашеном висинском представом и подељена је у четири сектора. Посебну пажњу треба обратити на висинске разлике између слојева лесних наслага и слојева палеоземљишта. Управо ових неколико карата које су подељене на секторе има велики значај приликом утврђивања висинских разлика између слојева палеоземљишта и посебног слоја вулканског пепела-тефре. Просечна висина слојева палеоземљишта је променљива и креће се 1-2 m, док је много израженија висина слојева лесних наслага и она се креће 3-4 m.



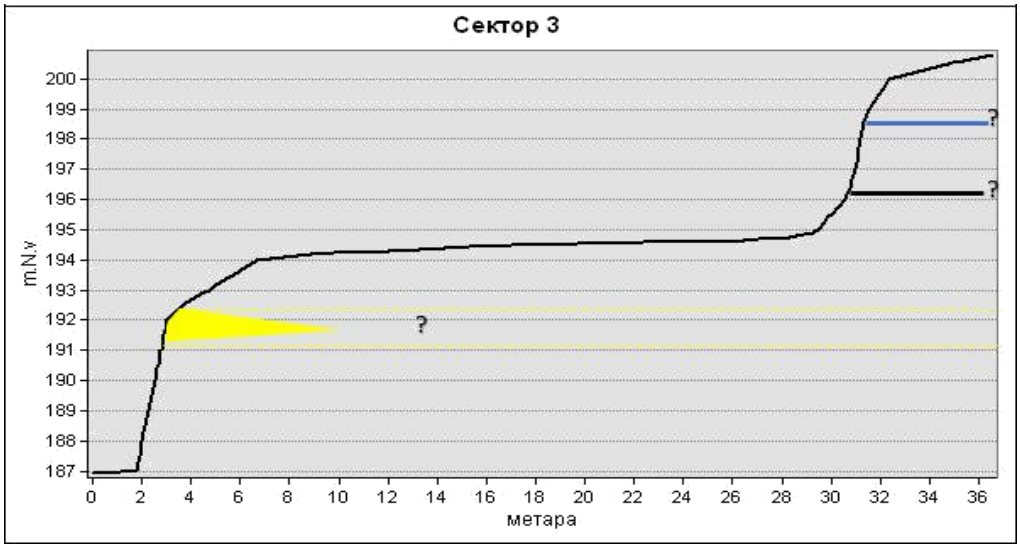

*Карта 12. Модел терена ПЦС (Коџо, 2015).*



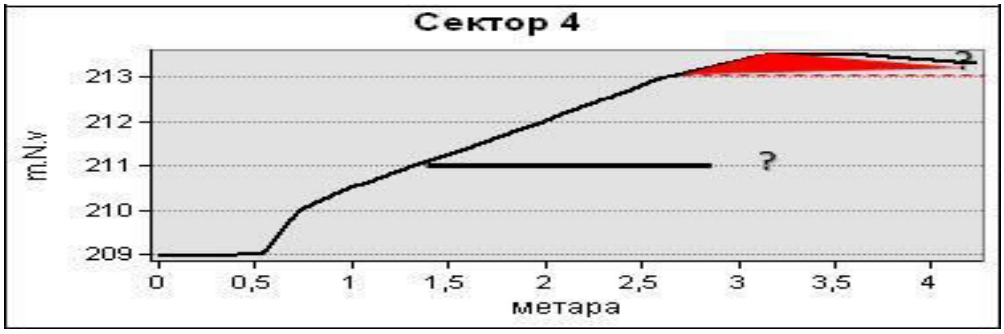

*Прилог 6. Попречни пресек на сектору 1 са наглашеним положајем слојева палеоземљишта (Коџо, 2015).*



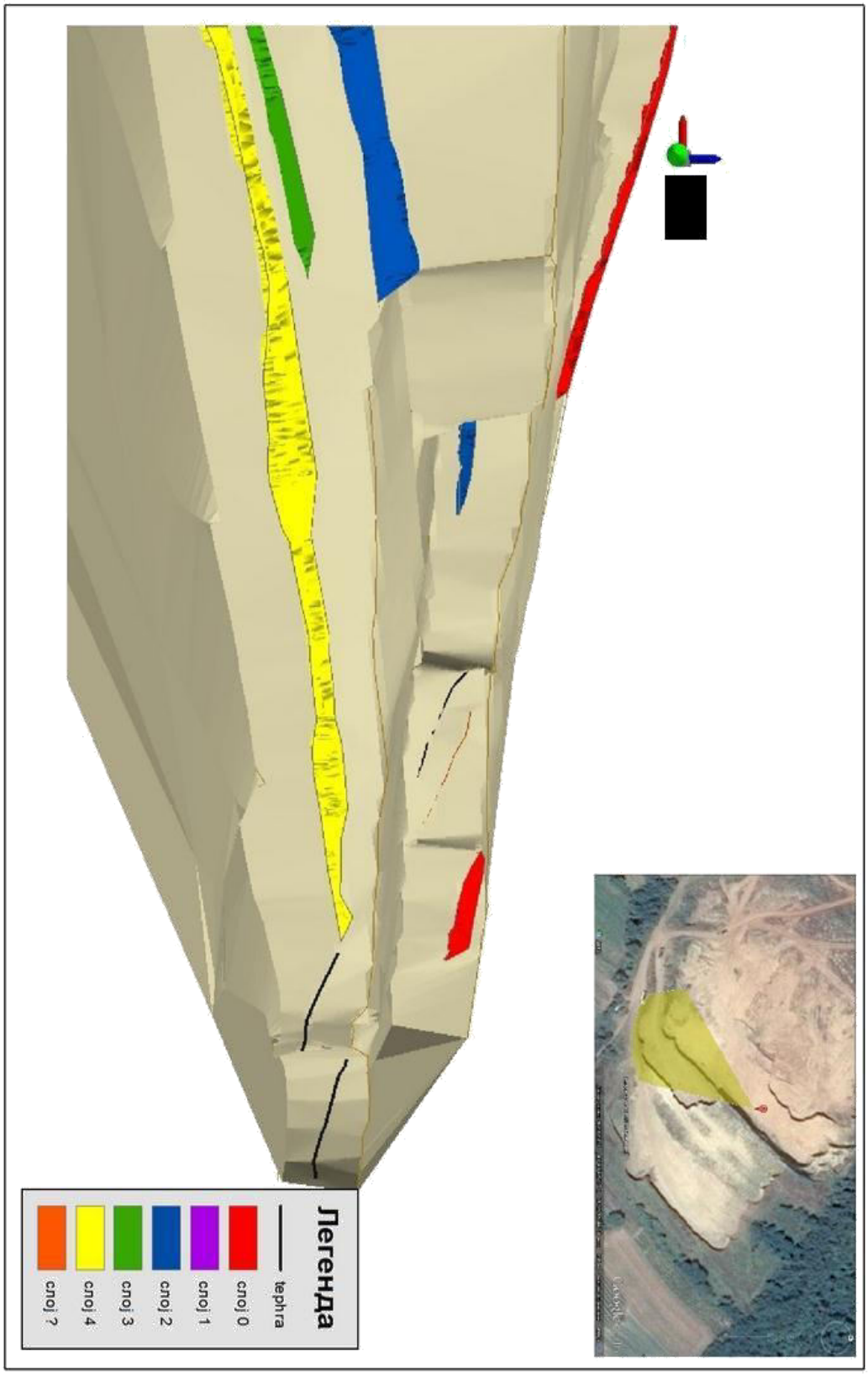

*Прилог 7. Попречни пресек на сектору 2 са наглашеним положајем слојева палеоземљишта (Коџо, 2015).*




*Прилог 8. Попречни пресек на сектору 3 са наглашеним положајем слојева палеоземљишта (Коџо, 2015).*



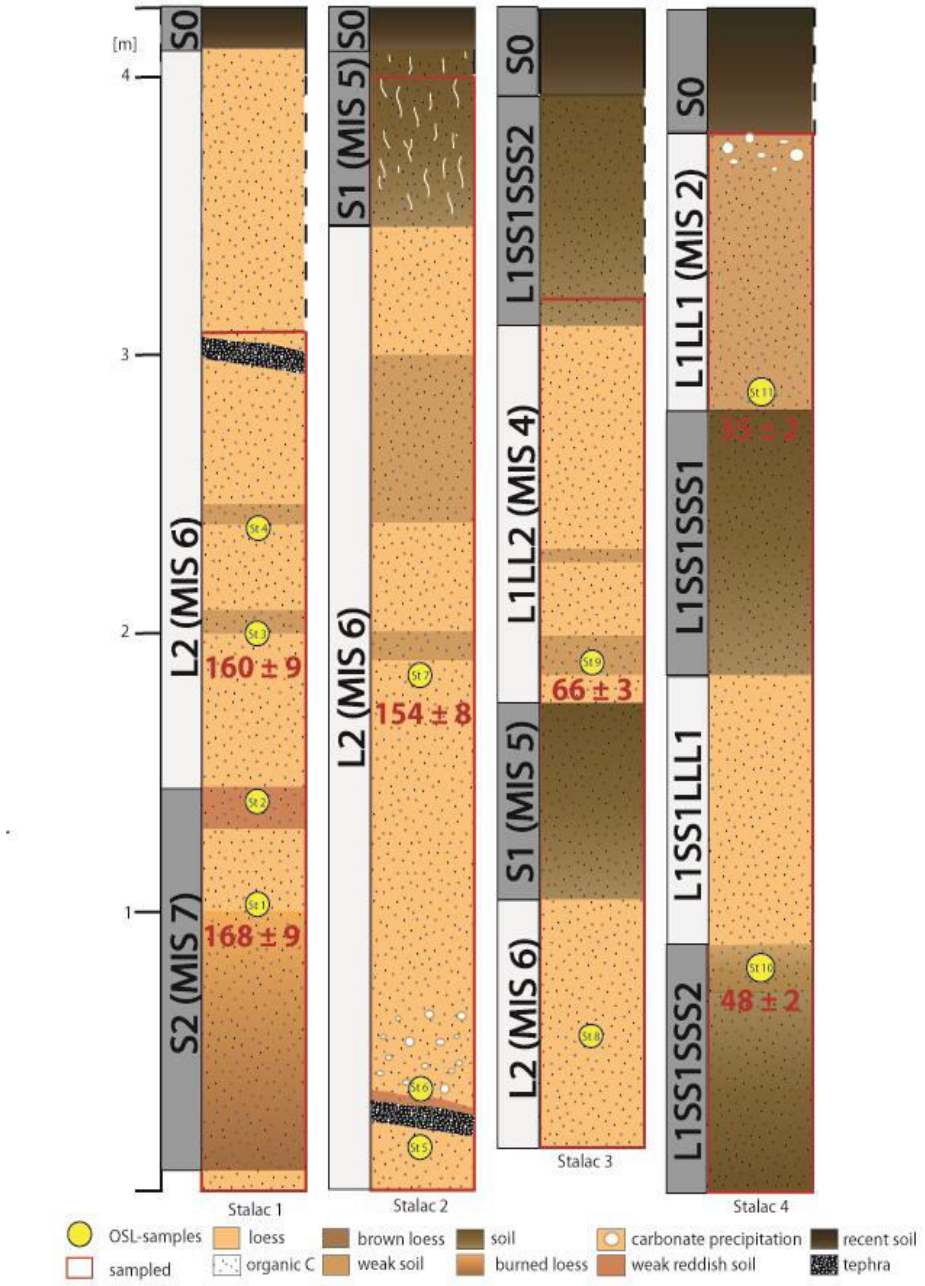

*Прилог 9. Попречни пресек на сектору 3 са наглашеним положајем слојева палеоземљишта (Коџо, 2015).*




*Карта 13. Лесни ПЦС (Коџо, 2015).*

На картама и графиконима уочава се висинска разлика и однос између слојева палеоземљишта и лесних наслага. Поменути слојеви су истакнути каратеристичним бојама ради боље уочљивости. Лесне наслаге откривене у Сталаћу нису јединствене, већ састављене од више хоризоната жућкастог леса одвојеног већим бројем слојева палеоземљишт. Те зоне показују да је навејавање леса вршено у више наврата. Лесни хоризонти су стварани за време глацијала, а смеђи хоризонти тј. палеоземљишта за време интерглацијалних периода. У летњем периоду за време глацијалних периода, ледници су се отапали и од те воде правили су се водотоци, који су, плавећи алувијалне равни, таложили велику масу муља и другог материјала. Тај муљ, који се наталожио у алувијалним равнима, сушио се и као таквог ветрови су га разносили на одређене удаљености и сада поново таложили, као еолски материјал. Тако су формиране наслаге тј. хоризонти типичног леса. За време интерглацијалних периода протицај воде је био мањи, а њена потрошња већа, па се на површини претходно створеног лесног хоризонта постепено формирало фосилно земљиште, које је временом расло и постајало све дебље. Старији лесни слојеви су тамнији, док су млађи слојеви леса светлији.

Обрехт и сарадници (Obreht et al., 2016) публиковали су мултидисциплинарна истраживања лесно-палеоземљишних глиништа ПЦС, формираних током последња три глацијално-интерглацијална циклуса. Ова истраживањареализована на основу узорковања високе резолуције, обухватала су детаљне гранулометријске, магнетне, колориметријске и геохемијске анализе. Ова истраживања употпуњују познавање климатске еволуције током последњих ~350.000 година у југоисточној Европи, као веома сензитиван климатски регион у коме се преплићу медитерански и континентални климатски утицаји. Главни циљ ове студије био је везан за утврђивање периода у којима је доминантан био медитерански климатски утицај. За ралику од лесних фосилних земљишта у Војводини која показују предоминацију континенталних климатских прилика током маринско изотопских периода MIS 9 и MIS 7, резултати добијени истраживањима ЛПС у Сталаћу показују да континентални климатски утицаји у истраживаном подручју почињу да доминирају тек током последњег интерглацијалног периода MIS 5. Значај ових истраживања проистиче из чињенице да у централном делу Балканског полуострва до сада није било никакве евиденције о плеистоценим климатским еколошким променама. Због тога, ЛПС у Сталаћу представљају значајан линк између познатих плеистоцених лакустријских климатских архива у северној Грчкој, Македонији и Албанији и интензивно истраживаних лесних профила у југоисточном делу Карпатског басена.




*Прилог10. Стратиграфија лесно-палеоземљишних сталћких секвенци и односа са одговавсрсјућим MIS и луминесцентна хронологија на основу $pIR_{50}IR_{290}$ датација (Bösken et al., 2017).*

Истовремено, детаљне резултате за ЛПС ПЦС формираних током последња три глацијално-интерглацијална циклуса приказују у свом раду Боскен и сарадници (Bösken et al., 2017). У овој студији је приказана луминесцентна хронологија ЛПС ПЦС на основу датација применом $pIR_{50}IR_{290}$ протокола. Анализе су урађене у Лабораторији за

луминесцентно датирање Универзитета у Келну. Поменути луминесцентни датуми измерени на основу узорака молиминералне фине фракције, указују на старост ЛПС у распону од MIS 3 до MIS 7. Датиран је и важан хроностратиграфски маркер у ЛПС југоисточне Европе, такозвана L2 тефра чија страост износи 140-175 ka (на 2σ) (Bösken et al., 2017). Наведени луминесцентни датуми представљају прве радиометријски апсолутно датиране ЛПС у централном делу Србије. Што омогућава адкеватно временско-просторну реконструкцију плеистоцене климатске и еколошке динамике читавог простора Балканског полуострва.

## 1.4. КВАРТАР

### *1.4.1. ДЕФИНИЦИЈА, ПОЈАМ И ПОДЕЛА КВАРТАРА*

Квартар представља најмлађу геолошку периоду кенозоика (ера) који је почео завршетком неогена (периода) пре 2,6 милиона година историје планете Земље, а траје и данас (Head et al., 2008; Gibbard et al., 2010). Као главне карактеристике квартарног периода издвајамо мобилност и динамику, односно релативно брзе промене палеоклиматских и палеоеколошких услова, у односу на преостали период геолошке историје Земље. Квартар је познат по сменама глацијала (ледена доба) и интерглацијала (међу ледена доба), који су знатно условили климатске и друге промене у оквиру екосистема. Ове промене су директна последица измене биланса инсолације и радијације тј. количине топлоте коју Земља прима од Сунца у као краткоталасно зрачење (инсолација) и топлоте коју сама ослободи као дуготаласно зрачење (радијација). Поред инсолације и радијације, важну улогу у овом процесу имају тектонски покрети из геолошке прошлости Земље, који су имали утицај на формирање садашње конфигурације континеталних маса и океанских басена, и високих планинских венаца. Такође, сви наведени процеси заједно са орбиталним карактеристикама Земље имали су значајан утицај и на формирање атмосферских циркулација, нарочито оних планетарних и регионалних размера, као што су: општа циркулација, монсунска циркулација и поларни фронт (Gavrilov et al., 2018). Све ове циркулације су олучујући утицај на формирање климатских и геоеколошких процеса током квартара (Ненадић и Богићевић, 2010). Ипак, оно што је највише својствено квартару, није проста појава понављања топлих или хладних периода, пошто су флуктуације глобалне климе очигледне и доказане током читаве ере кенозоика (Raymo and Ruddiman, 1992). Оно што је највише карактеристично

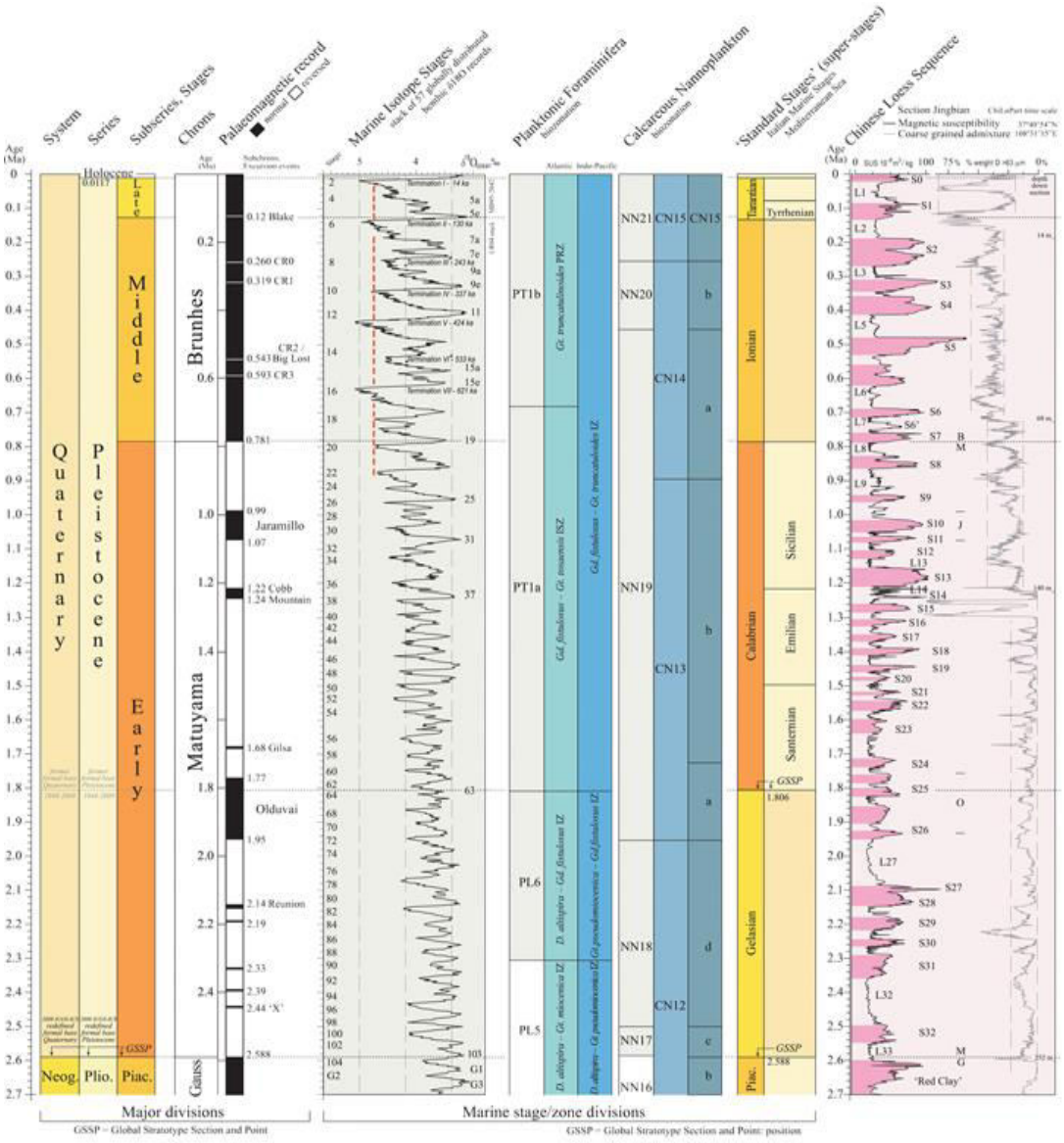
за квартар је комбинација високих амплитуда и учесталих климатских осцилација, у комбинацији са интезитетом хладнијих периода. У појединим деловима планете, средње температуре су флуктуирале више од 15 °C између топлих и хладних периода (Перић, 2017). Ове флуктуације температуре су веома често биле рапидне и током средњег плеистоцена, и биле су узрок најмање десет потпуних глацијално-интерглацијалних циклуса (Перић, 2017).

Тачан број квартарних климатских циклуса још увек није утврђен, али докази из дубокоморских седиментних записа указују на то да је током квартара дошло до најмање педест смена глацијалних (хладних) и интерглацијалних (топлих) периода (Shackleton et al., 1990). Такође, квартар је раздобље у коме се одвија еволуција човека, мењају се главне морске струје, долази до померања океанске, морске и језерске обалске линије, ледници заузимају веће просторе или се повлаче и мигрирају флора и фауна. Биљке и животиње, реагујући на овакве климатске и еколошке промене, мењају првобитна станишта и у зависности од биолошко-физичких препрека опстају прилагођени на новонастале климатске и еколошке услове или у њима нестају. Оно по чему се посебно издваја квартар јесте појава људи и њихових заједница, који за свега неколико хиљада година постојања видно утичу на преображења првобитне природне средине.

Назив квартар и плеистоцен употребљавају се у геологији и геонаукама више од 150 година. Са развојем глацијалне теорије овај период или квартар у геолошкој историји Земље постаје познат под називом „леднички период“, и постаје синоним за „ледено доба“. Једна од најизразитијих одлика квартара је свакако била периодична ледничка активност током хладних периода. Први пут назив квартар предложио је италијански научник Ђовани Ардуино, (Прилог 11), 1759. године за алувијалне наслаге реке По, на северу Италије (Nenadić i Bogićević, 2010). Нешто касније 1829. године француски геолог Јулс Деснојер (JulesDesnoyers), (1800-1887), овај назив употребљава да би означио седиментне наслаге на простору басена реке Сене, које су млађе од терцијера. Квартар је настао од француске речи која значи „четврти“, по реду.

*Прилог 11. Италијански геолог Ђовани Ардуино (1714-1795) (www.google.com).*

У квартарном периоду копнени седименти добијају на значају за педо- и литостратиграфска описивања. За разлику од претходних геолошких епоха, у копненим наслагама квартара се налазе фосилни остаци, који су важни за палеоклиматску и палеоеколшку реконструкцију. Највећи део стратиграфских подела изведен је на основу копнених наслага (лесно-палеоземљишне секвенце или лес) у овом периоду и фосила нађеним у тим наслагама. Климатске промене је сложеније проучавати у периоду пре квартара, па се палеоклиматска и палеоеколошка истраживања нај успешније изводе заквартарни период.




*Прилог 12. Глобална корелациона хроностратиграфска табела квартара (према Gibbard and Cohen, 2008).*

У геолошкој временској скали, периоде су подељене у епохе, а квартар обухвата две јасно одређене епохе. Прва епоха се назива плеистоцен. Он је отпочео пре 2,6 милиона година („често популарно називан и леденим добом“), а карактерише га смењивање глацијала и интерглацијала. Завршетком прве епохе пре око 12.700 година почиње друга епоха, позната као холоцен. Она траје до данас и представља последњи топли интервал.

Данас не постоје физички докази који би указивали на то да је тренутни температурни период само последњи у низу топлих епизода које чине дугорочни климатски циклус, па се холоцен може сматрати делом плеистоцене епохе. Ефекти

квартарних климатских промена били су драматични. У средњим и вишим географским ширинама континетални и планински ледници су се ширили и повлачили, док су се периглацијалне области ширile и скупљале. У областима нижих географских ширина, границе пустиња и савана су се померале по неколико степена услед смењивања сушних и влажних фаза. У многим деловима наше планете стопа атмосферских утицаја и педогенетских процеса су варирале сагласно са променама укупне количине падавина и температуре. Речни режими су значајно фликтуирали, ниво мора се мењао у распону од ~ 150 m, док су биљне и животињске врсте мигрирале, прилагођавале се променама животне средине или су нестајале (Перић, 2017).

### *1.4.2. ОРГАНИЗАЦИЈЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГЕОЛОШКЕ ВРЕМЕНСКЕ СКАЛЕ*

Геолошка историја Земље је подељена, углавном на основу развоја живог света, на пет одељака: ере, периоде, епохе, катове и поткатове. Проучавањем старости земље бави се историјска геологија или стратиграфија. Методе које се користе за одређивање старости стена и неких геолошких догађаја су:

1. **Радиометријска** (изотопска) метода (Јовановић и Срећковић-Батоћанин, 2009) заснивана на познатој брзини распадања одређених радиоактивних елемената. Анализом односа изотопа у стени може се доста прецизно одредити тзв. апсолутна старост стене и она се најчешће изражава у милионима година.
2. **Палеонтолошка метода** (Јовановић и Срећковић-Батоћанин, 2009) за одређивање старости стене користи фосиле (окамењене остатке организама). Познавајући положај фосилизованих организама у еволуционом низу, може се одредити старост стене или њена позиција на геохронолошкој скали.
3. **Метода суперпозиције** (Јовановић и Срећковић-Батоћанин, 2009) се базира на релативном положају стена у одређеном комплексу других стена познате старости. Ова метода се примењује само уколико је серија тектонски непоремећена. Користећи старост неког слоја, знамо да је увек слој изнад њега (повлатни) млађи, а слој испод (подински) старији.
4. **Литофацијална анализа** (Јовановић и Срећковић-Батоћанин, 2009) користи познавање старости стена које имају сличне особине са оним стенама чију старост хоћемо да одредимо (на основу аналогије са фацијама познате старости).

Први озбиљни покушај да се формулише геолошка временска скала, која би се могла применити на целој планети Земљи датира одкраја 18. века и почетком 19. века. Због различитих употреба термина квартар у свету и различитих ставова од стране многих научника о дефиницији и подели квартара, тешко је утврдити веома прецизан статус у геолошкој временској скали. Године 1894. на једном од раних Међународних геолошких конгреса (International Geological Congresses) предложено је да се квартар деградира у синоним за нејасно дефинисану епоху плеистоцена, док се на конгресу одржаном 1900. године разматрало да се термин квартар замени називом „модерни период". Већ постојећи термини за квартар и плеистоцен у геонаукама користе се око 150 година, али увек су постојале оштре и дуготрајне дебате о њиховој позицији и статусу у геолошкој временској скали као и интервалима времена које представљају (e.g. Berggren et al., 1995; Partridge, 1997; Gradstein and Ogg, 2002; Pillans, 2004, 2007; Gibbard and van Kolfschoten, 2005; Aubry et al., 2005, 2009).

Међународне организације које се баве одређивањем геолошке временске скале (GTS-GeologicTimeScale) су: Међународна комисија за стратиграфију (ICS-International Commission on Stratigraphy), то јест, њена Поткомисија за квартарну стратиграфију (SQS-Subcommission on Quaternary Stratigraphy), Међународна унија за квартарно истраживање (INQUA-International Union for Quaternary Researsh) и Међународна унија геолошких наука (IUGS-International Union of Geological Sciences). ICS је конститутивна група IUGS, која надгледа све аспекте глобалне геонауке и њена главна улога је потподела, класификација и нумерисање геолошког времена тј. хроностратиграфија и геохронологија. Она делује подреством поткомисија, од којих је свака задужена за одређени временски период Земљине историје. За квартар је одговорна поткомисија за квартарну стратиграфију. Свака поткомисија даје предлоге за формалну дефиницију и потподелу одговарајућих периода са циљем побољшавања резолуције глобалне корелације. Свака од ових подела и потподела представљају важну временско-стратиграфску јединицу. Базална граница ових јединица дефинише се одговарајућом референтном тачком у означеној седиментној секвенци (GSSP-Global Stratotype Section and Point) пажљивим прегледом доказа, а њена горња граница се дефинише основом наредне јединице. Предлози за формално признавање таквих јединица достављају се ICS-у на одобравање. Када се предлог одобри, следи гласање где сваки од 18 ICS званичника има један глас, предлог који постигне одговарајућу већину (60 % предатих гласова) прослеђује се IUGS Извршном комитету на ратификацију. Ако је Извршни комитет

задовољан исправношћу предлога, он се ратификује, а детаљи се објављују (са најмање једним сажетком у издању часописа). Свака промена која проистекне из предлога инкорпорира се у геолошку временску скалу (www.stratigraphy.org). Једном када је IUGS ратификовао GSSP, примењује се мораторијум од 10 година на сваку примењену промену (Remane et al., 1996).

*Прилог 13. Насловна страна поткомисије ISC сликана са сајта (www.stratigraphy.org).*

Међународна организација за квартарно истраживање INQUA (Прилог 14), основано је 1928. године од стране групе научника са циљем да се побољша разумевање палеоклиматских и палеоеколошких условатоком квартаракроз интердисциплинарна истраживања. Данас, ова лесна организација окупља више од 35 држава чланица. Недавне активности у облику годишњих извештаја могу се преузети са сајта, (Прилог 14). Основни циљ ове организације INQUA јесте промовисање, побољшане комуникације и међународне сарадње у основним и примењеним истраживањима квартарног периода. Подстичу се међу-комисијске активности, као и истраживачки пројекти у регионима у којима је квартарни запис слабо познат. Већина комисија и рада одбора се наставља кроз научно-истраживачке пројекте, у којима међународни тимови специјалиста проучавају широк спектар проблема. Финансијска подршка INQUA за активности Комисије/Комитета користи се за помоћ у стварању додатне подршке од стране националних и међународних агенција за финансирање, организовање међународних радионица и конференција и помоћ учешћу младих научника, посебно оних из земаља у

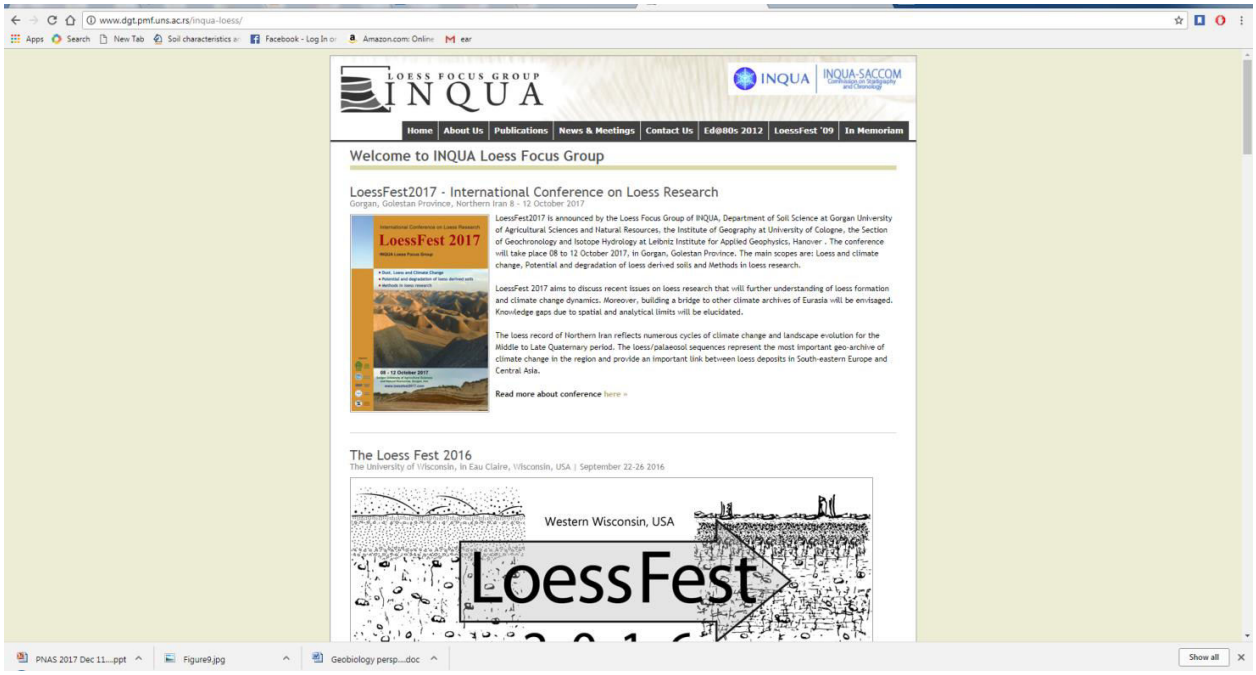
развоју. Поред сопствених истраживачких активности, INQUA активно сарађује и са другим организацијама и програмима, укључујући и Међународни савет научних синдиката (ICSU-International Councilfor Science Union) чији је пуноправни члан, прошли програми глобалних промена Међународног програма за геосферу и биосферу (IGBP-International Geosphere-Biosphere Programme) и Међународног програма за геолошку корелацију (IGCP-International Geological Correlation Programs).

*Прилог 14. Лесна организација INQUA (www.inqua.org).*

Ова организација сматра да квартарни период обухвата последњих 2,6 милиона година историјске прошлости наше планете. Квартар је интервал са честим променама у глобалној клими. На другом конгресу INQUA у Санкт Петерзбургу 1923. године, а на основу климатских промена, извршена је подела плеистоцена на три периода: доњи, средњи и горњи плеистоцен. Граница између доњег и средњег плестоцена одређена је магнетностратиграфски као смена Бринес-Матијума магнетних епоха (од 1996. године). Старост ове границе одређена је на 781.000 година. Следећа граница између средњег и горњег плеистоцена није лако одређена као претходна, али се сматра да се поклапа са почетком морског изотопног стадијума 5 (MIS 5). Почетак горњег плеистоцена одговара почетку последњег интерглацијала. Старост ове границе је процењена на 127.000 година. Граница између плеистоцена и холоцена поставља се на крај последње глацијације и према израчунавању Милутина Миланковића (1879-1958) на око 11.500 година. Топли интерглациали се мењају са хладним леденим добима. Земља сада улази у време необично топле климе. Значајне и потенцијално брзе промене у окружењу могу представљати велике изазове за животну средину човека. Стручност научника је да тумачи променљиви

свет глацијалне старости и њихов утицај на површинска окружења наше планете. Квартарне палеоклиматске и палеоеколошке промене имајуважну улогу у разумевању могућих будућих климатских и еколошких промена Земље (www.inqua.org).

На 6. Конгресу Међународне организације за квартарно истраживање INQUA, који је одржану Пољској, 1961. године, настала је нова Поткомисија европске лесне организације, која припада Међународној комисији за стратиграфију. Лесна фокус група INQUA постала је специјалистичка група која послује у оквиру Комисије за стратиграфију. Овакву иницијативупокренуо је Јулиусу Финку (Julius Fink) са Универзитета у Бечу. Његова визија лесних истраживања у Европи, обезбедила јесве што је потребно да ова Поткомисија почне са радом, која функционише и данас. Лесна фокус група INQUA има дугогодишњу традицију и делује већ 57 година.




*Прилог 15. Насловна страна лесне фокус групе INQUA (www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess).*

Нешто касније, године 1969. на 8. Конгресу за квартарна истраживања INQUA одржаному Паризу, Поткомисија је надограђена до пуног статуса и од тада функционише као Међународна комисија за стратиграфију. Првенствени циљ ове комисије лесне фокус групе INQUA јесте промовисање, побољшање комуникације и међународне сарадње у основним и примењеним истраживањима леса широм Европе, да бих се попунила база података о палеоклиматким и палеоеколошким истраживањима. Сваке године одржавају се састанци у различитим земљама учесницама, ради припрема INQUA лесне фокус групе

и њеног бољег функционисања. Такође, постоји опште уверење да проучавање леса може допринети бољем разумевању квартарног периода. Сам пројекат надгледао је Гинтер Хасе (Gunter Haase) члан Академије наука у Лајпцигу.

*Прилог 16. Оснивач и први по реду председник лесне фокус групе INQUA Јулиус Финк (www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess).*

Посебно треба обратити пажњу на један ранији догађај Поткомисије. Током Конгреса из 1961. године у Лублину у Пољској одржан је Симпозијум о лесу, на којем је представљено једанаест научних чланака. Један од чланака је представио Лиу Тунг-схенг (Liu Tung-sheng) члан Кинеске Академије наука (Academia Sinica) као први предавач на Симпозијуму, а био је посвећен изврсној сложености палеоклиматског записа леса у Кини. У договору са Јулиус Финком (Прилог 16), Тунг-схенг присуствује Конгресу чији резултат је био један од најважнијих у историји квартарних истраживања. Тако, ненадано квартарна истраживања постају много сложенија и занимљивија за палеоклиматску и палеоеколошку детаљну реконструкцију.

Мартон Печи (Marton Pecsi) (Прилог 17), члан Мађарске Академије наука преузео је председништво Комисије 1977. године. Он је на основу успешне базе коју је успоставио J. Финк, успео знатно да поспеши рад ове организације где је дошло до значајног напретка. Он је проширио обим лесне фокусгрупе и њене Комисије, па је она од само европске постала и светска лесна организација. Охрабрио је истраживања примењених и инжењерских тема - као што су ерозија земљишта и клижење тла. Мартон Печи је био озбиљан ентузијаста, а Комисија је напредовала под његовим надзором. Можда је главна појава током његовог председавања била успостављање, Радне групе за западни

Пацификна Конгресу Бирмингхам INQUA из 1977. године. Ово је била иницијатива Џима Бола (Jim Bowler) члана Аустралијског Националног Универзитета (The Australian National University) који је имао за циљ да окупља ученике леса у Аустралији, Новом Зеланду и Кини - региону Западног Пацифика. Структура VPVG основана је 1979. године у Окландуна годишњем састанку Удружења за унапређивање науке Аустралије и Новог Зеланда. Договорено је да Бола покреће три поља путовања у три земље учеснице, а Јан Смоли (Ian Smalley), (Прилог 19), члан Одељења за научна и индустријска истраживања у Велингтону ће започети часопис. Три теренска путовања била су врло успешна и у том периоду је настао часопис (DSIR-Department of Scientific and Industrial Research), који публикује научна дела везана за лесна истраживања. Првих седам издања LL-а објавио је DSIR, а онда се часопис преселио у Канаду. Затим, издања 8-16 објављена су на Универзитету Ватерло, а онда следи прелазак у Енглеску. Издања часописа 17-34 објављена су на Лестер Универзитету (University of Leicester), а издање 35 на Универзитету Нотингем Трент (Nottingham Trent University).

*Прилог 17. Други по реду председник лесне фокусгруне INQUA Мартон Печи (www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess).*

Мартон Печи је предао председништво Ан Зхи-схенгу (An Zhi-sheng, Прилог 18), члану Кинеске Академије Наука 1991. године на 13. Конгресу INQUA у Пекингу. Овај Конгрес јебио врхунац за лесну комисију због огромног пораста интересовања у Кини и у остатку света. Улога председника била је да настави са интернационализацијом коју је покренуо Мартон Печи и да окупи што више лесних истраживача из света. Улога комисије била је да искористивелике лесне ресурсе Кине. Конгрес у Пекингу је био велики лесни догађај са преко 250 радова посвећених лесним истраживањима.

*Прилог 18. Трећи по реду председник лесне фокус групе INQUA Ан Зхи-схенгу (www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess).*

На предлог Лудвига Целера (Ludwig Zoeller, Прилог 19), 1999. године Лесну фокус групу преузима Јан Смоли (Ian Smalley, Прилог 20) на састанку у Хајделбергу и Бону, где је одржана изузетна научна конференција Лес Фест. То је заправо био и врхунац активности Лесне Комисије. Циљ је био да се прослави 175. Годишњица постојања термина "лес" предложеног, а касније општеприхваћеног, од Карла Цезара фон Леонхарда (1779-1862) у Хајделбергу почетком деветнаестог века. Лес Фест, попут приче о европском лесу, отворен је у секцији Харлас у Хајделбергу. До 1999. године постојала је обимна међународна литература и широк спектар активних тема истраживања и укључених региона. Лесном фокус групом INQUA председавао је до 2003. године. Професор Јан Смоли је свакако један од најуспешнијих популаризатора и промотера лесних истраживања у свету.

Од 2003. до 2011. године председник поново успостављене Лесне подкомисије, а касније Лесне Фокус Групе био је Лудвиг Цолер професор Универзитета у Бајројту, Немачка.

*Прилог 19. Четврти по реду председник лесне фокус групе INQUA Лудвиг Цолер (www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess).*

*Прилог 20. Пети по реду председник лесне фокус групе INQUA Јан Смоли (www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess).*

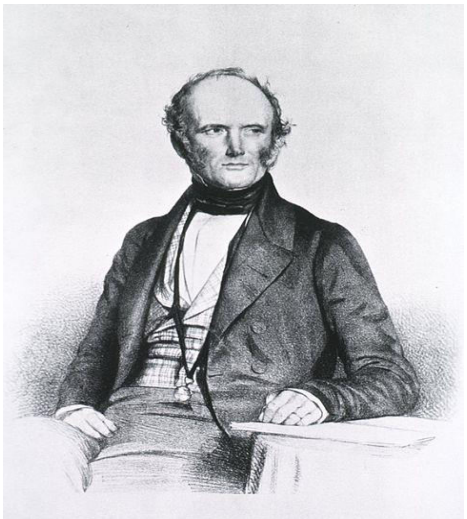
Године 2011. Лесну фокус групу преузима српски научник Слободан Б. Марковић, (Прилог 21), који са успехом и данас преседава овом организацијом. У том периоду организован је велики број међународних конференција и објављено је мноштво научних радова везаних за лес у неким од најеминетнијим светским часописима Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Catena, Quaternary International, Aeolian Research и Central Eouropea jurnal of Geosciens.

*Прилог 21. Шести по реду председник лесне фокусгрупе INQUA Слободан Б. Марковић (www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess).*

Организација која доноси коначну одлуку за ратификацију јесте Међународна унија геолошких наука (IUGS), која представља једну од највећих и најактивнијих невладиних научних организација на свету. Основана је 1961. године, као одговор на потребу координације научно-стручних Међународних истраживачких програма на континуираној основи између Међународних геолошких конгреса који се одржавају сваке четврте године. Ова организација је члан Међународног савета науке. IUGS промовише и охрабрује проучавање геолошких проблема, нарочито оних од светског значаја, подржава и олакшава међународну сарадњу између научника из свих делова света. Комисије, планске групе и иницијативе IUGS-а баве се широким спектром геолошких истраживања која су директно заинтересована за владе, индустрију и академске групе унутар наука о Земљи.

*Прилог 22. Насловна страна поткомисије ISC сликана са сајта (www.iugs.org).*

Термин квартар и плеистоцен употребљавају се у геонаукама више од 150 година. Међутим, увек су постојале дуготрајне, а понекада и оштре дебате о њиховој позицији и статусу у геолошкој временској скали као и интервалима времена које представљају (e.g. Berggren et al., 1995; Partridge, 1997; Gradstein and Ogg, 2002; Pillans, 2004, 2007; Gibbard and van Kolfschoten, 2005; Aubry et al., 2005, 2009). Поделу квартара први пут 1839. године је предложио геолог Чарлс Лајл (1797-1875, Прилог 23). Основу поделе ове геолошке епохе чине две јединице или периоде: плеистоцен, период смене глацијала и интерглацијала и холоцен, постглацијални период који обухвата и данашњицу.



*Прилог 23. Шкотски геолог Чарлс Лајл (1797-1875) (www.google.com).*

Упркос томе што је једна од најистраживанијих геолошких временских јединица интервал, познат као квартар, јединствен је међу хроностратиграфским субдивизијама по томе што има најконтраверзнију дефиницију и статус. Замршена историја и различити концепти употребе термина квартар је додатно закомпликована великим бројем дебата и пристрасним ставовима од стране многих научника. На једном од раних Међународних геолошких конгреса (International Geological Congresses) из 1894. године, предложено је да се квартар „деградира“ у синоним за нејасно дефинисану епоху плеистоцена, док је на конгресу одржаном 1900. године разматрано да се термин квартар замени називом „модерни период“.

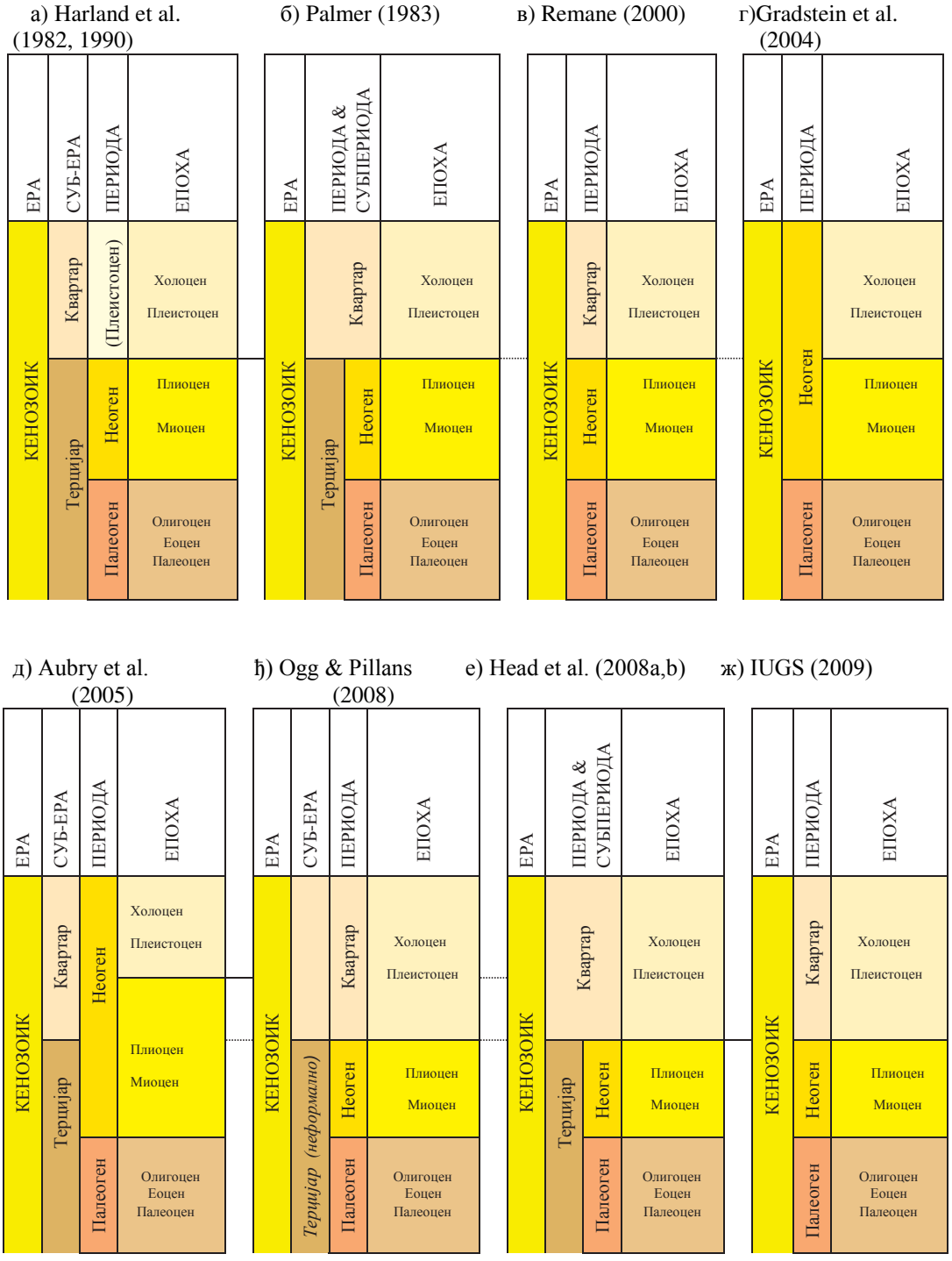
GTS је заснована на хијерархијском систему класификације у коме су временско-стенске секвенце (хроностратиграфија) и њихови кореспондујући временски интервали (геохронологија), представљени јединицама са прогресивно нижим рангом. Традиција и раширена употреба доделили су квартару статус система (хроностратиграфска јединица високог ранга) и периоде (еквивалентна геохронолошка јединица високог ранга) у оквиру кенозојске ере (Salvador, 2006 a, 2006 b). У оквиру квартара плеистоцен се ставља на следећој ниже рангираној серији (хроностратиграфија) или епохи (геохронологија) исто као и холоцен (Bowen and Gibbard, 2007; Walker et al., 2009). Основа квартара обично дефинише горњу границу терцијара, претходне системске периоде која се протеже уназад до краја креде (Hedberg, 1976; Salvador, 1994; 2006 a, 2006 b). Стратиграфски комитет геолошког удружења Лондона је 1968. године препоручио да кенозоик неформално буде подељен на терцијарну и квартарну суб-еру, док би терцијар даље требало поделити на палеогене и неогене системе/периоде. Овај предлог је начињен на основу геолошке временске скале из 1982. и 1989. године (Harland et al., 1982, 1990), табела 2 (а).

Временска скала коју је усвојио Геолошки топографски институт САД (United States Geological Survey) и Геолошко удружење Америке (Geological Society of America), вратило је квартару и терцијару пуни статус система/периоде (Palmer, 1983; Salvador, 1994), табела 2 (б). Потешкоће у самој потподели квартара и терцијара још више је увећана верзијом GTS-а из 2004. године (Gradstein et al., 2004) која је потпуно изоставила не само терцијар, већ и квартар, табела 2 (г). Миоцен, плиоцен, плеистоцен и холоцен серије/епохе су уместо тога инкорпориране унутар неогене периоде која се протезала до данашњег дана (Gradstein et al., 2004, 2005). Иако временске скале Градштајна и сарадника нису одобрене од стране ICS-а ни IUGS-а, оне су обновиле дебату о природи, трајању и хроностратиграфским позицијама како квартара и терцијара, тако и неогена

(Pillans and Naish, 2004; Aubry et al., 2005; Gibbard et al., 2005; Walsh, 2006, 2008; Lourens, 2008). Интезивна дискусија између SQS-а и INQUA-е је на крају довела до реафирмације да квартар треба да остане хроностратиграфска/геохронолошка јединица са пуним статусом система/периоде и да свака компромисна позиција треба бити одбијена, табела 2 (д). У месецу мају 2007. године, ICS је гласао у корист резултујућег предлога, а IUGS касније, истог месеца, једногласно ратификовао квартар као формални систем/периоду. Ова одлука је званично утврдила данашњи стратиграфски ранг квартара као система/периоде, табела 3 (ж) (Перић, 2017).

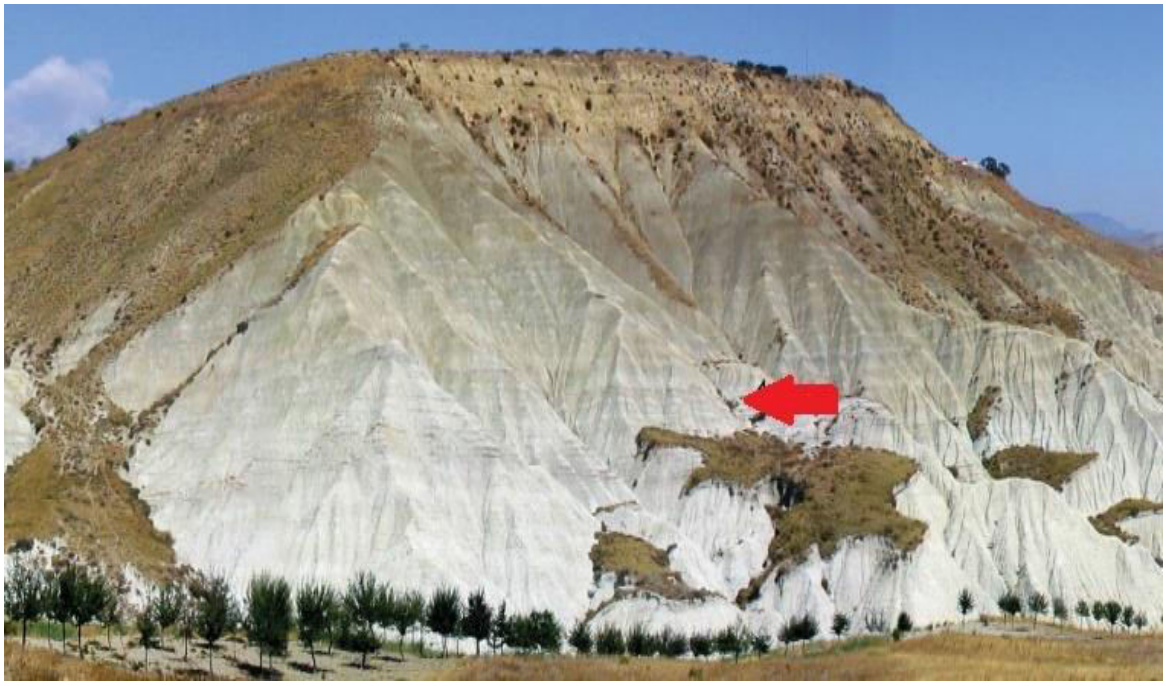
На 18. Међународном геолошком конгресу одржаном у Лондону, одлучено је да је неопходан објективан референтни стратотип и нови формални стратиграфски споразум. Тада је прихваћено да стратотипске границе терцијара, неогена и квартара буду дефинисане у маринским слојевима. У Москви 1982. године на 11. INQUA конгресу формално је предложена Врица (Vrica) секција у Калабрији у јужној Италији, као гранични стратотип за плеистоцен. Граница је дефинисана на основу литостратиграфских критеријума, где је референтна тачка била у бази глиновитог слоја који је складно покривао референтни хоризонт „е“, који се налази унутар олдуваи субхрона нормалног поларитета (Aguirre and Pasini, 1985; Cita et al., 2008).

*Табела 2. Различите временске скале по ауторима (Перић, М.З., 2017).*



*Прилог 24. Врица секција, Калабрија, јужна Италија (Перић, 2017).*

Ова граница је најпре датирана на 1,64 милиона година, али је ово након тога ревидирано астрономском калибрацијом на 1,806 милиона година (Lourens et al., 2005). GSSP Врица је формално ратификована 1984. године од стране IUGS-a (Bassett, 1985). Иако је глобална стратотипска секцијска граница у Врици заиста утврђена унутар олдуваи периоде, она се налази 10 m испод врха субхрона и отприлике исто толико, удаљена од базе (Cita et al., 2008). IUGS 1996. године је ратификовала нови плиоцени стадијум геласиј и сместила га између доњег стадијума пјачентин и горње плеистоцене серије. База геласија је дефинисана на планини Свети Никола (Monte San Nicola) на јужној Сицилији (Прилог 18) и датирана је асрономским подешавањем на 2,588 милиона година.



*Прилог 25. Секција Монте Сан Никола на јужној Сицилији. Црвена стрелица означава положај сапропелног слоја. Геласијко-плеистоцено-квартарна GSSP се налази у бази лапоровитог слоја који непосредно покрива сапропелни слој (Gibbard, 2009; Фото: E. Di Stefano/S. Bonomo).*

INQUA је заједно са SQS-ом у марту 2006. године затражила да ICS прихвати предлог да квартар буде званично установљен у ранг система/периоде са базом на глобалној стратотипској секцијској граници геласиј стадијума (2,6 милиона година) и да база плеистоцена буде смештена са 1,8 милиона година како би се подударала са границом квартара. У мају 2007. године, ICS је гласала у корист SQS/INQUA предлога, али је извршни комитет IUGS за време одобравања захтева ICS-а да се квартар прихвати као формални систем/периода, објавила да се база плеистоцена не може померати док не истекне десетогодишњи мораторијум (јануар 2009). На 33. Међународном геолошком конгресу у Ослу, у августу 2008. године осигурана је преовлађујућа подршка да се квартар призна као пун систем/периода са трајањем од пре 2,6 милиона година до данас и да се база плеистоцена поравна са базом квартара како би се одржала стратиграфска хијерархија (Ogg and Pillans, 2008; Head et al., 2008a). Након јавне дискусије на конгресу у Ослу, ICS је затражила од два конкурентна заговорника-поткомисије за квартарну стратиграфију (SQS) и поткомисије за неогену стратиграфију (SNS), да уруче формалне предлоге о којима ICS чланство са правом гласа може расправљати и на крају гласати. Обе поткомисије су предале своје предлоге на разматрање:

Квартар/SQS предлог:

1. База квартарног система/периоде треба бити спуштена до глобалне стратотипске секцијске границе геласијског стадијума (тренутно највиши стадијум плиоцене серије) унутар MIS 103, који има калибрисину старост од 2,58 милиона година.
2. База плеистоцене серије/епохе треба бити спуштена како би се подударала са границом квартарног система (глобална стратотипска секцијска граница геласија).
3. Врица глобална стратотипска секцијска граница (садашња квартарна и плеистоцена базална граница) треба бити задржана као база калбријског стадијума, другог стадијума ревидиране плестоцене серије.
4. Квартар, који је већ признат од стране IUGS-а, треба да задржи статус система/периоде и да следи неоген у GTS-у.

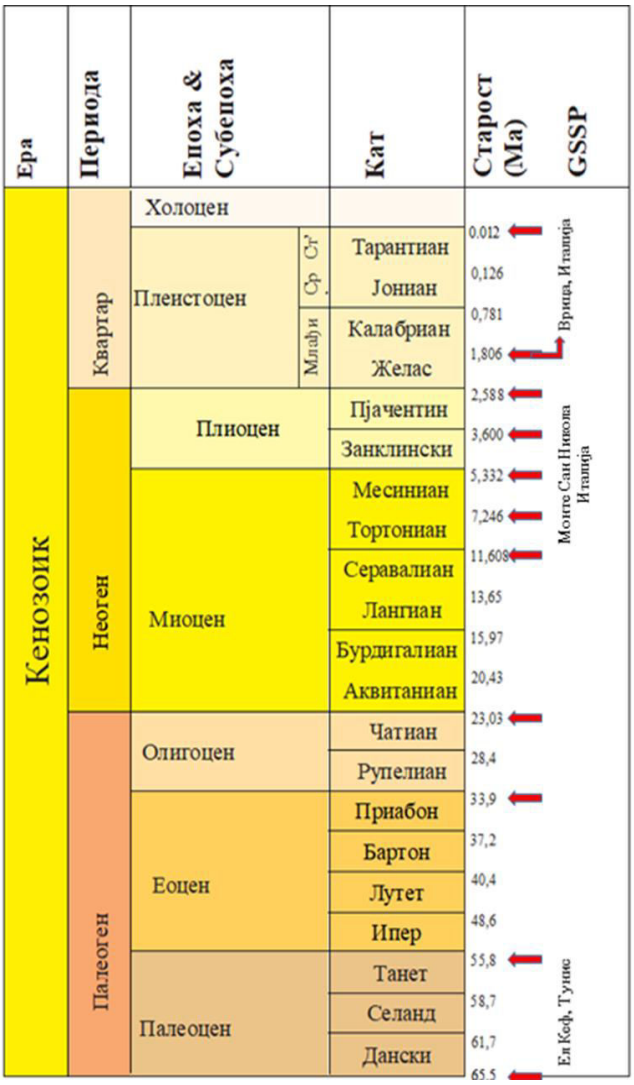
Неоген/SNS предлог:

1. Кенозојска ера треба да се састоји из палеогена и неогена где оба имају статус система/пероде, док квартар треба да представља субсистем/субпериоду са временским оквиром од последњих 2,6 милиона година.
2. Неогени систем/периоду треба проширити до даншњег дана.
3. Граница плиоцена/плеистоцена треба да остане на 1,8 милиона година као што је тренутно дефинисано, али плеистоцену серију/епоху треба поделити на рани плиоцен и касни плиоцен. Ово би ефективно раздвојило квартар и плеистоцен у геолошкој временској скали.
4. Квартарни субсистем/субпериода треба да садржи плеистоцен и касни плиоцен серије/епохе.

Гласањем се одлучивало о прихватању једног од предлога. Оно је било засновано на премиси да уколико ниједан од предлога не добије већину од 60 %, задржаће се *status quo*, то јест квартар ће остати систем/периода, али ће његова база и даље бити недефинисана (мада не на глобалној стратотипској секцијској граници геласијског стадијума), а доња граница плеистоцена ће и даље бити дефинисана Врица GSSP-ом на 1,8 милиона година. Гласање је завршено огромном већинском подршком предлогу SQS-а. У крајњем исходу 89 % чланова ICS-а са правом гласа, подржало је случај квартара. У мају 2009. године, ICS је проследио резултате извршном комитету IUGS-а, да би коначно ово тело 29. јуна 2009. године формално ратификовало предлог SQS-а. Ово је напокон затворило дебату која је трајала више од шест деценија и, из квартарне перспективе,

исход је био потпуно задовољавајући. Додатно, са применом десетогодишњег мораторијума, овај предмет не може бити ревидиран пре 2019. године. У нацрту који је прихваћен од стране IUGS-а, квартарни систем/периода, плеистоцена серија/епоха и геласијски стадијум/кат деле исту глобалну стратотипску секцијску границу у бази геласија, која се налази на планини Свети Никола на Сицилији и датирана је на 2,58 милиона година (Перић, 2017).

*Табела 3. Званична IUGS (2009) временска скала за кенозоик (Перић, 2017).*




Холоцен који је сада дефинисан са референцом на NGRIP (North Greenland Ice Core Project-Северногренландски пројекат леденог језгра) глобалну стратотипску секцијску границу леденог језгра (Walker et al., 2009), остаје у рангу серије/епохе одвојеној од плеистоцена. Консеквентно, оба термина квартар и плеистоцен су од суштинске и подједнаке важности. Ова рекласификација касне кенозојске ере испуњава

све INQUA захтеве као и принципе хијерархије геолошке временске скале и поштује историјске преседане и успостављену употребу термина квартар (Gibbard et al., 2010).

## 1.5. ЛЕС У СРБИЈИ

Истраживања еолских седимената, као и ЛПС у нашој земљи и државама бивше Југославије започиње наш познати геолог др Јелена Марковић Марјановић 50-их година прошлог века. У тим истраживањима су лесни седименти по распрострањености сврстани у два типа. Први тип чине „Лесни платои“ који се налазе на територији данашње АП Војводина, а други тип су „Лесне оазе“ које се простиру на територији Србије, јужно од Саве и Дунава (Марковић Марјановић, 1965).

*Табела 4. Стратиграфска номенклатура ЛПС (Marković et. al., 2008)- лево, и нова стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних секвенци у Војводини (Marković et. al., 2015)- десно.*

| **Стратиграфска јединица** | **Стратиграфска подјединица** | **Стратиграфска јединица** | **Стратиграфска подјединица** |
|---|---|---|---|
| **V S1** палеоземљиште | **V S1 S1** | **V S1** палеоземљиште | **S1SS1** |
| | **V S1 L1** | | **V S LL1** |
| **V L1** лес | **V L1 S1** | **V L1** лес | **V L1SS1** |
| | **V L1 L1** | | **V L1LL1** |

Лесна истраживања, нарочито она спроведена почетком 20. века, потврдила су да овдашњи архиви, због високих акумулационих стопа и екстензивне појаве, представљају један од најпотпунијих и најосетљивијих копнених записа климатских и еколошких промена од периода касног доњег плеистоцена. Релативна потпуност као и образац сачуваних палеоклиматских маркера указују, да се ЛПС које се налазе на северу наше земље, могу директно довести у везу преко евроазијског лесног појаса са лесним записима источне Азије (e.g. Marković et al., 2008, 2009b, 2011; Stevens et al., 2011), што овим записима даје континетални и глобални значај. Марковић и сарадници (2003, 2004a, 2006) одредили су називе лесно-палеоземљишним јединицама на простору наше земље, односно, северне Србије користећи кинески лесно-стратиграфски систем (e.g. Liu, 1985; Kukla, 1987; Kukla and An, 1989), али са уметањем префикса „SL“ позивајући се на Стари

Сланкамен, као стандардни тип профила. Међутим, како би се избегла конфузија услед непотпуности у најмлађим деловима ЛПС касног и средњег плеистоцена сачуваних у Старом Сланкамену, префикс „V“ се сада користи да би се означила стандардна плеистоцена лесно-палеоземљишна стратиграфија у Војводини (Marković et al., 2006; 2009b). С тога овај систем обележавања дозвољава укључивање информација из претпоследњег интерглацијала на основу других секција, на пример „Рума и Батајница“ (e.g. Marković et al., 2006; 2009 b).

Резултати недавних истраживања у долини Јужне Мораве спроведена од стране Обрехта (Obreht, 2014) и Басарин (Basarin, 2011) указују да ове ЛПС садрже записе о климатским и еколошким променама током горњег плеистоцена где су се смењивале медитеранска и континентална клима. Детаљне резултате за ЛПС ПЦС, формираних током последња три глацијално-интерглацијална циклуса, приказују Боскен (Bösken) и сарадници (Bösken, et al., 2017). У наведеној студији је урађено датирање за протеклих 139.000 година. Поред ових, у централној Србији лес су истраживали Костић и Протић (Kostić i Protić, 2000), а њихови резултати потврђују, такође, утицај медитеранске и континенталне климе. Коџо (Коџо, 2015) је одрадио 3D модел ПЦС на основу геодетског мерења, ради израде физичко-географских карата овог лесног профила. Еолски акумулациони седименти на простору Србије углавном се налазе на северу наше земље, на равничарским теренима Панонске низије тј. у међуречју великих површинских токова као што су Дунав, Сава, Тиса, Тамиш и Караш. На подручју централне Србије лесне наслаге су наталожене у речним долинама Велике Мораве, Западне и Јужне Мораве, Топлице и Нишаве. Процењује се да оваквих еолских седимената има и на простору Косова и Метохије у долинама река Пећке, Призренске и Дечанске Бистрице.

### *1.5.1. ЛЕС У ВОЈВОДИНИ*

Војводина је територија која обухвата северни део Србије и налази се у јужном делу Панонског басена, између Динарских планина на западу, Карпатских планина на истоку, док је са истока, севера и запада ограничена државним границама са Румунијом, Мађарском и Хрватском. На југу, границу највећим делом представљају Дунав и Сава. Преко 60% територије Војводине прекривено је лесом и њему слични седименти. Таложење еродираног еолског материјала на простору Војводине почела је у доњем плеистоцену, док је акумулација свој врхунац достигла током горњег плеистоцена

(Marković et al., 2003, 2008, 2011). Конфигурација рељефа ове територије одредила је услове депозиције лесних седимената и постдепозиционе процесе. Типични лесни варијетети су очувани у лесним платоима, а док су лесни седименти деривата депоновани на падинама у долинама већих површинских токова (Pecsi, 1990).

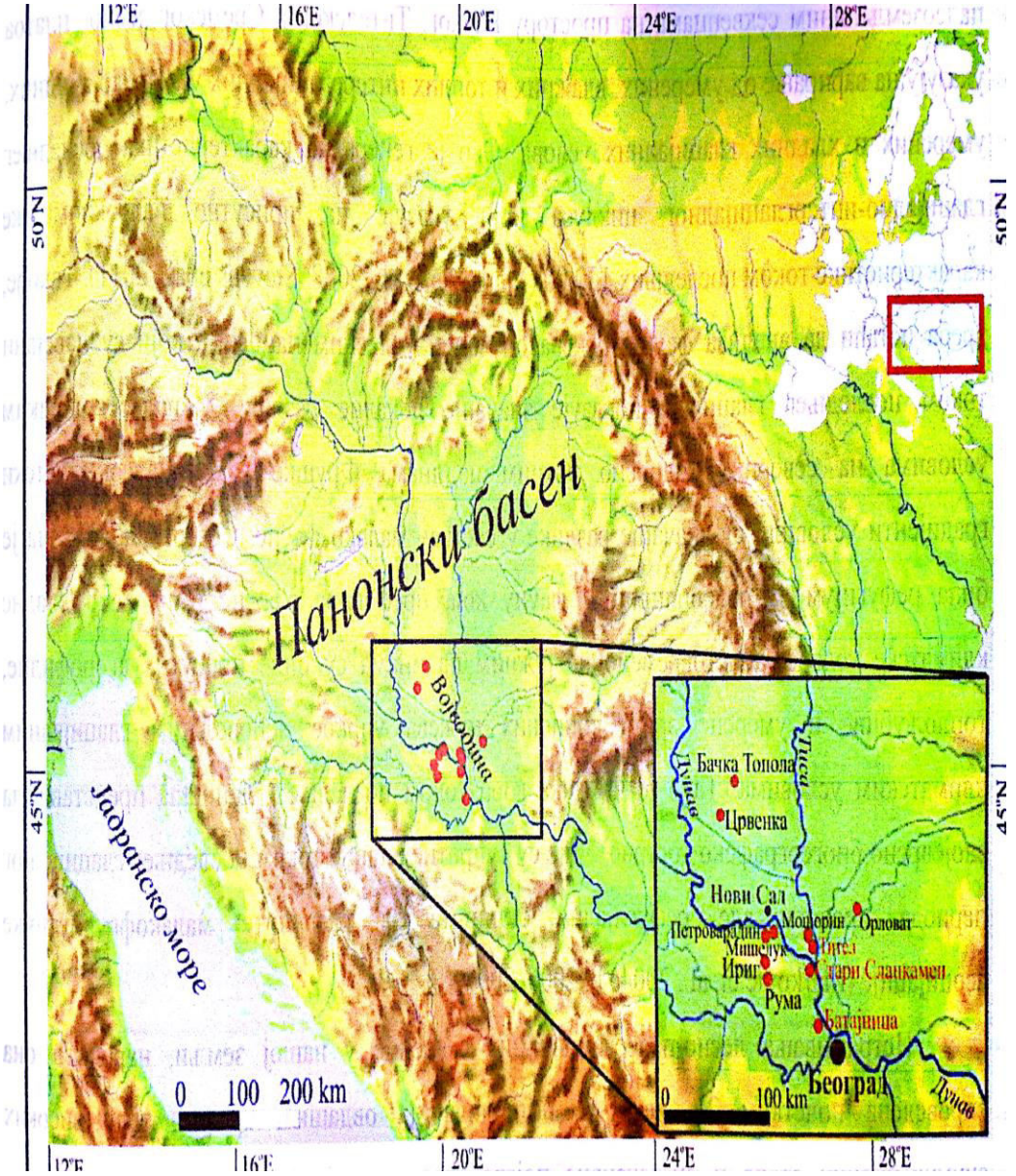
На почетку плиоцена, Панонски басен је био испуњен седиментима. То се тумачи као резултат постојања знатне разлике између износа термалног спуштања коре и стопе таложења материјала (Јовановић, 2012). Границе Панонског језера су пре око 4,5 милиона година биле редуковане на простор севера наше земље и североисточне Хрватске, односно на Славонско или Палудинско језеро (Gábris and Nádor, 2007). Због тектонског спуштања централног дела Панонског басена, од краја плиоцена и током доњег и средњег плеистоцена, почела је да се формира речна мрежа (Nádor, et al., 2007) Дунава, Драве и Тисе редукцијом језерских акваторија и засипањем басена Палудинског језера проширила се и на север Србије. На самој граници плиоцена и доњег плеистоцена долази до транзиције од Палудинских седимената језерског карактера, ка речно-језерским и полицикличним седиметима (Јовановић, 2012).

Након одрађене геохемијске анализе Бугл и сарадници (Buggle et al., 2008) дају констатацију да порекло еродираног материјала од којег су формирани лесни седименти на простору Војводине потичу са Карпатских планина, дренираних реком Тиса и мањим речним притокама Дунава, као и са аустријских Алпа, дренираних реком Дравом. Марковић и сарадници (2004) истичу да таложење леса и осталих еолских седимената представљају кулминацију изразитог палеоклиматског тренда аридизације и захлађења који се одвијао током плеистоцена у југоисточном делу Панонског басена. Сукцесија палеоеколошког окружења на истраживаном простору током последњих 2,6 милиона година, указује на егистирање пет најзначајнијих палеогеографских етапа: језерске (рани плеистоцен), језерско-речне (доњи плеистоцен), језерско-барске (средњи плеистоцен), старије речне (горњи плеистоцен) и млађе речне (холоцен) (Лукић, 2015).

На основу палеомагнетних истраживања формирање педокоплекса у бази лесног профила „Чот“ код Старо Сланкамена, отпочело је током нормалне палеомагнетне епохе (Бринес), односно пре око милион година. Најпре је у лесном хоризонту V-L9 утврђен прецизан интервал који одговара Матујама, најмлађој реверсној палеомагнетној епохи (Marković, et al., 2011). Промена од Бринес нормалног ка Матујама реверсном поларитету десила се пре приближно 780.000 година (Cande and Kent, 1995).

На вишим теренима југоисточног обода Панонског басена таложење се одвијало паралелно са формирањем полицикличних седимената на нижим просторима и да је било потребно да прође још 300.000-400.000 година, док предоминатна еолска акумулација лесних седимената (Gavrilov, et al., 2018) у низијским подручјима Војводине није надвладала образовање полицикличних и флувијалних седимената. У том тренутку почели су да се формирају најстарији слојеви Сремске лесне заравни у околини Батајнице, као и основа Тителског лесног платоа (Јовановић, 2012). У низијском делу Паноског басена, у његовој основи профила Батајница-Дунав, налази се најстарији откривени педокоплекс средње плеистоцене старости који нам указује на вишеструку смену акумулативних и ерозивних фаза током одвијања флувијалних и еолских процеса по површини Панонског басена (Лукић, 2015).

ЛПС на простору југоисточне Бачке као и сам Тителски лесни плато формирани су током квартара за време глобалних палеоклиматских и палеоеколошких промена у средњем и горњем плеистоцену. Тителски брег се издиже око 50 m изнад алувијалних равни Дунава и Тисе, има елиптичан облик са дужом осом правца северозапад-југоисток. Фацијално и генетски је идентична са Сремском лесном заравни. Нижи слојеви лесног пакета (IV и V) Тителског платоа леже преко барских еквивалената средњег плеистоцена, што је потврђено присуством шкољки *Corbicula fluminalis* (Марковић, 2000), док виши лесни хоризонти (I, II и III) садрже искључиво копнену макро фауну: *Vallonia Costata, Granaria frumentum* и др. Најстарији педокомплекс Тителског лесног платоа образован је током раног средњег плеистоцена у распону MIS 15 до MIS 13 маринског изотопног периода (Јовановић, 2012). На основу резултата добијених методом мерења магнетног сусцептибилитета Марковић и сарадници (2005) долазе до закључка да је формирање ЛПС трајало најмање 620.000 година.




*Карта 14. Положај најважнијих лесних профила на простору Војводине (према Marković, et al., 2008).*

Лесни хоризонти настали су еолским таложењем прашине коју су ветрови депоновали у периглацијалним областима. Завршне фазе таложења леса догодиле су се за време влажних и топлих интерглацијалних климатских услова где се под таквим условима формирала фосилна земљишта. Применом педо-литостратиграфских, метода луминесцентног датирања, одрађене геохронологије и седиментолошких метода, резултати су показали пет јасно уочљивих палеопедолошких хоризоната који су се формирали током топлих интерглацијалних периода и који одговарају MIS 5, MIS 7, MIS 9, MIS 11, MIS 13, MIS 14 и MIS 15 (Marković, et al., 2012; Басарин, 2009).

Територија Војводине представља најтоплији и најаридниј део Панонског басена (Hrnjak, et al., 2013), који показује сличан климатолошки градијент, који егзистовао и током горњег плеистоцена. Извршеном реконструкцијом палеоклиматских и палеоеколошких услова током Емијана (рис-вирм) дошло се до закључка да је тренд аридизације на овом простору значајно изражен (Zech, et al., 2013). Током горњег плеистоцена климатске промене, које су забележене у ЛПС на простору Бачког, Тителског и Сремског лесног платоа, показују нам на варирање од умерених, влажних и топлих интерглацијалних услова до аридних, умерених и хладних глацијалних услова. Ово је генерална карактеристика последњег глацијално-интерглацијалног циклуса који указује на присутне палеоклиматске карактеристике током последњих 133.000 година (Marković, et al., 2008; Stevens, et al., 2011). Наравно, треба истаћи да анализа фауне пужева очуваних у лесним седиментима, који су навејани током последњег глацијала, показује значајне локалне разлике у палеоеколошким условима на северним, односно јужним падинама Фрушке горе. Састав малако фауне је значајно условљен палеоклиматским градијентима. Северна подгорина је била рефугијум за палеоилиријску фауну која преферира влажне и не тако хладне климатске услове, а истовремено на јужним падинама су биле присутне ксерофилне, топлољубиве и умерене врсте копнених пужева упркос глацијалним климатским условима. Током последњег глацијала Фрушка гора је представљала својеврсно биогеографско „ство“, чије су супротне падине током последњег глацијалног периода представљале рефугијална станишта за различите малакофаунистичке асоцијације (Marković et al., 2004 a, 2004 b, 2006, 2007).

Подаци са подручја Војводине директно су упоређени са кинеским лесним записима средњег и горњег плеистоцена, где су начињена значајна побољшања у старосним моделима за ЛПС. Ово поређење наглашава старост ЛПС Војводине и показује значај детаљних и релативно комплетних палеоклиматских записа, које оне садрже, као и природу разлика и сличности међу овим записима.

ЛПС на лесним профилима Руме, Батајнице, Старог Сланкамена и Тителског платоа и њихов стратиграфски опис као имагнетностратиграфску интерпретацију презентовали су Марковић и сарадници (2004 a, 2006, 2009 b, 2011) и Хамбах и сарадници (Hambach, 2011). Ове интерпретације су указале на бројне сличности између истраживаних секција као и еколошких услова на подручју целог региона. Палеопедолошка интерпретација је указивала углавном на постепену климатску

транзицију од суптропске ка степској интерглацијалној средини указујући на прогресивни тренд ка сувљим и континенталним интерглацијалима (Marković, et al., 2011).

У северној Србији ЛПС покривају временски период од последњих милион година што указују нови магнетностратиграфски и аминостратиграфски модели који су коришћени (Marković, et al., 2011). За препознавање прекида у очуваности ЛПС коришћена су два независна хроностратиграфска приступа. На пример, МС и докази добијени рацемизацијом аминокиселина гастропода указују на недостатак педокомплекса претпоследњег интерглацијала V-S2 на профилу Стари Сланкамен, окарактерисаном изразитим слојем шљунка који лежи преко еродираног тла. Новији резултати Марковића и сарадника (2011) показују да је запис на Старом Сланкамену један од најстаријих и најкомплетнијих у региону упркос многим несагласностима. Ова секција, чија је дужина и потпуност неуобичајена, пружа ретку прилику детаљних истраживања дугорочних климатских промена касног доњег и средњег плеистоцена. Најнижих 11 m секције Стари Сланкамен, од палеоземљишта V-S6 до базног педокомплекса, садржи најбоље сачувано, до сада познато лесно-палеоземљишно наслеђе раног средњег и доњег плеистоцена на Европском континету (Marković, et al., 2011). Веома прецизан запис последњих пет глацијало-интерглацијалних циклуса од базног педокоплекса V-S5 до савременог земљишта V-S0, представља сложене ЛПС на површинском копу у Мошорину (Hambach, et al., 2011). Палеопедолошке карактеристике педокомплекса од V-S5 до V-S1 скоро су исте на секцији Батајница.

Бугл и сарадници (Buggle et al., 2009) на основу мерења МС извршили су стратиграфска истраживања у Старом Сланкамену и Батајници заједно са другим профилима- Мирче Вода у Румунији Стари Кајдаки у Украјини, што је омогућило корелацију са ЛПС у Кини и дубокоморским седиментима ODP 677. Стопе седиментације за поменуте профиле су такође израчунате коришћењем различитих временских модела. Израчунате су и количине палеопадавина на основу односа вредности МС и количине падавина. На основу добијених резултата закључено је да је количина падавина била већа у старијим интерглацијалним периодима, што упућује на постепену аридизацију овог дела европског копна (Лукић, 2015).

На лесним профилима у Војводини вршена су интезивна мерења МС, што је допринело бољем разумевању климатских варијација у овом делу Европе, нарочито за време средњег и горњег плеистоцена. Варијације МС забележене у ЛПС у Србији,

одражавају се на палеоклиматске флуктуације средњег и касног плеистоцена, посебно у променама влажности (Marković et al., 2009 b, 2011; Stevens et al., 2011).

Јужни обронци Фрушке горе којима припада секција Рума, обухвата ЛПС за последња 3 глацијално-интерглацијална циклуса. Највиши делови ЛПС ове секције разликују се од осталих проучаваних профила у Војводини. Палеоземљишта V-L1S1 и V-S1 су слабије развијена, нарочито последњи интерглацијални педокомплекс. Ипак, у неколико палеодепресија ова фосилна земљишта су веће дебљине и развијености. Претпоследњи интерглацијални педокомплексV-S2 доста је сличан онима сачуваним у Тителском лесном платоу и Батајници, док се јако развијени базични лувисолни педокоплекс V-S3 приметно разликује од V-S3 педокомплексима на осталим проучаваним секцијама (Marković, et al., 2006).

На лесном профилу Стари Сланкамен одрађено је детаљно тумачење зоналности палеомагнетног поларитета које су изнели и забележили Хамбах (2009) и Марковић и сарадници (2011). Добијени подаци, након добијене демагнетизације главне секције, указују на присуство реверсног поларитета испод дубине профила од 36 m, што упућује на постојање Матујама геохрона у доњем делу најнижег лесног хоризонта V-L9. Нормалан поларитер Брин хрона налази се искључиво у палеоземљиштима V-S6, V-S7 и V-S8, као и у лесним јединицама V-L7 и V-L8. У горњем делу леснејединице V-L9, око 5 m наниже, започиње сложени образац мешовитог поларитета, са преласком у пуни реверсни поларитет Матујама хрона у V-L10, непосредно испод V-S9. Промена у потпуни реверсни поларитет почиње у средини фосилног земљишта V-S9 (Marković et al., 2011). Оваква сложеност резултат је узајамног дејства између хемијске и детритичне реманентне магнетизације (e.g. Spassov et al., 2003; Liu et al., 2008).

У Војводини, прво термолуминесцентно (TL) апсолутно датирање леснопалеоземљишних секвенци обавили су Сингнви и сарадници (Singnvi et al., 1989) и Битрим и сарадници (Butrym et al., 1991), али је вероватноћа мала да се уз помоћ ових TL методолошких приступа до тачних резултата (e.g. Muray and Wintle, 2006). У скорије време је почела да се користи техника инфрацрвено стимулисане луминесценце (IRSL) у сврху њене примене на последњу глацијалну лесну хронологију лесних секвенци у Војводини (Marković et al., 2007, 2008; Fuchs et al., 2008; Antoine et al., 2009; Bokhorst et al., 2009, 2011). Амино ацидно рацемизациона (AAR) геохронологија успешно је примењена на фосилне гастоподне шкољке сакупљене са најразличитијих регија у свету (Oches and

McCoy, 2001). Ова техника је омогућила корелацију лесних секвенци широм Европе, док је интезивна примена ових метода на лес у Војводини у последњих неколико година условила значајна стратиграфска побољшања (Marković et al., 2004 a, 2004 b, 2005, 2006, 2007, 2008, 2011).

Детаљна истраживања извршили су Марковић и сарадници (2014) на територији средњег Баната, на лесном профилу Орловат који се налази на десној обали реке Тамиш, на нижој лесној тераси. На овом лесном профилу извршено је детаљно лито- и педостратиграфско описивање ЛПС и луминесцентно датирање. Резултати овог истраживања показују атипичну сукцесију касног плеистоцена. Наиме, недостаје обично распрострањени педокомплекс V-L1S1, који се налази на већини лесних профила у Војводини. Дебљи слој педокомплекса V-S1 и детаљни прелаз између савремених педокоплекса V-S0 и последњи слој лесних секвенци V-L1 припадају последњем глацијалном-интерглацијалном периоду. Хронологија луминисценције показује недостатак интезивне педогенезе током раног холоцена где се покреће важно питање о почетку формирања земљишта у холоцену за овај део Војводине. Касније образовање тла у холоцену доприноси растућем доказу који указује на сложеније копнене реакције климе на глобалне климатске промене. Овај доказ слаби валидност претходно генерализованих директних стратиграфских корелација између регионалних копнених архива животне средине и глобалних записа о морским и леденим изотопима (Marković et al., 2014).

Претходна истраживања показала су да ЛПС у Орловату карактеришу неправилности у седиментолошким особинама, магнетне осетљивости и боја седимената. Обрехт и сарадници (2014, 2015) су применили гранулометријску анализу и анализу ренгенске флуоресценције (KSRF) где су истраживали како је седиментација на локалитету Орловат условљена специфичним геоморфолошким или климатским условима. Резултати добијени гранулометријском анализом величине зрна и KSRF анализом високе резолуције на узорцима бес песка коришћени су за добијање детаљног увида у стање палеоземљишта и временских слова током протеклих 160.000 година (Obreht et al., 2014). Последњи глацијални циклус који је забележен на лесном профилу Орловат даје увид у локалне и регионалне услове палеоземљишта. Овај лесни профил карактеришу неправилности у магнетној осетљивости, геохемији и седиментолошким особинама. Расподела величине зрна указује на то да је лесни профил Орловат утицао на специфичне услове формирања палеоземљишта. Релативно груб зрнас песак који је наношен током интерглацијалног периода, вероватно потиче из Делиблатске/Банатске

пешчаре који је ношен локалним ветром Кошава (Gavrilov et al., 2018). Међутим, најчешће примењене методе, као што је гранулометрија и магнтна осетљивост, нису могле да објасне јединствена дешавања током MIS 3, где недостаје палеоземљиште. Први пут примењена је анализа рендгенске флуоресценције високе резолуције како би се утврдило порекло материјала наношеног током последњег глацијала (Obreht et al., 2015).

Магнетна и колориметријска лесно-палеоземљишна истраживања спровели су Лукић и сарадници (Lukić et al., 2014) на лесном профилу Орловат, чији је главни циљ био да се изврши детаљна реконструкција уз помоћ процента присутности гвожђа у ЛПС за палеоклиматске и палеоеколошке услове током касног плеистоцена (Lukić et al., 2014).

### *1.5.2. ЛЕС У ЦЕНТРАЛНОЈ СРБИЈИ*

Простор централне Србије (Radaković et al., 2017) се налази између Војводине и територије Косова и Метохије Републике Србије. На западу, овај простор има природну границу са Босном и Херцеговином коју представљају Динарске планине и река Дрина. На истоку река Дунав раздваја централну Србију од Румуније и планински венци Мали Карпати и Стара планина који је одвајају од републике Бугарске. На југу има границу са Бившом Југословенском Републиком Македонијом. Подручје централне Србије обухвата 55.947 km² (Radaković et al., 2017).

Најранија истраживања ЛПС у централној Србији вршена су од стране др Јелена Марковић Марјановић у периоду 1928. до 1978. године. Године 1952. појављује се први рад посвећен истраживању ЛПС у долини Јужне Мораве, у коме се описују лесни профили у околини Сталаћа. Истраживања уз долину Јужне Мораве, у правцу југа, настављена су након проналажења еолских седимената, у виду лесних оаза код села Сталаћ. Утврђено је да се лесне оазе простиру према југу и да допиру уз Јужну Мораву до Лесковца, у долини реке Нишаве. Др Јелена Марковић Марјановић је установила да се јављају пет лесних оаза које показују комплетан лесни профил у Сталаћкој клисури. Прва лесна оаза се јавља на самом излазу Јужне Мораве из Сталаћке клисуре на левој обали. Лес покрива гнајсолико биотит-гранитске стене. На овом одстојању јављају се различити лесни профили који се састоје из више хоризоната, тако да је ова лесна оаза највиша плеистоцена тераса од 68 m висине. Састављена је од чистог копненог леса са спорадичним интеркалацијама груса и речног шљунка. Друга лесна оаза се јавља код засеока Стеванац, на ушћу истоименог потока. Висина лесног отсека је 4-5 m висине и

има апсолутну висину 140-145 m. Трећа лесна оаза се јавља код Мојсинског железничког моста, јужно од села Церова. Лесни одсек је око 17 m висине, а лес се јавља на апсолутној висини 140-160 m. Четврта лесна оаза је на територији села Трубарево. Лесни одсек је на апсолутној висини око 170 m, на 40 m релативне висине. Пета лесна оаза налази се код села Витковаца. Лесне наслаге на овом месту прекривају терасу 170-240 m апсолутне висине. Овде се јављају 3 до 4 слоја леса и одговарајућа фосилна земљишта. Резултати ових истраживања указују да је клима била сува и неповољна за развитак вегетације (Марковић Марјановић, 1952, 1959).

Новија истраживања леса у централниј Србији вршили су Костић и Протић (2000) и дали су значајан допринос бољем истраживању лесно-палеоземљишних секвенци у овом делу Европе. Лесни ПЦС садржи више развијених ЛПС које су проучаване хемијским, физичким и минеролошким методама у сврху одређивања палеоклиматских промена током плеистоцена. На профилу је узето 56 узорака са сваког хоризонта, који су добро осушени топлим ваздухом, а затим нежно млевени да прођу кроз сито квадратних димензија од 2 mm. Садржај калцијум-карбоната одређен је Шајблеровим калциметром (Scheibler kalcimetar). Расподела величине честица декласификованих узорака одређена је ситарењм и методом пипетирања, после дисперзије кључањем и мућкањем преко ноћи у раствору 0,4 Натријум-пирофосфата (Na4P207). Минеролошки састав већине узорака узет је уз помоћ преламања x-зрацима или насумично орјентисаним прашком насталим млевењем од честица величине мање од 10 μm, као и сушењем и замрзавањем. Фракције глине су одвајане центрифугалном седиментацијом и анализиране минеролошки дифракцијом x-зрацима, и то Филипсовим дифрактометром (Rendgenski difraktometar Philips PW1050) користећи алфа радијацију филтровану никлом, као и напон од 45 kW. Величине честица у њиховој расподели показују знатне варијације. На ПЦС постоје величине честица које су типичне за лес (до 2,0 μm), муљ (2,0-20,0 μm) која је најдоминантнија фракција у већини узорака и пешчана (20-2000 μm). Знатне цикличне варијације јесу резултат промена у изворштима, као и удаљености транспорта материјала и промене јачине ветра услед премештања. ПЦС садржи 48-62 % муља и садржи иловачу, 2-49 % има глине. Циклична промена седиментних и педогенетских процеса је објашњена присуством калцијум-карбоната и минерологијом муља и глине. Садржај карбоната се креће 0,0-36,5 %. Минеролошки састав је мешовит, најдоминантнији је кварц (24-83 %), затим лискуни (7-41 %), калцит (0-26 %), фелдспат (3-26 %), минерали глине (5-26 %), хлорит (1-10 %), доломите (0-7 %), као и ниже тешке минерале: амфиболи, гранати,

епидот, зоисит, апатит и оксиди гвожђа. Лесни ПСЦ нам обезбеђује важну везу између типичних ЛПС Средње Европе и југоисточне Европе, и указује на релативан утицај медитеранске и континенталне климе. Статистичка анализа криве вишег дела секвенце Сталаћа указује на мали пораст атмосферског утицаја интерглацијала и постепену промену топлије и влазне климе, па све до умерено сувих услова, што показује већу утицај континеталне климе. Крива нижег дела секвенце Сталаћа указује на јачи медитерански утицај који добро корелише са постојећим палеоклиматским записима у Грчкој (Kostić and Protić, 2000).

*Прилог 26. ЛПС ПЦС (фото: Никола Бачевић, 2017).*

Басарин и сарадници (2011) урадили су детаљна истраживања ЛПС у долини Јужне Мораве на површинском копу напуштене циглане у Белотинцу. Ова лесна секвенца има дебљину од 10 m и на њој се налазе три лесна слоја и три слабо развијена палеоземљишта. Извршен је детаљни стратиграфски опис ЛПС. Методе које су коришћене током проучавања на лесној секвенци у Белотинцу су: МС, колориметрија, присутност угљеника и луминисценција. Помоћу резултата ових истраживања извршена је детаљна реконструкција палеоклиматских и палеоеколошких услова током плеистоцена. Утврђено је да су се на овом простору смењивале медитеранска и континетална клима (Basarin et al., 2011).

Лесни ПЦБ један је од најјужнијих лесно-палеоземљишних архива промена животне средине касног (горњег) квартара у Србији. Клима овог локалитета посредује између континенталне и медитеранске области, што чини овај лесни запис потенцијално веома сензитивним на климатске промене. Методе које су коришћене за детаљну реконстеукцију палеоклимтских и палеоеколошких промена током последњег глацијалног периода у јужној Србији су: МС, МС зависан од фреквенце, боја седимената и луминесцентно датирање. Гранулометријски резултати лесног ПЦБ откривају динамику ветрова и интезитет распадања честица током последњих 35.000 година и сугерише да је оближња долина Јужне Мораве важан извор еолског материјала ове регије. Мултидисциплинарним анализама установљено је да се на овом профилу наизменично смењују фазе развоја слабо интерстадијалних земљишта са фазама са повећане депозиције лесних седимената. Садашњи резултати и открића истичу потенцијал ПЦБ као прелазног локалитета између утицаја континенталне и медитеранске ваздушне масе, што пружа нови увид на регионалну палеоклиматску еволуцију Југоисточне Европе током последњих 35.000 година (Обрехт, 2012, 2013; Obreht et al., 2014).

Коџо (2015) у свом мастер раду извршио је детаљна истраживања лесног ПЦС. На самом локалитету извршио је детаљна премеравања земљишта-лесног профила користећи геодетске методе помоћу геодетских инструмената, да би се добила карта или план у одабраној размери, односно да би се добио 3D модел терена. За истраживање, конструисање, цртање и формирање базе података, базирао се на методолошком концепту најразноврснијих технолошких достигнућа. У овом раду Коџо (2015) је успео да прикаже све лесне слојеве и палеоземљишта уз помоћ географско информационог система (ГИС). Методологија израде мастер рада одређена је карактеристикама проблематике моделирања географских појава на простору ПЦС. Коначни приказ модела је комплексан задатак и крајњи резултат истраживања је могуће реализовати применом неколико методолошких приступа. У раду су примјењени научни методи истраживања и саопштавања, односно визуелизације добијених резултата. Полазну основу истраживања чини рад на терену, односно геодетско мерење лесних наслага откривених на површинском копу. Геодетско мерење је урађено поларном методом, односно тахиметријом. Тахиметрија је одређивање положаја геодетских тачака мерењем хоризонталног и вертикалног угла. Уз теренска мерења у раду су коришћене картографске методе те методе истраживања литерарно-документационих материјала. Метод рада је описан детаљније у наредних неколико корака.

1. Геодетско мерење на локацији циглане у Сталаћу извршено је 28. 02. 2014. године са тоталном станицом „LEICA 407R POWER''.
2. Пренос података из тоталне станице у рачунар и учитавање у софтвер „SURVEY'' (AutoCAD MAP 3D 2013).
3. Лоцирана је позиција ископа у апсолутном координатном систему (MGI Balkans 7 – шифра координатног система). На основу линија ископа (снимљених и уочљивих на сателитском снимку) урађено је георефенцирање детаљних геодетских тачака.
4. Након основне обраде података у већ поменутом софтверу AutoCAD MAP 3D приступило се учитавању добијених података у софтвер „ArcMap 10.1''.
5. У AutoCAD-у су нацртане карактеристичне линије које представљају слојеве лесних наслага и карактеристике терена снимљеног на локацији у Сталаћу. У софтверу „DEM" (подмодул софтверског пакета „SURVEY") израчунат је TIN модел терена и нацртана је мрежа троуглова. На основу TIN-а су израчунате и исцртане изохипсе терена циглане (на пола метра висинске представе основне и на два и по метра главне изохипсе).
6. Подаци из AutoCAD-а (layeri: слојеви, терен, тачке и изохипсе) учитани су у ArcMap где се приступило даљој обради података.
7. На основу TIN модела израчунат је и урађен DEM (digital elevation model) модел терена.
8. Избором команди у Arc toolbox-у полигони и линије су конвертовани у 3D модел терена.
9. Успостављена је основа за базу података чије попуњавање слиеди (Коџо, 2015).

Обрехт и сарадници (Obreht et al., 2016) радили су мултидисциплинарна истраживања ЛПС ПЦС формираних током последња три глацијално-интерглацијална циклуса. Ова истраживањареализована на основу узорковања ЛПС високе резолуције. Методе које су рађене приликом ових страживања су: МС, гранулометрија, колиметријске и геохемијске анализе. Ова истраживања допуњују базу података сличних истраживања у Европи и познавање климатске еволуције током последњих 350.000 година у југоисточној Европи, као веома сензитиван климатски регион у коме се преплићу медитерански и континентални климатски утицаји. Главни циљ ове студије био је везан за утврђивање периода у којима је доминантан био медитерански климатски утицај. За разлику од лесних фосилних земљишта у Војводини која показују предоминацију континенталних климатских прилика током MIS 9 и MIS 7, резултати добијени истраживањима ЛПС у Сталаћу показују да континентални климатски утицаји у истраживаном подручју почињу

да доминирају тек током последњег интерглацијалног периода MIS 5. Значај ових истраживања проистиче из чињенице да у централном делу Балканског полуострва до сада није било никакве евиденције о плеистоценим климатским еколошким променама. Због тога, ЛПС у Сталаћу представљају значајан линк између познатих плеистоцених лакустријских климатских архива у северној Грчкој, Македонији и Албанији и интензивно истраживаних лесних профила у југоисточном делу Карпатског басена.

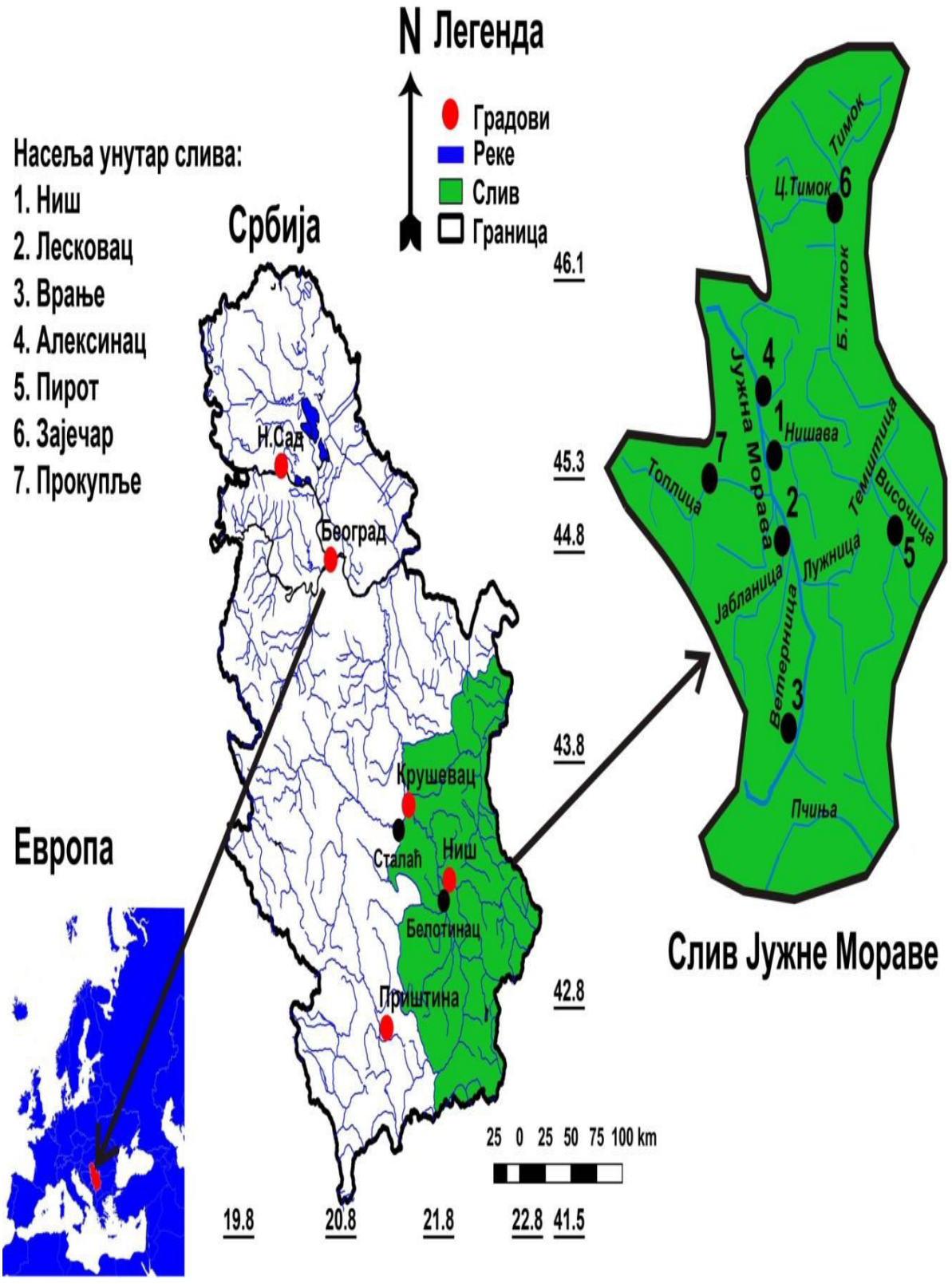
Боскен (Bösken) и сарадници (2017) извршили су детаљно узорковање са 4 субпрофила користећи слојеве палеоземљишта и тефре на ПЦС. Стратиграфско означавање пратило је шему коју је предложио Марковић и сарадници (2015) у којој су стратиграфске јединице лес и палеоземљишта означене као „L“ и „S“ и нумерисане према порасту старости. Узето је 6 луминесцентних узорака помоћу металне цеви дужине 15,0 cm, пречника 30,0 cm, а притом се водило рачуна да не уђе светлост у цеви, јер би се при уласку светлости у цев сви подаци избрисали и не би било могуће извршити датирање. Узорци су сушени у пећници на температури од 50 °C, а затим су се третирали са 10 % хлороводоничном киселином, 10 % водоник-пероксидом и 0.01 N натријум оксалат да би се уклонили карбонати, органске материје и растворени агрегати. Након темељног уклањања хемикалија, створили су се услови за луминесцетно датирање које је извршено уз помоћ метода Де-еквивалентна доза мерења (De-Equivalent Dose Measurements) и мерење брзине дозирања (Dose Rate Measurements). Добијени резултати нам говоре да дно узоркованог профила почиње слојем дебљине 20 cm (S2) који се налази на око 12 m дубине. На врху је изложен црвенкаст камибсол (11,9-12,7 m) и бледо жућкасти лесни слој (L2) дебљине приближно 2 m. Између ова два слоја узет је узорак чија је старост одређена на 139.000 година. Лесни слој L2SS1 који се налази на дубини 11,45-11,6 m, где је узет узорак за датирање и његова старост одређена је на 136.000 година. Такође, интеркалирана су и два светло смеђа слоја на дубинама 10,8-10,9 m и 10,43-10,55 m, између којих се налази тефра слој дебљине 5,0 cm чија је старост између 136.000 и 123.000 година. Треба напоменути да се тефра налази у слоју L2 чија дебљина износи 5 m. Следећи узорак узет је на 5 m дубине у слоју L1LL2. Његова старост износи око 59.900 година. У слоју L1SS1SSS2 узет је узорак чија је старост 43.000 година. Последњи узорак за датирање узет је у слоју L1LL1 и његова старост износи 28.500 година (Bösken et al., 2017).

### *1.5.3. ЛЕС НА КОСОВУ И МЕТОХИЈИ*

ЛПС на простору покрајине Косова и Метохије нису довољно истажене. Радови који обухватају територију Косова и Метохије углавном су везани за постављање јасне границе неоген/квартар (Марковић-Марјановић, 1965). Претпоставља се да се формиране ЛПС налазе на површинском копу циглане у Пећи, али до сада нису извршена никаква научна истраживања, нити је вршено узорковање лесних седимената. Уколико се створе бољи услови, свакако би требало извршити детаљна истраживања на овом простору наше земље ради добијања резултата да би се допунио мозаик палеоклиматских и палеоеколошких проучавања у овом делу Европе у току горњег и средњег плеистоцена.

# 2. ОБЛАСТ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

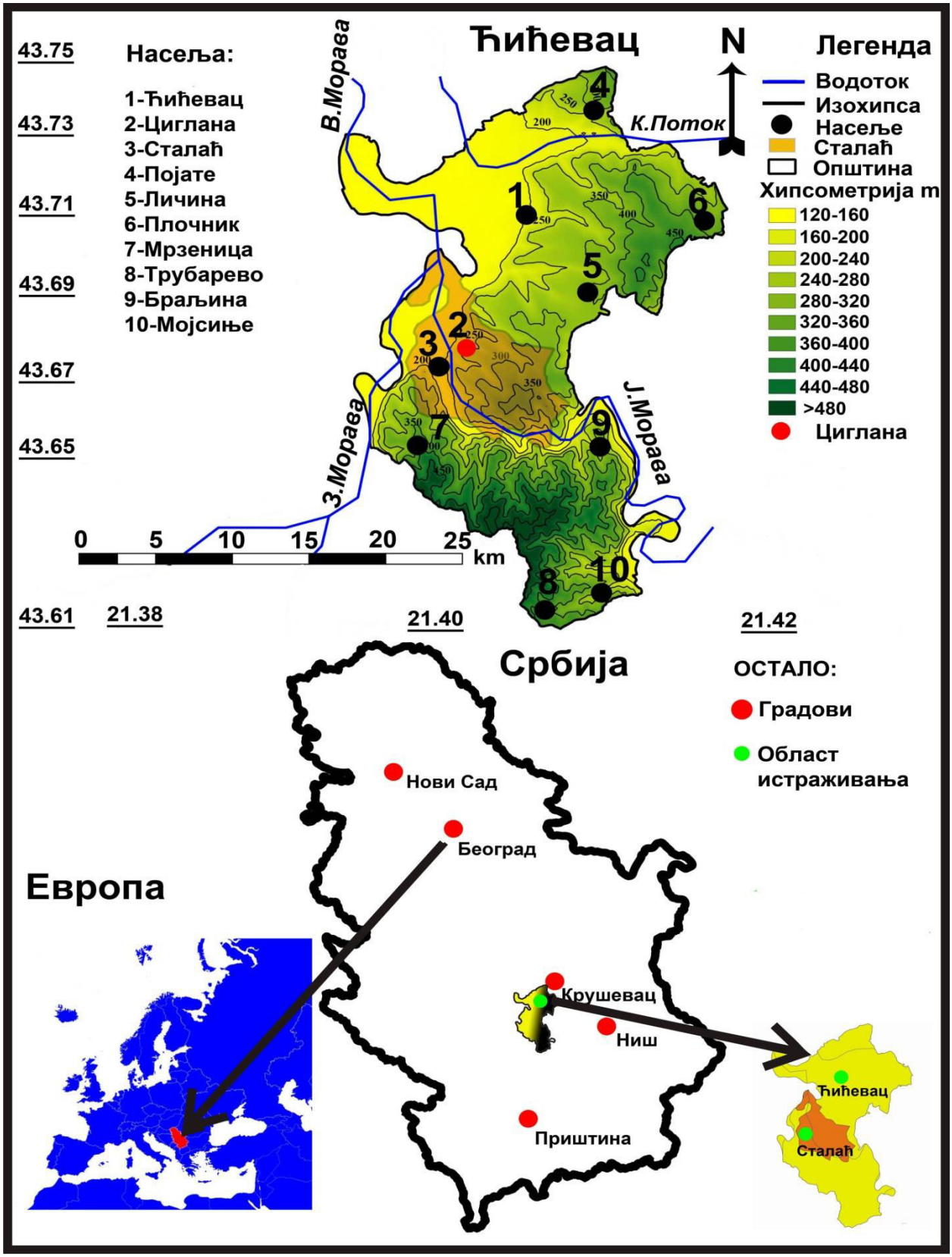
Територијаслива Јужне Мораве налази се у југоисточној Европи, на Балканском полуострву, централно позициониран у оквиру истог, (Карта 15). Слив захвата велики део територије јужне и југоисточне Србије. Преко овог простора увек су водили или се укрштали важни међународни путеви који су повезивали економски развијенија подручја Европе и мање развијена подручја Азије и Африке (Стевановић, 2012). Истраживани део подручја налази се између Грделичке клисуре и Сталаћа. У долини Јужне Мораве постоји неколико морфолошких целина међу којима су нарочито познате котлине: лесковачка, која лежи између кукавичко-чемерничке пречаге и Селичевце; нишка са добричким проширењем, између Селичевце и јастребачко-калафатске пречаге и алексиначка, која се налази између јастребачко-калафатске и буковичко-мојсињске пречаге (Rakić, 1977).




*Карта 15. Географски положај слива Јужне Мораве са хидрографском мрежом.*

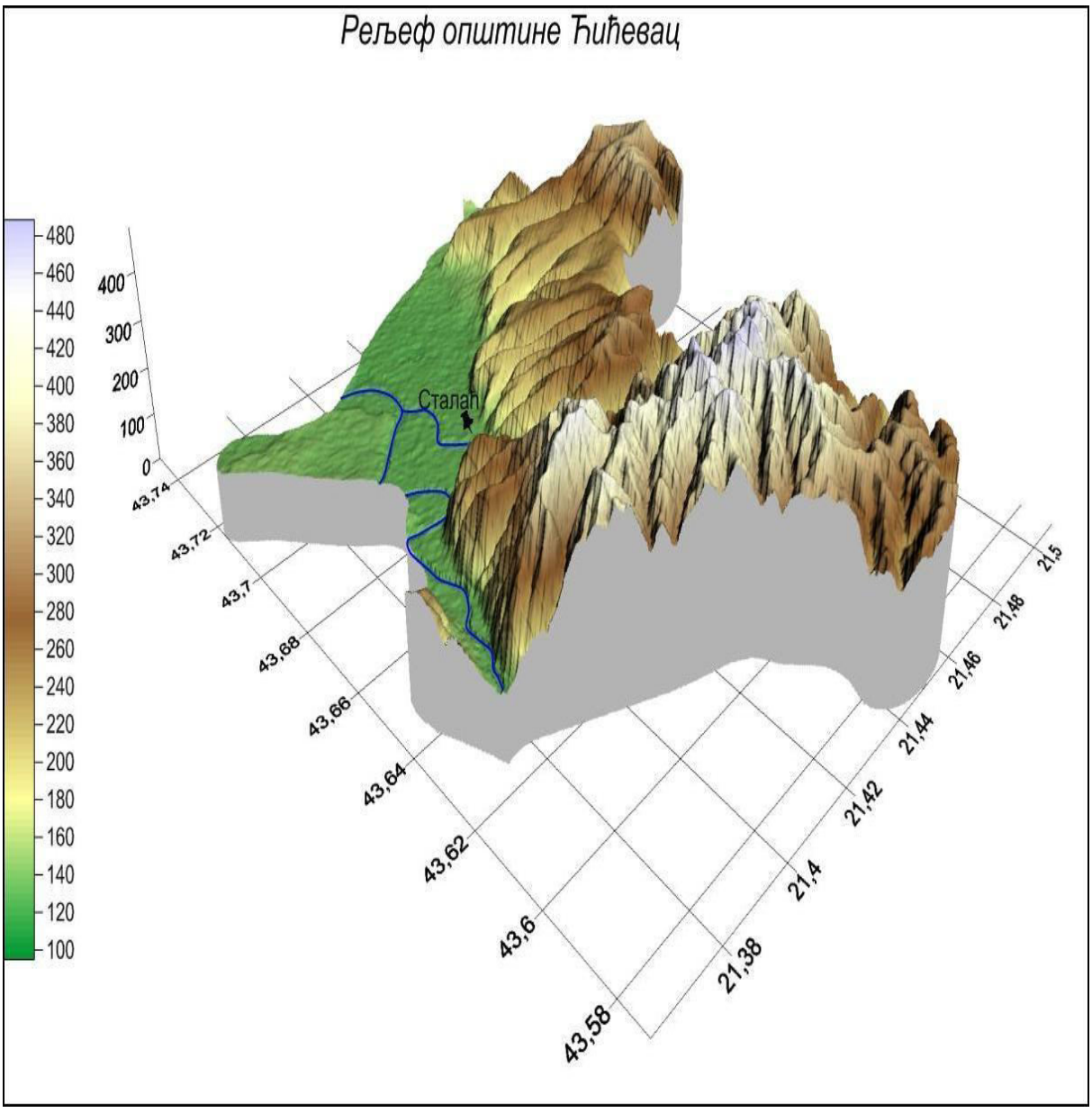
## 2.1. ЛОКАЛИТЕТ СТАЛАЋ

Сталаћ је варошица код става Јужне и Западне Мораве у Велику Мораву, на излазу из Сталаћке клисуре, (Карта 15). Раскрсница је путева и пруга у долинама три Мораве (Марковић, 1990). Општина Ћићевац (Карта 16) налази се у централној Србији, на ушћу Јужне Мораве и Западне Мораве, окружена Мојсињским планинама. Општина се граничи са оштином Параћин са северне стране, са истока са општином Ражањ, на западу са општином Варварин и на југозападу са општином Крушевац. Општина Ћићевац заузима 124 $km^2$ и налази се у северноисточном делу Расинског округа. Има 10 насељених места од којих је највећи град Ћићевац, затим по величини следе Сталаћ, Појате, Лучина, Град Сталаћ, Плочник, Мрзеница, Трубарево, Браљина и Мојсиње.




*Карта 16. Географски положај општине Ћићевац и локалитет Сталаћ.*

Веће насеље, тј. Сталаћ налази се на десној обали Јужне Мораве, мање насеље, Град Сталаћ смештен је на левој обали исте реке. Географске кординате Сталаћа су 43°40′24″ северне географске ширине и 21°24′29″ источне географске дужине. Сталаћ је, на магистралном путу према Крушевцу, 9 km југозападно од 171 km ауто-пута Београд-Ниш. Од Крушевца је удаљен 14 km североисточно и лежи на надморској висини од 140 m у равници до приближно 200 m на околним брдима. Саставци Јужне и Западне Мораве су 2,5 km северно, односно узводно од Сталаћа.




*Карта 17. Тродимензионални приказрељефа територије општине Ћићевац (Коџо, 2015).*

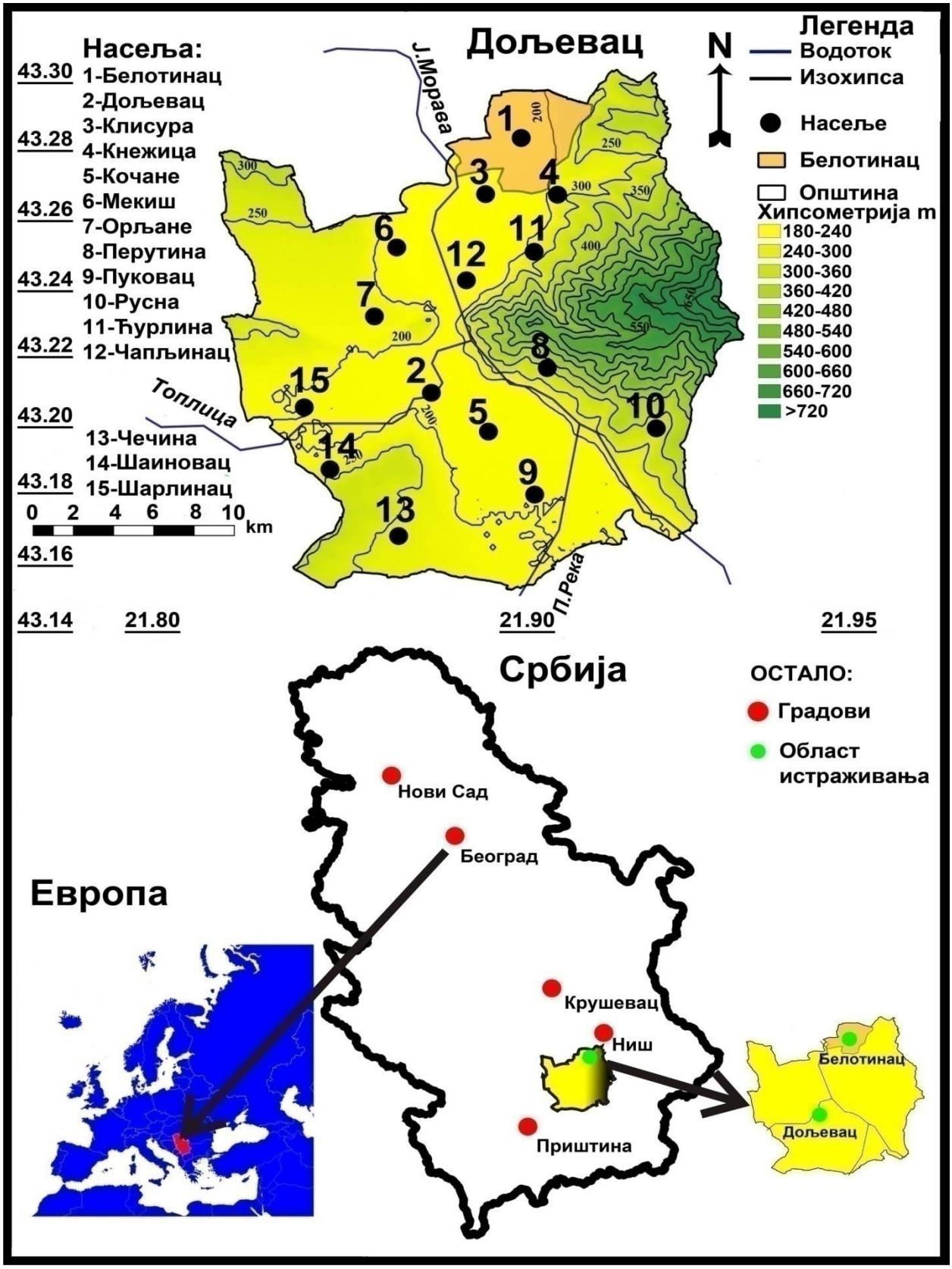
Ово подручје обилује налазиштима лесне глине и природног шљунка. Управо у том правцу се овде и развијала индустрија неметала, тј. оперска производња у Фабрици грађевинског материјала „Војвода Пријезда“. Површински коп циглане је у саставу ове фирме.

*Прилог 27. Изглед ПЦС 2013. године (горе) и изглед ПЦС 2017. године (доле) (фото: Никола Бачевић, 2013 и 2017).*

## 2.2. ЛОКАЛИТЕТ БЕЛОТИНАЦ

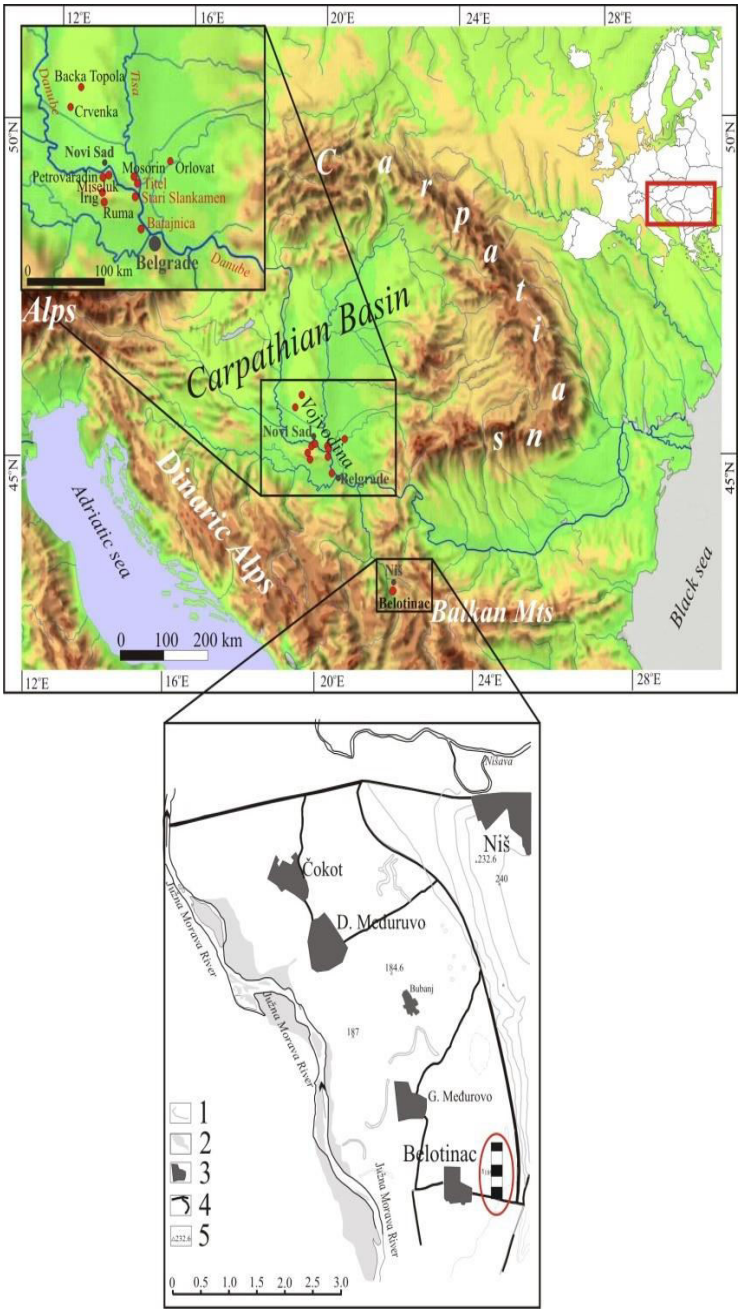
Општина Дољевац (Карта 18) се налази у Нишавском округу, у југоисточној Србији. Са истока се граничи општином Гаџин Хан, са запада општином Житорађа, са јужне стране је град Лесковац, а са севера се граничи општином Мерошина и општином Града Ниша, Палилулом. Географски, територија општине Дољевац обухвата део плодне јужноморавске долине, између градова Ниша и Лесковца, односно јужни део Нишке и северни Лесковачке котлине које су у њеном средишњем делу повезане познатим Корвинградским теснацем. Општина Дољевац обухвата 15 сеоских насеља са укупном површином од 121 $km^2$, и то:

1. Белотинац
2. Клисура
3. Кнежица
4. Кочане
5. Малошиште
6. Мекиш
7. Орљане
8. Перутина
9. Пуковац
10. Русна
11. Ћурлина
12. Чапљинац
13. Чечина
14. Шаиновац
15. Шарлинац




*Карта 18. Географски положај општине Дољевац.*

Белотинац се налази 15 km југозападно од Ниша, на врху речне терасе на источној страни у долини Јужне Мораве (Карта 19). Географске координате локалитета су 43°15,889' северне географске ширине и 21°52,163' источне географске дужине. Апсолутна висина врха профила износи 228 m (Обрехт, 2013).



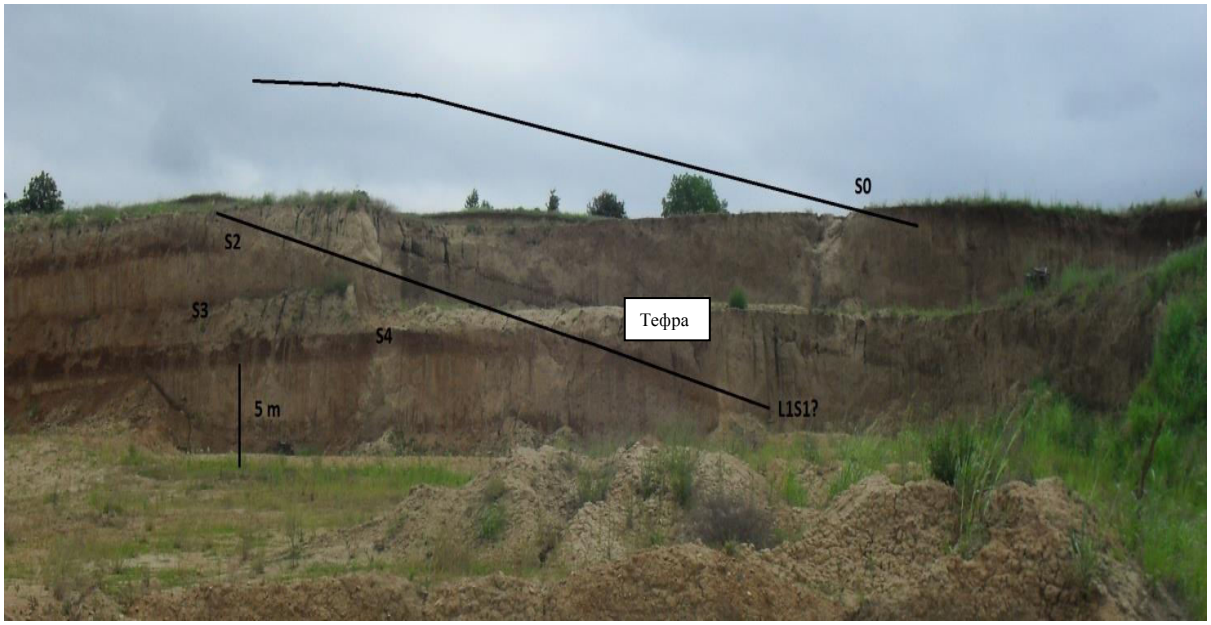

*Карта 19. Географски положај ПЦБ на Балканском полуострву са картом најзначајнијих лесних профила у Војводини (Basarin at al., 2011).*

# 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживања у овој докторској тези била су фокусирана на два локалитета, смештена у отвореним коповима циглана у Сталаћу и Белотинцу. Након реализованих теренских истраживања и одговарајућих активности везаних за узорковање ЛПС, приступљено је опсежним лабораторијским мерењима различитих магнетних, гранулометријских, геохемијских и колориметријских својстава ЛПС. Укупно је узето више од 850 узорака за различита мултидисциплинарна лабораторијска мерења, која су реализована у Лабораторији за палеоеколошку реконструкцију Универзитета у Новом Саду, Лабораторијима за палеомагнетизам и физику земљишта Универзитета у Бајројту, Немачка, Минералошкој лабораторији, Баварског Геоинститута у Бајројту, Немачка, Лабораторији Департмана за физичку географију Универзитета у Ахену, Немачка, Лабораторији за луминесцентно датирање Универзитета у Келну, Немачка и Лабораторији за луминесцентно датирање Универзитета у Генту, Белгија.

## 3.1. СТАЛАЋ

У периоду од 25. маја до 5. јуна 2013. извршено је детаљно чишћење 6 субпрофила на 3 етаже ПЦС. Због компликованих палеоморфних односа, најпре је обављена детаљна реконструкција некадашње топографске површине за сваку од анализираних лито- и педо-стратиграфских јединица како би се избегле могуће грешке приликом преклапања истраживаних субпрофила (Прилог 20). Ради што прецизнијег описивања лито- и педо-стратиграфских јединица, очишћене су вертикалне равни ширине 1 m (уклањање приближно 5 cm седимента са вертикалног профила) (Marković et al., 2006, 2007, 2009, 2011). Након детаљног чишћења, извршено је описивање лито- и педо-стратиграфских својстава истраживаних субпрофила. Узорковање је вршено на сваких 5 cm на супрофилу 1 који обухвата наносе последњег интерглацијално-глацијалног циклуса (горњи плеистоцен, MIS 2-MIS 5) и холоценог (MIS 1) земљишта, односно на сваких 10 cm на осталим субпрофилима.




*Прилог28. Палеорељефни односи ЛПС ПЦС са одговарајућим стратиграфским ознакама (фото: Никола Бачевић, 2013).*

Додатне две одвојене кампање на терену су спроведене у јуну и октобру 2013. године. Током прве кампање, око 5,5 m профила узорковано је у централном делу одељка Сталаћ (Прилог 28). Током друге кампање, четири профила на југозападној страни циглане, која се налази на падини, узорковано је из одељка Сталаћ (Прилог 28). Није било могуће узорковати целокупан одељак у континуитету, због тога што је циглана активно минирана и створене су терасе. Посебна пажња је посвећена томе да сви узорци профила буду у корелацији употребом палеоеколошких и тефра слојевима; одређена количина стратиграфског преклапања је такође укључена. Пре узорковања, 10-30cm изложеног материјала уклоњено је са свих профила, омогућавајући континуирано појединачно узорковање високе резолуције на свих пет одељака. Узорци су узети на сваких 5 cm појединачно, са изузетком четвртог профила, где је 20 узорака од транзиције најнижег палеоземљишта до изнад слоја леса узорковано на сваких 2 cm појединачно (Obreht et al., 2016).

У пролеће 2014. године прикупљено је укупно 16 узорака рецентних флувијалних наноса из Ибра (4 узорка) Западне Мораве (4 узорка), Јужне Мораве (4 узорка) и Велике Мораве (4 узорка) са исто толико различитих локација (Карта 20). Ови узорци су узети због пређења са геохимијским саставом и магнетним својствима ЛПС циглане у Сталаћу.

*Карта 20. Географски положај локалитета на којима су узорковани рецентни речни седименти Ибра, Велике, Јужне и Западне Мораве.*

### *3.1.1. МЕРЕЊЕ МАГНЕТНИХ СВОЈСТАВА ЛПС*

Након ваздушног сушења и паковања узорака у прозирне ненамагнетисане кутијице 2x2x2 cm у лабораторији Групе за истраживање леса, Департмана за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичког факултета, Универзитета у Новом Саду вршено је одређивање боје седимената употребом Munsell soil color charts и мерење ниско пољног МС употребом инструмента Bartington MS2 (Прилози 29 и 30). МС мерен у пољу ниске фрекфенције нормализован је у односу на масу измерених узорака.

*Прилог 29. Bartington MS2 сензор и дисплеј (http://www.bartington.com/ms3.html).*

*Прилог30. Мерење МС у лабораторији Групе за истраживање леса, Департмана за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичког факултета, Универзитета у Новом Саду.*

Измерене вредности МС ЛПС ПЦС су потом поређене са постојећим вредностима МС, измерене на лесним профилима у Војводини (Marković et al., 2012).

За ЛПС сталаћке циглане, које су формиране током послседња три глацијално-интерглацијална циклуса, реализована су додатна лабораторијска мерења магнетних својстава у Лабораторији за палеомагнетизам Катедре за геоморфологију, Универзитета у

Бајројту. Мерени су МС у ниском магнетном пољу и МС зависан од фрекфенције. Запреминski МС био је мерен на фрекфенцијама од 300 и 3000 Hzy статичком пољу од 300 mA/mкоришћењем Magnon International VSFM. Подаци су кориговани у односу на ефекат кутијица за узорковање и нормализовани у односу на густину. Тако су добијене вредности масено специфичног МС (χ) израженог у [$m^3$/kg] (Obreht et al., 2016). Вредности МС, зависног од фрекфеницијe магнетног поља, израчунаване су по следећој формули:

$$\chi fd = (\chi lf - \chi hf)/\chi lf*100$$ и изражаване су у [%] (Obreht et al., 2016).

### *3.1.2. МЕРЕЊЕ ГРАНУЛОМЕТРИЈСКОГ САСТАВА ЛПС*

Субузорци масе 0,1–0,3 g материјала фине гранулације (< 2,0 mmindiameter) били су изложени претретману са 0,70 mlof 30 % $H_2O_2$ на 70 °C током 12 сати. Процес претретмана се по потреби понавља. Да би се сачувала дисперзност узорка, додаје се 1,25 ml, 0,1 M$Na_4P_2O_7$ * 10 $H_2O$ и третира се токо 12 сати. Гранулометриски састав је мерен помоћу инструмента LS 13320 Laser Diffraction Particle Size Analyser (Beckman Coulter) у Лабораторији Департмана за физичку географију Универзитета у Ахену (Obreht et al., 2016).

### *3.1.3. МЕРЕЊЕ ГЕОХЕМИЈСКОГ САСТАВА ЛПС*

Узорци за геохемијске анализе су најпре просејавани кроз сита отвора 63,0 μm и потом сушени на 105 °C током 12 сати. Пресејани и осушени узорци од 8 g мешају се са 2 g Fluxana Cereox, хомогенизују и пресеју у дискове под притиском од 19,2 MPa за 120 s. Мерења заступљености различитих хемијских елемената је вршено помоћу EDPXRF коришћењем инструмента у Лабораторији Департмана за физичку географију Универзитета у Ахену (Obreht et al., 2016).

### *3.1.4. МЕРЕЊЕ ГЕОХЕМИЈСКОГ САСТАВА ВУЛКАНСКОГ СТАКЛА ИЗ УЗОРКА ТЕФРЕ*

Узорци за анализу геохемјског састава вулканског стакла из узорак тефре из слоја L1SS1LLL1 са највећим измереним вредностима Cl. Из пресејаног узорка издвојена су појединачна зрна вулканског стакла путем сепарације на основу густине. Потом су зрна полирана и припремљена за микроскопске анализе. Коришћењем ултравиолетног

дисперзивног електронског микроскопа у Лабораторији Баварског Геоинститута у Бајројту (JeolJXA8200 microprobeemployinganacceleratingvoltageof 15 keV / 6 nA). Редом су мерени следећи елементи (од првог до последњег): Na, Si, K, Ca, Fe, Mg, Al, P, Ti, Mn, Cl− (Obreht et al., 2016).

### *3.1.5. МЕРЕЊЕ КОЛОРИМЕТРИЈСКИХ СВОЈСТАВА ЛПС*

За одређивање колориметријских својстава ЛПС коришћен је апарат Konica Minolta CM-5 spectrophotometer. Боја хомогенизованих седимената одређивана је коришћењем дифузног рефлектованог светла у стандардним условима (2° Standard Observer, Illuminant C). Боја је одређивана у видљивом делу спектра (360 to 740 nm), у опсезима од 10 nm. Потом су ти резултати конвертовани у Munsellcoloursystem и CIELAB Colour Space (L*a*b*) коришћењем Konica Minolta Spectra Magic NX software (Obreht et al., 2016).

### *3.1.6. ДЕФИНИСАЊЕ КОРЕЛАЦИОНОГ ВРЕМЕНСКОГ МОДЕЛА ЛПС*

За одређивање корелационог времеског модела који се заснива на корелацији палеоземљишта са одговарајућим непарним MIS (S0–MIS 1; L1SS1 и L1SS2–MIS 3, S1–MIS 5, S2–MIS 7 и S3–MIS 9), односно лесне слојеве са парним MIS (L1LL1–MIS 2, L1LL3–MIS 4, L2–MIS 6, L3–MIS 8 и горњи део L4–позни MIS 10), како су већ дефинисали (Marković et al., 2015; Obreht et al., 2016).

### *3.1.7. ЛУМИНЕСЦЕНТНО ДАТИРАЊЕ ЛПС*

Независна потврда корелационог времеског модела добијена је резултатима луминесценог апсолутног датирања. Боскен и сарадници (Bösken et al., 2017) дефинисали су апсолутну луминесцентну хронологију ЛПС ПЦС на основу датација применом $pIR_{50}IR_{290}$ протокола. Анализе су урађене у Лабораторији за луминесцентно датирање Универзитета у Келну. Поменути луминесцентни датуми измерени су на основу узорака молиминералне фине фракције.

### *3.1.8. МЕРЕЊА ЕКВИВАЛЕНТНЕ ДОЗЕ (De)*

Узорци за одређивање еквивалентне дозе (De) су екстраховани из металних цеви у условима пригушеног црвеног светла, приликом чега је уклоњено спољних 2 cm седимента. Узорци су осушени у пећи на 50 °C, одређен је садржај воде (садржај воде/сува маса), да би затим узорци били третирани најпре раствором хлороводоничне киселине (HCL) од 10 % како би се уклонили карбонати, затим раствором водоник ($H_20_2$) пероксида од 10 % за уклањање органске материје и коначно 0,01 N натријум-оксалатом ($Na_2C_2O_4$) за растварање агрегата. Након уклањања хемикалија, узорци су раздвојени у 4–11 μm фракцију. Један део сваке фракције је третиран раствором хексафлуоросилицилне киселине ($F_6H_2Si$) од 34 % на седам дана како би се екстраховала фина зрна минерала кварца. Преостали део је задржан као полиминерална фракција.

Мерења оптички стимулисане луминесценције континуалног таласа (CW-OSL) су изведена на Risø TL/OSLDA 20 читачу. Читач је опремљен 90Sr/90Yβ извором, диодама са емитујућим плавим светлом (LED-овима) на 470 nm (FWHM = 20 nm), и IRLED-овима које емитују на 870 nm (FWHM = 40 nm). Сигнал кварца је детектован кроз HoyaU-340 филтер, док је сигнал полиминералних зрна детектован кроз 410 nm интерферентни филтер. Протокол регенеративне дозе јединачног аликвота (SARprotocol) (Murray and Wintle, 2000, 2003) је примењен за луминесцентна мерења кварца. Промене сензитивитета, размера рециковања и рекуперација су праћене путем SAR протокола (Murray and Wintle, 2000). Плато предгревања (Murray and Wintle, 2000) и тест дозне обнове (Murray and Wintle, 2003) су изведени на узорку C-L3787 пре мерења De, како би се одредила адекватна подешавања мерења. Овај узорак је коришћен за тестирање након што су прелиминарни геохемијски резултати били доступни. Геохемијски резултати су показали сличности између узорака C-L3780 и C-L3787, због чега су тестови вршени само на једном узорку. Тестови платоа предгревања су изведени са различитим температурама предгревања и прекидног загревања у распону од 160 °C до 280 °C. Температура прекидног загревања је увек била за 20 °C нижа од температуре предгревања. Тестови дозне обнове су укључивали оптичку стимулацију на 100 s и лабораторијску ирадијацију у сврху креирања познате лабораторијске дозе. Изабрана ирадијациона доза је била једнака очекиваној De. За израчунавање еквивалентне дозе, коришћена је рана субтракција позадине (Ballarini et al., 2007). Сигнал је интегрисан из првих 0,48 s од 40 s стимулације, мање позадине од наредних 1,28 s. За мерења полиминералних зрна коришћен је $pIR^{50}IR^{290}$SAR протокол (Thiel et al., 2011). Температурни тест који претходи

IR стимулацији је такође изведен (Buylaert et al., 2012). Тест дозне обнове на полиминералним зрнима је изведен на ресетованим узорцима (ресетовање је изведено у Hönle Sol 2 соларном симулатору на 24 h) са употребом температуре пре IR стимулације. Ови тестови су вршени на узорцима C-L3780, C-L3784 и C-L3787. Ова три узорка су изабрана на основу прелиминарних седиментолошких резултата који су указивали на различите јединице у профилима. Коначно, еквивалентна доза је утврђена мерењем на минимуму од 10 аликвота по узорку, путем аритметичке сврху подешавања дозне криве одзива (e.g. Banerjee et al., 2000). Сигнал је интегрисан помоћу првих 2,4 s, мање позадине последњих 25,6 s (време укупне стимулације је било 200 s). Резидуалне дозе су процењене након изблеђивања (ресетовања) аликвота на 24 h у соларном симулатору. Тестови гашења сигнала су изведени на узорцима C-L3780 и C-L3787. Овим узорцима су даване дозе од 650 Gy и 187 Gy и нормализовани луминесцентни сигнали су мерени након различитих времена складиштења, између 100 и 800 минута.

### *3.1.8. МЕРЕЊА ДОЗНЕ СТОПЕ*

Узорци за утврђивање дозне стопе су најпре осушени у пећи на 50 °C, затим је одређен садржај воде, да би на крају узорци били хомогенизовани и упаковани у пластичне цилиндре ради утврђивања дозне стопе. Након периода складиштења од четири недеље како би се компензовало ослобађање радона, измерена је концентрација радионуклида методом гама спектрометрије (спетрометар са детектором од германијума високе чистоће). Дозне стопе и старости су израчунате путем софтвера DRAC, v.1.2 (Durcan et al., 2015). Конверзиони фактор Гуеринија и сарадника (Guerin et al., 2011) као и измерени садржај воде (W) су такође укључени. Како би се покриле могуће флуктуације у садржају воде, претпостављен је широк распон стандардне грешке од ±0,5*W. Допринос интерне бета (β) дозне стопе полиминералних узорака је израчунат претпостављенимсадржајем калијума од 12,5±0,5% (Huntley and Baril, 1997). За β опадање коришћени су фактори Бренана (Brennan, 2003) и Мејдала (Mejdahl, 1979). Космичка дозна стопа је израчуната према Прескоту и Хатону (Prescott and Hutton, 1994) при чему се узимају у обзир географски положај, надморска висина и дубина узорка. Вредност алфа (α) ефикасности финих зрна кварцних узорака је процењена на of 0,036±0,003 (Kreutzer et al., 2012a). Алфа ефикасност за полиминерална зрана је одређена термалним изблеђивањем (ресетовањем) аликвота загревањем до 480 °C и давањем α доза < 200 Gy на уређају Freiberg Instruments Lexsyg Research. Након тога је одређена лабораторијска

дозаа узорака помоћу β ирадијације на Risø читачу (pIRIR протокол). Алфа ефикасност представља однос измерене β дозе, подељене са датом α дозом (cf. Kreutzer et al., 2014). За уклапање је коришћена линеарна функција.

## 3.2. БЕЛОТИНАЦ

У пролеће 2009. године реализована су теренска истарживања на локалитету Белотинац у напуштеном површинском копу некадашње циглане.

Након пажљивог чишћења профила припремљеног за опис ЛПС (Прилог 31), извршена су узорковања на сваких 5 cm по дубини за следеће анализе: фрекфентно зависни МС, МС, боја седимената (Basarin et al., 2011).Узорци за гранулометријски састав (Обрехт, 2012), узимани су на 10 cm по дубини, а узета су и три узорка за одређивање апсолутне старости седимената коришћењем оптички стимулисаног луминесцентног датирања (Basarin et al., 2011).

*Приолог 31. Очишћен ПЦБ припремљен за узорковање (фото: др Биљана Басарин, 2011).*

*Прилог 32. Узоркован гоњи део ПЦБ (фото: др Биљана Басарин, 2011).*

### *3.2.1. МЕРЕЊЕ КОЛОРИМЕТРИЈСКИХ СВОЈСТАВА ЛПС*

Боја седимената је одређена у лабораторији за палеоеколошка истраживања Универзитета у Новом Саду. Боја седимената је најпре одређена помоћу Менселовог каталога боја, а потом су те вредности прорачунате у РГБ (red green blue (RGB) color model) скали (Basarin et al., 2011).

*Прилог 33. Очишћен ПЦБ припремљен за узорковање (фото: др Биљана Басарин, 2011).*

*Прилог 34. Узоркован горњи део ПЦБ (фото: др Биљана Басарин, 2011).*

### *3.2.2. МЕРЕЊЕ МАГНЕТНИХ СВОЈСТАВА ЛПС*

Магнетне карактеристике ЛПС одређене су у Лабораторији за палеомагнетна истраживања Универзитета у Бајројту према истом методолошком протоколу који је описан у потпоглављу 3.1.1.

### *3.2.3. МЕРЕЊА ГРАНУЛОМЕТРИЈСКОГ СВОЈСТВА ЛПС*

Гранулометријски састав је одређен у Лабораторији за физику земљишта Универзитета у Бајројту. Претретман за припрему узорака је сличан оном који је описан у потпоглављу 3.1.2. Међутим, сама мерења су извршена на другом апарату Malvern Mastersizer S (Malvern Instruments, Worcestershire, UK) са распоном мерења пречника честица од 0,02 nm до 2,0 mm (Obreht et al., 2014).

### *3.2.4. МЕРЕЊЕ ГЕОХЕМИЈСКОГ САСТАВА ЛПС*

Припреме узорака за лабораторијске анализе резултата за укупан органски угљеник, укупан азот и стабилне изотопе угљеника и азота вршене су у лабораторији за палеомагнетна истраживања Катедре за геоморфологију Универзитета у Бајројту (Прилог 35), а експерименти су вршени у лабораторији Катедре за биохемију земљишта Универзитета у Халеу.

*Прилог 35. Припрема узорака (фото: Симон Рас, 2012).*

За одређивање састава укупног органског угљеника (total organic carbon - TOC), састава укупног азота (total nitrogen - TN) и записа стабилних изотопа угљеника и азота узорци су били припремљени према прописаној процедури из студије, како би се уклонио неорганski угљеник. Укратко, око 200 mg сваког узорка је било испрано са 0,6 N HCl и остављено у стакленим бочицама пет дана на температури од 40 °C, са свакодневним додавањем киселине. Киселински супернатант је пажљиво одстрањен пипетом, а узорци су неколико пута испрани дестилованом водом да би се уклонили преостали јони хлора. После последњег таложења, раствор је био испран још једном и узорци су били остављени да се суше на 40 °C. Тестови за утврђивање присутности угљеника потврдили су да је неорганski угљеник уклоњен, а да је губитак органског угљеника минималан због хидролитичких реакција. TOC, TN, δ13C и δ15N одређени су сувим сагоревањем приближно 40 mg узорка помоћу Carlo Erba NC 2500 елементарног анализатора спојеног са Delta Plus спектометром непрекидног протока изотопског коефицијента масе (IR-MS) преко Conflov II interface (Thermo Finnigan MAT, Bremen, Germany).

### *3.2.5. ЛУМИНЕСЦЕНТНО ДАТИРАЊЕ ЛПС*

Независна потврда корелационог времеског модела добијена је резултатима луминесценог апсолутног датирања. Басарин и сарадници (Basarin et al., 2011) су дефинисали су апсолутнулуминесцентну хронологију ЛПС ПЦБ на основу датација применом IRSL протокола. Анализе су урађене у Лабораторији за луминесцентно датирање Универзитета у Генту. Поменути луминесцентни датуми измерени на основу фелдспатних узорака (Basarin et al., 2011).

# 4. РЕЗУЛТАТИ

Да бисмо могли боље сагледати палеоклиматске и палеоеколошке промене записане у ЛПС локалитета у Сталаћу и Белотинацу, потребно јеизвршити педо-и литостратиграфски опис истраживаних локалитета,реконструкцију палеорељефа на основу просторних односа лесно-палеоземљишних секвенци и извршити синтезу свих постојећих теренских и лабораторијских резултата везених за ове локалитете.

Обимни резултати оптички стимулисаног луминесцентног датирања (Basarin et al., 2011; Bösken et al., 2017), МС,гранулометријског и геохемијског састава ЛПС (Обрехт, 2012; Obreht et al., 2014, 2016) и боје седимената (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014, 2016) пружају добар увид у палеоклиматске и палеоеколошке промене овог локалитета.

Резултати истраживања ће бити приказани у следећим подглављима: 4.1. Педо- и лито-стратиграфски опис истарживаних профила, 4.2. Реконструкција палеорељефа на основу просторних односа ЛПС, 4.3. Луминесцентно датирање, 4.4. Магнетна својства ЛПС, 4.5. Гранулометријски састав, 4.6. Геохемијски састав и 4.7. Боја ЛПС посебно за локалитете у Сталаћу и Белотинацу.

## 4.1. ПЕДО- И ЛИТО-СТРАТИГРАФСКИ ОПИС ИСТРАЖИВАНИХ ПРОФИЛА

Теренски опис истраживаних профила представља основ за валидно дефинисање педостратиграфских и палеогеоморфолошких односа који су били актуелни током неизменичног формирања лесних, односно педолошких хоризоната. Детаљно описивања профила обављено је након пажљивог чишћења профила, а пре самог узорковања и мерења која су реализована током теренских истраживања.

За ралику од главних педостратиграфских јединица неколико метара моћних глацијалних лесних хоризоната, односно маркантних интерглацијалних педокомлекса,који се визуелно потпуно јасно разликују, мање уочљиве морфолошке разлике између стадијалних танких лесних прослојака и интерстадијалних, иницајлних слабо уочљивих земљишта понекад је тешко разрешити на самом терену. Међутим, ове на први поглед слабо уочљиве педолошке творевине морају бити педантно назначене у опису ЛПС, јер оне могу да објасне одређене, понекад и неочекиване разлике добијених лабораторијских мерења. Због тога смо током описа ЛПС на оба истраживана локалитета

евидентирали најситније појаве специфичних педолошких творевина физичко-хемијског и биолошког порекла.

### *4.1.1. СТАЛАЋ*

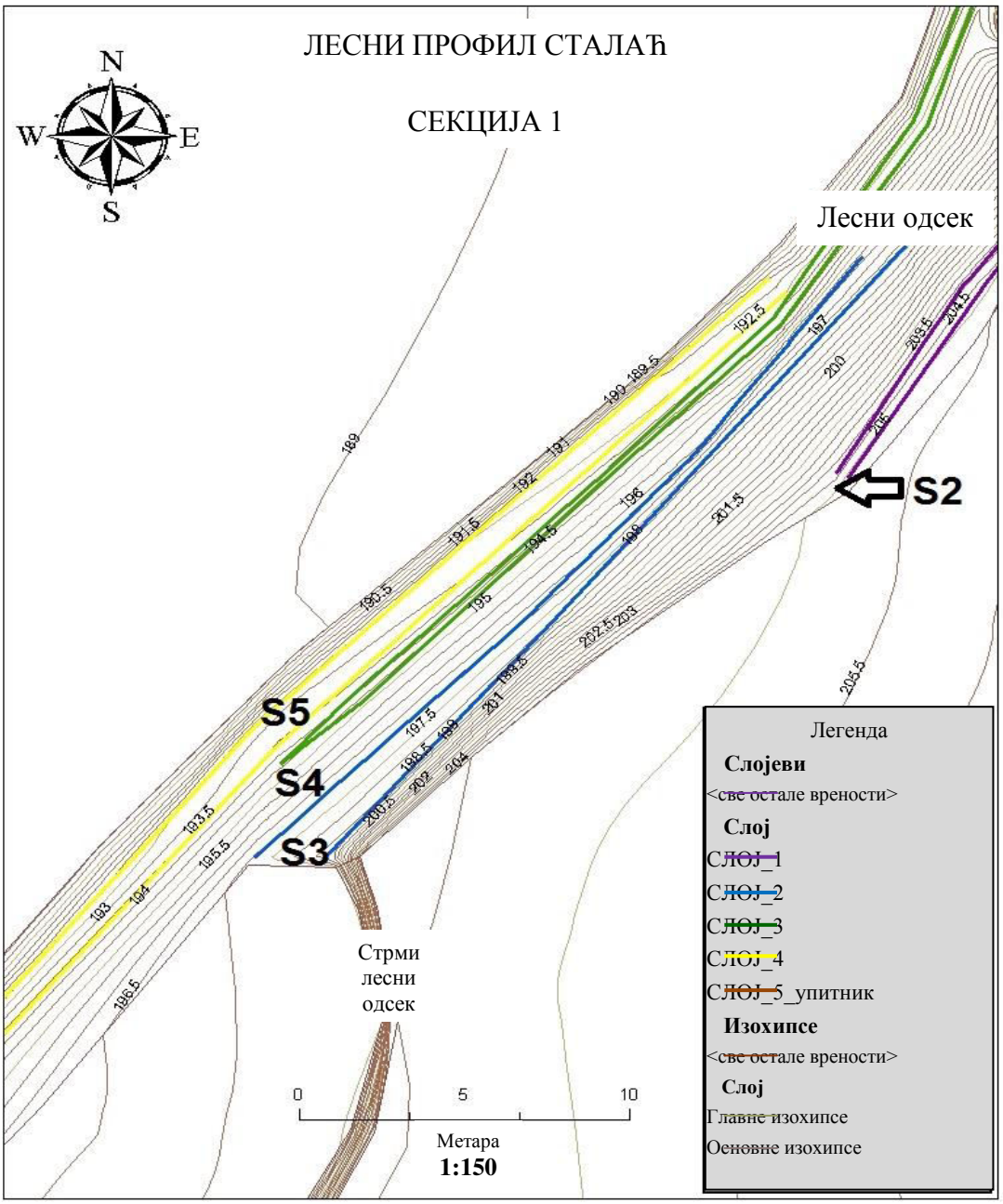
Лесни ПЦС има композитан карактер, како због великих морфолошких разлика уочених педокомплекса, тако и због постојања више антропогених рељефних нивоа насталих тооком експлоатације сировина за производњу грађевинског материјала. Због веома сложених палеорељефних услова, доста је тешко реконструисати просторне односе између различитих ЛПС. Значајни нагиби, вишефазна ерозија, неједнаке стопе седиментације представљају само неке од отежавајућих околности, које утичу на лимитације везане за адекватну просторну реконструкцију ЛПС ПЦС (Прилози 36 и 37). Због тога је током неколико теренских истраживачких кампања, почев од 2013. године, издвојено више субпрофила на којим су била фокусирана наша истраживања. Како је већ раније истакнуто ова истраживања су била реализована са колегама из Немачке (са Универзитета у Ахену и Бајројту) У табели 4 су систематски приказана најзначајнија морфолошка својства уочених педокомплеса на простору ПЦС (Прилог 37). Укупна дебљина анализираних ЛПС износи око 20,5 m.

*Прилог 36. Откривене ЛПС на ПЦС (фото: Слободан Б. Марковић, 2013).*

*Прилог 37. ЛПС на ПЦС пластично илуструју сложене палео рељефне односе (фото: Слободан Б. Марковић, 2013).*

Праћењем пружања палеоземљишта могуће је у великој мери пластично реконструисати палеорељефне односе, о чему ће више речи бити у следећем поглављу. Такође, треба рећи да се морфолошка својства у великој мери разликују у зависности од некадашњих и савремених геоморфолошких односа. Тако су јаче развијена земљишта у локалним депресијама у односу на педолошке творевине које су развијене на падинама различитог нагиба. Међутим, лесни слојеви и фосилна земљишта развијена су на падинама различитог нагиба због, по правилу, већих стопа седиментације (Прилози 36 и 37).

Поред палеопедолошких творевина, важане стратиграфске репере представљају и слојеви тефре. На ПЦС нађена су два слоја вулканских туфита. Старији, у доњем делу лесног хоризона L2 (Прилог 38). Сличан слој вулканског пирокластичног материјала се налази и у лесним профилима Војводине и јуже Румуније (Marković et al., 2015). Порекло ове тефре, односно вулкан од чије ерупције овај стратиграфски репер води порекло, још увек је непознат. Млађи слој тефре одговара познатој снажној ерупцији вулкана која се одиграла пре ~ 40.000 година у централној Италији, познатој као Campanian Ignimbrite (Marković et al., 2015). Овај широкораспрострањени слој тефре уочен је у танком лесном хоризонту L1SS1LLL1, видљивом у ПЦС који се налазе у локалним палеодепресијама (Obreht et al., 2016).




*Прилог 38. Детаљан дигитални елевациони модел ЛПС ПЦС. Приказане су апсолутне висине доње и горње границе различитих палеопедолошки хоризонта тако да је могуће пратити њихову моћност у различитим деловима истраживаних профила (Коџо, 2015, модификовано).*

*Прилог 39. ЛПС на ПЦС; аутор показује слој тефре изнад палеоземљишта S2 (фото: Слободан Б. Марковић, 2013).*

Детаљан морфолошки опис рецентног и палеоземљишта који се могу уочити на лесним ПЦС, приказан је у табели 5. Јасно се уочавају значајне педогенетске разлике између млађих и старијих палеоземљишта, које се превасходно испољавају у виду различите боје, педолошке текстуре и структуре, односно појаве различитих педогенетских хоризоната. Генерално посматрано, старији педокомплекси се одликују изразито црвеном бојом и цикличнији су савременим медитеранским земљиштима. Медитерански климатски утицај губи током педогенезе млађих фосилних и рецентног земљишта, која су настала под предоминантним континенталним климатским утицајима. За ралику од великог диверзитета палеопедолошких творевина, лесни хоризонти се одликују мањим морфолошким разликама, али се ипак често може уочити ралика у боји између различитих лесних хоризоната. Поменуте разлике у боји лесних слојева могу да се објасне разликама у примарном пореклу лесних честица, односно да ли оне долазе у већој мери из слива Јужне Мораве или Западне Мораве.

*Табела 5. Морфолошка својства рецентно-г и палео-земљишта ПЦС.*

| Педокомплекс | Хоризонт | Опис |
|---|---|---|
| **S0** | **Ah** | Горњи P хоризонт је настао под интензивним антропогеним утицајем, садржи пуно комада цигле и других отпадака;<br>средњи Ah хумусно акумулативни молични хоризонт, предоминантна грануларна структура са појавом блоковске структуре у доњем делу;<br>доњи AB хоризонт се одликује нешто тамнијом бојом у односу на горњи хоризонт и има преовлађујућу блоковску структуру. У контакту са доњим лесним хоризонтом L1LL2 јављају се мање сферичне конкреције пречника до 2 cm заједно са инфлитрацијама земљишног материјала из горњих педолошких слојева у некадашњим коренским кананлима и кротовинама. |
| **L1SS1** | **A** | Инцијални молични хоризонт, грануларна структура, боље уочљив на падинским странама где му и расте моћност и рачва се у два субхоризонта L1SS1SSS1 и L1SS1SSS2, које међусобно раздваја танки слој леса L1SS1LLL1 у којем се налази и вулкански тифит. |
| **L1SS2** | **A** | Инцијални молични хоризонт, грануларна структура, чернозему сличан палеопедолошки хоризонт. |
| **S1** | A<br>Ah | Инцијални молични хоризонт, грануларна структура<br>Тамнији Ah доњи хумусно-акумулативни хоризонт, грануларна структура |
| **S2** | A | Прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром |
| **S3** | AB<br>B | Горњи прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром<br>Доњи вертични B хоризонт са блоковском структуром |
| **S4** | A<br>AB | A хоризонт<br>Прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском |

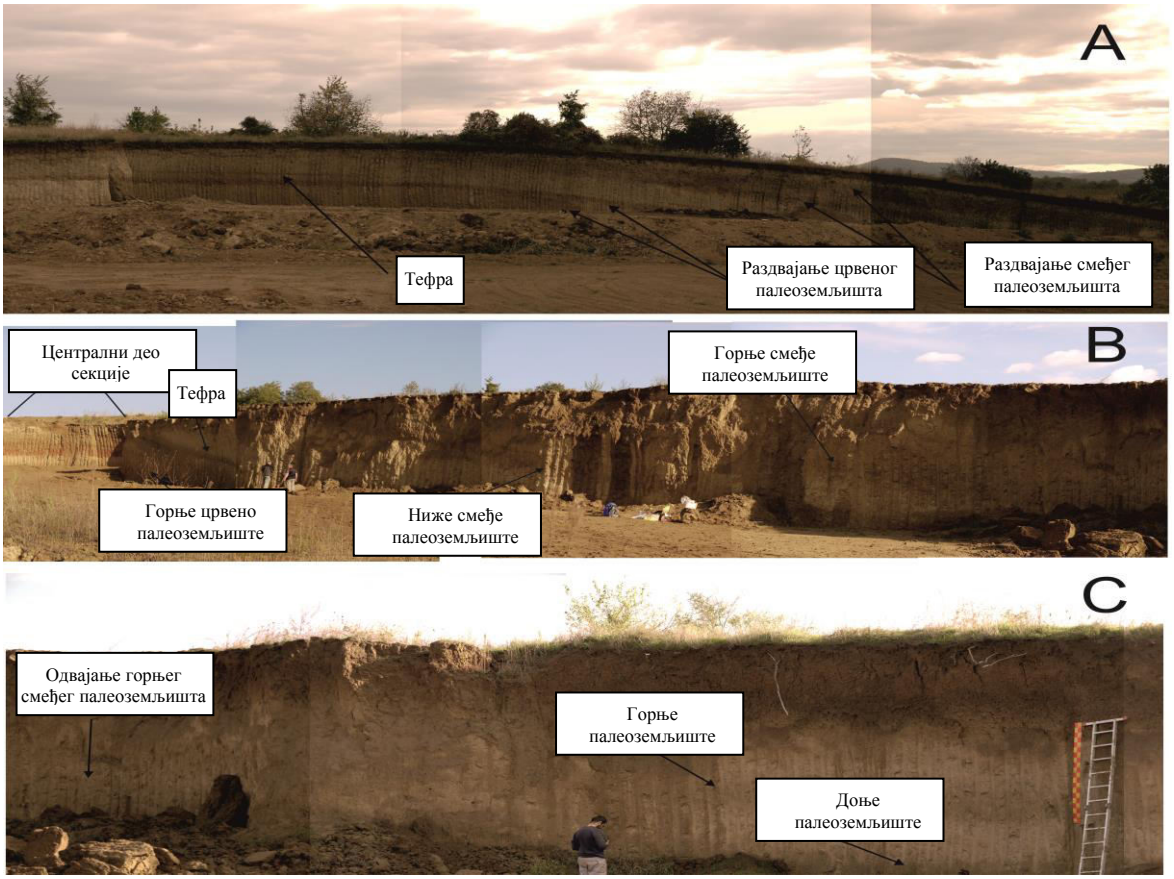
| | | |
|---|---|---|
| | | структуром |
| | Bv | Слабо рубификовани вертични B хоризонт са полихедралном структуром |
| | Ah | Доњи хумусно акумулативниAh хорзонт са хидроморфним творевинама |
| **S5** | A | A хоризонт |
| | Ah | Хумусно акумулативни хорзонт |
| | AB | Прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром |
| | Bt | Рубификовани моћни Bt хоризонт са полихедралном структуром |
| **S6** | A | Иницијалн A хоризонт |
| | Ahm | Хумусно акумулативни хорзонт Ah са грануларном структуром |
| | AB | Прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром |
| | B | Слабо рубификовани B хоризонт са полихедралном структуром |

Најстарије ЛПС су откривене у западном делу ПЦС. Најстарији лесни хоризонт је L7. Овај средње плеистоцени лесни хоризонт једино је могуће видети на дубини од неколико десетина cm испод најстаријег видљивог палеопедокомплекса S6 ПЦС.Најстарији уочени палеопедолошки комплекс, уочен на ПЦС S6, представља изразито рубификовано палеоземљиште. Састоји се од доњег, слабо рубификованог B хоризонта са полихедралном структуром. У средишњем делу развијен је нешто светлији прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром. Потом се градуално наставља опадање интензитета педогенезе што илуструје појава горњих: хумусно акумулативног моличног хорзонта Ahm са грануларном структуром и на крају најмлађег A хоризон иницијалне педогенезе који пестепено исклињава прелазећи у млађи лесни хоризонт L6.Светлији, скоро 3m моћни лесни хоризонт L6, моћни лесни хоризонт. У његовом средишњем делу се могу издвојити два слоја који су настали као последица одвијања иницијалних педогенетских процеса. У горњем делу лесног слоја L6 види се мноштво малих серичних карбонатних конкреција и биотурбација, пре свега хумичних

инфилтрација из млађег, горњег фосилног земљишта S5. Следећи интензивно развијени педокомплекс S5 има изразито комплексну грађу профила и моћност од приближно 2m. Рубификовани, моћни, упечатљиве морфологије Bt хоризонт са полихедралном структуром развијен је у доњем делу овог фосилног педокомплекса. Видљиви су трагови интензивних процеса распадања примарних минерала. Изнад њега је развијен прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром, која је такође веома маркантна палеопедолошка творевина. Овај средишњи палеопедолошки хоризонт постепено прелази у. молични хумусно акумулативни хорзонт грануларне структуре. У најмлађем делу овог палеопедокомплекса формиран је A хоризонт иницијалне педогенезе са слабо уочљивом грануларном структуром.

Потом следи танки лесни хоризонт L5 моћни лесни хоризонт. У горњем делу лесног слоја L6 могу се видети мале серичне карбонатне конкреције и биотурбације настале хумичним инфилтрацијама у шупљинама које су изградили некадашњи корени биљака из млађег, горњег фосилног земљишта S4.

Посебно интересантну структуру сачуваних педогенетичких хоризоната одсликава палеопедокомплекс S4. Доњи хумусно акумулативниAh хоризонт са хидроморфним творевинама представља суштинско морфолошко својство овог фосилног земљишта A хоризонт. Потом следи средишњи слабо рубификовани вертични B хоризонт са полихедралном структуром. Изнад је развијен прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром и на крају A хоризонт иницијалне педогенезе са слабо уочљивом грануларном структуром.

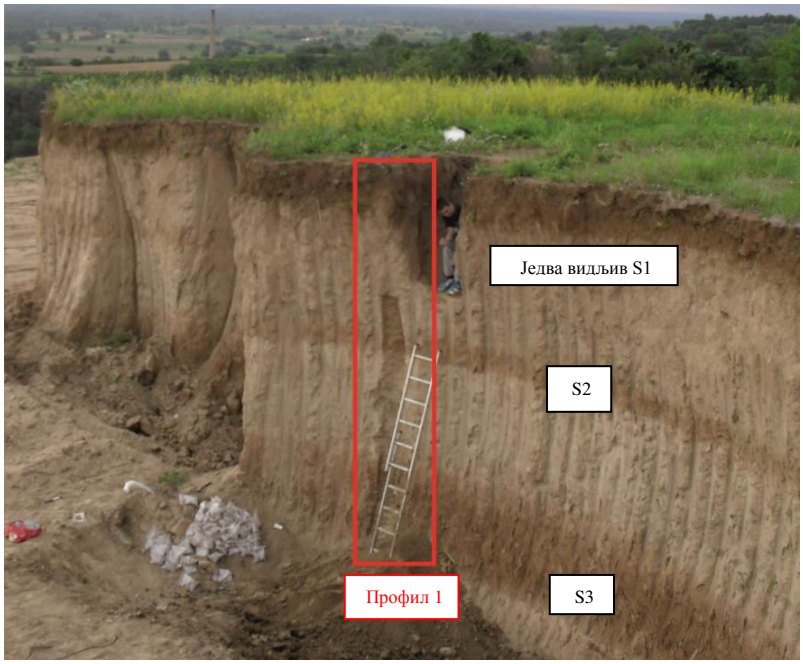



*Прилог 40. ЛПС у источном делу ПЦС а) диверзитет ЛПС од рецентног земљишта S0 до лесног слоја L3;b) пластичне промене рељефа видљиве на основу промене морфологије ЛПС од лесног субхоризонта L1LL1до палеоземљишта S2SS1;c) ЛПС последњег глацијалног периода.*

Веома разнородна морфолошка својсва ЛПС откривених у ПЦС не зависе у толикој мери од палеоклиматских предиспозиција, колико су зависни од палеорељефних услова. То се нарочито односи на млађе ЛПС. На пример, фосилна земљишта L1SS1 и L1SS2 готово да нису видљива на врху профила, али идући према падини профила постају све уочљивија и моћнија. Слична ситуација је и са фосилним зенљиштем S1 (Прилог 40). За горњих приближно 15 m профила који су формирани током последњих 3 глацијално-интерглацијалних циклуса, односно последњих ~350.000 година. Због веома сложених (палео) рељефних односа, било је потребно узорковати, анализирати и коначно уклопити чак пет истраживаних профила који репрезентују палеодепресију која се пружа од истока према западу ПЦС.

Профил 1 узоркован током првих теренских истраживања из 2013. године приказан је на Прилогу 41 и обухвата седиментну серију која покрива временски интервал

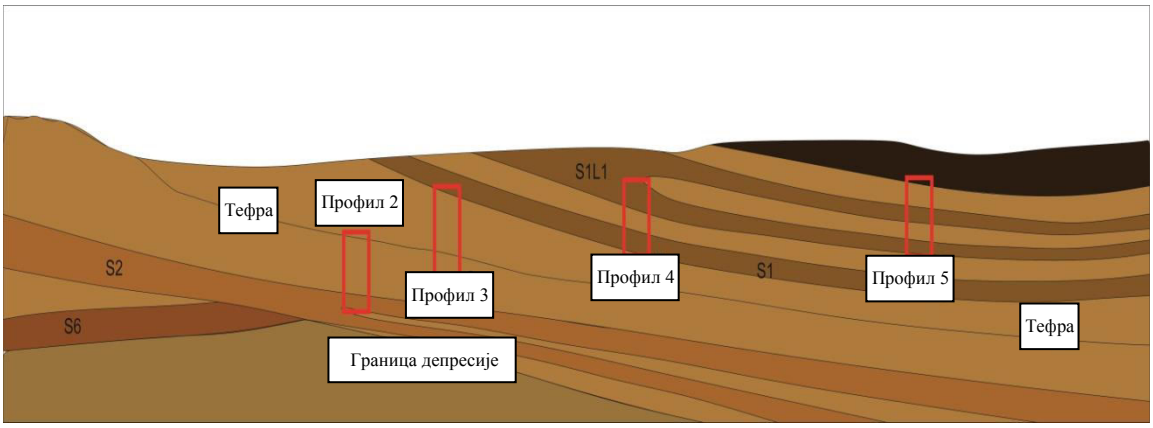
од последњих ~ 350.000 година. Међутим, последњих ~ 190.000 (интервал од S2 до S0) сачуван је у веома малој резолуцији и могуће неконтинуираном талогу или чувању.




*Прилог 41. Профил 1 узоркован током 2013. године*

Профил 1 има дубину од 5,55 m. У доњем делу профила 2 приближно 40 cm од доње основе профила, може се уочити лес са малим сферним акумулацијама, релативно меканих секундарних карбоната у горњем делу лесног хоризонта L4. Изнад је снажно развијен, браон-црвенкасти B хоризонт са јако израженим вертичним карактеристикама. То је палеоземљиште S3, укупне дебљине 1,25 m (од 0,40 m до 1,65 m). Најниже 0,4 m палео-земљиште има браон-црвенкасти B хоризонт. Од 0,8 m до 1,3 m, снажно је развијен браон-црвенкасти B хоризонт, који је нешто тамније боје него слој испод. На врху овог слоја, карбоантне конкреције су такође развијене најчешће у некадишњим коренским каналима. Оба хоризнта имају обликовану структуру типичну за вертични хоризонт. Очуван је црвенкасто-браон Ah хоризонт са зрнастом структуром од 1,0 m до 1,65 m. Изнад овог сложеног палеоземљишта, од 1,65 m до 3,00 m, је слој светло жутог леса L3. На 2,5 m дубине уочена је кротовина, али је узорковање на том месту избегнуто. Од 3,00 m до 3,45 m дубине профила, развијен је наредни камбисол са вертичним карактеристикама (S2), тачније речено, видљиви су трагови пукотина дуж којих се меша садржај педолошких хоризоната од горе према доле. Треба истаћи да је S2 мање снажно развијен него старије палеоземљиште S3.

Типичан порозни лес (кречна наслага, прапор) изложен је на земљи од 3,45 m до 4,00 m. Овај слој леса (кречна наслага, прапор) је обложен веома слабим, свим земљаним хоризонтом дебљине око 0,25 m (обухвата S1L1SS1). Од 4,65 m до 5,00 m је највиши и најмлађи слој леса (кречне наслаге, прапор) који је пронађен у (L1LL1). На врху унутар ове кречне наслаге (лес, прапора) од 5,00 m до 5,55 m изложено је савремено земљиште (S0), са Ah хоризонтом дебљине 0,1 m и зрнастом структуром на средини и Ah хоризонтом на врху (јако оштећене атропогеним деловањем што показују рушевине цигли).




*Прилог 42. Профили 2,3,4 и 5 који репрезентују ЛПС од палеоземљишта S2 до савременог земљишта S0.*

Профил 2 приказује најстарији (стратиграфски најнижи) део профила на косини палеорељефне депресије. На дну првих 0,2 m је лес. Добро развијено палеоземљиште (од 0,2 m до 1,0 m) је обликован изнад слоја кречне наслаге (лес, прапор) S2LL2 и представља S2SS2 међу слој земље. На врху ове земље је сачувано 0,3 m кречне наслаге (лес, прапор) којим покрива слабо развијен 0,15 m дебео бордо палеоземљиште (S2SS1). Изнад 1,45 m је изложена бледо жута кречна наслага (лес, прапор) на којој су приказане неке црне органске тачке (од 1,45 m до 2,90 m). Сиви и груби слој вулканског туфита (тефре) налази се на врху профила (од 2,90 m до 2,95 m).

Дно профила 3 почиње на око 0,2 m испод слоја тефре која има дебљину око 5 cm. Изнад следи нови слој леса (3,85 m) који садржи карбонантне конкреције у доњем делу (L2). Слој леса L2 је подељен слабо развијеним органским слојем на око 3,05 m и 3,50-3,60 m. На врху је развијен фосилни чернозем S1 са кречњачким конкрецијама и биотурнацијама са инфлтрацијом педолошког материјала испод доње основе овог земљиштаа (4,10-4,45 m).

Профил 4 почиње у најмлађем делу лесног хоризонта L2 (0,0-0,5 m) и наставља до око 0,85 m у виду палеоземљишта S1. Изнад тог палеоземљишта на 1,3 m налази се дебео слој леса. Од дубине 2,5 m до врха узоркованог профила (3,05 m) развијено је палеоземљиште.

Дно профила 5 одговара горњем палеоземљишту из профила 4. Ово палеоземљиште има дебљину 1,00 m. Следи тамни слој леса (1,00-1,85 m). Изнад тога развијен је следећи палеоземљишни хоризонт (1,85-2,65 m). Светлобраон слој леса је видљив од 2,65 m до 3,70 m. На врху је развијено садашње земљиште чији је врх у великој мери деградиран антропогеним деловањем, о чему сведочи присуство великог броја одломака цигала и другог отпада.

#### *4.1.1.1. СПАЈАЊЕ ПРОФИЛА 1, 2, 3, 4 И 5*

Главни делови пет посебних узоркованих профила су спојени тако да се добије хибридни профил ЛПС ПЦС, формираних током последња 3 глацијално-интерглацијална циклуса. Стратиграфија профила 2, 3, 4 и 5 је евидентна од нагиба делова леса и палеоземљишта на тераси циглане; узорковање је извршено како би се имала нека преклапања између ових под-профила. Прилог 42 показује преклапање неких физичких и хемијских података коришћених за спајање (магнетна осетљивост, U однос, $L^*$, $a^*$, CaO и Cl). Узорковање нагнутних профила 2-5 потенцијално могу захтевати седиментно наслеђе са својом стварном усправном акумулацијом наноса. Када претпостављамо не-вертикалну акумулацију, сматрамо усправну акумулацију на падинама. Дубина узорковања процењује стварну дебљину седиментације, и можда, помало промашеног не-синдепоситионалног талога. Због високе резолуције узорковања и јасне аутокорелације података, ми не сматрамо ово као питање, али је важно за разумевање седиментног наслеђа.

Дакле, ми смо користили само ниже делове профила 1, горњи део профила L4 и крај S2 за спајање. Профил 2 обухвата период од формирања горњег дела S2 и нижег дела L2. Пошто профил не обухвата цео S2, веома је сложено спојити горњи део S2 палеоземљишта (S2SS) из профила 1 са целим S2 палеоземљишта из профила 1, јер показују различите временске резолуције. Тако, профил је спојен на крају S2 профилу 1 и на почетку L2 профилу 2. Уопштено, однос профила 1 и 2 напред није раван пошто ови профили формирају различита геоморфолошка подешавања. Мора се нагласити да профили 2 од 5 су наслагани на падини и стога могу бити формирани под различитим

наслаганим режимом. Тако, прелаз из профила 1 у профил 2 је третиран са посебном пажњом приликом тумачења података. Упркос разликама у неким од многих података (на пример, боја), ми смо расправљали о томе да се општи палеоклиматски сигнали и трендови морају јасно одвојити, пошто је сличан узорак посматран на L2 слоју оба профила. Међутим, треба нагласити да није могуће директно упоредити седиментне стопе од профила 1 до профила 2. Дакле, ова студија није фокусирана на седиментне стопе, посебно због тога што седиментне стопе не морају бити репрезентативне за талоге нанете на нагибу. Спајање профила 2 и 3 је право напред. Повезали смо профиле преко тефра слоја (Прилог 42).

Изазовније је било спајање профила 4 и 5. Профил 4 не допире докраја горњег L1SS2 палеоземљишта, док профил 5 почиње на почетку истог дела палеоземљишта без повезивања слојем кречне наслаге (лес, парапора) испод. Ниже границе палео земљишта немају уклапање тако добро као између профила 3 и 4. Тако да спајање није извршено на дну палеоземљишта, али у палеоземљишту већина заступљених показује сличне вредности (око 0,25 m испод краја профила, 4,0 m и 0,2 m изнад почетка профила 5; Прилог 42). Могуће је да је неколико центиметара талога дупло приказано или да недостају, али уопштене разлике у подацима су мале. Тако, расправљали смо да ова разлика не пати од главних проблема. Коначна мешавина профила је приказана у Прилозима 36 и 34.

### *4.1.2. БЕЛОТИНАЦ*

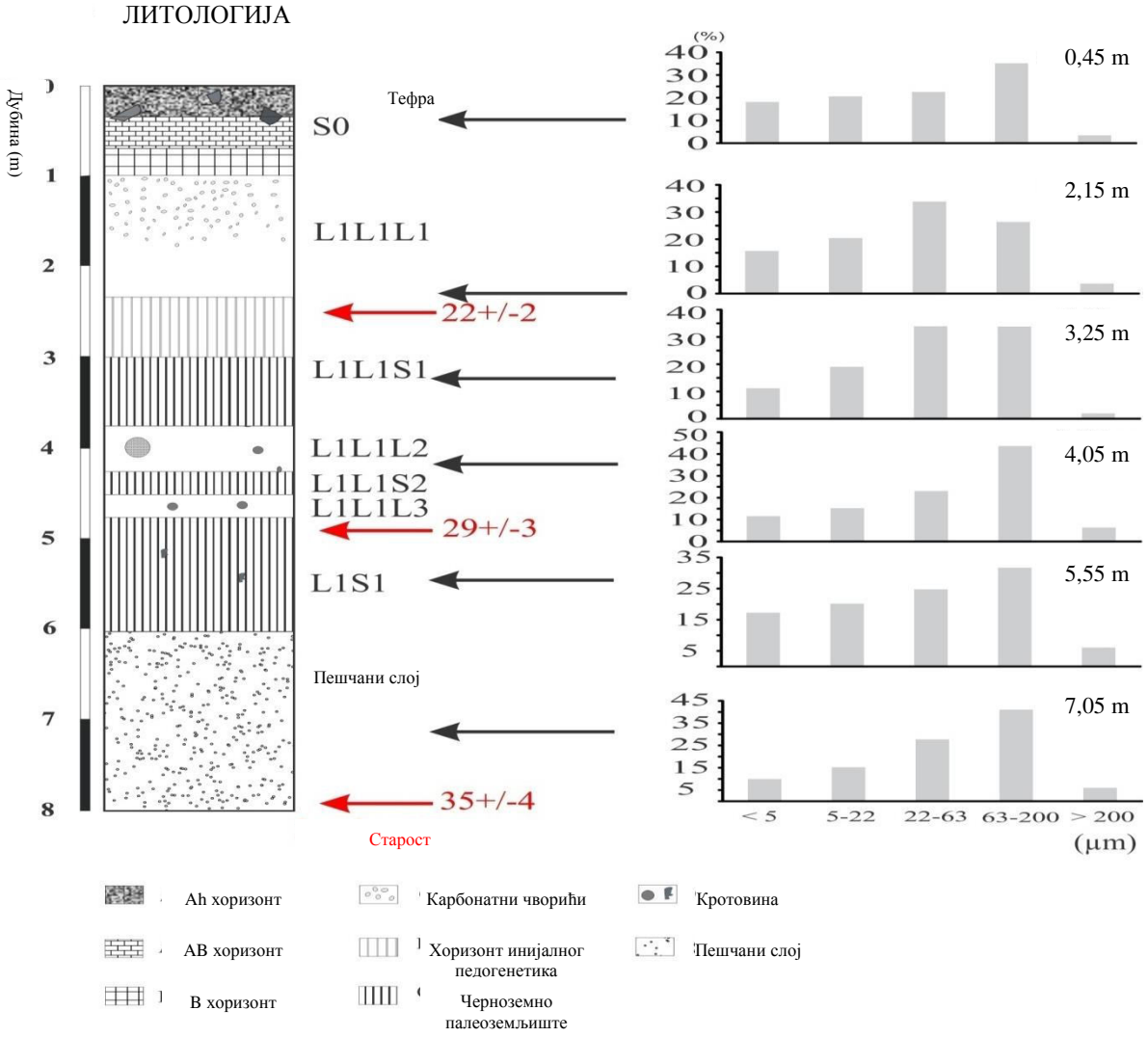
ПЦБ захвата око 20 ha, а лесно-палеоземљишни профил има укупну моћност која износи приближно 8 m (Прилог 43). Хроностратиграфски модел обележавања слојева успостављен је у студијама Basarin et al., (2011) и Obreht et al. (2014) по узору на лесно хроностратиграфске шеме у Војводини (Marković et al., 2008; 2015). Словом L обележава се сваки лесни слој, док се бројем означава ком глацијалу/стадијалу припада, а палео-земљиште се обележава словом S и на крају бројем ком интерглацијалу/стадијалу припада.

*Прилог 43. Рецентно земљиште (S0) са видљивим карбонатним конкрецијама у контакту са најмлађим лесним хоризонтом L1LL1LLL1 (фото: др Биљана Басарин, 2013).*

Најнижи део профила, у којем се налази пешчани слој, има моћност око 2 m. На врху овог слоја пешчани седименти прелазе у палеоземљиште, налик чернозему, дебљине 125 cm. Ово земљиште означеноје као L1SS1. На овај слој се наставља танак лесни слој L1LL1LLL3 моћности од свега 25 cm. Над овим слојем се простире тамнији танак слој који се може тумачити као слабо развијено палеоземљиште налик чернозему L1LL1SSS2. Изнад L1LL1SSS2 је лесни хоризонт L1LL1LLL2 дебљине око 50 cm и има сличне карактеристике као нижи слој L1LL1LLL3. Када је реч о овом слоју, у њему су примећене псеудомицелије. Палеоземљишна јединица L1LL1SSS1, чија је дебљина 120 cm, налази се изнад L1LL1LLL2 слоја, док се највиши лесни слој L1LL1LLL1 налази изнад L1L1S1, а испод рецентног или савременог земљишта. Слој L1LL1LLL1 има моћност од 130 cm и представља типичан порозни лесни слој. У свим лесним и палеоземљишним слојевима примећене су кротовине. На самом врху истраживаног профила налази се рецентно земљиште S0 (Прилог 44).

Од базе ка врху овог земљишта смењују се прво добро развијен (7.5 YR 5/6) B хоризонт дебљине око 25 cm. На њега се наставља AB хоризонт који је богат глином и

браон је боје (7.5 YR 4/4). Ah хоризонт (7.5 YR 4/4, 7.5 YR 5/4) дебљине од 30 cm и састављен је од иловаче грануларне структуре са мало карбонантне псеудомицелије.

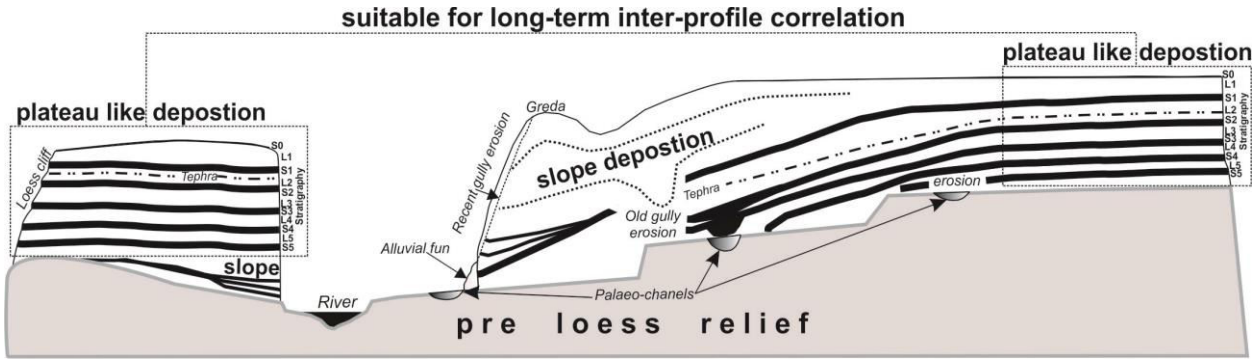



*Прилог 44. Литостратиграфија ПЦБ са стратиграфски позицонираним резултатима луминесцентног датирања (Basarin et al., 2011) и графички приказ заступљености величине честица најкарактеристичнијих делова индивидуалних слојева профила (Обрехт, 2012).*

## 4.2. РЕКОНСТРУКЦИЈА ПАЛЕОРЕЉЕФА НА ОСНОВУ ПРОСТОРНИХ ОДНОСА ЛПС

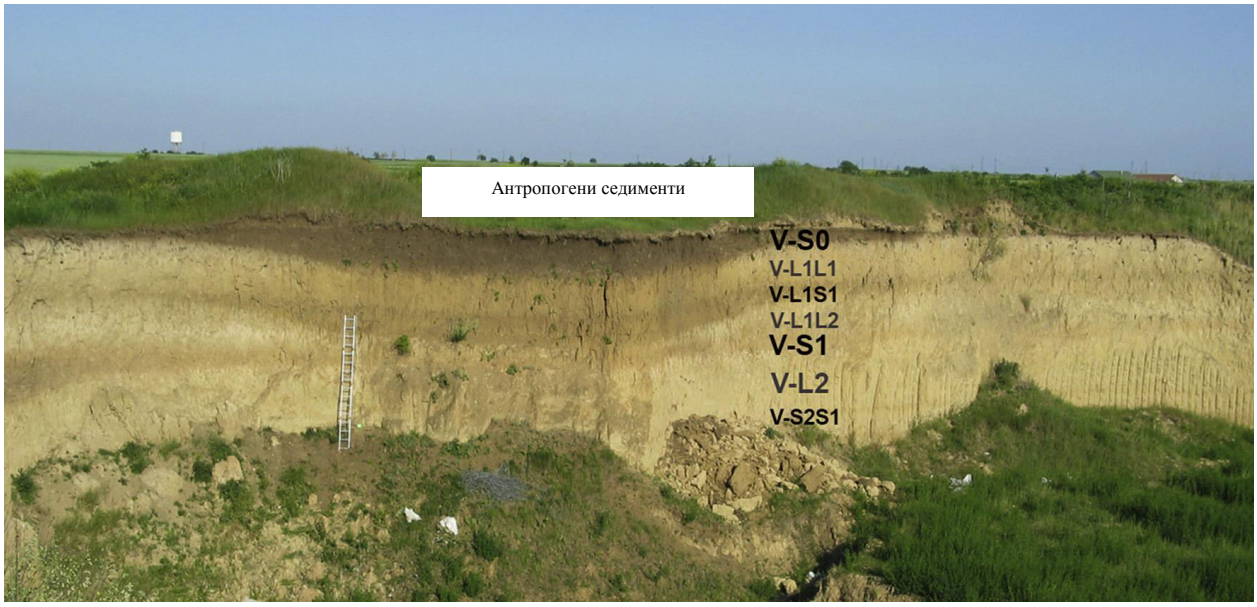
ЛПС представљају веома погодну врсту седимената за реконструкцију палеоређефних односа (Прилог 45, Marković et al., послато). Овај геоморфолошки феномен је познат на кинеском лесном платоу већ неколико миленијума (Porteret al.,

2001). Палеоморфни односи сачувани у ЛПС могу се пратити на природним профилима, који се најчешће јављају на стрмим одсецима лесних речних обала или на усецима лесних долина. Међутим, најподеснија места за лесна истраживања су површински копови. Зато не чуди да су неки од најпознатијих лесних локалитета истраживани у активним или напуштеним површинским коповима, попут: локалитета Карлиш (Karlis) и Нуслох (Nußloch), у Немачкој, Длони Вестонице (Dolní Věstonice) и Црвени копец (Červeny kopec) у Чешкој, Кремс-стрелиште (Krems) у Аустрији, Пакш (Paks), Каћмар (Katymár) и Мадараш (Madaras) у Мађарској, или Мирчеа Вода (Mircea Vodă) и Урлуја (Urluia) у Румунији.




*Прилог 45. Идеализовани модел диверзитет палеоморфа очуван у ЛПС (Marković et al., 2018).*

*Прилог 46. ЛПС откривене у површинском копу циглане Иригу (Marković et al., 2007).*

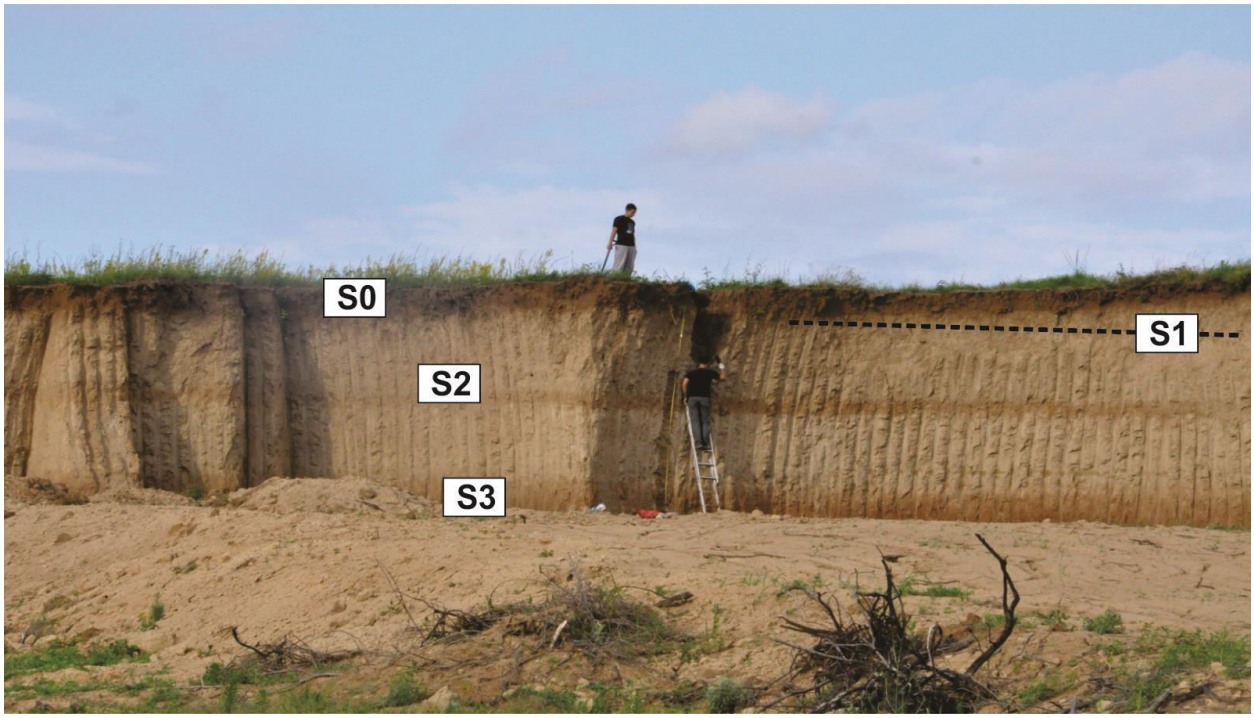



*Прилог 47. Серија палеодепресија сачуваних у виду специфичне морфологије рецентног и палеоземљишта видљивим на лесном профилу у сецерном делу површинског копа циглане у Руми (Vandenberghe et al., 2014).*

И наше ЛПС представљају веома погодну врсту седимената за реконструкцију палеорељефа. Нарочито погодни простори за овакву врсту проучавања некадашњих геоморфолошких односа, представљају активни површински копови циглана попут оних у Костолцу-Дрмно, Новом Орахову, Црвенки, Орловату, Петроварадину, Иригу (Прилог 46, Marković et al., 2007) и Руми (Прилог 47, Vandenberghe et al., 2014).

### *4.2.1. СТАЛАЋ*

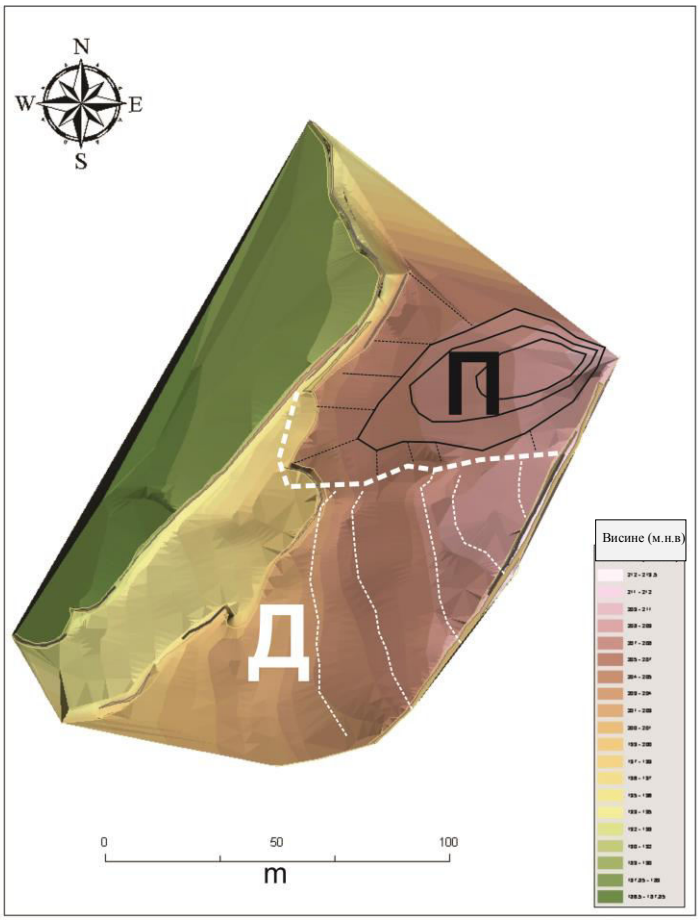
Лесне наслаге у околини Сталаћа покривају фосилни флувијални рељеф у долини Јужне Мораве. ПЦС налази се на локалиету Велико брдо. Сам назив овог топонима добро одсликава морфологију овог простора. У појединим деловима лесних профила уочава се некомплетност ЛПС, као што је то случај са већ помињаним профилом 1 (Прилог 48).




*Прилог 48. Специфична морфологија рецентногS0 и палеоземљишта S2 и S3, као слабо видљивим S1 фосилним земљиштем на лесном профилу у цертралном делу ПЦС која одсликава модел деозиције налик платоу са благим падинским странама (фото: С.Б. Марковић, 2013).*

Други главни палеоређефни члан је велика палеодепресија ерозионог порекла која се простире у источном и јужном делу ПЦС. Прилог 49 приказује главне делове лесне палео долине: a) горњи део; b) доинска страна у централном делу површинског копа циглане у Руми) најдубљи део долине. На основу морфологије палеоземљишта и слојева тефре добија се веома пластичан увид у морфогенетску еволуцију ове прилично велике лесне долине.

*Прилог 49. Специфична морфологија лесно долинеу источном и јужном делу ПЦС, која одсликава модел интензивне депозиције у палеодепресији (фото: Игор Обрехт, 2015).*




*Прилог 50. Две основне палеорељефне целине ПЦС: П – платоу сличан простор депозиције ЛПС са благим падинским странама; Д – лесна палео долина.*

### *4.2.2. БЕЛОТИНАЦ*

Лесне наслаге у околини Ниша покривају флувијалну терасу долини Јужне Мораве. Како је већ раније напоменуто, лес на овом простору нема континуирано распрострањење, већ се јавља у виду раздвојених лесних енклава ограниченог простирања. Лесни седименти у околини Ниша не представљају само једну од најјужнијих тачака распрострањења леса на Балканском полуострву, већ и на целом простору европског континента (Basarin et al., 2011).

У најнижем делу прегледаних профила често налази пешчани слој који има различиту моћност. На врху овог слоја пешчани седименти прелазе у палеоземљиште налик чернозему са пуно кротовина које указују на стабилне услове степске животне средине. Поменути слојеви песка су примарно флувијалног порекла, али се у неким случајевима не може искључити њихово еолско преталоживање.

Релативно танки лесни покривач у околини Белотинца је још у већој мери уравнио и онако седативан флувијалан рељеф на истраживаном простору. Поменути разлози су утицали на чињеницу да на ПЦБ нису уочени неки значајнији палеорељфни садржаји.

## 4.3. ЛУМИНЕСЦЕНТНО ДАТИРАЊЕ

Луминесцентног датирања ЛПС има читав низ предности, од којих је свако најважније директно датирање старости ове врсте седимента. Тако да је у највећем броју случајева процес узорковања и лабораторијских мерења углавном постао рутински, а добијени резултати апсолутног датирања постају све поузданији.

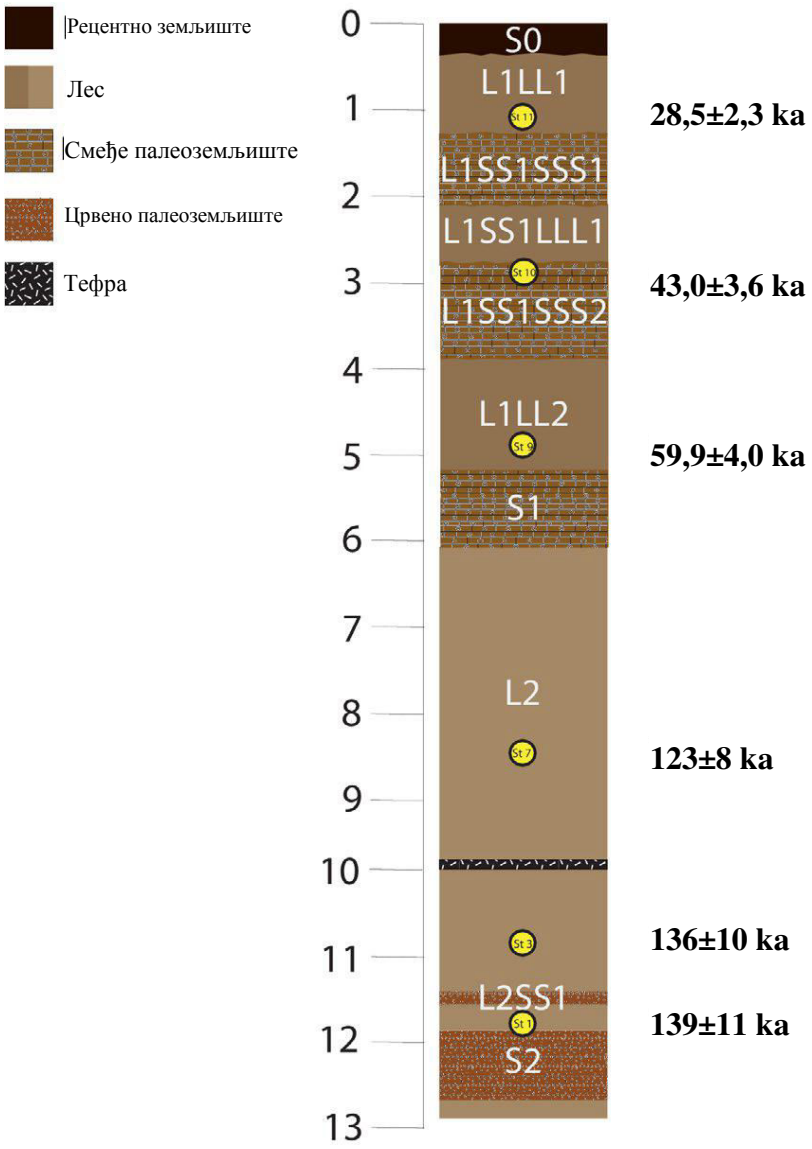
Последњих година бележимо драматичан напредак у овој области истраживања. Изузетан прогрес у развоју различитих техника луминесцентног датирања, поред квалитативног напретка, истовремено је праћен и квантитивном експанзијом. У свим деловима света отварају се лабратије са све већим капацитетима за обраду све већег броја узорака. Различитим методолошким искорацима стално се повећава тачност и резолуција луминесцентног датирања и спушта доња граница старости валидног датирања ЛПС (Roberts, 2007; Fuchs et al., 2008; Stevens et al., 2008, 2011; Schmidt et al., 2010; Thiel et al., 2011; Timar-Gabor et al., 2012, 2014; Murray et al., 2014; Perić et al., 2018).

### *4.3.1. СТАЛАЋ*

До сада ЛПС ПЦС нису биле апсолутно датиране. Костић и Протић (2000) су само приказали спекулативну корелацију са алпским стратиграфским моделом. За апсолутно луминесцентно датирање ЛПС ПЦС узето је и обрађено је шест узорака у Лабораторији за апсолутно датирање седимената Универзитета у Келну (Bösken et al., 2017).

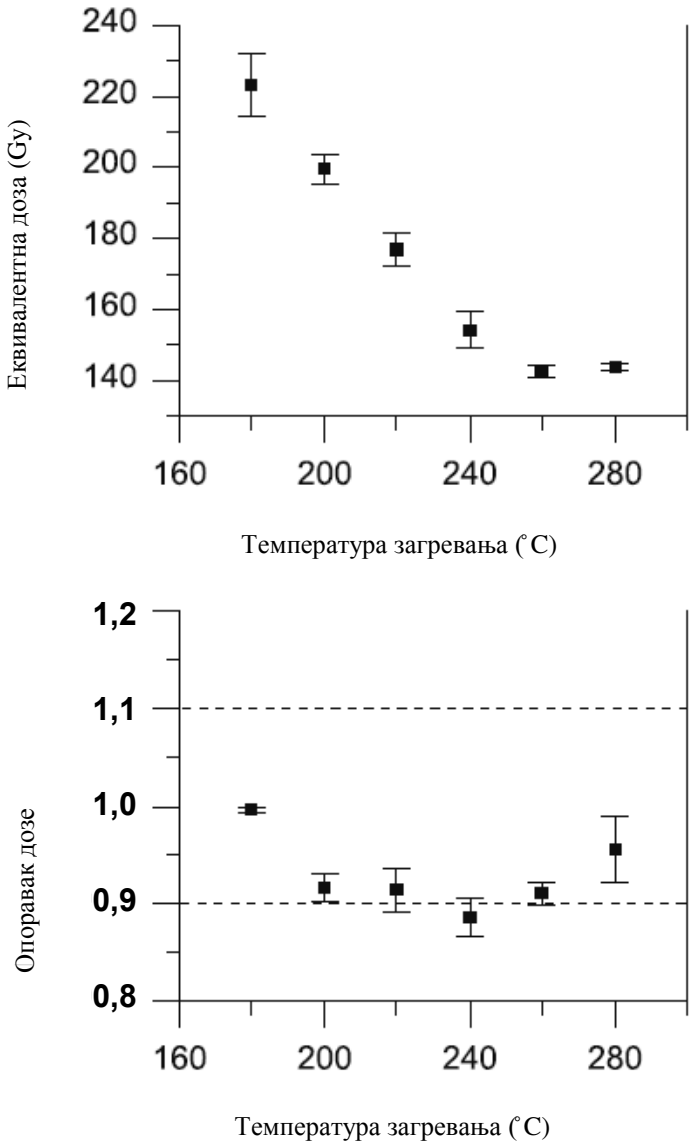
На Прилогу 51 је приказан положај анализираних узорака на идеализованом профилу ЛПС формираних током последња два глацијално-интерглацијална циклуса на простору садашњег ПЦС. Добијене вредности се добро слажу са очекиваном геолошком хронологијом за педостратиграфске репере последња два глацијално-интерглацијална циклуса (Bösken et al., 2017).

Најпре је испитивана зависност еквивалентне дозе (De) од температуре предгревања и могућност обнове дате дозе (Прилог 52). Еквивалентне дозе су опадале упоредо са повећањем температуре предгревања и није било могуће установити плато између 1,11 и 1,13 (Прилог 52), међутим, рекуперација је била занемарљива (вредности испод 0,77 %) (Bösken et al., 2017).

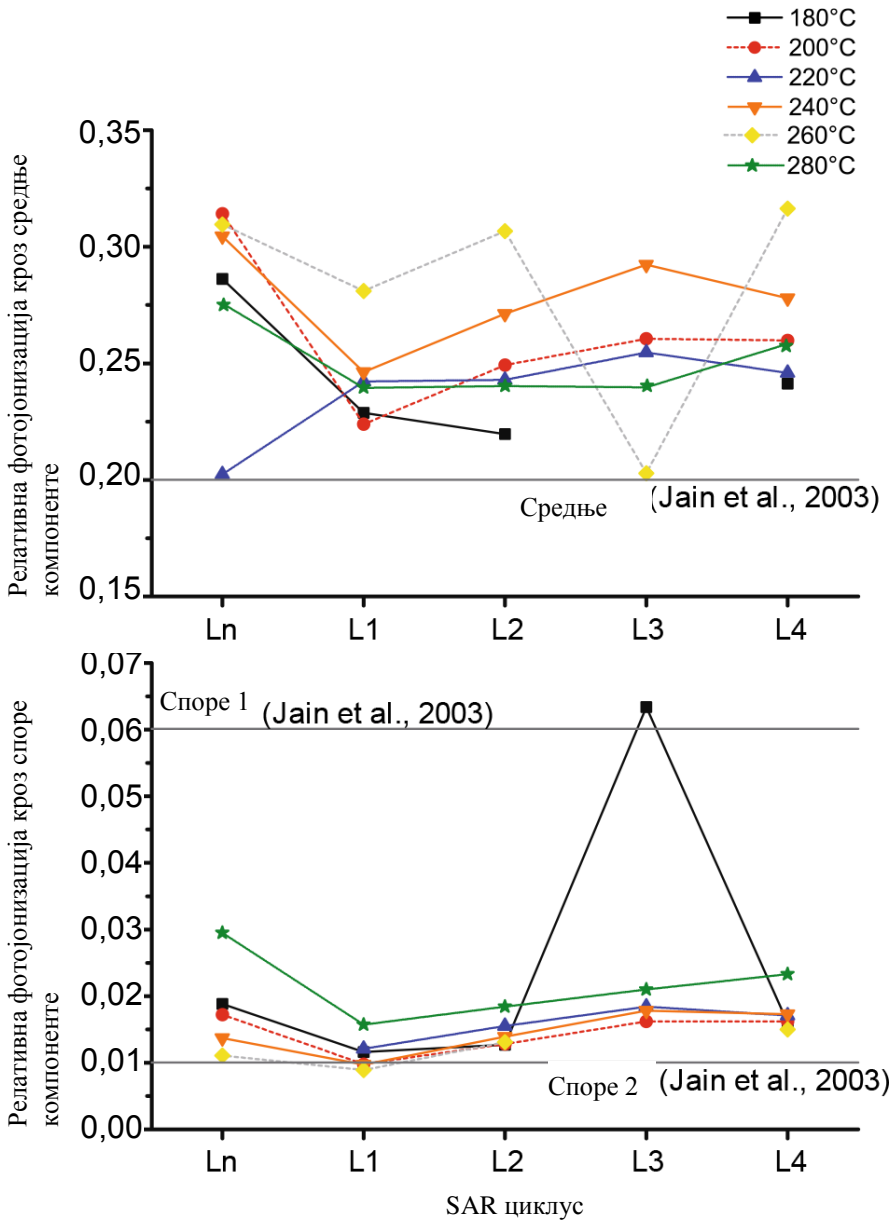



*Прилог51. Идеализованом профиу ЛПС формираних током последња два глацијално-интерглацијална циклуса на простору садашњег ПЦС са положајем анализираних узорака и добијеним одговарајућим вредностима апсолутних датација (Bösken et al., 2017).*

Све De вредности су биле ниже од 2×D0 и нису зависиле од интеграционог интервала сигнала. Добијене лабораторијске дозе налазиле су се унутар 10 % једнакости за све температуре предгревања изузев температуре предгревања од 240 °C (Прилог 53 доњи део). IR деплеционе размере од 1,06±0,05 (PHT) и 1,00±0,04 (DRT) потврдиле су да кварцна фракције није контаминирана фелдспатом (Bösken et al., 2017).




*Прилог 52. Горња слика показује Еквивалентну дозу у функцији температуре за пет аликвота за фракцију кварца за узорак C-L3787. Доња слика показује тест опоравка дозе за исти узорак коришћењем различитих температура. Аликвоти су зрачени дозом од приближно 150 Gy (Bösken et al., 2017).*




*Прилог 53. Релативна фотојонизација кроз средње (горе) и споре компоненте (доле) за узорак C-L3787 на различитим температурама. Хоризонтална линија показује вредности које су уочили Jain et al., (2003) (Bösken et al., 2017).*

У сврху додатног испитивања луминесцентних особина кварца, фитоване су сигналне OSL компоненте. Познато је да се сигнал кварца састоји од више компоненти од којих свака поседује различите термалне и оптичке особине (Bailey, 1997, 2010; Jain et al., 2003; и Singarayer and Bailey, 2003). Сваку компоненту карактерише специфични фотојонизациони пресек, сатурациона доза и термална стабилност (Bailey, 2010). Помоћу fit_CWCurve фукције у R луминесцентном пакету (R luminescence package) (Kreutzer et al., 2012 b), показано је да се већина OSL сигнала састоји од брзе, средње и споре компоненте

(cf. Jain et al., 2003). Брза компонента чини 70–80 % укупног сигнала у анализираном узорку (Analyst version 4.31.7, Duller, 2015). Релативни допринос сигнала се мења током SAR циклуса и такође, није сличан између аликвота и температура предгревања. Прилог 53 показује размеру средње и компоненте према брзој компоненти. средња/брза и спора/брза и очекиване вредности према Јаину и сарадницима (Jain et al., 2003). Размера средња/брза компонента виша је, него очекивано у већини сигнала (независно од температуре предгревања или корака у SAR циклусу). Такође, постоји неколико сигнала који уопште не показују средњу компоненту (на пример L3 180 °C у Прилогу 53). Некада је, такође, присутна спора 1 компонента (види L3 180 °C у Прилог 53).

Генерално, већина разлика се може видети између природних и регенерисаних сигнала (Bösken et al., 2017). Ова разлика, такође, постаје очигледна у NR(t) плотовима у палеоземљишту S5 (следећи пример Стефена и сарадника (Steffen et al., 2009); користећи plotNR(t) функцију у R луминесцентном пакету (Burow et al., 2016). Како би се креирали ови плотови, природни OSL signal (N) се дели регенерисаним OSL сигналом (R) и нормализује на 1. Због тога размера N/R испод 1, индицира да природни сигнал опада брже него регенерисани. Ово је случај за све температуре предгревањаа. Поред тога, посматрана разлика између природних и регенерисаних сигнала је такође видљива, који представља нормализовани луминесцентни сигнал (Lx/Tx) са температуром предгревања (Roberts, 2006): док природни сигнал (Ln/Tn) остаје константан, регенерисани сигнал (Lx/Tx) се увећава са вишим температурам предгревања (у односу на 280 °C дозну тачку). Стрмија дозна крива одзива резултује нижим De вредностима, које су примећене у тесту платоа предгревања (Прилог 53) (Bösken et al., 2017).

Варијације унутар доприноса различитих сигналних компоненти и промена сензитивитета нису биле високе (< 30 %) због чега је SAR протокол могао да изврши, макар делимично корекције ових промена (однос рецикловања унутар интервала 0,9–1,1 за већину аликвота). Делимична зависност температуре предгревања од еквивалентне дозе може се објаснити чињеницом да допринос брзе компоненте сигналу износи око само 70–80 %, али остаје нејасно да ли је ово разлог за понашање кварца. Слично опадање платоа предгревања такође је утврдила Робертсова (Roberts, 2007) и ово запажање интерпретирала као термални трансфер набоја из замке између прекидног загревања и температуре предгревања у OSL замци. Додатно, ова студија је показала да су опадајући платои предгревања нарочито проблематични за старије узорке, иако се сигнал не налази у сатурацији. Слично понашање је утврђено и у случају узорака из Сталаћа, који имају

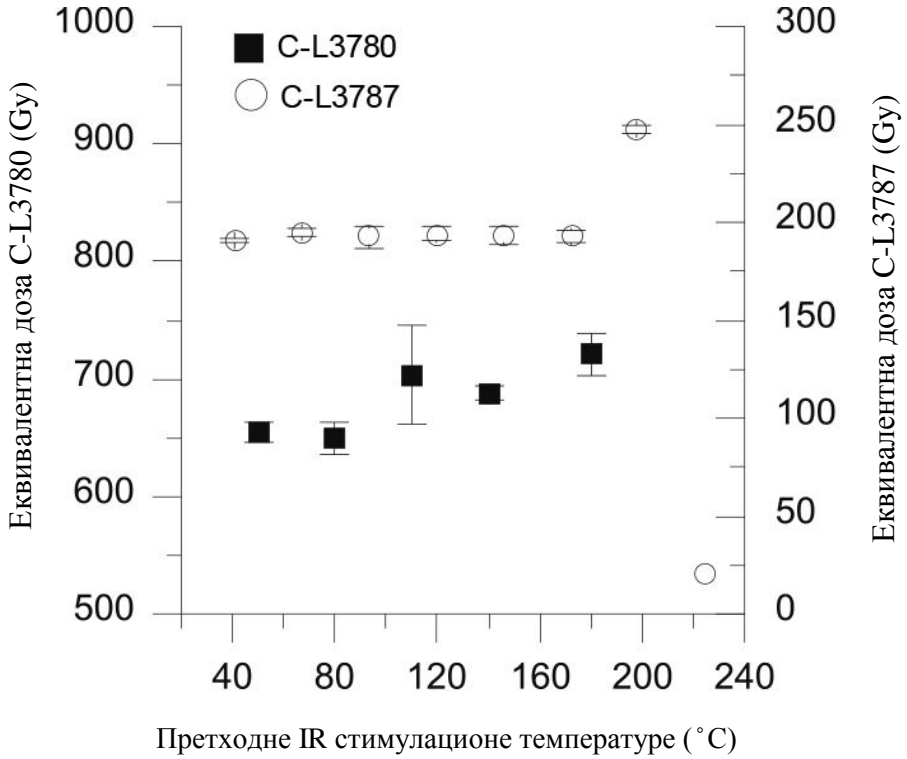
еквивалентне дозе између 140–220 Gy у зависности од употребљене температуре предгревања. Ово је такође могући наговештај другог процеса у оквиру OSL мерења који се још увек не може објаснити. Посебно ако се узму у обзир разлике између величине зрна (Timar-Gabor et al., 2015 b; Timar-Gabor and Wintle, 2013) и разлика између облика природних и лабораторијски криви раста (e.g. Chapot et al., 2012; Timar-Gabor et al., 2015 a), које чини се, обе започињу на око 100–150 Gy, где проблем и постаје евидентан. Све док се поменути процеси не разумеју у довољној мери, препоручљиво је детаљна анализа кварцног OSL сигнала, рутинска примена тестова платоа предгревања, и избегавање датирања узорака који показују зависност од предгревања, нарочито за узорке са високом еквивалентном дозом (Bösken et al., 2017). Због ових разлога, у овом раду неће бити представљене кварцне OSL старости са ПЦС.

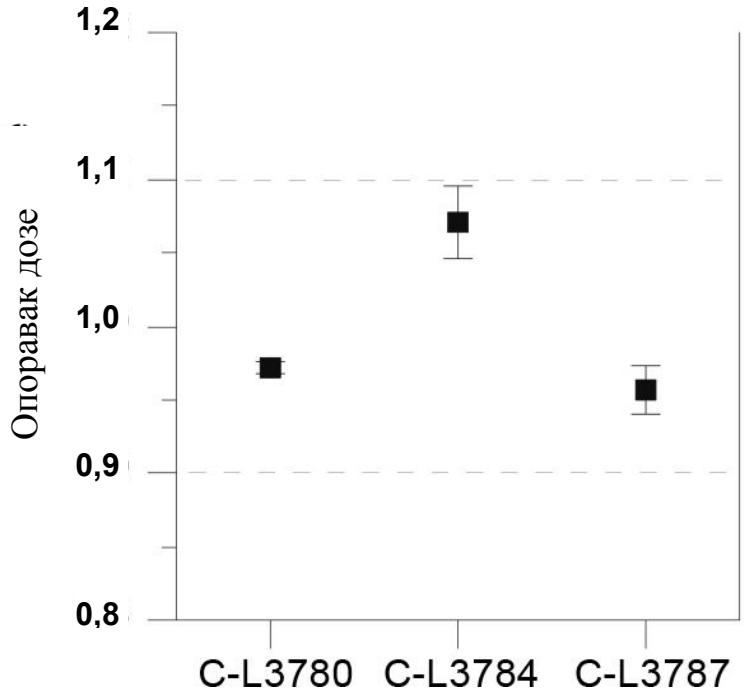
Најпре је испитивана зависност температуре претходне IR стимулације на еквивалентну дозу. Утврђено је да De није зависна од претходних IR стимулационих температура за узорак C-L3780 између 50 °C и 110 °C, за узорак C-L3784 између 50 °C и 140 °C, и за узорак C-L3787 између 50 °C и 170 °C (Прилог54). На основу овога, даља мерења су вршена са првом IR стимулационом температуром од 50 °C, која је показала виши интензитет сигнала. Употребљене тестне дозе су износиле ~ 30 % вредности еквивалентне дозе. Тестови дозне обнове су резултирали размерама дате према добијеној дози од 0,97±0,004 (C-L3780), 1,07±0,02 (C-L3784) и 0,96±0,02 (C-L3787). Резултати ових тестова су приказани у Прилогу 54. За ове размере су субстраховане резидуалне дозе. De мерења су извршена на најмање 10 аликвота по узорку, где су сви аликвоти прошли SAR квалитативне провере.

Приликом De калкулација није извршена субтракција резидуалних доза, као што је предложено од стране Карса и сарадника (Kars et al., 2014).Пример криве раста и криве опадања приказане су наПрилогу 54 приказује абанико плотове De дистрибуција. У табели 5 су сажети De и подаци о старостима. Вредности односа рециковања су се кретале у распону од 0,96–1,06 док је рекуперација била нижа од 1,6 %. Резидуалне дозе су генерално биле ниске, у распону од 4–7 Gy, односно мање од 2,5 % вредности еквивалентне дозе. За узорке C-L3780 и C-L3787 такође су утврђене стопе аномалног гашења.

Стопе аномалног гашења (g-вредности) су значајно варирале, а такође су утврђене и негативне g-вредности, због чега није извршена корекција старости. Просечна g-вредност узорака C-L3780 и C-L3787 износи g2дана= 1,99±0,73 % и g2дана = –1,56±2,4

%. Како су испуњени сви критеријуми SAR протокола, у овој студији су коришћене еквивалентне дозе добијене $pIR^{50}IR^{290}$ мерења полиминералних узорака за коначну процену старости (Bösken et al., 2017).




*Прилог 54. Горња слика показује претходне IR стимулационе температуреу односу на измерене дозе. Доња слика приказује тест обнављања дозе за узорке C-L3780, C-L3784 и C-L3787 (Bösken et al., 2017).*

Резултати мерења дозних стопа, еквивалентних доза и старости истраживане секције прикани су у табели 6. У сврху израчунавања тоталне (влажне) дозне стопе, коришћен је измерени садржај воде. Старости су засноване на полиминералним узорцима коришћењем $pIR^{50}IR^{290}$ протокола (Табела 7).

*Табела 6. Добијене лабораторијске дозе узорака и испитивана зависност еквивалентне дозе (De) од температуре предгревања и могућност обнове дате дозе (Bösken, et al., 2017).*

| Узорак | $\frac{^{234}Th}{(Bg\ kg^{-1})}$ | $\frac{^{226}Ra}{(Bg\ kg^{-1})}$ | $\frac{^{210}Pb}{(Bg\ kg^{-1})}$ | $\frac{^{40}K}{(Bg\ kg^{-1})}$ | $\frac{^{232}Th}{(Bg\ kg^{-1})}$ | $\frac{m.c.}{(\%)}$ | $\frac{\text{Доза}}{(Gy\ kg^{-1})}$ | $\frac{D_e}{(Gy)}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GLL-090830 | 37±2 | 43±1 | 35±2 | 531±5 | 47.7±0.4 | 22±6 | 3.70±0.04 | 57.8±0.4 |
| GLL-090834 | 31±2 | 38±1 | 35±2 | 504±5 | 42.7±0.5 | 22±6 | 3.42±0.04 | 57.8±0.4 |
| GLL-090837 | 36±2 | 37±1 | 34±2 | 508±6 | 43.2±0.5 | 22±6 | 3.43±0.02 | 57.8±0.4 |

*Табела 7. Одређивање некориговане и кориговане старости за узорке C-L3778, C-L3780 и C-L3784 (Bösken, et al., 2017).*

| Узорак | $\frac{\text{Старост некоригована}}{(ka)}$ | $\frac{g_2\text{дана}}{(\%/decade)}$ | $\frac{\text{Коригована старост}}{(ka)}$ | $\frac{S_r}{(\%)}$ | $\frac{S_{sys}}{(\%)}$ | $\frac{S_{tot}}{(\%)\ (ka)}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GLL-090830 | 16 | 3.6±0.1 | 22 | 1.6 | 11.3 | 11.4 | 2 |
| GLL-090834 | 21 | 3.6±0.1 | 29 | 1.9 | 11.3 | 11.5 | 3 |
| GLL-090837 | 24 | 3.6±0.1 | 35 | 2.0 | 11.3 | 11.5 | 4 |

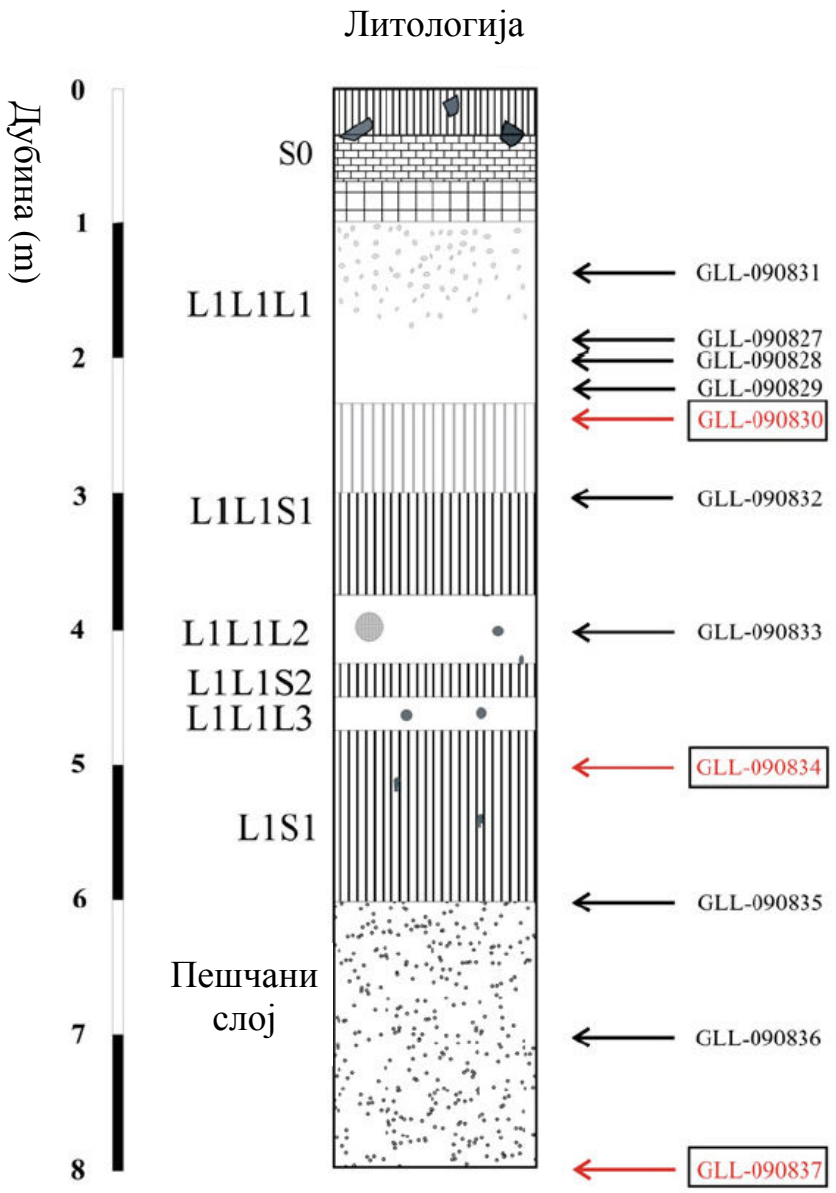
Утврђена лфа ефикасност (α-efficiency) показала је вредности 0,102±0,013 за узорак C-L3786 и 0,149±0,015 за узорак C-L3784 (Bösken et al., 2017). Све израчунате старости се налазе у правилном стратиграфском редоследу и крећу се од 28,5±2,3 ka до 139±11 ka. Може се закључити да ове старости корелирају са MIS фазама 2, 3, 4 и 6. Старости узорака C-L3778 (139±11 ka), C-L3780 (136±10 ka), и C-L3784 (123 ± 8 ka) наглашавају вероватну високу акумулациону стопу у овом временском распону. Функције вероватне густине старости узорака у повлати и подини су комбиноване у сврху процене старости палеоземљишта и тефра слојева. Ово је резултирало старости од 127 ka и 148 ka

при 1σ нивоу поузданости за L2SS1 (116–159 ka, 2σ) и старости 118–141 ka при 1σ (109–152 ka, 2σ) за тефру. Иако се узорци који се поклапају са положајем тефре не налазе у стратиграфској близини, разлика у старости је мала. Из ових калкулација је изузет S1 услед разлике у старости између узорака C-L3784 и C-L3786. Комбиновањем функције вероватноће густине, за палеоземљиште L1 добијена је старост 41–62 ka 1σ (37–66 ka, 2σ) за L1SS1SSS2 и 27–45 ka 1σ (25–49 ka, 2σ) за L1SS1SSS1 (Bösken et al., 2017).

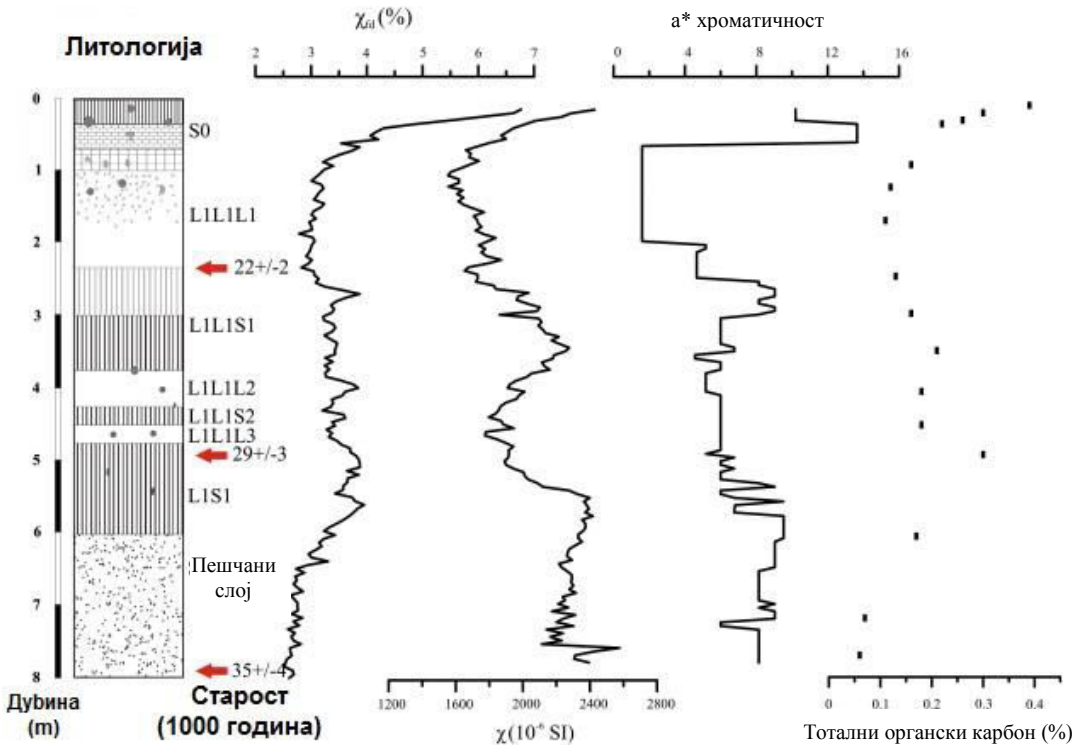
### *4.3.2. БЕЛОТИНАЦ*

Постојећи подаци луминесцентног датирања су ограничени, па је могуће грубо утврдити хроностратиграфски оквир ЛПС ПЦБ. За детаљнији увид у хроностратиграфски статус ЛПС ПЦБ неопходно је завршити претходно започета истраживања (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014).

У ЛПС ПЦБ очуване су различите палеоеколошке и палеоклиматске фазе. Прва фаза се односи на депозицију базалног пешчаног слоја коју карактерише велика динамика еолских процеса, што се закључује на основу велике заступљености грубих честица (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014). Због великих постдепозиционих промена, овај слој не може да се третира као поуздан палеоклиматски и палеоеколошки показатељ. Друга фаза представља остатке записа и њу чине интерстадијална палеоземљишта која су међусобно раздвојена танким лесним слојевима. Трећу фазу чини период формирања типичног лесног слоја L1L1L1, односно MIS 2 у којем је дошло до последњег глацијалног максимума. Последњу четврту фазу чини рецентно земљиште које је формирано за време холоцена, односно MIS 1 (Basarin et al., 2011).




*Прилог 55. Лито- и педо-стратиграфија ЛПС ПЦБ и положај узорака узетих за луминесцентно датирање црвеним стрелицама и фонтом су означени мерени узорци (Basarin et al., 2011).*




*Прилог 56. Лито- и педо-стратиграфија ЛПС ПЦБ и положај узорака за луминесцентно датирање са вредностима апсолутних датација исказаних у хиљадама година упоређене са вредностима МС у умереним ниским пољима, МС зависног од фрекфенције, боје седимената и тоталног органског карбона (Basarin et al., 2011, модификовано).*

У Прилогу 55 приказана је детаљна педостратиграфија ЛПС ПЦБ и позиција укупно 11 узетих узорака за луминесцентно датирање (Basarin et al., 2011). Од поменутих 11 узорака одабрана су три која су процесирана у Лабораторији за луминесцентно датирање Универзитета у Генту под супервизијом руководиоца лабораторије др Димитри Ванденбергхеа.

Измерене вредности неопходних параметара за израчунавање луминесцентних апсолутних датација приказане су у табели 8. Добијене вредности за старост добро се слажу са очекиваном геолошком хронологијом (Basarin et al., 2011).

*Табела 8. Измерене вредности неопходних параметара за израчунавање луминесцентних апсолутних датација (Basarin et al., 2011).*

| Узорак | ГС | Дубина(m) | СВ (%) | U (Bq/kg) | Th (Bq/kg) | K (%) | Cosmic Dose Rate (Gy/ka) | Alpha efficiency | Total Dose Rate (Gy/ka) | Бр. Аликвата | De Mean (Gy) | Старост |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C-L3778 | 4-11 | 7 | 14.5±7.3 | 33.78±1.58 | 44.44±2.26 | 1.69 ± 0.03 | 0.101 ± 0.01 | 0.134 ± 0.013 | 3.77 ± 0.2 | 10 | 630 ± 32 | 139 ± 11 |
| C-L3778 | 4-11 | 6 | 11.8±5.9 | 34.23±1.62 | 45.86±2.35 | 1.83 ± 0.03 | 0.111 ± 0.01 | 0.128 ± 0.013 | 4.07 ± 0.2 | 13 | 650 ± 36 | 136 ± 10 |
| C-L3778 | 4-11 | 4.5 | 8.6±4.3 | 33.49±1.60 | 42.96±2.21 | 1.76 ± 0.03 | 0.130 ± 0.01 | 0.149 ± 0.015 | 4.06 ± 0.2 | 13 | 622 ± 32 | 123 ± 8 |
| C-L3778 | 4-11 | 6.3 | 8.0±4.0 | 30.88±1.63 | 42.65±2.49 | 1.48 ± 0.02 | 0.108 ± 0.01 | 0.102 ± 0.013 | 3.71 ± 0.2 | 10 | 245 ± 12 | 59.9 ± 4.0 |
| C-L3778 | 4-11 | 7 | 10.7±5.4 | 30.42±1.73 | 48.07±2.9 | 1.75 ± 0.02 | 0.101 ± 0.01 | 0.108 ± 0.026 | 3.97 ± 0.2 | 14 | 191 ± 10 | 43.0 ± 3.6 |
| C-L3778 | 4-11 | 5 | 7.8±3.9 | 36.06±1.68 | 45.82±2.34 | 1.77 ± 0.03 | 0.123 ± 0.01 | 0.143 ± 0.030 | 4.26 ± 0.2 | 10 | 149 ± 8 | 28.5 ± 2.3 |

Може се јасно утврдити да ова ЛПС припада послењем глацијалу, прецизније MIS 2 и MIS 3 (Basarin et al., 2011). Ови MIS периоди (Прилог 7) представљају наизменичне топле и хладне периоде кроз Земљину блиску геолошку историју и одређени су помоћу изотопа кисеоника који рефлектују промене у клими чији су узорци узети из дубококо морских седимената (Martinson et al., 1987). MIS периоди, који су представљени парним бројевима, означавају топлије, док непарним бројевима означавају хладније временске интервале.

## 4.4. МАГНЕТНА СВОЈСТВА ЛПС

Варијације магнетних својстава ЛПС често пластично одражавају њихову педостратиграфију, нарочито због оштрих разлика између високих вредности МС посматраних у педокомплексима који су повезани са интерглацијалним периодима, односно нижих вредности у интерстадијалним земљиштима и најнижим вредностима МСзабележеним у лесним јединицама. Такав модел расподеле вредности МС везан је за

ЛПС у Војводини (Marković et al., 2012). Овај тип обрасца појачавања сигнала МС показује да се повећање МС догодило током педогенезе одговарајућих слојева земљишта и сличан је оном у лесним наслагама Кине и централне Азије (e.g. Heller and Liu, 1982, 1984; Maher and Thompson, 1999). Док поједини аутори расправљају о могућности коришћења МС за израчунавање палеопадавина (Maher et al., 1992; 1994), Бугл и сарадници (Buggle et al., 2009) нису нашли оправданост примене ове методе на војвођанском лесу, посебно приликом израчунавања разлика између секција. На пример, вредности МС најмлађег шумског палеоземљишта S4, које је развијено током дугог интерглацијала, одговара MIS 11 (претходно је сматрано да је овај интерглацијал потенцијални аналог холоцену) (Berger and Loutre, 2002), је неочекивано мање моћности него виши слојеви фосилног чернозема S3, S2, и S1, као и рецентно степско земљиште S0 (Marković et al., 2012).

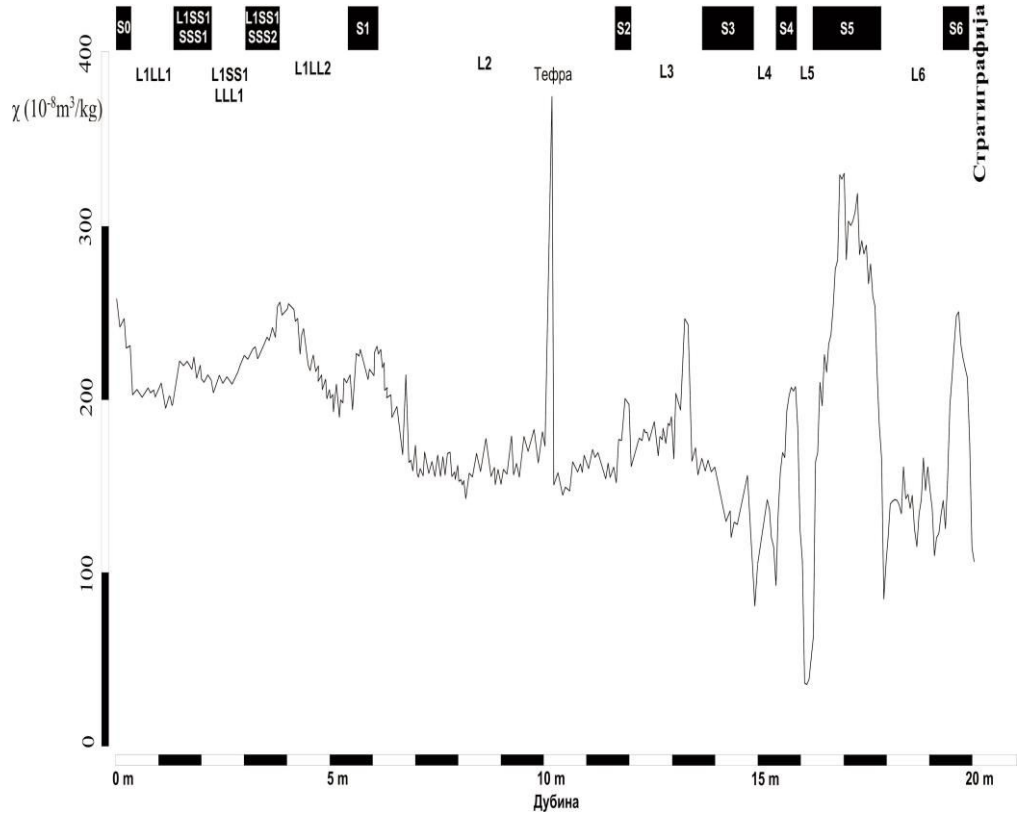
Ситуација је у случају истраживаног подручја још у већој мери сложенија, јер је различит геолошки састав сливова Западне и Јужне Мораве предиспонирао разлике у базним вредностима МС флувијалних седимената. Наиме, базне вредности МС у речним наносима Западне Мораве су веће од оних у сливу Јужне Мораве (Obreht et al., 2016). Ова чињеница може да нам помогне у одређивању предоминантног порекла прашкастог флувиалног материјала који представља основу за потоње еолског депоновања леса. Генерално посматрано, мање вредности МС везане су за слив Јужне Мораве, односно веће вредности базног МС везују се за њихово порекло у долини Западне Мораве. Поменуте разлике у базним вредностимна МС у речним наносима Западне Мораве и Јужне Мораве предиспонирао је и непотпуно подударање повећања МС путем педогенезе у одређеним деловима лесних профила у Сталаћу и Белотинцу (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014, 2016).

### *4.4.1. СТАЛАЋ*

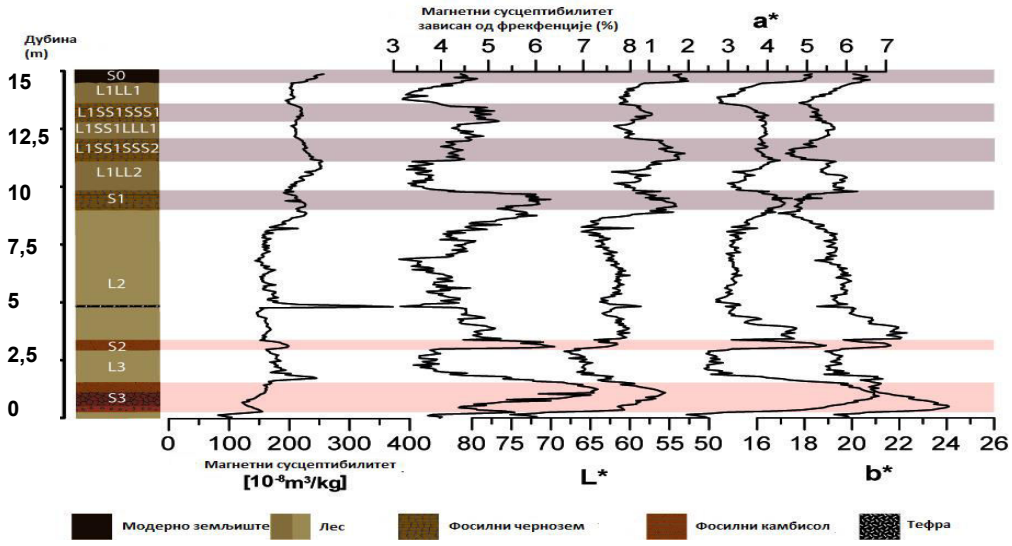
Укупна дебљина ЛПС на Великом брду код Сталаћа у великој мери варира. У Прилогу 57 приказан је композитни профил укупне моћности од приближно 20,5 m. Вредности МС у великој мери варирају због потенцијално двојног порекла материјала о чему је расправљано у претходном поглављу. Највећа вредност МС, ако изузмемо слој тефре у лесном слоју L2, измерена је у палеопедокомлексу S5 у вредности од $337x10^{-8}km^3/kg$, анајмања вредност МС од $34 x 10^{-8}km^3/kg$ измерена је у лесном слоју L4.

Генерално посматрано уочава се јасан тренд смањења вредности МС идући од млађих ка старијим лесним слојевима. Исто тако, уочава се повећање амплитуда вредности МС између високих вредности у палеоземтима S4, S5 и S6 са једне стране и ниских вредности МС у лесним хоризонтима L3, L4, L5 и L6.

Такође, треба истаћи да је укупно највећа измерена вредност МС у слоју тефре у лесном хоризонту L2 и износи $389x10^{-8}$ $km^3/kg$. Занимљиво је да млађи слој тефре у лесном слоју из последњег глацијалног циклуса не показује никакав пик вредности МС.




*Прилог 57. Вредности МС ЛПС ПЦС, формирани током последњих шест глацијално-интерглацијална циклуса.*




*Прилог 58. ЛПС ПЦС формиране током последња три глацијално-интерглацијална циклуса. Поређени су МС, МС зависан од фрекфенције и различити параметери боје седимената (Obreht et al., 2016, модификовано).*

Прилог 58 показује промене МС. Он је зависан од фрекфенције и различитих параметара и боје седимената. МС одликује се знатно мањим подударањем са лито- и педо-стратиграфијом од осталих приказаних параметара који су у директној функционалној зависности са интензитетом педогенезе. То се нарочито види у доњем делу профила где се палеоземљиште S3 одликује ниском вредношћу МС (Obreht et al., 2016). Разлози за овакву ситуацију већ су претходно разматрани. Интересантно да су лесни слојеви са мањом вредношћу МС пропорционални вредностима a* које одговарају светлијим нијансама.

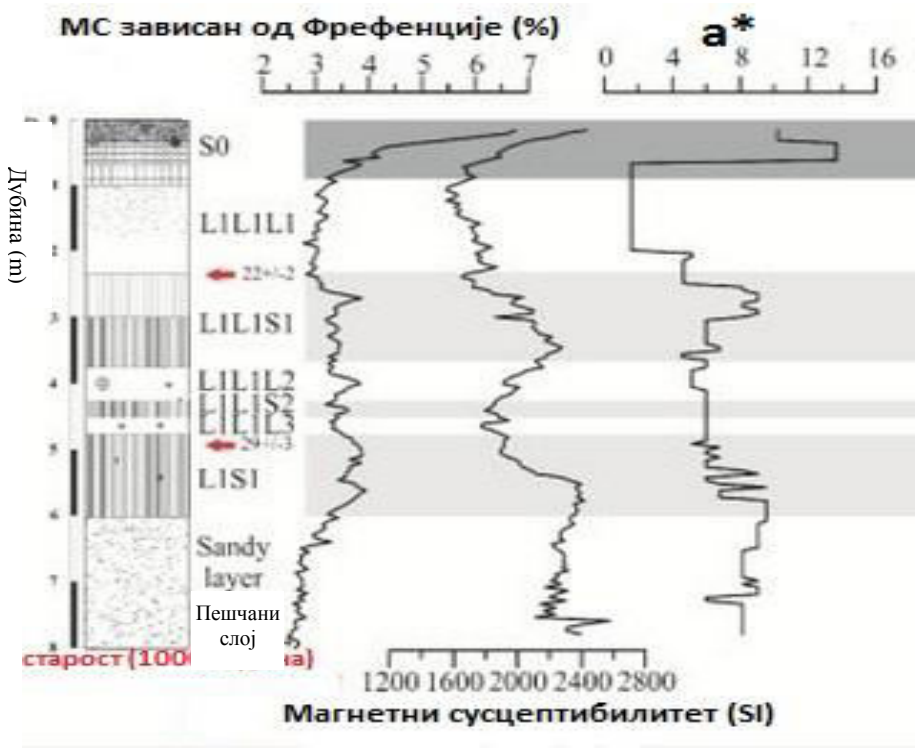
### *4.4.2. БЕЛОТИНАЦ*

МС је зависан од фреквенције што указује на генерални пораст у свим палеоземљишним јединицама L1S1, L1L1S1 и L1L1S2 и то у односу на базални слој и на слој L1L1L1, где је интензитет веома низак у поређењу са модерним земљиштем. Овај МС, који је зависан од фреквенције не показује промене у складу са литолошким променама између палеоземљишта L1L1S1 и L1L1S2 и међу слојевима леса (L1L1L3 и L1L1L2 ) (Basarin et al., 2011).

То нам показује да климатски услови неопходни за формирање земљишта и најситнијих ферамагнетских честица нису много варирали између ових слојева. Насупрот

томе, велики пораст МС у палеоземљишним слојевима L1S1 и L1L1S1 не односе се на интезитет педогенезе, већ на варирање у МС честица (Basarin et al., 2011) и разлог за то је, највероватније, промена извора материјала.

Главни извор материјала за акумулацију еолских честица, због велике заступљености песка и грубог песка, јесте долина Јужне Мораве. То потврђује и чињеница да је МС за око један ред магнитуде већи, него код секвенци дуж Дунава, источним и западним обалама Црног мора и у Централној Азији и Кини (нпр. Buggle et al., 2009, Marković et al., 2009), јер природа еолских честица је зависна од магнетних својстава њиховог слива. У басену Јужне Мораве велике области заузимају метаморфне и вулканске стене, чији минерали генерално имају већи МС. Површински ток Јужна Морава заједно са својим притокама транспортује кроз свој басен еродиран материјал, који је неопходан за формирање ЛПС. На ПЦБ појављују се, највероватније, и други извор еолског материјала минерала различитих ферамагнетских вредности. Ова појава новог извора материјала за акумулацију као значајног извора МС уочава се током формирања палеоземљишта (L1L1S1,L1S1) (Basarin et al., 2011).




*Прилог 59. ЛПС ПЦБ. Поређени су МС, МС зависан од фрекфенције и a* нијансе боје седимената приказани су функцији дубине анализираног (Basarin et al., 2011,Обрехт, 2012. модификовано).*

То сугерише хипотезу да формирање касно плеистоценских интерстадијалних земљишта на ПЦБ је тесно повезано са интензитетом еолске акомулације. Климатски услови су, вероватно, били погодни заслабе педогенетске процесе кроз све слојеве од L1S1, па почетка лесног слоја последњег глацијалног циклуса L1L1L1, на шта такође указује МС зависан од фреквенције. Међутим, формирање добро изражених палеоземљишних слојева (L1S1, L1L1S2, L1L1S1) ограничено је само на периоде смањене акомулације честица. Сходно томе, лесне јединице L1L1L3, L1L1L2 и L1L1 представљају период јаке еолске активности.

## 4.5. ГРАНУЛОМЕТРИЈСКИ САСТАВ

Гранулометријски састав ЛПС представља, поред МС, један од најчешће коришћених параметара за реконструкцију палеоклиматских и палеоеколошких процеса (Vandenberghe et al., 1997, 2013, 2014). И гранулометрија у великом броју случајева добро одсликава лито- и педостратирафију као и магнетна својства ЛПС.

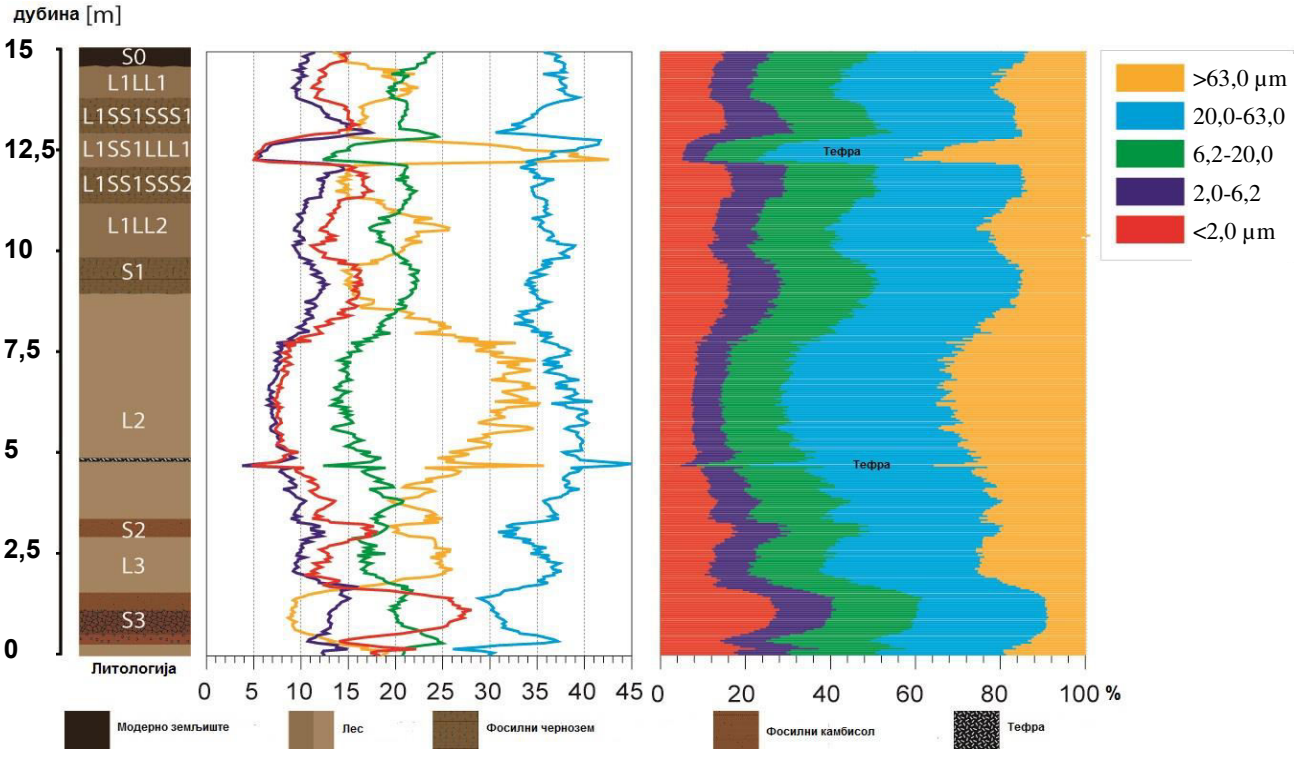
Међутим, често због комплексности депозиције ЛПС њихов гранулометријски састав може да укаже на велик број различитих природних процеса, који су били актуелни за време депозиције ове врсте седимената. Наиме, гранулометријски састав ЛПС зависи од области у којој се ствара, депонује примарни материјал за потоње еолско транспортовање и депоновање, од услова под којима се одвија транспорт еолског материјала и најзад од локалних природних процеса, који се одвијају на простору где се депонује еолски материјал (Vandenberghe et al., 2013).

### *4.5.1. СТАЛАЋ*

Гранулометријски састав ЛПС Великог брда, на коме се налази ПЦС, може да одговори на низ различитих питања: Који простор је главни извор материјала за еолску депозицију? Одакле долази тај материјал? Које атмосфереске циркулације и процеси су учествовали у формирању ЛПС на простору савременог ПЦС? Какви су били локални услови за депоновање лесних наслага и педогенезу земљишта?

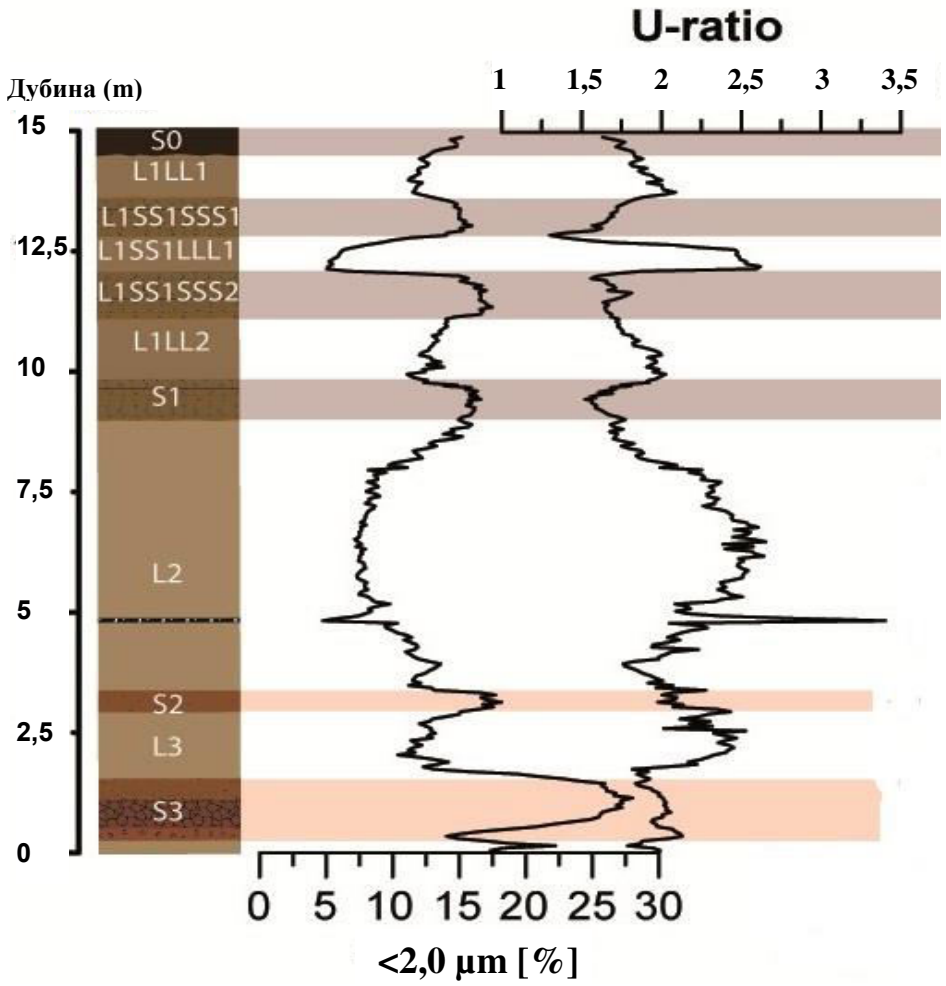
У Прилогу 60 приказан је гранулометријски састав ЛПС на простору савременог ПЦС формираних током последња три глацијално-интерглацијална циклуса. Приказано је укупно пет различитих фракција < 2,0 μm, 2,0-6,2 μm, 6,2-20,0 μm, 20,0-63,0 μm и > 63,0

μm. Најфиније фракције глине < 2,0 μm и глине 2,0-6,2 μm пластично илуструју интензитет педогенезе, тако да не чуди велика подударност заступљености поменуте две фракције са педостратиграфијом истраживаног профила. Релативно мало учешће фракције финог праха 6,2-20,0 μm указује да је само мањи део ЛПС на простору савременог ПЦС формиран од материјала депонованог са релативно велики дистанци. Занимљиво је да је учешће ове фракције генарално веће током формирања палео- и рецентног земљишта (Obreht et al., 2016).



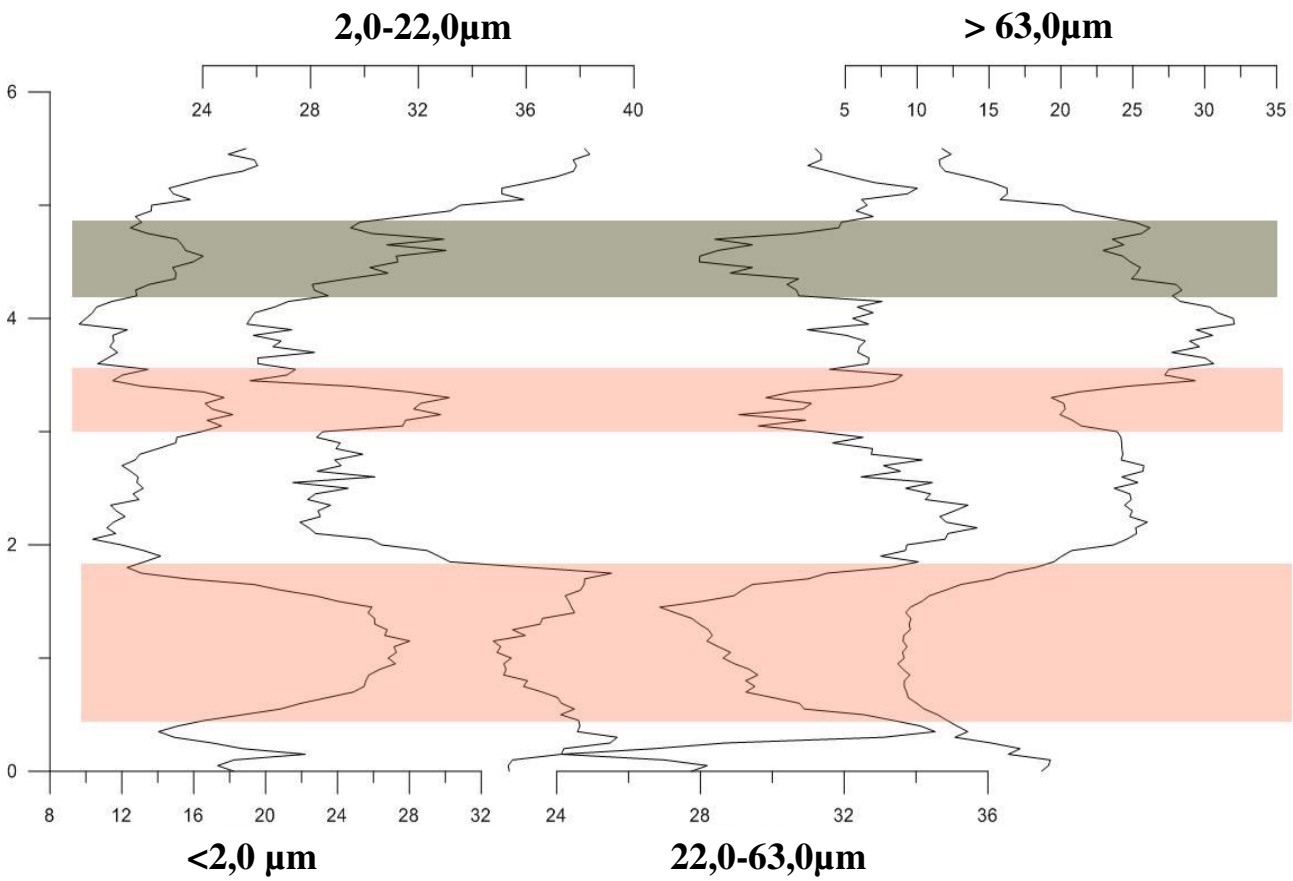

*Прилог 60. Гранулометријски састав ЛПС на простору савременог ПЦС, формираних током последња три глацијално-интерглацијална циклуса. Приказано је укупно пет различитих фракција <2,0 μm, 2,0-6.2μm, 6,2-20,0 μm, 20,0-63,0 μm и >63,0 μm (Obreh tet al., 2016, модификовано).*

Најгрубље фракције праха 20,0-63,0 μm и песка > 63,0 μm доминирају у укупном сасатаву ЛПС ПЦСса приближно 50-65 % указујући на близину простора са којег потиче примарни материјал од кога су депоноване ЛПС. Учешће поменуте две фракције веће је у лесним слојевима, а највеће у слојевима тефре (Obreht et al., 2016).



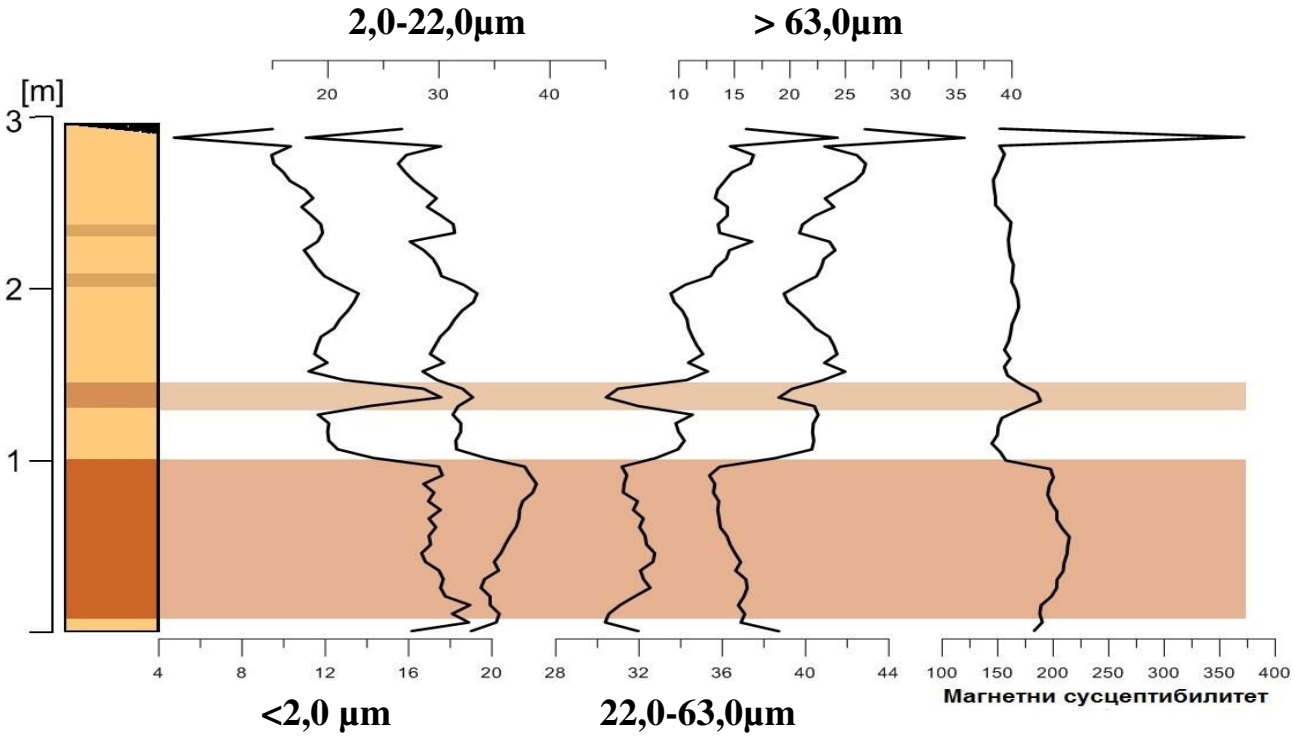

*Прилог 61. Гранулометријски састав ЛПС на простору савременог ПЦС формираних током последња три глацијално-интерглацијална циклуса; фракција фине глине < 2,0 µm и U ratio (Obreht et al., 2016, модификовано).*

У Прилогу 61 приказане су фракције фине глине < 2,0 µm и U ratio. Први параметар је показатељ интензитета педогенезе, а други је показатељ јачине ветра. Приказане вредности указују да су анализирана два фактора обрнуто сразмерна. Глацијални и стадијални периоди када су формирани лесни слојеви. Одликовали су се слабијом педогенезом, односно слабијом вегетацијом и јачим дувањем ветра, за разлику од интерглацијалних и интерстадијалних земљиштатоком чије педогенезе је била јаче развијена вегетација у садејству са сталним дувањем ветра (Obreht et al., 2016).




*Прилог 62. Гранулометријски састав профила 1. Приказане су укупно четири различите фракције < 2,0 µm, 2,0-22,0 µm, 22,0-63,0 µm и > 63,0 µm (Obreht et al., 2016, модификовано).*

Профил 1 репрезентује горњих 6 m профила који се у палеогеоморфолошком погледу могу дефинисати као плато са благим падинама (Прилог 63). Најфинија фракција фине глине < 2,0 µm и делимично фракција глине и финог праха 2,0-22,0 µm добро одсликавају интензитет педогезе, тако да не чуди велика подударност заступљености поменуте две фракције са педостратиграфијом профила 1. Релативно велико учешће фракције глине и финог праха 6,2-20,0 µm указује да је овај део ЛПС, на простору савременог површинског копа циглане у Сталаћу, састављен од материјала депонованог са релативно великих дистанци. Занимљиво је да је учешће ове фракције генарално веће током формирања палео- и рецентног земљишта. Сходно томе, грубље фракције праха 20,0-63,0 µm и песка > 63,0 µm имају мање учешће у укупном сасатаву ЛПС, него у случају главног профила (Прилог 61) указујући на мање учешће материјала из блиских простора. (Obreht et al., 2016).

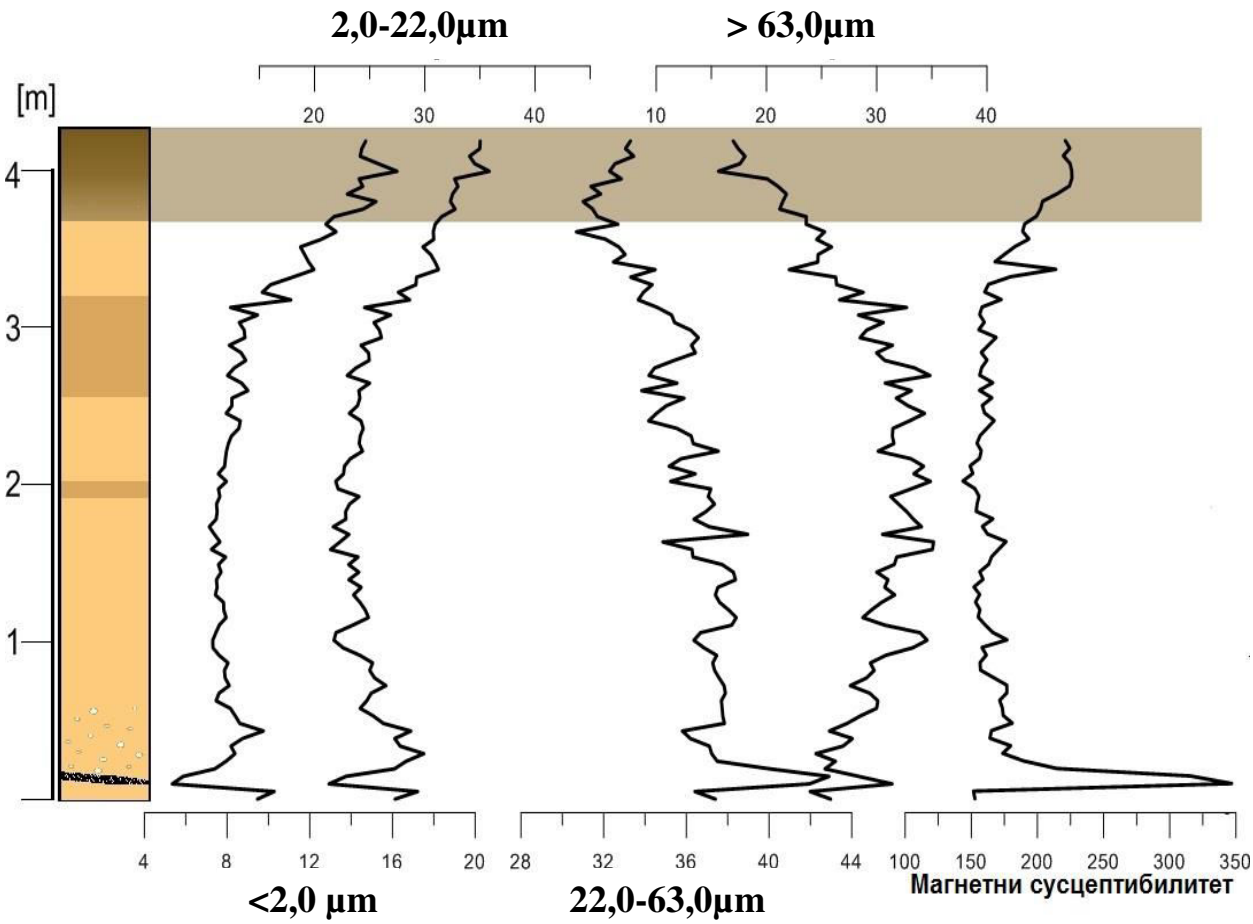



*Прилог 63. Гранулометријски састав профила 2. Приказанесу укупно четири различите фракције < 2,0 µm, 2,0-22,0 µm, 22,0-63,0 µm и > 63,0 µm и MC(Obreht et al., 2016, модификовано).*

Слично као и код профила 1, види се јасна подударност између гранулометријског састава, МС и лито- и прдостратиграфије, само што је удео грубљих фракција изразитији на профилу 2.

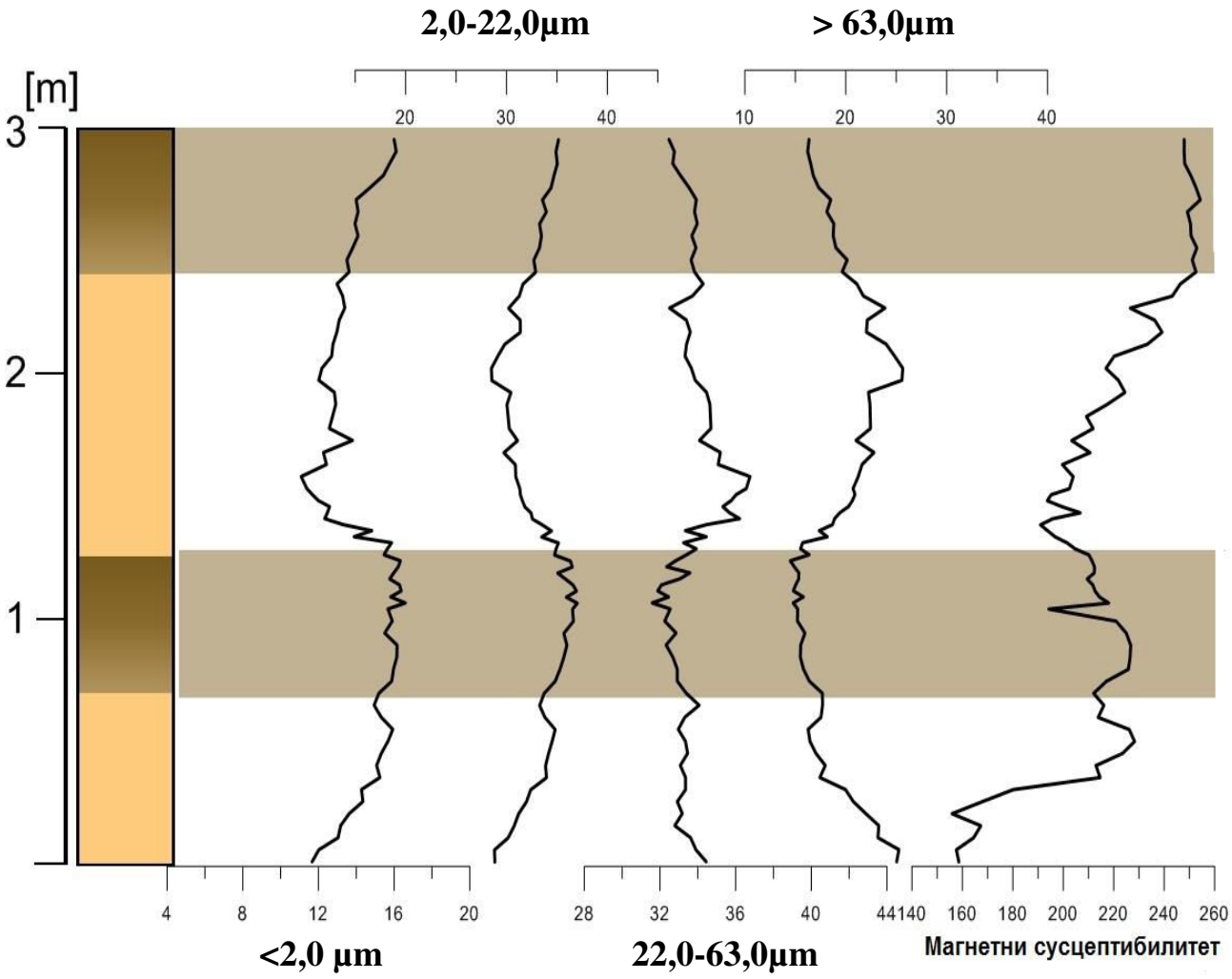
Палеоређефна депресија је фаворизовала депоновање грубљег еолског материјала. Повећан инпут еолског материјала деловао је супримирајуће на педогенезу, па је доње палеоземљиште S3 на профилу 2 слабије развијено од доњег палеоземљишта S3 на профилу 1. Одликује се знатно мањом фином педогенетском глином и истовремено знатно већим уделом грубљих фракција.

Готово идентична ситуација је на профилима 1 и 3. Трендови су исти у односима гранулометријских фракција и моћном лесном хоризонту L2, који је депонован у ређефну палеодепресију током претпоследњег интерглацијала.



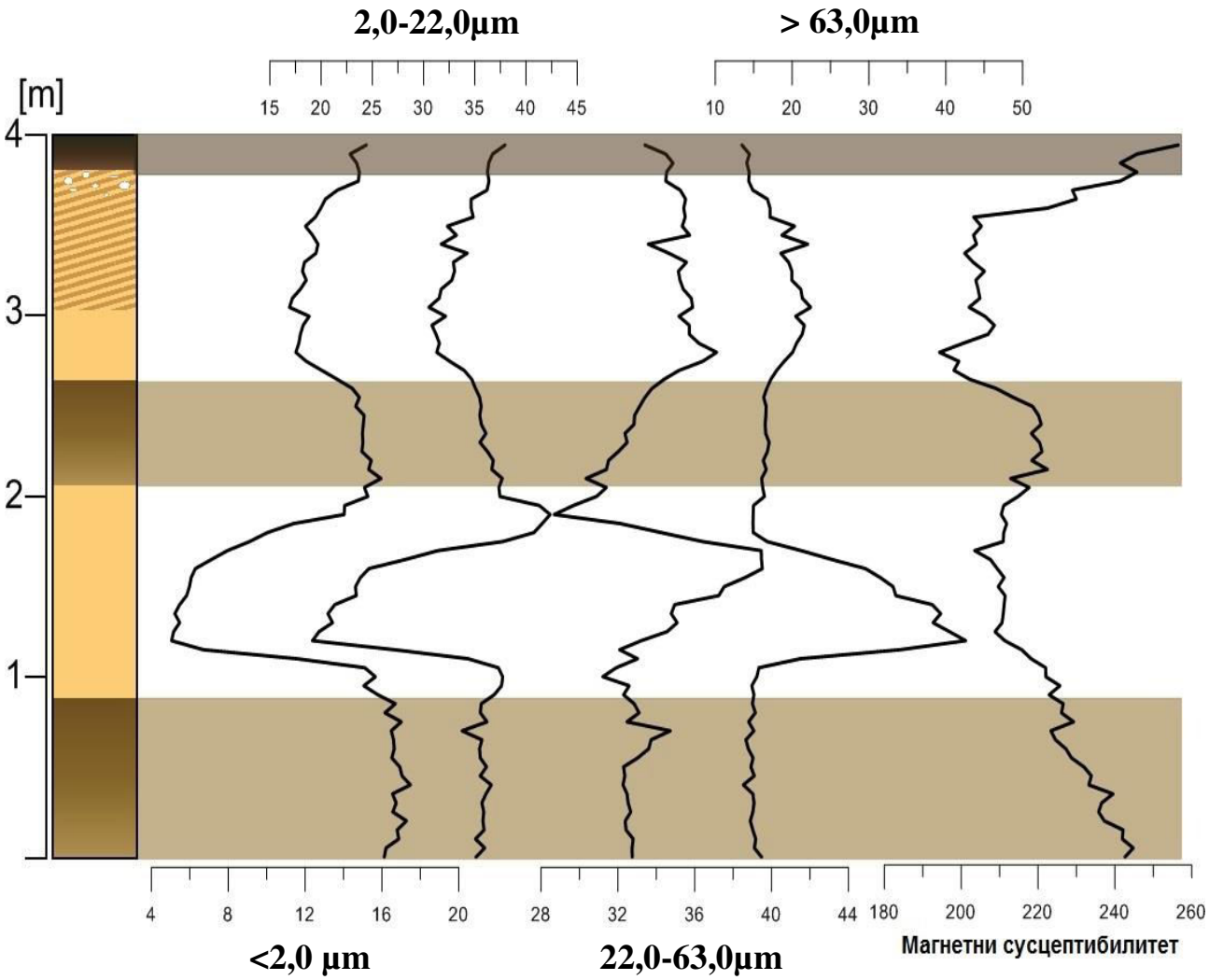

*Прилог 64. Гранулометријски састав профила 3. Приказанесу укупно четири различите фракције < 2,0 µm, 2,0-22,0 µm, 22,0-63,0 µm и > 63,0 µm и МС (Obreht et al., 2016, модификовано).*

Прилози 65 и 66 показују гранулометријски састав млађих ЛПС, које су откривене на профилима 4 и 5. У поменутим профилима фракција глине и финог праха 2,0-22,0 µm имају значајно веће учешће, него код ЛПС профила 2 и 3. Истовремено уочава се мање учешће две грубље фракције.




*Прилог 65. Гранулометријски састав профила 4. Приказанесу укупно четири различитие фракције < 2,0 µm, 2,0 -22,0 µm, 22,0-63,0 µm и > 63,0 µm и MC (Obreht et al., 2016, модификовано).*

Наведени резултати показују да палео рељеф представља веома битан предуслов за формираљње ЛПС Великог брда код Сталаћа. Запуњавање палеорељефне депресије било је интензивније током старија два глацијално-интерглацијална циклуса, што је врло логично, јер је њен седиментациони капацитет знатно мањи у функцији времена.



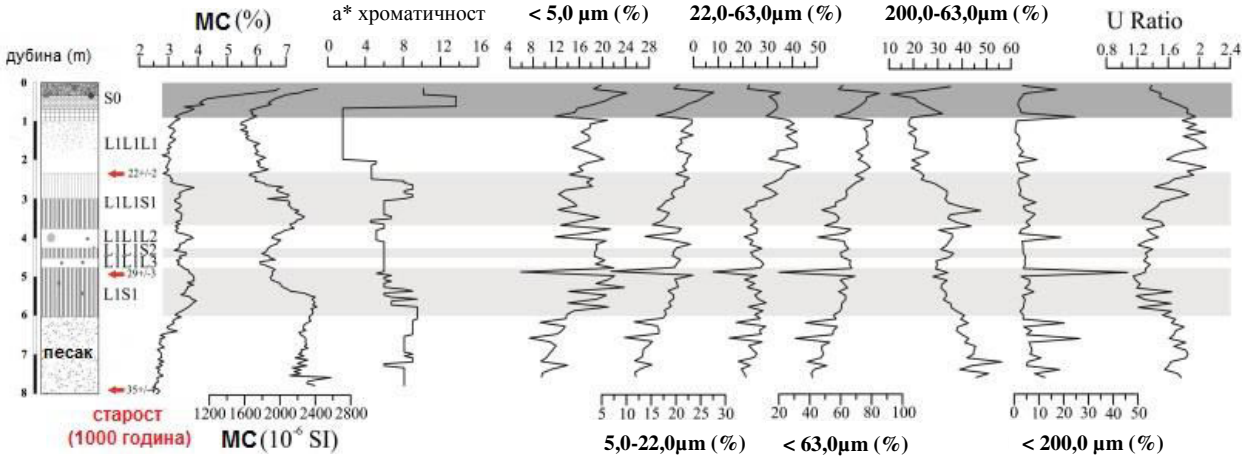

*Прилог 66. Гранулометријски састав профила 5. Приказанесу укупно четири различите фракције < 2,0 µm, 2,0-22,0 µm, 22,0-63,0 µm и > 63,0 µm и MC (Obreht et al., 2016, модификовано).*

Треба истаћи и најзначајније одступањеод уобичајене дистрибуције различитих гранулометријских фракција. Ова аномалија се лако уочава у лесном слоју L1SS1LLL1 у виду појаве знатно грубљег просечног гранулометријског састава.

### *4.5.2. БЕЛОТИНАЦ*

Гранулометријски састав лесних седимената представља један од најчешће коришћених параметара за реконструкцију палеоклиматских и палеоеколошких промена (Vandenberghe et al., 1997.; Ding et al., 2002.; Weltje et al., 2007.; Bokhorst et al., 2011). Прилог 67 приказује варирање различитих фракција (мање од 5,0 µm, 5,0-22,0 µm, 22,0-

63,0 μm, 63,0-200,0 μm и више од 200,0 μm) у најкарактеристичнијим стратиграфским јединицама на одређеној дубини (Обрехт, 2012). У Прилогу 67 приказан је удео честица и U-ratio дуж целог профила (Обрехт, 2012) и ови подаци су упоређени са магнетном сусцептибилношћу и бојом седимента (Basarin et al., 2011).




*Прилог 67. Литологије магнетна својства и боја ЛПС ПЦБ. Гранулометријски ЛПС ПЦБ приказано је саукупно шест различитих фракција < 5,0 μm, 5,0-22,0 μm, 22,0-63,0 μm,> 63,0 μm и 63,0-200,0 μm и U ratio-ом (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014, модификовано).*

На ПЦБ највише су заступљене крупне честице, попут финог и средњег песка и та заступљеност је присутна дуж целог профила са 51-66 %. Сам удео финог песка расте са дубином, од око ~35 % у вишим деловима до преко 50 % у пешчаном базалном слоју. Груб и средњи песак (честице > 200 μm) показују велику променљивост дуж профила и могуће је запазити тренд пораста удела ових честица са дубином. Честице праха су заступљене од палеоземљишта L1S1 до врха профила. У базалном слоју јављају се у веома малом броју честице глине (< 5,0 μm) и честице ситне прашине (5,0-60,0 μm). Дуж читавог профила присутне су грубе фракције, што указује на непосредну близину извора честица и на близину површинских токова у долини Јужне Мораве.

Удео глине (< 5,0 μm) је у складу са стратиграфијом (Basarin et al., 2011) и има највећу вредност у рецентном земљишту преко 25 %. На профилу није уочено повећањеудела глине у палеоземљишту интерстадијала у поређењу са слојевима леса изнад њега. Дуж целог профила удео честица глине варира, што указује на више периода распадања честица. Овакве промене у процесу седиментације потврђују и велике

варијације у вредностима U-ratio. Ова вредност нам указује на уочљиву смену ка нижим вредностима од 2,5 m до 6 m дубине, што је у складу са литостратиграфским јединицама слабо развијених палеоземљишта у лесном слоју L1 детерминисаних структуром земљишта и бојом (Basarin et al., 2011). Гранулометријски запис нам показује на слаб пораст глине у палеоземљишту L1S1, који се теже уочава због великих осилација овог параметра из којег можемо извући битне закључке. У слојевима слабо развијених палеоземљишта L1L1S1 и L1L1S2, учешће глине не показује другачије вредности од суседних лесних слојева. Честице мање од 5,0 μm, које представљају на осталим профилима Карпатског басена параметар за одређивање педогенезе (Buggle et al., 2013), не могу бити употребљене као палеоклиматски показатељ на овом профилу.

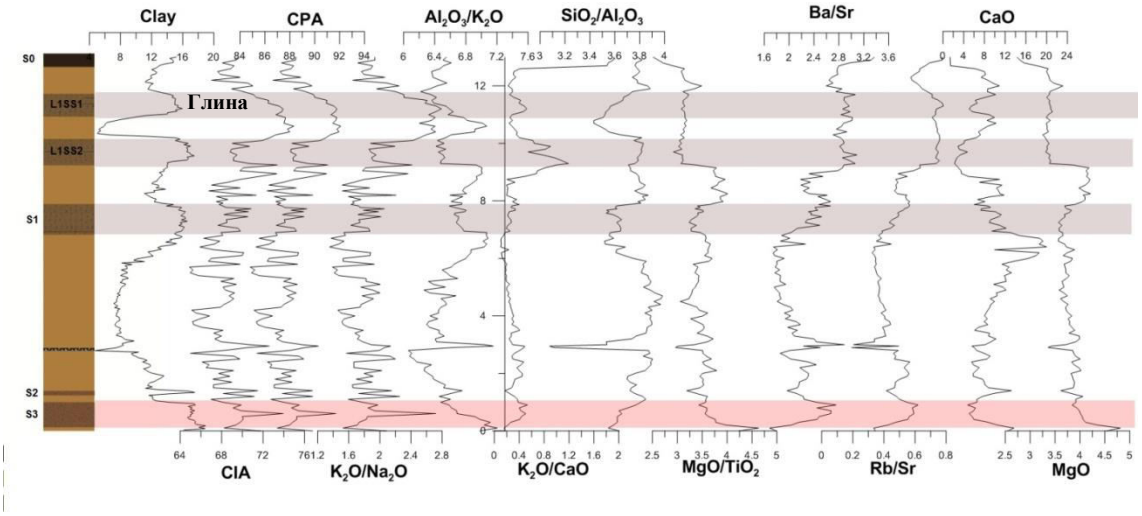
У Прилогу 67 су приказани гранулометријски резултати у корелацији са MC, MC зависним од фреквенције и бојом седимената (Basarin et al., 2011) за овај профил. Док MC показује ферамагнетични сигнал свих честица, MC зависан од фреквенције показује сигнал само најситнијих ферамагнетичних честица формираних током педогенезе (Banerjee, 1994; Liu et al., 2007).

## 4.6. ГЕОХЕМИЈСКИ САСТАВ ЛПС

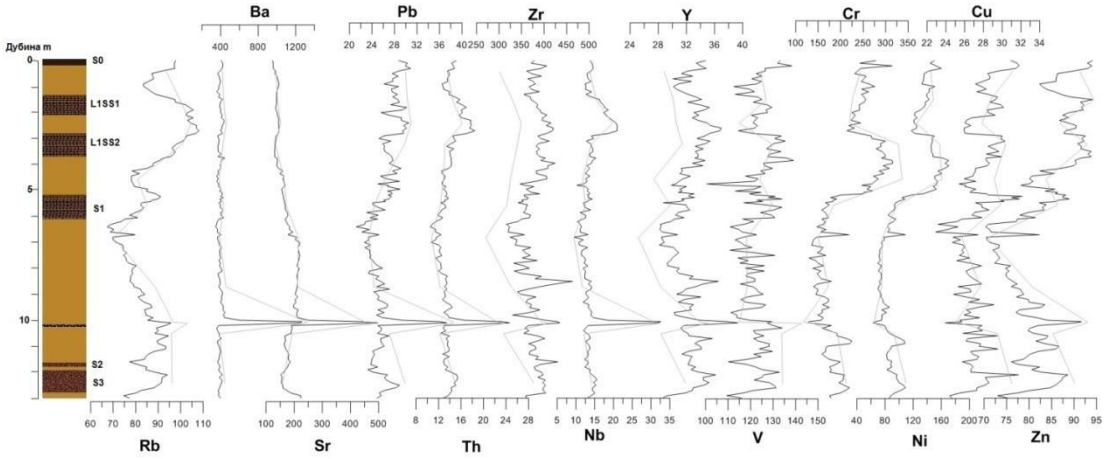
Геохемијски састав ЛПС у последње време добија све већи истраживачки потенцијал и значај, јер савремене аналитичке методе пружају велик број могућности за добијање веома важних и корисних резултата (Buggle et al., 2008, 2001; Ujvari et al., 2008, 2014; Stevens et al., 2011). Неорганска геохемија је веома значајна за успостављање порекла материјала и бољи увид у педогенезу и распадање честица. Са друге стране, органска геохемија нашла је примену у реконструкцији вегетације и услова животне средине, као и реконструкцији падавина и температуре (Ujvari et al., 2008, 2016; Buggle et al., 2008, 2011).

### *4.6.1. СТАЛАЋ*

Геохемијски састав ЛПС ПЦС има велики потенцијал да пружи одговоре на бројна истраживачка питања.




*Прилог 68. Различити индекси који илуструју степен распаднутости минерала ЛПС ПЦС.*

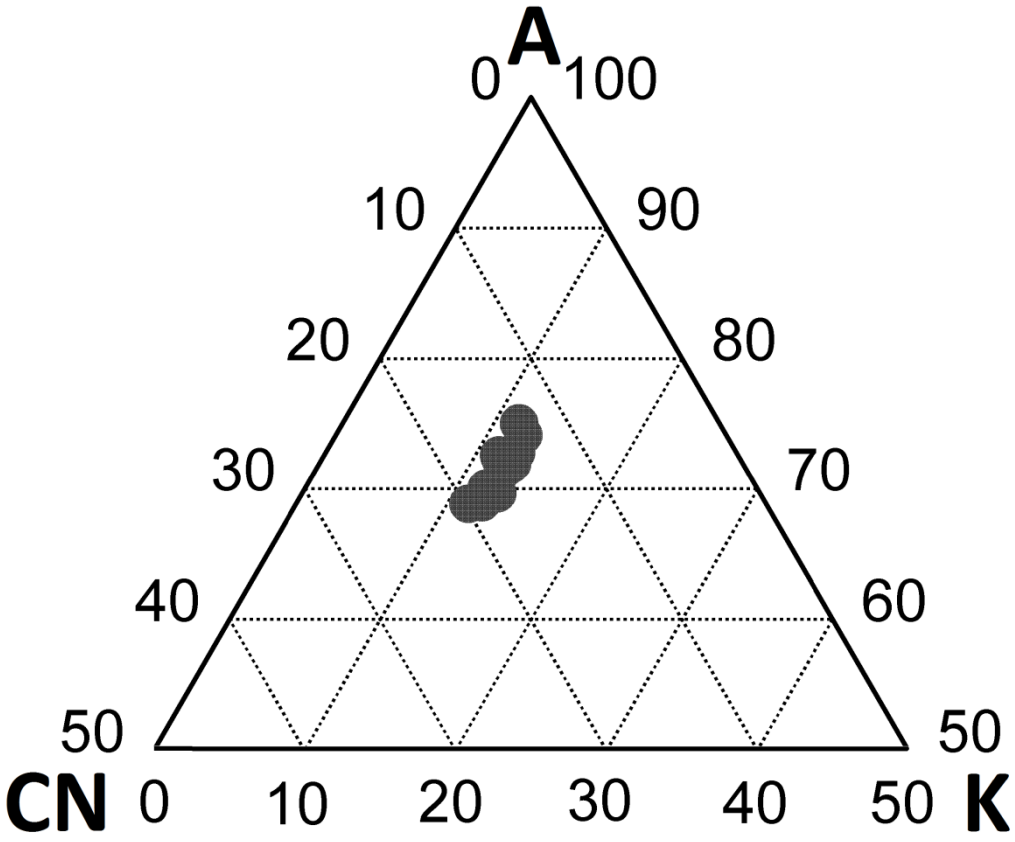



*Прилог 69. Елементарни састав ЛПС ПЦС.*

A–CN–K диаграм (Al2O3laNa2O + CaO*) aK2O диаграм; где је CaO* силикатни Ca; Nesbitt and Young, 1984) указује на интензитет распадања, или ефекат сортирања алуминосиликата. Поред тога, коришћење овог дијаграма пружа увид у састав нераспаднутног првобитног материјала честица (Buggle et al., 2008; Nesbitt and Young, 1989; Nesbitt et al., 1996; Obreht et al., 2015).

Узорци дунавског леса дијаграм имају заједничку дистрибуцију на A-CN-K, где се вредности узорака распростиру паралелно са A-CN дужи. Такав распоред указује на доминантно силикатно распадање честица, где се силикатни Ca i Na растварају знатног разарања плегиокласа, док се K знатно спорије раствара због споријег разарања K-

фелспата (Buggle et a., 2008; Obreht et al., 2015; Schatz et al.,2011; Ujvari et al., 2008). За разлику од дунавског леса, украјински лес је под утицајем сортирања честица, нашта указује распростирање вредности узорака нормално на CN-A дуж (Buggle et al., 2008).




*Прилог 70. A–CN–K дијаграм за ЛПС ПЦС.*

Иако је ПЦС под утицајем промене порекла честица у зависности од области одакле долази примарни материјал (сливови Јужне Мораве или Западне Мораве) (Obreht et al., 2016), A-CN-K дијаграм указује на доминантно силикатно распадање честица, слично дунавском лесу (Ujvari et al., 2008, 2016; Obreht et al., 2015; Zeeden et al., 2016). Таква дистрибуција вредности указује да, упркос различитом пореклу и карактеристикама честица, балкански лес се распада истим процесима као и дунавски лес, потенцијално указујући на генерално сличне климатске услове.

### *4.6.2. БЕЛОТИНАЦ*

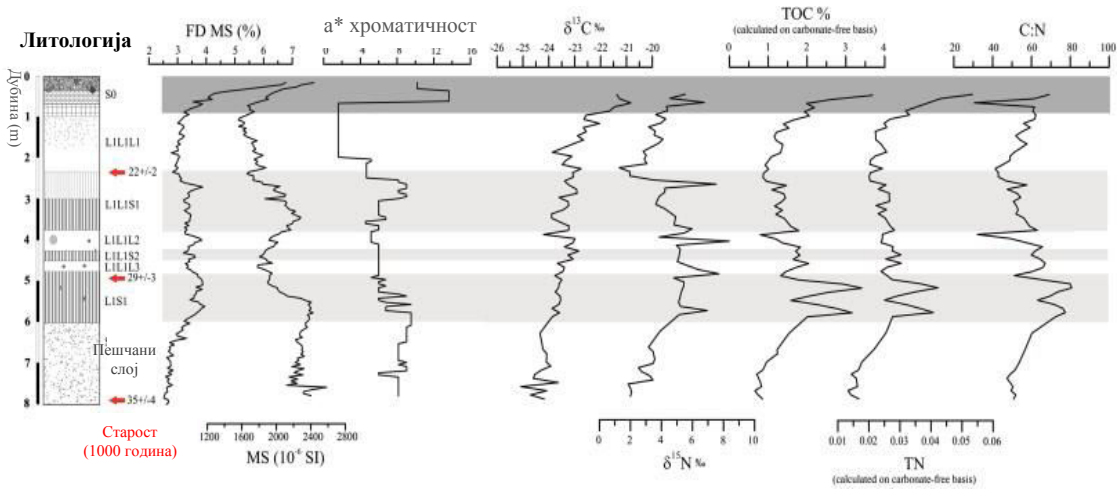
За разлику од ПЦС где су спроведене анализе неорганске геохемије, анализе органске геохемије спроведене су на ПЦБ (Obreht et al. 2014). Геохемијски састав ЛПС у Белотинцу, на основу укупног органског угљеника (total organic carbon; TOC), показују да су рецентно земљиште и палеоземљиште обогаћени органским угљеником, док су ниже вредности примећене у лесним јединицама (Прилог 71). Забележене су најниже вредности TOC у базалном пешчаном слоју са постепеним порастом вредности од дна до врха слоја. Варијација TOC у палеоземљишту L1SS1 су окарактерисана са два истакнута пика са вредностима око 3 %, слично савременом земљишту S0. Ове вредности TOC су забележене на основи без карбоната и због тога је генерално повишен у односу на узорке који укључује карбонате, који су претходно у студији Basarin et al. (2011). Повећане вредности у савременом земљишту и у фосилним земљиштима показатељ су суве или сезонске хладне климе, која омета разградњу органске материје.

Јаке и слабе стопе седиментације се смењују, и на то нам указује високо фрекфентне промене у вредностима заступљености глине и Uratio, доприносе очувању материјала органског порекла седиментолошким фосилизовањем. Палеоземљишта која су слабо развијена L1L1S1 и L1L1S2 лако се разликују од лесних слојева који се наслањају на њих по вредностима TOC. Због тога долази до смањења заступљености биомасе у лесним слојевима, док повећана у палеоземљиштима може да указује на интензитет продукције биомасе. Међутим, на ЛПС оваква појава се може протумачити и као промена баланса између интензитета акомулације еолског материјала и производње и очувања биомасе. Два изразита пика у палеоземљишту L1SS1 указују на променљиве фазе унутар интерстадијалног педокомплекса, било као последица промена климе (на шта указују промене у производњи биомасе), и промене у стопи седиментације, као и у саставу материјала (повећање органског материјала у односу на неорганске компоненте (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014).

Укупан азот (total nitrogen; TN) у великој мери је повезан са вредностима укупном присуству органског угљениака (total organic carbon: TOC. Он указује на заједнички биотички извор (удео биомасе из тадашњег екосистема) и наглашава потенцијал комбиноване анализе стабилног азота и изотопа угљеника за одређивање еколошких збивања прошлости (Basarin et al., 2011: Obreht et al., 2014).

### *4.6.2.1. СТАБИЛНИ ИЗОТОПИ УГЉЕНИКА И АЗОТА*

Вредности изотопа стабилног угљеника $\delta^{13}C$ на ПЦБ у распону су од -21 ‰ до -25 ‰ (Прилог 71), са најнижим вредностима у доњем пешчаном слоју. Варијације $\delta^{13}C$ дуж целог профила су врло благе и веома тешко могу да представљају литостратиграфске границе. Ипак, благ тренд повећања $\delta^{13}C$ се примећује од дна ка врху профила, са вредностима од приближно -24 ‰ до -23.5 ‰ на старијем палеоземљишту, а око -23 ‰ на лесном слоју последњег глацијалног максимума. Приметне су повећане вредности $\delta^{13}C$ при дну рецентног земљишта са вредношћу око -21 ‰.




*Прилог 71.Показује педостратиграфије поређење педостратиграфије са вредностима: магнетних својстава, изотопа угљеника $\delta^{15}C$ изотопа азота $\delta^{15}N$. тоталног органског угљеника, укупног азота и односа угљеника и азота (Obreht et al., 2014).*

Прилог 71 показује вредности изотопа азота $\delta^{15}N$ које се крећу од 2 ‰ до 6 ‰. За палеоземљишта је карактеристична повећана вредност $\delta^{15}N$ у поређењу са лесним слојевима са сличним вредностима у рецентном земљишту, као у палеиземљиштима. Релативно високи пикови $\delta^{15}N$ вредности (до 8 ‰) могу се запазити у фосилном земљишту и лесним слојевима L1L1L2 и L1L1L3. Међутим, ове вредности се не третирају као сигнал некадашње животне средине, већ као грешка у методологији припреме узорака (Ryba and Burgess, 2002; Kennedy et al., 2005).

## 4.7. БОЈА ЛПС

Боја ЛПС постаје све значајнији параметар у лесним истраживањима на глобалном нивоу (Лукић, 2015). Познато је да је боја ЛПС једно од њихових

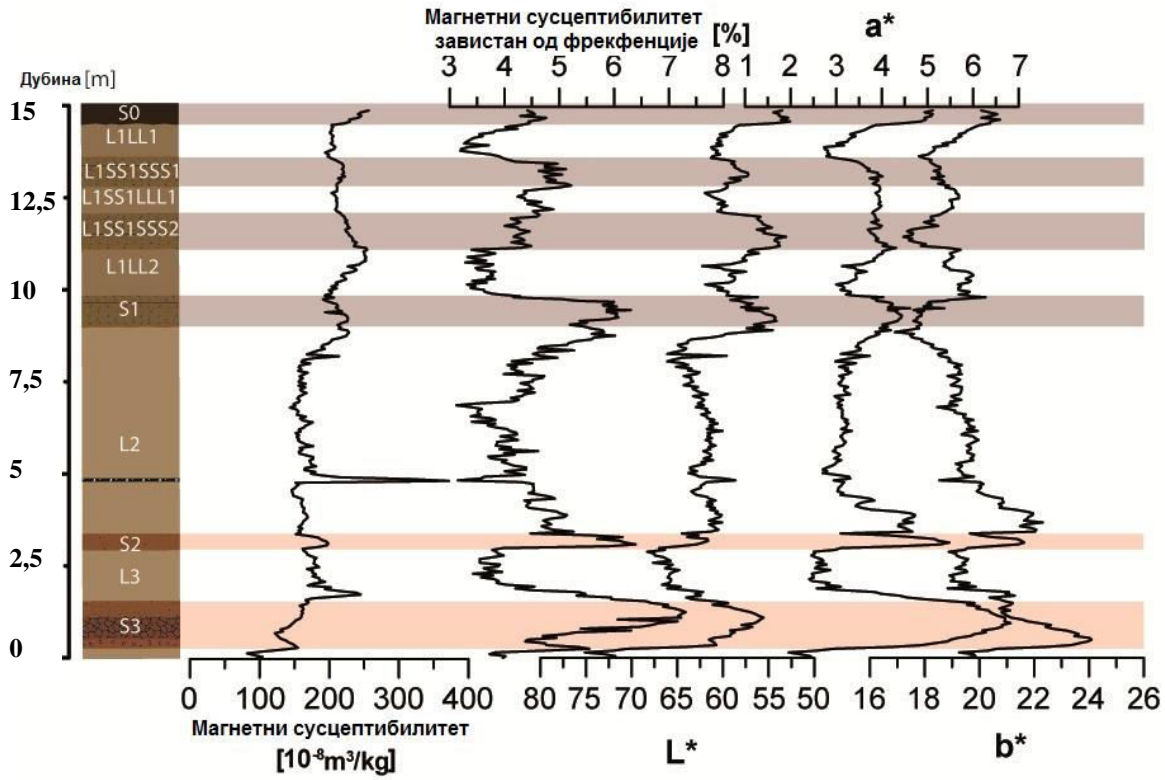
најмаркантнијих морфолошких својстава. То се нарочито односи на палеоземљишта, јер њихова боја често одсликава карактер и интензитет њихове педогенезе. Због тога су бројна земљишта добијала имена у различитим националним педолошким класификацијама која се и данас користе на глобалном нивоу Тако су, управо по њиховој боји имена добили следећи типови земљишта: чернозем (чернозём) и црница – представљају педолошке творевине црне боје, кестењасто земљиште (kastanozem), броан земљиште (braun erde), подзол – сиво земљиште (podzol) и црвеница (terra rosa) (Миљковић, 1996).

### *4.7.1. СТАЛАЋ*

Боја ЛПС ПЦС свакако је морфолошко својство које, на први поглед, привлачи пажњу посматрача (Прилог 72). Попут лито- и педо-стратиграфије, која се значајно мења од профила до профила, тако се још спектакуларније мења боја истих ЛПС, постајући интензивнија на дну палеодепресија, односно светлија ако је фосилно земљиште формирано на блажим падинским странама. Такође, различита фосилна земљишта формирана су поддоминацијом и субдоминацијом различитих педогентских процеса, који суштински одређују боју ЛПС, како смо већ раније истакли.

*Прилог 72. Различите боје ЛПС L5, S4 и L4 ПЦС (фото: Никола Бачевић, 2013).*

У Прилогу 73 упоређене су вредности магнернтних својстава ЛПС, као и њихове одговарадјуће L* a*b* колориметријске вредности. Како је приметио и Лукић (2015), L*, a*, b* колориметријске вредности коварирају са вредностима магнетне сусцептибилности зависне од фреквенце. Према томе, приказане релације настале су као последица деловања педогенезе. У овом случају МС, мерен у ниском пољу, у знатно већој мери одсликава доминацију порекла еолског материјала, односно да ли већи део материјала примарно потиче из слива Јужне Мораве (мање вредности), односно слива Западне Мораве (веће вредности). Колориметријски параметари L* и a* који пластично показују светлије нијансе седимената се у одређеној мери слажу и са МС, показјући да лес светлије нијансе углавном примарно потиче из слива Јужне Мораве.

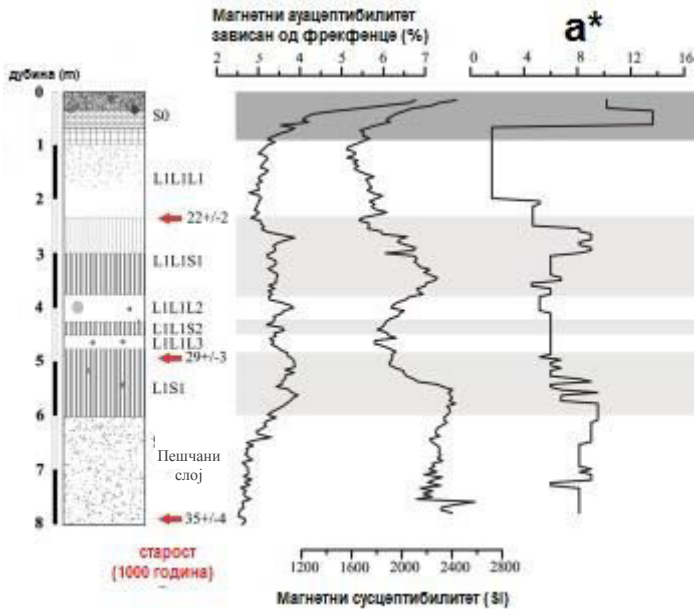



*Прилог 73. Поређење вредности магнетних својстава ЛПС ПЦС, као и њихове одговарадјуће L* a*b* колориметријске вредности.*

Колориметријски параметри a* и b* пластично показују промене интензитета педогенезе. Веће вредности параметра a*, измерене у палеоземљишту S3, које указују на интензивне педогенетске процесе. Интезивно црвена боја овог фосилног земљишта је последица медитеранских климатских утицаја који поспешују интензивније распадање примарних минерала на минерале глина и остатак у ком се налази доста оксида гвожђа и алуминијума. Поменути оксиди су одговорни за изразиту црвену боју палеоземљишту S3, која се не јавља у млађим палеопедолошким творевинама.

### *4.7.2. БЕЛОТИНАЦ*

Боја ЛПС ПЦБ, такође као што је то био случај и код лесних седимената ПЦС, доста пластично илуструје промене педостратиграфије истраживаних профила.




*Прилог 74. Поређење вредности магнетних својстава ЛПС ПЦБ, као и њихове одговарадјуће a* колориметријске вредности (Basarin et al., 2011).*

У Прилогу 74 упоређене су вредности магнетних својстава ЛПС ПЦБ, као и њихове одговарадјуће a* колориметријске вредности. То се нарочито односи на значајну подударност у варирању a* колориметријскихпараметра магнетне сусцептибилности, зависног од фреквенце. Лукић (2015) је у свом претходном раду већ раније уочио да поменуте вредности добро коварирају.

# 5. ДИСКУСИЈА

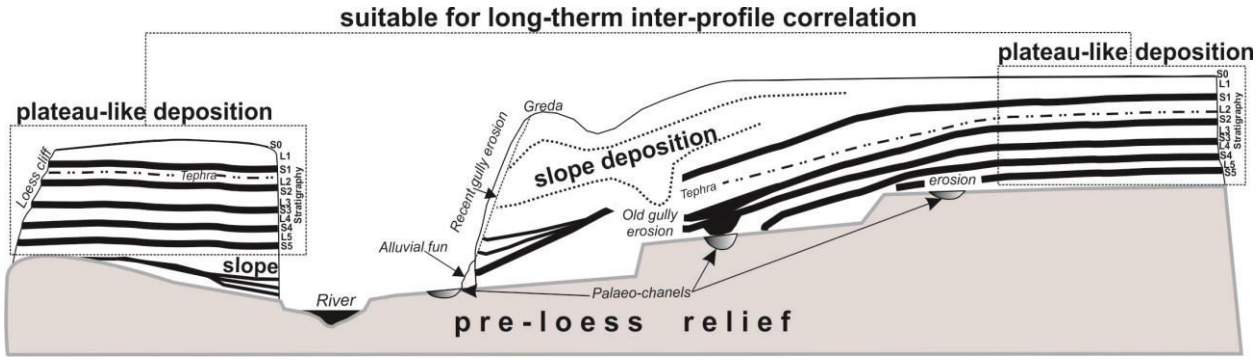
ЛПС су један од најзначајнијих квартарних комплекса палеоклиматских и палеоеколошкихзаписа. Због широког распрострањења, поготову у умереним географским ширинама северне полулопте, ЛПС имају потенцијално велик значај за просторну и временску реконструкцију природних процеса током квартара (Kukla, 1987; Heller and Evans, 1995)

*Прилог 75. ЛПС ПЦС (фото: Слободан Б. Марковић, 2013).*

За разлику ЛПС на простору Војводине, које су током последњих година препознате као један од најкомплетнијих европских копнених записа током последњих милион година (Marković et al., 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2014, 2015; Fuchs et al., 2008; Antoine et al., 2009; Bokhorst et al., 2009, 2011; Buggle et al., 2008, 2009, 2011, 2013, 2014; Schmidt et al., 2010; Stevens et al., 2011; Liu et al., 2013; Hatte et al., 2013; Zech et al., 2013; Basarin et al., 2015; Gocke et al., 2014; Lukić et al., 2014 a, 2014 b; Vandenberghe et al., 2014; Timar-Gabor et al., 2015 a; Sümegi et al., 2016; Song et al., 2018), лесни седименти у другим деловима наше земље су у знатно мањој мери истражени (Kostić and Protić, 2000; Basarin et al., 2011, Marković et al., 2014; Obreht et al., 2014, 2016; Bösken et al., 2017).

Јужно од Подунавља најзначајнији профили се јављају у зонама изолованих енклава у речним долинама слива Велике Мораве. То се нарочито односи на сушнији и мање планински слив Јужне Мораве где постоји више профила погодних за истраживање, али су до сада најистраженији Белотинац (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014) и Сталаћ (Kostić and Protić, 2000; Obreht et al., 2016; Bösken et al., 2017) (Прилог 75), који представљају и предмет истраживања ове докторске дисертације.

Најзначајнија разлика између ЛПС на простору Војводине и долине Јужне Мораве проистиче из специфичности модела депозиције лесних седимената у ове две области. ЛПС Војводине одликују се депозицијом у виду лесних платоа. Овај тип седиментације је веома уравнотежен и одликује се релативно сличним условим депозиције прашине и педогенезе земљишта на великом простору. То доприноси великој униформности ЛПС, што омогућава њихово валидно корелирање на великим дистанцама (Marković et al., 2012, 2018).




*Прилог 76. Диверзитет различитих типова седиментације лесних седимената (Marković et al., 2018).*

За разлику од депозиције леса платоског типа, која је доминантна у Војводини, депоновања леса у долини Јужне Мораве зависи од флувијалног пре-лесног рељефа. Прилог 76 показује диверзитет различитих типова седиментације лесних седимената (Marković et al., 2018).

## 5.1. ХРОНОСТРАТИГРАФИЈА ЛЕСНИХ ПРОФИЛА ПОВРШИНСКИХ КОПОВА ЦИГЛАНА У СТАЛАЋУ И БЕЛОТИНЦУ

Дефинисање поуздане хроностратиграфије је кључни корак у палеоколошкој и палеоклиматској реконструкцији лесних профила. Овај посао често није једноставан, јер зависи од бројних фактора, као што су: стопе седимтације, преобвлађујући модел депозиције, постојање ерозионих хијатуса, постојање или изостанак независних хроностратиграфских репера и сл.

Дефинисање хроностратиграфије ЛПС ПЦБ и ПЦС је било сложенији задатак него код леса Војводине из више разлога. Генерално посматрано лесни хоризонти ПЦС (Kostić and Protić, 2000; Obreht et al., 2016; Bösken et al., 2017) имају мању моћност него што је то случај код лесних профила у Војводини (Marković et al., 2006, 2007, 2009, 2011, 2012, 2014, 2018). Истовремено интерглацијални палеопедокомплекси су јаче развијени од њихових војвођанских еквивалената. Због тога је моћност лесног профила у Батајници (Marković et al., 2009), који има исту геолошку старост, 1,5 већа, док су одговараће ЛПС Тителског брега (Marković et al., 2012) чак 2 пута веће моћности. Међутим, у палеодепресијама ПЦС дебљина ЛПС може бити знатно већа (Obreht et al., 2016; Bösken et al., 2017).

Лесни профили откривени на ПЦС и ПЦБ представљају јединствен архив палеоклиматских и палеоеколошких промена на простору централне Србије. Kostić и Protić (2000) су на основу 61 узорка узиманих приближно на сваких 0,5 m анализирали минерални састав сталаћких ЛПС. Они су у потпуности потврдили изузетан значај овог лесног локалитета и показали евиденцију великих климатски варирања праћених одговарајућом динамичношћу промена услова животне средине.

У овом раду је приказан детаљан запис промена вредности МС лесног ПЦС, који представља једну од глобално најприхваћенијих вредности за корелирање различитих ЛПС (e.g. Heller and Evans, 1995; Maher and Thompson, 1992; Maher, 1999; Evans and Heller, 2001). Очекивано, промене вредности МС одсликавају распоред лито- (лесних слојева) и педо-стратиграфских (палеоземљишта) јединица. На основу корелације вредности МС ПЦС и осталих предходно истраживаних локалитета у региону дефинисан је и прелиминарни лито- и педо-стратиграфски модел који у великој мери ревидира предходне стратиграфске одредбе, које су изнели Kostić и Protić (2000).

Једно од најзначајнијих научних достигнућа ове студије је могућност корелирања измерених вредности МС лесних хоризоната ПЦС и MIS палеоклиматског модела SPECMAP (Bassinot et al., 1994) (Табела 7). Високе вредности МС које одговарају изразитим палеоземљиштима су корелирани са непарним MIS који представљају еквиваленте топлих интерглацијалних периода. Са друге стране, ниске вредности МС које одговарају лесним слојевима су корелирани са парним MIS и повезане су са хладним глацијалним фазама.

Приказане варијације МС имају генерално сличне криве промена вредности попут оних измерених на војвођанским лесним профилима репрезентујући модел појачања магнетног сигнала путем педогенезе. Међутим, поред сличности тренда варирања, апсолутне вредности МС су знатно веће у ЛПС ПЦС. Таква ситуација највероватније је последица различитог порекла материјала од којег су потоњим еолским навејавањем формирани лесни слојеви. Као у случају ПЦБ који има сличне апсолутне вредности МС, чији примарни извор материјала за формирање лесних наслага је флувијални нанос у моравском сливу (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2016).

Поменута знатна варирања МС у лесним хоризонтима упућују на евентуалне промене локалног извора прашинастог материјала. Због специфичног географског положаја Сталаћа (Карта 16), могуће да је у одређеним периодима предоминантно лесна прашина потицала из слива Јужне мораве (у коме има више метаморфних и вулканских стена), где су забележене више вредности МС. Са друге стране, примарни извор лесног материјала могао би да буде из слива Западне Мораве који је због преовлађујућих карбонатних стена утицао на стварање нижих вредности МС.

*Табела 9. Корелација вредности МС лесног ПЦС у MIS палеоклиматског модела SPECMAP*

| **Лито- и педо-стратиграфија** | **MIS** |
|---|---|
| **S0** | 1 |
| **L1l1** | 2 |
| **L1S1** | 3 |
| **L1L2** | 4 |
| **S1** | 5 |

| | |
|---|---|
| **L2** | 6 |
| **S2** | 7 |
| **L3** | 8 |
| **S3** | 9 |
| **L4** | 10 |
| **S4** | 11 |
| **L4** | 12 |
| **S5** | 13 |

Дефинисање хроностратиграфије ЛПС циглане на ПЦБ је било једноставније. Због његових мањих димензија. Овај профил има мање димензије, па су зато добијени резулатати за луминесцентно датирање поузданији, јер су аплицирани у довољној резолуцији (Basarin et al., 2011; Obreht et al., 2014).

*Табела 10. Корелација вредности ЛПС ПЦБ и MIS палеоклиматског модела SPECMAP (Bassinot et al., 1994).*

| **Лито-и педо-стратиграија** | **MIS** |
|---|---|
| **S0** | 1 |
| **L1LLl1** | 2 |
| **L1SS1** | 3 |

Установљени временски оквир осцилирања животних услова на истраживаном подручју се одређеним методолошким поступцима се може још више унапредити, о чему ће знатно више речи бити у следећем поглављу.

## 5.2. ДЕФИНИСАЊЕ ВРЕМЕНСКЕ СКАЛЕ ЗА ПРОФИЛ У СТАЛАЋУ

Поред апсолутног датирања различитим методама луминесцентног датирања у креирању временског модела (скале) посебан значај имају хоризонти вулканских туфита (тефри), Прилог 77 који представља веома значајне хроностратиграске реперe.

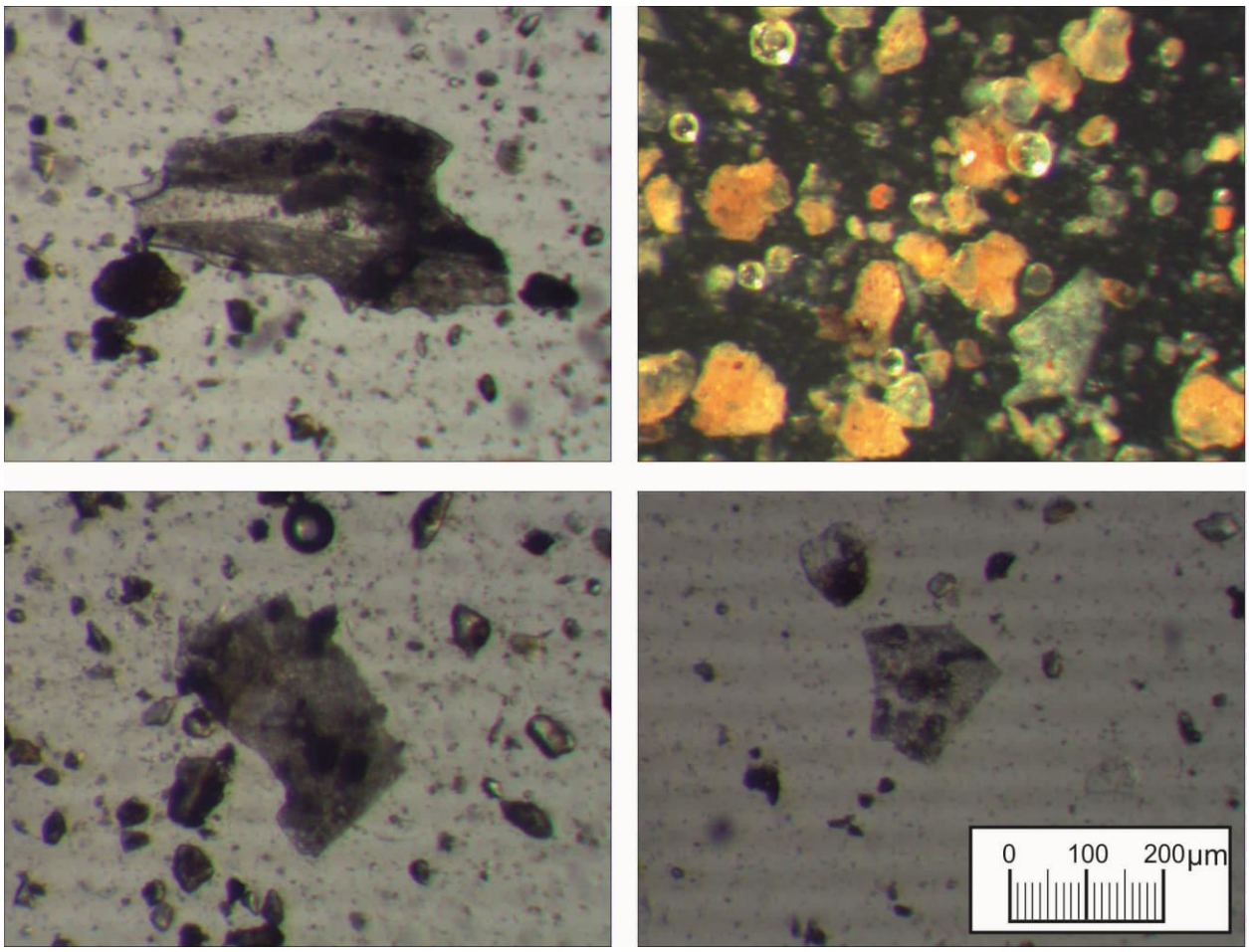
*Прилог 77. Ментор (лево) и аутор (десно) ове докторске дисертације приказатин током узорковања „L2-тефре" на лесном ПЦС (фото: Игор Обрехт, 2013).*

Слојеви тефри могу да се користе за корелирање различитик палеоклиматских записа, а у случају њиховог исправног детерминисања представљају важну и независну хроностратиграфску тачку за валидизацију и фитовање времнских палеоклиматских модела.

У случају лесног ПЦС могу се издвојити два тефра хоризонта. Старија "L2-тефра" (e.g. Bösken et al., 2017; Obreht et al., 2016) врло вероватно кореспондира са тефром установљеном у више лесних профиал са сличним хроностратиграфским положајем (Прилог 77). Име самог тефра слоја потиче од њеног стратиграфског положаја у предпоследњем глацијалном лесу L2, који се може корелисати са MIS 6 (e.g. Marković et al., 2015).

Млађи слој тефре на ПЦС није видљив голим оком, на самом терену. Због тога се овакви слојеви тефре називају криптотефре. Највероватније да се ради о еквиваленту познате супервулканске ерупције која се током последњег глацијала догодила на простору напуљске еруптивне области. Овај слој вулканског туфита је познат као Campanian

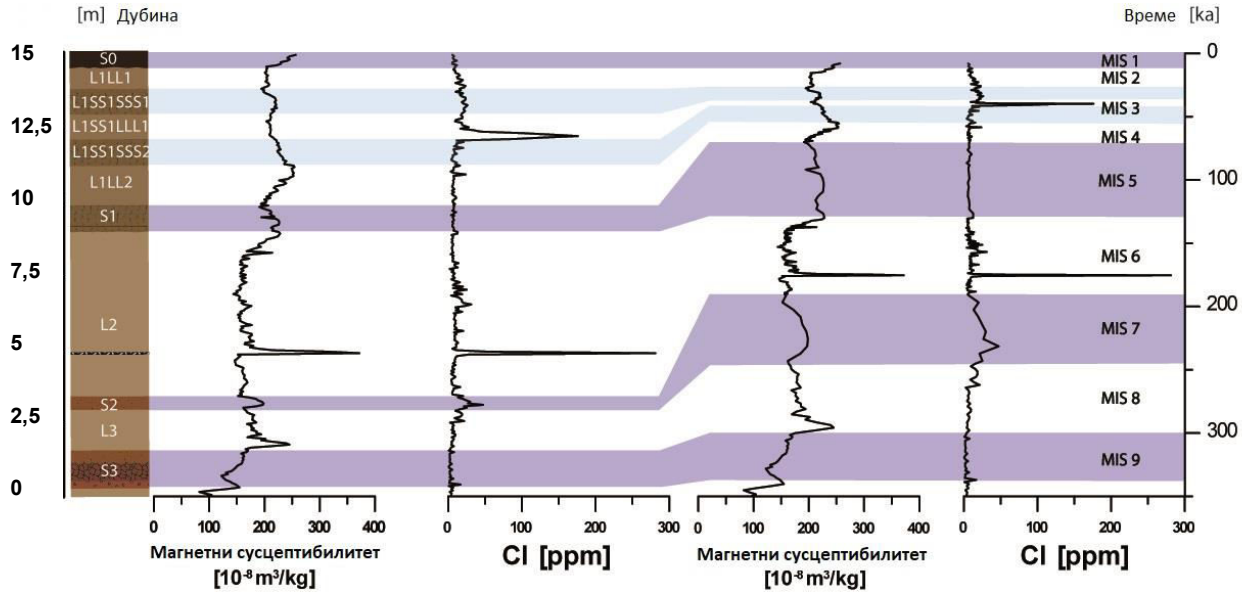
Ignimbrite Y5 тефраи може се уочити у седиментима широм југоисточне Европе, од централног Балкана, па све до великих пространстава Украјинсе и Руске низије (Obreht et al., 2016). Поред мање-више познате трајекторије Campanian Ignimbrite Y5 тефре на простору југоисточне Европе (e.g. Fitzsimmons et al., 2013) одређена и њена старост, која је директно датирна на 39,85±0,14 ka (Giaccio et al., 2017). Читав низ посредних датација седимената у којима је установљена Campanian Ignimbrite Y5 тефрауглавном је у сагласју са наведеном старошћу овог слоја вулканског пепела (e.g. Fitzsimmons et al., 2013).




*Прилог 78. Микроскопске анализе преосталог вулканског стакла пронађеног у слоју Campanian Ignimbrite Y5 криптотефре из лесног хоризонта L1 SS1 LLL2 ПЦС. Слике су направљене коришћењем magnification factor-а 50. Седиемнт је суспендован помоћу воде и прегледан путем емитованог светла (Obreht et al., 2016).*

Прилог 78 приказује микроскопске анализе преосталог вулканског стакла пронађеног у слоју Campanian Ignimbrite Y5 крипто тефре из лесног хоризонта L1 SS1 LLL2 ПЦС. Јасно се види да су анализирани узорци сиромашни примарним вулакнским

пирокластичним материјалом који је предтављен ретким очуваним зрнцима вулканског стакла. То је последица интензивног постдепозиционог распадања сиромашни примарног вулакнског пирокластичног материјала (Obreht et al., 2016).




*Прилог 79. Конверзија дубинске у временску скалу путем коралације различитих лесно-палеоземљишних хроностратиграфских јединица, добијених апсолутнимх луминесцентнимх датумима и повезаним са пиковимаа присуства Cl, као показатеља појаве тефра хоризоната који представљају допунске независне хронострафске репере (Obreht et al., 2016).*

Појаву Campanian Ignimbrite Y5 криптотефре од великог броја анализираних показатеља само се јасно истиче значајно повећање концентрације Cl, што је исти случај као и код„L2 тефре“која се може уочити и путем наглог пораста вредности MC, а која је иначе и макроскопски видљивана самом терену (Прилог 78). Разлог за то је периалкални трахитни састав Campanian Ignimbrite/Y5 тефре. Тако, да приказани временски модел подразумева следећу корелацију за педокомплекдсе и одговарајуће маринско изотопске периоде (S0 – MIS 1; L1SS1 i L1SS2 – MIS 3, S1 – MIS 5, S2 – MIS 7 i S3 – MIS 9), односно за лесне слојеве и одговарајуће MIS (L1LL1 – MIS 2, L1LL3 – MIS 4, L2 – MIS 6, L3 – MIS 8 and upper part of L4 – late MIS 10) (Прилог 79 и Табела 11).

*Табела 11. Главне хроностратиграфске тачке временског модела ЛПС ПЦС на основу директне корелација са палеоклиматски моделом Lisiecki и Raymo (2005).*

| **Реперна хроностратиграфска тачка** | **Дубина (m)** | **Старост у хиљадама година** |
|---|---|---|
| Дно профила | 0,00 | 350 |
| L4/S3 | 0,40 | 337 |
| S3/L3 | 1,65 | 300 |
| L3/S2 | 3,00 | 243 |
| L3 /S2 | 3,45 | 191 |
| S2/L1 | 8,90 | 130 |
| S1/L1L3 | 9,75 | 71 |
| L1LL3/L1SS2 | 11,05 | 57 |
| L1SS2/L1LL2 | 12,15 | 40 |
| L1LL2/L1SS1 | 12,85 | 38 |
| L1SS1/L1LL1 | 13,70 | 29 |
| L1LL1/S0 | 14,65 | 11 |
| врх профила | 15,00 | 8 |

Овако конструисани временски модел, омогућава директно поређење климатске варијабилности и динамике промена животне средине записаних у ЛПС ПЦС са најважинијим глобалним, континенталним и регионалним палеоклиматским моделима. На тај начин ће бити омогућено установљавање климатских специфичности истражианог подручја током последња три глацијално-интерглацијална циклуса, о чему ће детаљније бити расправљано у предстојећим поглављима.

## 5.3. ПОРЕКЛО МАТЕРИЈАЛА ЗА ФОРМИРАЊЕ ЛЕСНИХ НАСЛАГА

Три компоненте играју круцијалну улогу у формирању лесних седимената: постојање веће количине доступног материјала различите гранулације, постојање одређене устаљене атмосферске циркулације одговорне за еолски транспорт и постојање одговарајућих услова на простору депоновања еолске прашине (Pye, 1995; Прилог 80). Према томе, у ЛПС можемо наћи различите показатеље, а пре свега њихов минералошки и гранулометријски састав, који могу да нам разоткрију порекло материјала, предомеинантни ветар и услове депоновања атмосферске прашине.

*Прилог 80. Шематски приказ компоненти које имају главни утицај у формирању лесних седимената.*

Извориште примарног материјала за формирање леса на истраживаном подручју треба тражити у алувијалним равнима Јужне Мораве, Западне Мораве и Велике Мораве. У Табели 10 су приказане вредности елементарног учешћа Cr и Ni и вредности магнетног сусцептибилитета за алувијалне наносе са пет локалитета у долини Јужне Мораве и по четири локлалитета из долина Западне Мораве и Велике Мораве (Obreht et al., 2016).

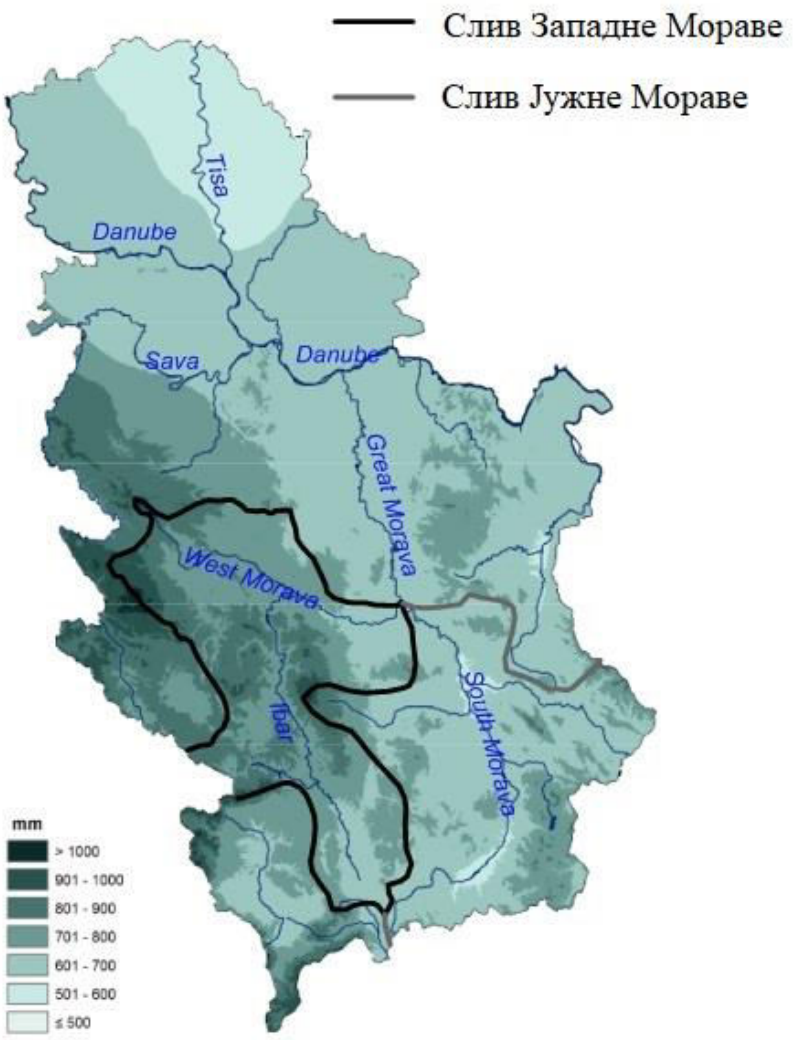
*Табела 12. Приказује вредности учешћа елемената Cr и Ni и вредности МС за алувијалне наносима Јужне Мораве, Западне Мораве и Велике Мораве (Obreht et al., 2016).*

| **Река** | **Локалитет** | **Cr[ppm]** | **Ni [ppm]** | **магнетни сусцептибилитет [$10^{-8}$ $m^3$/kg]** |
|---|---|---|---|---|
| Западна Морава | Јасина | 334,25 | 165,1 | 137,00 |
| Западна Морава | Шанац | 396,60 | 272,60 | 200,00 |
| Западна Морава | Босњане | 388,65 | 284,75 | 129,00 |
| Западна Морава | Маскаре | 438,40 | 288,65 | 165,00 |
| **Западна Морава** | **????** | **389,48** | **255,77** | **157,75** |
| Велика Морава | Варварин | 241,45 | 138,95 | 78,10 |
| Велика Морава | Обрез | 301,85 | 218,25 | 99,90 |
| Велика Морава | Трешњевица | 193,80 | 131,25 | 78,80 |
| Велика Морава | ушће | 211,05 | 115,75 | 105 |
| **Велика Морава** | **????** | **237,04** | **126,05** | **90,45** |
| Јужна Морава | Сталаћ | 145,25 | 72,25 | 97,1 |
| Јужна Морава | Брањина | 135,25 | 39,5 | 88,6 |
| Јужна Морава | Малетин | 157,75 | 50,65 | 86,9 |
| Јужна Морава | Доњи Љубеш | 112,9 | 49,35 | 74.6 |
| Јужна Морава | ушће | 125,1 | 52,5 | 106 |
| **Јужна Морава** | **????** | **134,65** | **52,85** | **74,64** |

Приказане разлике у геохемијским и магнетним параметрима измереним на узорцима алувијалних наноса Јужне Мораве, Западне Мораве и Велике Мораве показују врло неуједначене вредности (Obreht et al., 2016). Оне су последица знатно већег учешћа вулканских ултра мафичних стена у сливу Западне Мораве, па су приказани геохемијски и магнетним парамтери у просеку око три пута већи у алувијалним наносима Западне Мораве у односу на одговарајуће седименте Јужне Мораве (Табела 12).

Уопштено посматрано, промене порекла еолског материјала зависе од њиховог примараног порекла из алувијалних наслага из које реке потичу, односно зависе и од промене правцу ветра и енергије доеминирајућег ветра. Међутим, главно подручје извора еолског материјала се налази у близини лесног профила Сталаћ, тако промене у правцу ветра неће много утицаја на разлике у мегнетним, геохемијским и колометријским својствима нализираних ЛПС. Пошто промене порекла еолског материјала најбоље уочавају у варирању трендова заступљености Ni и Cr у анализираним ЛПС, оне уједно и илиуструју промену доминације изворишта еолског матеијала из слива Јужне Мораве или Западне Мораве. Када је заступљеност Ni и Cr сталаћким ЛПС нижа онда је у тим периодима већи део еолског материјала долазио из долине Јужне Мораве, а у случају већег присуства Ni и Cr у ЛПС одна је примарно порокле депонованог еолског материјала предоминантно пореклом из слива Западне Мораве.

Тако приказани резултати могу послужити за праћење просторне и временске динамике промена у палео дренажним система река на простору централног Балкана током млађег дела средњег плеистоцена, горњег плеистоцена и холоцена. Услед различитих карактеризика њихових сливова, исправно разумевање динамике дренажних система палео река може се користити за реконструкцију промене интензитета палео падавина у сливовима Јужне Мораве и Западне Мораве.




*Прилог 81. Изохијетна карта (на основу података Републичког хидрометеоролошког завода Србије) Србије са означеним сливовима Јужне Мораве, Западне Мораве и Велике Мораве.*

Под садашњим условима, сливови Западне Мораве и Јужне Мораве су изложени различитим режимима падавина. Протицаји Западне Мораве су је под јаким утицајем њене најважније притоке реке Ибар, која доприноси са скоро истом количином воде као и сама Западна Морава. Нихови сливови добијају годишње изнад 800 mm падавина, док неке области њихових сливова имају преко 1000 mm, нарочито у вишим планинама. Тако, смањење количине падавина у западном делу Балканског полуострваће има значајан утицај на брзину и протицаје тих река. Према томе, чак и благо смањење падавина има значајан утицај на протицаје Ибра и Западне Мораве. Супротно томе, област слива Јужне

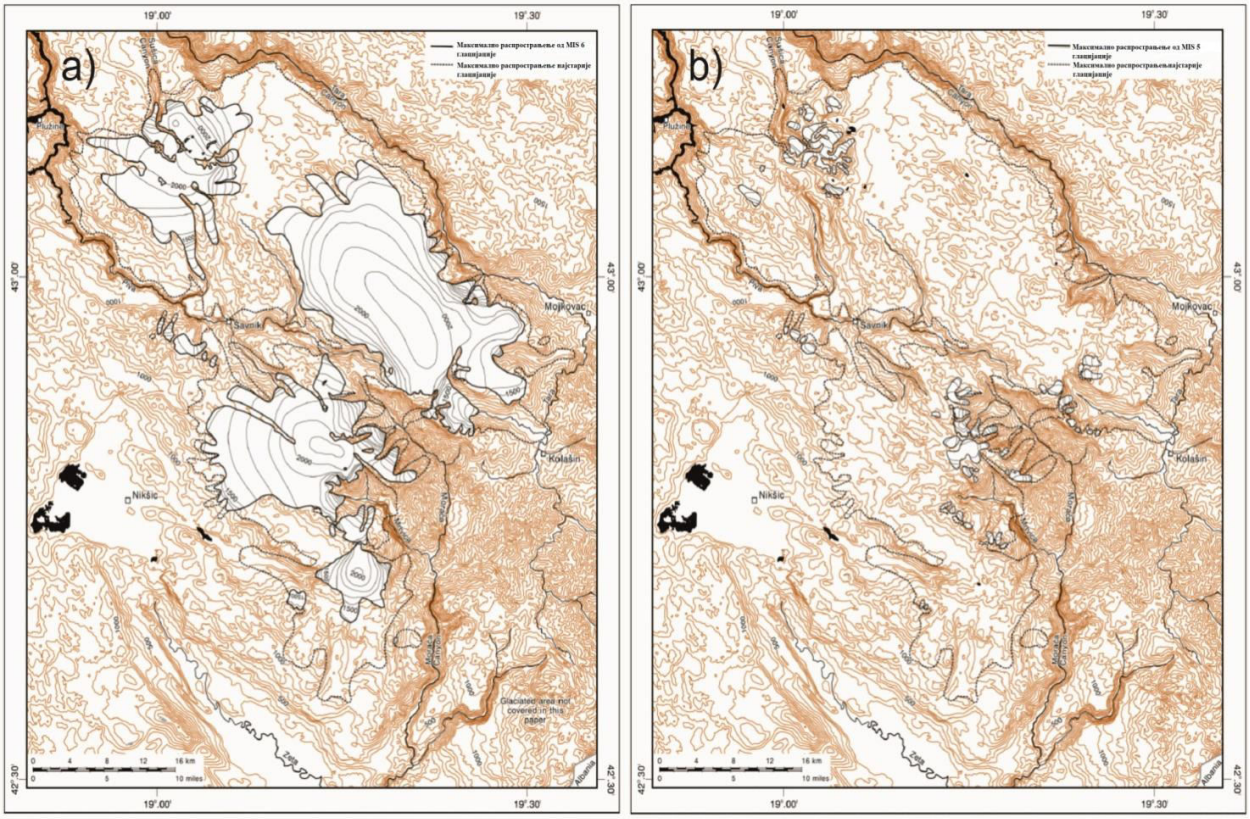
Мораве је лоциран у кишовитој сенци високих планина повезаних са сливом Западне Мораве, и углавном је карактерише годишњасума падавина између 500 mm и 600 mm. Само на неким деловима слива годишње количине падавина досежу до 800 mm. Ова сливна област састављена је од једне главне реке као главног дренажног курса, па смањене већ ниских падавина има много слабији утицај. У складу са тим, протицаји Јужне Мораве су мање осетљиви на промене падавина на простору њеног слива. Супротно томе, протицаји Западне Мораве много више зависе од режима падавина у њеном сливу. Према томе, високи износи Ni и Cr у лесном профилу Сталаћ би указивали на односе количине падавина у сливу Западне Мораве у односу на слив Јужне Мораве. Такође, веће количине падавина повећавају процес ерозије у сливу Западне Мораве у односу на слив Јужне Мораве, што додатно повећава допринос честица из својег стила. Насупрот овоме, мање количине Ni и Cr указују углавном на сличну дистрибуцију талога у односу на ова два сливна подручја. Справом се може предпоставити да доминација наслага Јужне Морава (већи износ Ni и Cr) током глацијала указује на веома ниске падавине у обе сливне области. То би се могло протумачити да су постајали веома суви услови изазвани дефицитом падавинау том делу Балкана. Међутим, доминација честица из реке Јужна Морава током интерглацијала би указивало на подједнако високе падавине у ове две сливне области. То би могло да су атмосферске циркулације које доносе падавине биле присутне у овим областима високих Динарских планина западно од слива Јужне Мораве.

Истовремено треба истаћи да слив Јужне Мораве прима знатно мање падавина од слива Западне Мораве (Прилог 81). Према томе, током хумиднијих периода треба очеивати веће вредности МС и појединих геохемијских показатеља због већег удела еолске прашине пореклом из алувијалне равни Западне Мораве. На овај начин је релативно једноставно установити када је већи део еолске прашине у ЛПС ПЦС долазио из слива Западне Мораве у односу на алувијалну раван Јужне Мораве.

Гранулометријски састав ЛПС ПЦС генерално показујезначајније присуство већих честица у поређењу са осталим профилима у југоисточној Европи обухватајући исти временски период указујући на близину извора материјала за еолско депоновање. Како је Сталаћ лоциран у међуречју три највеће реке у централној Србији, извор матерјала се налази у долинама Јужне Мораве, Западне Морав и Велике Мораве. Ове реке представљају главну мрежу одводњавања атмосферских вода на централном Балкану. Геологија сливова ових река се карактерише са присуством метаморфних и магматских

стена које садрже минерале, који повећавају вредности МС за око један ред у односу на вредности МС измерене код лесних наслага дуж Дунава или у Кини.

На лесном ПЦС МС не подудара се у потпуности са педостратиграфијом, као што је то био случај код многих других профила у средњем и доњем току Дунава. Табела 9 приказује МС седимената из могућих изворишта материјала за еолску депозицију. Разлике у магнетним својствима ЛПС ПЦС су углавном условљене разликама у доминацији еолског материјала у односу на њихово примарно изворište (слива реке из које потичу), пре него климатским променама контролисаним процесима интензинтета педогенских процеса. Због тога их не треба посматрати поузданом палеоклиматским показатељима.

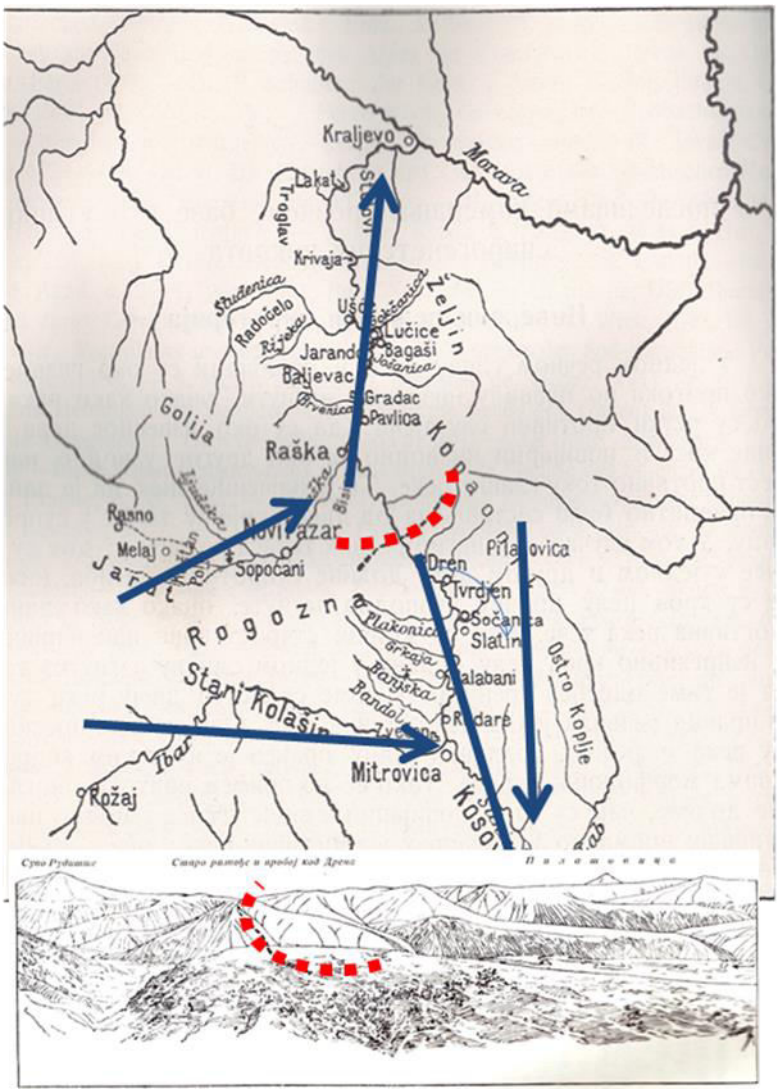



А Б

*Прилог 82. Карта распрострањења ледника на Дурмитору и околини током максималне старије глацијације. А) MIS 6 глацијацијеи Б) MIS 5 глацијације (Djurović, 2009; Hughes et al., 2006).*

Такође, треба истаћи да протицаји Јужне Мораве и Западне Мораве могу да буду знатно модификовани присуством ледника. Током плеистоцена ледници су постојали у сливу Западне Мораве, али не и у сливу Јужне Мораве, међутим о њиховој временској и

просторној динамици до сада не постоје поуздане информације. Као илустрација промена димензија плеистоцених ледника могу да послуже урађена детаљна картирања за суседни Дурмитор (Djurović, 2009; Hughes et al., 2006).

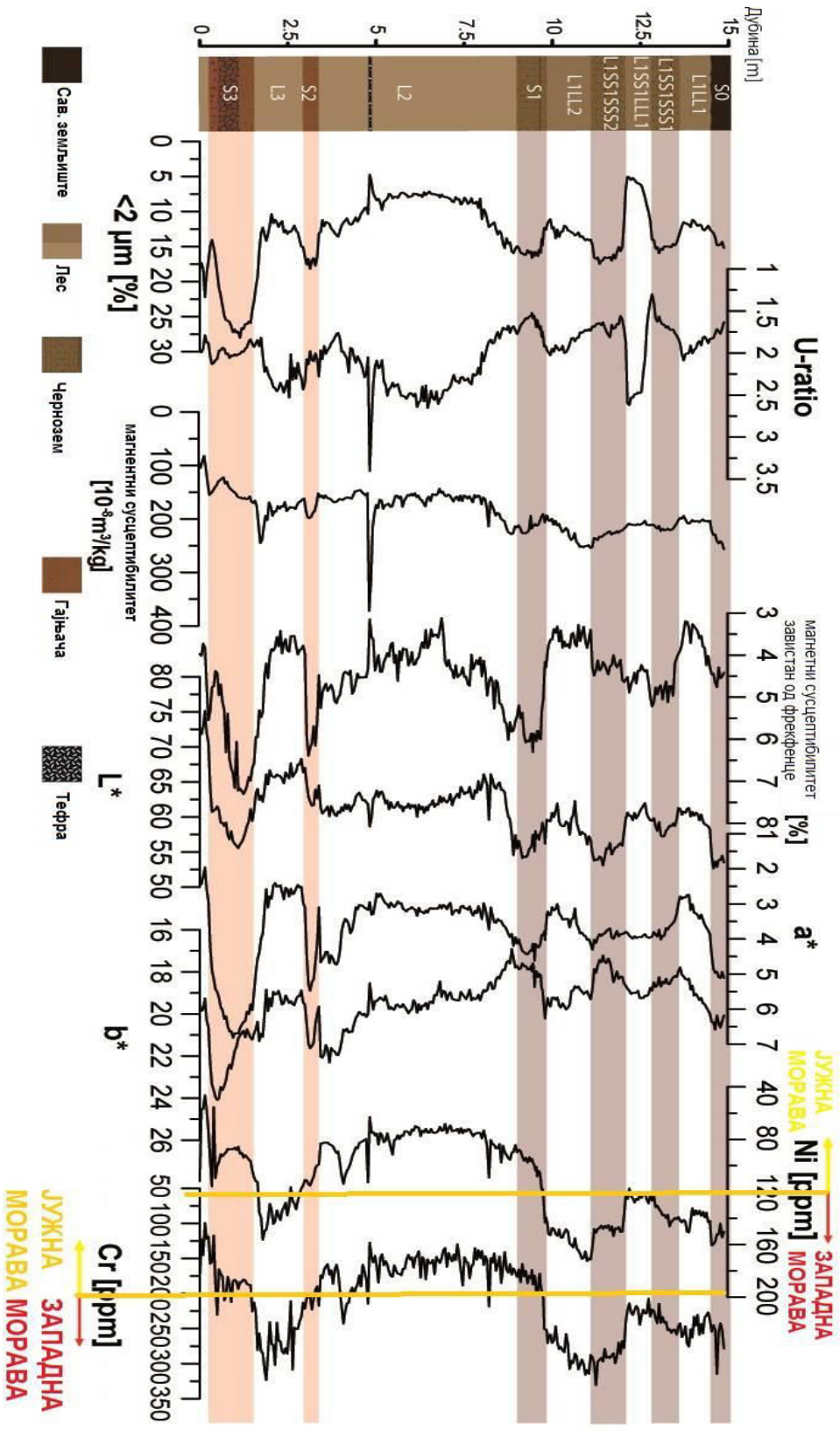



*Прилог 83. Карта инверзног рељефа у долини Ибра и кроки терена где се налазило некадашње развође између горњег и доњег слива Ибра (Цвијић, 1921).*

Постоје и други хидро-геоморфолошки процеси који могу да утичу на протицаје Западне Мораве и Јужне Мораве, као што је на пример постојање пиратерије у долини Ибра коју индиковао Цвијић (1921), (Прилог 83). Наш најпознатији геоморфолог је анализирајући конформни и инверзни флувијални рељеф закључио да су копаонички и рашки Ибар постали једна река непосредно пре формирања терасе релативне висине од 20 m до 30 m, када је извршена пиратерија код места Тврђена. Цвијић наводи да је поменута

тераса вирмске старости. При томе, оставља отворен одговор на питање када се тачно догодило формирање слива Ибра сличног савременом.

У Прилогу 83 су у односу на дубину профила упоређени различити гранулометријски, магнетски, колориметријски и геохемијски показатељи. Нарочито варијације елементарног Ni и Cr указују на појаву два различита извора еолске прашине које воде прекло из слива Јужне, односно Западне Мораве (Obreht et al., 2016). Током последњег глацијално-интерглацијалног циклуса и MIS 8 доминирао је материјал поретком из слива Западне Мораве, за разлику од предпоследњег глацијално-интерглацијалног циклуса и MIS 10, када је предоминантан материјал био поретком из слива Јужне Мораве.




*Прилог 84. Гранулометријски, магнетски, колориметријски и геохемијски показатељи који указују на појаву два различита извора еолске прашине које воде прекло из слива Јужне Мораве, односно Западне Мораве (Obreht et al., 2016).*

Генерално посматрано и промене интезитета ветра могу потенцијално играти значајну улогу на промене вредности магнетних, геохемијских и колоримеријских параметара записаних у ЛПС. Међутим, анализирани записи, нарочито садржај Ni и Cr, односно колориметријски параметари I*, L* и a* не подржавају закључак да промене интензитета и/или правца доминантног ветра може да има утицај значајне промене наведених показатеља измерених у ЛПС анализираних ПЦС.

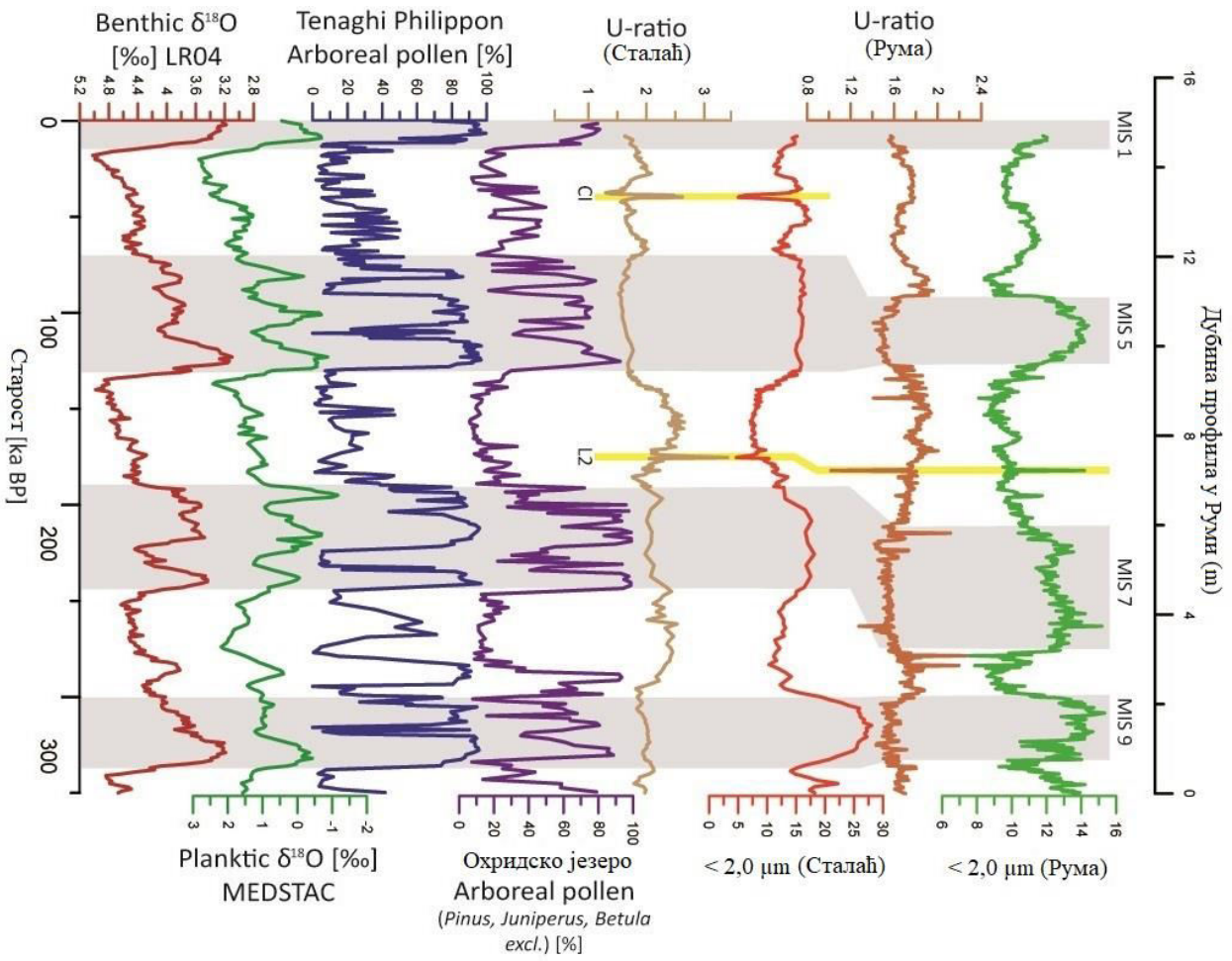
Варијације магнетних својстава вероватно произилазе из одговарајућих промена изворишта еолског материјала, односно слива реке из којег примарно долази, интензитета ветра и педогених процеса попут присуства/одсуства или миграције карбоната. Алувијална област Западне Мораве има већу вредност MC у односу на Јужну Мораву (допунска Табела 10) и повећање доприноса честица из Западне Мораве би се огледало као повећање MC, и обрнуто. Средњи ток Западне Мораве сачињен је од ултрамафитских стена, које садрже висок допринос Ni и Cr и садржи велики износ немагнетисаних минерала гвожђа. Присуство Ni и Cr, повишене вредности MC и геохемијски подациуказују да је порекло материјала из слива Западне Мораве. Повишене концентрације Ni и Cr су нађене у алувијуму Западне Мораве, низводно од групе ултрамафитских стена (допуњена Табела 10). Доследна промена Ni, Cr и MC у одељку представљају јасну назнаку у периодичним сменама у доминацији честица пореклом из наноса коју носе Западна Морава и Јужна Морава. Уопштено, нижи износ Ni и Cr приказују предоминацију реке Јужне Мораве, док виши износи Ni и Cr указују на доминацију честица реке Западна Морава.

## 5.4. ПАЛЕОКЛИМАТСКА И ПАЛЕОЕКОЛОШКА РЕКОНСТРУКЦИЈА

У прилогу 85 приказано је поређење палеоклиматских модела заснованих на: (а) истраживању дубокоморских седимената (LR04 Bentic $\delta^{18}O$ (Lisiecki and Raymo, 2005) и MEDSAC Planktic $\delta^{18}O$ (Wang et al., 2010)); (б) приказују балканских поленских лакустријских записа Тенаги Филипон у северној Грчкој (Tzedakis et al., 2006) и Охридског језера на двомеђи Македоније и Албаније (Sardori et al., 2016); са гранулометријским записима српских лесних профила у (в) Сталаћу (Obreht et al., 2016); и (г) Руми (Vandenberghe et al., 2014).

Палеоземљиште S3 (еквивалент MIS 9) је најснажније развијено палеоземљиште на лесном ПЦС за истражени перод времена. Високе вредности учешћа глине и изразито црвени ветрични педолошки хоризонт указују на влажну климу са изразито топлим и сушним летом. Овај закључак је потврђен установљеним формирањем хематита у овом педокомплексу, што указује на јак утицај Медитеранске климе. Даље на југ, реконструкција вегетације је одређена на основу истраживања полена у лакустријским седиментима Охридског језера. Истраживани период у околини Охридског језера се карактерише повећањем удела мезофилне вегетације, указујући на постојање топлих и сувих климатских услова међуглацијалног стандардана целом Балкану.

У основи анализа величине зрна ЛПС је веома прихваћен метод у разумевању услова формирања лесних, односно, -палеоземљишних секвенци. У случају да се установи доминација грубљих честица таква ситуација се обично повезује са релативно јаким ветровима и хладном и сувом климом, док са друге стране доминација финих честица асоцира на слабије ветрове, влажнију и топлију климу. Према томе, гранулоемтријски састав леса L3 (MIS 8) сугерише присуство сувог и хладног окружења током његовог депоновања. Високе вредности учешћа Ni и Cr у ЛПС указују на суве услове на југу и централној Србији и могуће веће влажности у планинским областима на западу, што се огледа у већем учешћу наноса из слива Западне Мораве. Смањење процента крупнијих честица највише указују на топлије услове, док постепено смањење Ni и Cr вредности указује на благи пораст влажности изнад јужне и централне Србије током касног MIS 8. Наведени резултати су контрадикторни у односу на упоређени бентоски $\delta^{18}O$ изотопоски запис (Lisiecki and Raymo, 2005). Наши подаци указују да су хладнији и сувљи интервали били средњи делови MIS8 (за разлику од касних делова MIS8). Међутим, ово је у сагласности са $\delta^{18}O$MEDSTACK записа (Wang et al., 2010), као и са подацима полена из Охридског језера (Sardori et al., 2016).




*Прилог 85. Поређење палеоклиматских модела заснованих на истраживању дубокоморских седимената (LR04 Bentic □$^{18}$O (Lisiecki and Raymo, 2005) и MEDSAC Planktic □$^{18}$O (Wang et al., 2010)), поленских лакустријских записа Тенаги Филипон у северној Грчкој (Tzedakis et al., 2006) и Охридског језера (Sardori et al., 2016) на граници Македоније и Албаније са гранулометријским записиама лесних профила у Сталаћу (Obreht et al., 2016) и Руми (Vandenberghe et al., 2014).*

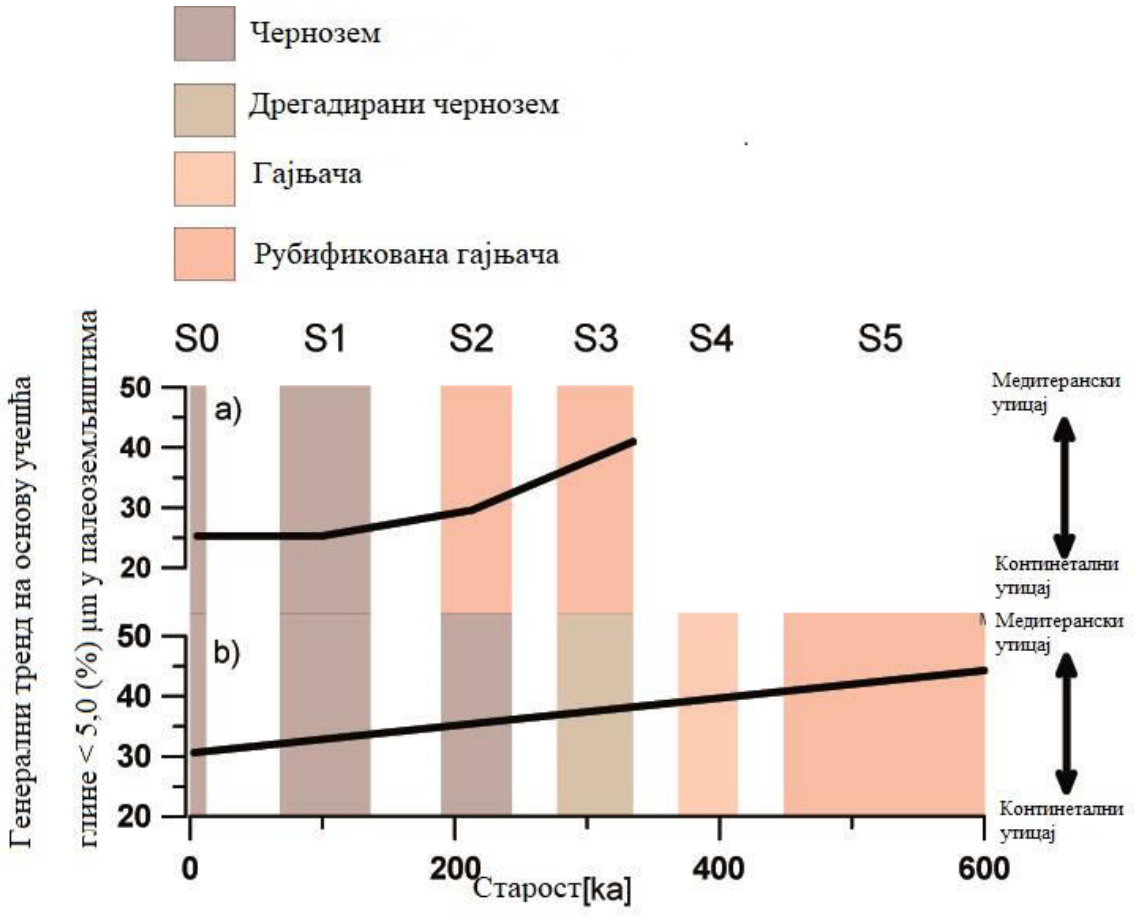
Морфолошка својства палеоземљишта S2 следећег интерглацијалног периода који одговара MIS 7 указују да је овај палео педокомплекс много мање развијен у односу на S3. Иако нека морфолошка својства палеоземљишта S2 још увек показују типичне карактеристике фосилног земљишта формираног под топлим и сувим летњим условима, ипак је S2 мање богат глином и мање је црвен. Према томе, током педогенезе палеоземљишта S2 утицај медитеранске климе још увек игра важну улогу као фактор за развој земљишта током тог временског периода. Међутим медитерански климатски утицај

се ипак суштински може окарактерисати као значајно слабији него што је то ниво случаја током MIS9.

Поленски подаци сачувани у лакустријским седиментима Охридског језера (Sardori et al., 2016) показују веома високу интерглацијалну променљивост током MIS 7, са три периода експанзија дрвећа, међусобно прекинутих са два интервала под доминацијом степских биљака. Веома је изазовно објаснити палео речну дренажну мрежу која је динамична током овог интерглацијала. Веће учешће алувијалних честица Јужне Мораве примећено је током целог интерглацијала и очигледно указује на сличне вредности атмосферских падавина над централним Балканом.Медитерански утицај је био јачи него данас током сва три последња интерглацијала. Алтернативно објашњење може да буде, да је веће присуство материјала пореколом из долине Јужне Мораве могло бити фаворизовано и захваљујући слабијем интензитету ветра током тог интерглацијала. Међутим, први сценарио изгледа више веродостојан због близине свих речних долина као потенцијалних изворишта материјала за потоње еолско депоновање.

Стратиграфска јединица која одговара MIS 6 глацијалном периоду сачувана је у Сталаћу у виду лесног хоризонта L2. Обиље песка у овој јединици подразумева јаку динамику ветра и очигледно најтеже услове генералне животне средине током протеклих ~350.000 година. Овде треба напоменути да су утицаји глацијације Рис у Алпима, односно Залиан у северној Европи биле веома снажно испољене. Геохемијски параметри сугеришу да је лес L2 углавном формиран честицама из долине Јужне Мораве. Ово указује на веома суве услове над целим Балканом. Протицаји у сливу Западне Мораве били су јако редуковани. Могући разлог за то је формирање ледника у највишим деловима слива Западне Мораве у којима је могло да буде заробљена релативно велика количина воде. Са друге стране, протицаји на подручју слива Јужне Мораве није било драматично редуковано општом сушом. Према дистрибуцији величине зрна, средњи део L2 је карактерисао веома сушне и хладне услове. Али на почетку и на крају глацијала услови окружења могли су бити мање екстремни. Међутим, колориметријски подаци, нарочито b* вредности, указују на различите услове окружења током почеткаMIS 6 и на крају MIS 6. Ова интерпретација је у складу са подацима промене полена из Охридског језера, што сугерише на еколошке промене од пашњака (у периоду 189.000-161.000 година) до степског доминантног окружења (у периоду 161.000-126.000година) (Sardori et al., 2016).

Палеоземљиште S1 (MIS 5) које представља последњи интерглацијал показује изузетно различите карактеристике у односу на старије S2 палеоземљиште лесног ПЦС. У средњем подунављу (Војводини) последња два интерглацијала су представљена са типом земљишта фосилни чернозем без уочљивих разлика између S2 и S1. Лесни ПЦС показује јасне промене у условима еколошког окружења од вертичног палеоземљишта S2, до фосилног чернозема у случају палеоземљишта S1. Сличност у генези најмлађих фосилних земљишта S1 (MIS 5), L1SS1SSS2 и L1SS1SSS1 (MIS3) указује на сличне услове током последњег интерглацијала и MIS3 интерстадијала на ПЦС. Обиље финих честица и високе вредности L* током последњег глацијала указују на релативно благе животне услове у односу на предходну глацијацију. Једини показатељ који указује на побољшане временске прилике приликом формирања S1 у односу на MIS 3 је MC зависан од фрекфенце. Међутим, овај магнетни параметар уопштено показује узак опсег варијација у односу на друге источноевропске профиле и због њиховог различитог порекла и својства у односу на лес са Балкана треба га размотрити са опрезом. Супротно од лесног ПЦС, где је формација MIS 3 педоккомплекса почела добро пре ~40.000 година, палеоземљишта која се односе на MIS 3 у средњем Подунављу су много слабији него интерглацијални декомплекс S1 са главном фазом формирања тла након ~ 40.000 година и само врло слабим интензитетом педогенезе.




*Прилог 86. Прогресивно смањење медитеранског климатског утицаја у југоисточној Европи испољено у виду промене различитих типова фосилних земљишта и њихових морфолошких својстава, пре свега њихове боје и варирање вредности учећа фракције глине <5,0 μm- За (**a**) лесни ПЦС (централни Балкан) (Obreht et al., 2016) и (**b**) лесни профили Батајница и Стари Сланкамен (југоисточни део Панонског басена) (Marković et al., 2009, 2011, 2012).*

Изузетак је палеоземљиште L1SS1LLL1 које показује дистрибуцију најгрубљих зрна, изузетно повећане вредности Cl (Прилог 85) и присуство крхотина вулканског стакла. Ово јасно указује на слој вулканског пепела који смо условно повезали са ерупцијом вулкана Campi Flegrei пре 39.000 година која је произвела распрострањење тефра наноса широм Балкана, нижег Подунавља и северне области Понта. Овај слој највероватније представља кратку акумулацију вулканског пепела и еолског материјала, што указује на јако неповољне услове током локалних услова животне средине, Коинциденција ерупције супервулкана представљена у виду Capangnian Ignimbriht-Y5

тефре и западној Европи изузтно гладно и нагло испољеног Heinrich догађаја 4 могли су да имају веома негативне последице на живи свет. Међутим, равномернији и блажи услови током краја последњег глацијала у Сталаћу, су у сагласности са другим централо балкансим одељком ЛПС у Белотинцу.

Један од најзначајнјих доприноса ове студије је спознаја да се у случају централног Балкана медитерански климатски утицај знатно дуже задржао него што је то утврђено код ЛПС у Војводини. Постепено смањење учешћа фракције глине и црвена боја палеоземљишта S3 (MIS 9) и S2 (MIS 7) јасно указују на смањење медитеранског климатског утицаја код лесног ПЦС (Obreht et al., 2016). Овај тренд није уочљив код профила Батајница, Рума, Стари Сланкамен и Мошорин (Marković et al., 2012, 2015), јер престанак доминације медитеранског палеоклиматског утицаја у Војводини престаје још пре око 520.000 година. Према томе, медитерански климатски утуцај на простору Војводине је престао знатно раније (Прилог 86). Buggle et al. (2013) су предложили да је разлог слабљења медиранског, а јачање континенталног климатског утицаја на истраживаном подручју одговорно рецентно издизање Алпа, Динарида и Карпата. Међутим, за суштинско разумевање овог палеоклиматског тренда потрбно још моного научног рада како би се тачно разумели механизми који су условили појаву овог палеоклиматског тренда.

# 6. ЗАКЉУЧАК

Дугогодишња истраживања средњих и горњих плеистоцених ЛПС у долини Јужне Мораве, на површинским коповима циглана у Сталаћу и Белотинцу, која су започета 2013. године, могу се окарактерисати као најпроученији лесни седименти у јужној Србији. У овој докторској дисертацији приказане су основне одлике и глобална географска распрострањеност леса. Представљена су истраживања леса у нашој земљи, засебно су приказана истраживања у Војводини, централној Србији и на Косову и Метохији. Главни предмет проучавања ове студије су ЛПС у долини Јужне Мораве, са посебним освртом на лесне оазе површинских копова циглана у Сталаћу и Белотинцу.Након теренских истраживања и узорковања на профилима циглана у Сталаћу и Белотинцу, разматрана су следећа истраживачка питања. Најпре, акценат је стављен на разумевање педо- и -лито стратиграфских односа самих профила. Извршена је реконструкција рељефа на профилима циглана у Сталаћу и Белотинцу, на основу просторних односа ЛПС. Затим, поклоњена је пажња на анализи измерених магнетних вредности (осетљивости) добијених узорака и разматрано је варирање њиховог гранулометријског састава. Детаљно је анализиран и приказан геохемијски састав лесних седимента. У овој студији одрађена су колориметријска истраживања, која имају велики значај за реконструкцију услова под којима се одвијала педогенеза фосилних земљишта. Такође, примењене су различитие методе за луминесценцију и апсолутно датирање.

Генерално посматрано, када је у питању педо- и лито- стратиграфски опис на оба истраживана локалитета профила циглана у Сталаћу и Белотинцу, запажамо неколико метара моћних глацијалних лесних хоризоната, односно неколико интерглацијалних педокомлекса, који се визуелно јасно разликују. Такође, мање уочљиве морфолошке разлике између стадијалних танких лесних слојева и интерстадијалних, иницајлних слабо уочљивих земљишта понекад је тешко разрешити на терену. Ове, на први поглед, слабо уочљиве педолошке творевине морају бити педантно назначене у опису ЛПС, јер оне могу да објасне одређене, понекад и неочекиване разлике добијених лабораторијских мерења. Због тога смо, током описа ЛПС на оба истраживана локалитета, евидентирали најситније појаве специфичних педолошких творевина физичко-хемијског и биолошког порекла.

Лесни ПЦС има композитан карактер због уочених великих морфолошких разлика, уочених педокоплекса и великог антропогеног утицаја током експлотације сировина за производњу грађевинског материјала. Значајни нагиби, вишефазна ерозија и

неједнаке стопе седиментације представљају отежавајуће околности, које утичу на просторну реконструкцију ЛПС ПЦС.

За детаљну педо- и –лито стратиграфску реконстукцију ПЦС било је потребно да се издвоји више подпрофила. Након тога извршено је спајање подпрофила у јединствену целину, чија укупна дебљина анализираних ЛПС износи приближно 20,5 m. Поред педолошких творевина, важне стратиграфске репере чине и два слоја вулканског пепела или тефре. Старији слој тефре налази се у доњем делу лесног хоризонта L2, чије порекло није утврђено. Млађи слој тефре налази се у локалним педодепресијама у слоју L1SS1LLL1, који је стар око 40.000 година. На лесном ПЦС на основу боје, структуре, текстуре земљиштаи педогених хоризоната, јасно се уочавају педогенетске разлике између млађих и старијих палеоземљишта. Старија земљишта имају изразиту црвену боју, па су слична медитеранским земљиштима. Медитерански утицај губи се током педогенезе код млађих и рецентног земљишта, која су формирана под утицајем континеталне климе. За разлику од педокомлекса, лесни хоризонти имају мање морфолошке разлике, али су примећене разлике у боји лесних хоризоната. На ПЦС, уочено је седам педокомплекса и седам лесних хоризоната. Када је у питању савремено земљиште S0, односно њен горњи хоризонт Ah, који је настао под интезивним антропогеним утицајем, он садржи доста отпадака (грађевински материјал), док код средњег хумусно акумулативног хоризонта Ah, доминира грануларна структура са појавом блоковске структуре. Доњи AB хоризонт одликује се по тамнијој боји у односу на горњихоризонт и има углавном блоковску структуру. У слоју L1SS1, који јеинцијални молични хоризонт, преовладава грануларна структура. Овај слој је, боље уочљивна падинским странама где му моћност расте и рачва се у два субхоризонта L1SS1SSS1 и L1SS1SSS2, које међусобно раздваја танки слој леса L1SS1LLL1 у коме се налази и вулкански тифит. Код слоја L1SS2 у његовом A хоризонту преовладава, такође, грануларна структура, слична чернозему. Код млађег фосилног земљишта S1, односно, његовог A хоризонта преовладава грануларна структура. Хоризонт Ah нешто је тамнији и његова структура је грануларна. У палеоземљишту S2 и његовом A хоризонту налази се прелазни AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром. У S3 постоји горњи прелазни AB хоризонт са слабом блоковском структуром, а у B хоризонту налази се доњи вертични хоризонт са блоковском структуром. Код палео земљишта S4, A уствари је прелазни хоризонт, AB хоризонт има слабо изражену блоковску структуру, док слабо рубификовани вертични хоризонт Bv има полихедралну структуру, а Ah доњи хумусни акумулативни хоризонт јесте

хидроморфитна творевина. Старије палеоземљиште S5, обухвата A, затим, хумусно акумулативни хоризонт Ah, AB хоризонт са слабо израженом блоковском структуром и рубиковани моћни са полихедралном структуром Bt хоризонт. Најниже старије палеоземљиште S6 сачињено је од: иницијалног A хоризонта, хумусно акумулативног Ahm хоризонта са грануларном структуром, од AB хоризонта са слабо израженом структуром и Б хоризонтом, које је слабо рубификовано са полихедралном структуром. Лесних хоризоната има их укупно седам. Најстарији средње плеистоцени лесни хоризонт L7, откривен је у западном делу ПЦС. Он је видљив на дубини од неколико десетине cm испод најстаријег педокомплекса S6.

Након, педокомлекса S6 налази се светлији моћни лесни хоризонт Л6, који је широк око 3 м. У овом слоју запажамо, односно, у његовом средишњем делу могу се издвојити два слоја, који су настали као последица одвијања иницијалних педогенетских процеса. У његовом горњем делу уочава се мноштво карбонатних конкреција. Потом следи танки лесни хоризонт L5, у чијем горњем делу могу се видети мале серичне карбонатне конкреције и биотурбације настале хумичним инфилтрацијама у шупљинама које су изградили некадашњи корени биљака из млађег, горњег фосилног земљишта S4.Лесни слојеви од L4 до L1 формирани су, углавном, на различитим падинама, због чега смо морали да профил поделимо на 5 субпрофила и да их касније спојимо у јединствен хибридни профил, да бисмо могли лакше да извршимо педо- и литостратиграфско описивање поменутих слојева ЛПС ПЦС.

Профил 1 има дубину од 5,55 m. У доњем делу профила 2 приближно 40 cm од доње основе профила, може се уочити лес са малим сферним акумулацијама, релативно меканих секундарних карбоната у горњем делу лесног хоризонта L4. Изнад је снажно развијен, браон-црвекасти B хоризонт са јако израженим вертичним карактеристикама. Изнад овог сложеног палеоземљишта, од 1,65 m до 3 m, је слој светло жутог леса L3. На 2,5 m дубине уочена је кротовина, али је узорковање на том месту избегнуто. Типичан порозни лес (кречна наслага, прапор) изложен је на земљи, од 3,45 m до 4 m. Овај слој леса (кречна наслага, прапор) по реду је обложен веома слабим, свим земљаним хоризонтом дебљине око 0,25 m (обухвата S1L1SS1). Од 4,65 m до 5 m, је највиши и најмлађи слој леса (кречне наслаге, прапор), који је пронађен у L1LL1, на врху унутар ове кречне наслаге (лес, прапора).

Профил 2 приказује најстарији (стратиграфски најнижи) део профила на косини палеоријефне депресије. На дну првих 0,2 m је лес. Добро развијено палеоземљиште (од 0,2 m до 1 m) је обликовано изнад слоја кречне наслаге (лес, прапор) S2LL2 и представља S2SS2 међу слој земље. На врху ове земље сачувано је 0,3 m кречне наслаге (лес, прапор) којим покрива слабо развијен 0,15 m дебело бордо палеоземљиште (S2SS1). Изнад 1,45 m је изложена бледожута кречна наслага (лес, прапор) на којој су приказане неке црне органске тачке (од 1,45 m до 2,9 m). Сиви и груби слој тефре налази се на врху профила (од 2,9 m до 2,95 m).

Дно профила 3 почиње на око 0,2 m испод слоја вулканског туфита (тефре). Сама тефра је дебљине свега око 5 cm. Изнад следи нови слој леса (3,85 m) који садржи карбонантне конкреције у доњем делу (L2). Слој леса L2 је подељен слабо развијеним органским слојем на око 3,05 m и 3,50-3,60 m.

Профил 4 почиње у најмлађем делу лесног хоризонта L2 (0,0-0,5 m) и наставља до око 0,85 m у виду палеоземљишта S1. Изнад тог палеоземљишта, на 1,3 m налази се дебео слој леса.

Дно профила 5 одговара горњем палеоземљишту из профила 4. Овде, ово палеоземљиште има дебљину 1,00 m. Следи тамни слој леса (1,00-1,85 m). Светлобраон слој леса је видљив од 2,65 m до 3,70 m.

Површина ПЦБ износи 20 хектара и има укупну моћност 8 m. У свим лесним и палеоземљишним слојевима L2, S1, L1 и S0 примећене су кротовине. Најнижи део ПЦБ сачињен је од пешчаног слоја, који има моћност око 2 m. На самом врху овог слоја пешчани седименти прелазе у палеоземљиште, налик чернозему, дебљине 125 cm. Овај слој земљишта означен је као L1SS1. На овопалеоземљиште се наставља релативно танак слој леса, који је означен као L1LL1LLL3 моћности од свега 25 cm. Изнад овог слоја простире се нешто тамнији слој, који се може тумачити као слабо развијено палеоземљиште налик чернозему L1LL1SSS2. Изнад L1LL1SSS2 је лесни хоризонт L1LL1LLL2 дебљине око 50 cm и има сличне карактеристике као нижи слој L1LL1LLL3. Када је реч о овом слоју, у њему су примећене псеудомицелије. Палеоземљишна јединица L1LL1SSS1, чија је дебљина 120 cm, налази се изнад L1LL1LLL2 слоја, док се највиши лесни слој L1LL1LLL1 налази изнад L1L1S1, а испод рецентног или савременог земљишта. Слој L1LL1LLL1 има моћност од 130 cm и представља типичан порозни лесни слој. На самом врху лесног ПЦБ профила налази се рецентно земљиште S0. Од базе ка

врху овог земљишта смењују се прво добро развијен (7.5 YR 5/6) B хоризонт дебљине око 25 cm. На њега се наставља AB хоризонт који је богат глином и браон је боје (7.5 YR 4/4). Ah хоризонт (7.5 YR 4/4, 7.5 YR 5/4) дебљине од 30 cm и састављен је од иловаче грануларне структуре са мало карбонантне псеудомицелије.

Погодна места за детаљну реконструкцију палеорељефа на основу просторних односа ЛПС, представљају активни површински копови циглана у Сталаћу и Белотинцу. Лесне наслаге у Сталаћу налазе се на локалитету Велико брдо, што одсликава морфологију овог простора, које покрива фосилни флувијални рељеф у долини Јужне Мораве. У источном и јужном делу овог копа налази се велика палеодепресија ерозивног порекла. Морфологија палеоземљишта и слојеви тефре дају нам добар увид у морфогенетску еволуцију ове велике лесне долине, док, на ПЦБ нису уочени неки значајни палеорељефни садржаји. У најнижем делу налази се пешчани слој који је примарно флувијалног порекла, али се у неким деловима не може искључити његово елоско порекло, које на врху овог слоја пешчани седименти прелазе у палеоземљиште налик чернозему. То указује на стабилне степске животне средине.

Ако посматрамо добијене резултате за МС на локалитету ПЦС, долазимо до закључка да његове вредности варирају у зависности од порекла материјала. Порекло прашкастог флувијалног материјала је двојно. Генерално посматрано, мање вредности МС везане су за слив Јужне Мораве, односно веће вредности базног МС везују се за њихово порекло у долини Западне Мораве (Obreht et al., 2016). Најмања вредност МС од 337 $10^{-8}km^3/kg$ измерена је у педокомплексу S5, а најмања вредност МС од 34 $10^{-8}km^3/kg$ измерена је у лесном слоју L4.Такође, треба истаћи да је укупно највећа измерена вредност МС у слоју тефре у лесном хоризонту L2 и износи $389x10^{-8}\ km^3/kg$.

Порекло материјала на ПЦБ углавном је из слива Јужне Мораве, на шта нам указују ниже вредности МС. МС ЛПС у Белотинцу, зависан је од фреквенције што указује на генерални пораст у свим палеоземљишним јединицама L1S1, L1L1S1 и L1L1S2 и то у односу на базални слој и на слој L1L1L1, где је интензитет веома низак у поређењу са модерним земљиштем. Овакав МС, који је зависан од фреквенције не показује промене у складу са литолошким променама између палеоземљишта L1L1S1 и L1L1S2 и међу слојевима леса (L1L1L3 и L1L1L2) (Basarin et al., 2011).

Резултати апсолутног луминесцентног датирања на површинским коповима циглана у Сталаћу и Белотинцу имају подједнак значај за формирање експлицитне

временске скале ЛПС у последњих ~ 350.000 година у Сталаћу и ~ 35.500 година у Белотинцу. У Сталаћу је узето шест узораказа луминесценцију и сви они су обрађени у Лабораторији за апсолутно датирање седимената Универзитета у Келну (Bösken et al. 2017), а у Белотинцу од 11 узорака одабрана су 3, која су обрађена у Лабораторији за луминесцентно датирање Универзитета у Генту под супервизијом руководиоца лабораторије др Димитри Ванденбергхеа (Basarin et al. 2011). Анализирани узораци ЛПС на оба профила узети су са формираних слојева током последња два глацијално-интерглацијална циклуса. Добијене вредности се добро слажу са очекиваном геолошком хронологијом за педостратиграфске репере последња два глацијално-интерглацијална циклуса (Bösken et al. 2017).

Све израчунате старости се налазе у правилном стратиграфском редоследу и крећу се од 28,5±2,3 ka до 139±11 ka. Може се закључити да ове старости корелирају са MIS фазама 2, 3, 4 и 6. Старости узорака C-L3778 (139±11 ka), C-L3780 (136±10 ka), и C-L3784 (123±8 ka) наглашавају вероватну високу акумулациону стопу у овом временском распону. Функције вероватне густине старости узорака у повлати и подини су комбиноване у сврху процене старости палеоземљишта и тефра слојева. Ово је резултирало старости од 127 ka и 148 ka при 1σ нивоу поузданости за L2SS1 (116–159 ka, 2σ) и старости 118–141 ka при 1σ (109–152 ka, 2σ) за тефру. Иако се узорци који се поклапају са положајем тефре не налазе у стратиграфској близини, разлика у старости је мала. Из ових калкулација је изузет S1 услед разлике у старости између узорака C-L3784 и C-L3786. Комбиновањем функције вероватноће густине, за палеоземљиште L1 добијена је старост 41–62 ka 1σ (37–66 ka, 2σ) за L1SS1SSS2 и 27–45 ka 1σ (25–49 ka, 2σ) за L1SS1SSS1 (Bösken et al. 2017). На основу резултатаможемо јасно утврдити да ЛПС у Белотинцу припада последњем глацијалу, прецизније маринским изотопним фазама MIS 2 и MIS 3 (Basarin et al., 2011).

Посматрани гранулометријски састав ЛПСПЦС, приказан је у укупно пет различитих фракција < 2,0 μm, 2,0-6,2μm, 6,2-20,0 μm, 20,0-63,0 μmи > 63,0 μm. Фракције глине од < 2,0 μm и 2,0-6,2μm указују нам на интензитет педогенезе. Релативно мало учешће фракције финог праха 6,2-20,0 μm указује да је само мањи део ЛПС формиран од материјала депонованог са релативно великих дистанци. Најгрубље фракције праха 20,0-63,0 μm и песка >63,0 μm доминирају са приближно 50-65 % указујући на близину извора са којег потиче материјал од кога су депоноване ЛПС, док, на ПЦБ највише су заступљене крупне честицеод 51 % до 66 % и грубе фракције, које указују на непосредну близину

извора порекла материјала. Удео песка (честице > 200 μm) расте са дубином, од око ~ 35 % у вишим деловима до преко 50 % у пешчаном базалном слоју. Честице праха су заступљене од палеоземљишта L1S1 до врха профила. У базалном слоју јављају се у веома малом броју честице глине (< 5μm) и честице ситне прашине (5-60 μm). Удео глине (< 5 μm) је у складу са стратиграфијом (Basarin et al., 2011) и има највећу вредност у рецентном земљишту преко 25 %. Овакве промене у процесу седиментације потврђују и велике варијације у вредностима U-ratio. Ова вредност нам указује на уочљиву смену ка нижим вредностима од 2,5 m до 6 m дубине, што је у складу са литостратиграфским јединицама слабо развијених палеоземљишта у лесном слоју L1 детерминисаних структуром земљишта и бојом (Basarin et al., 2011). Гранулометријски запис нам показује на слаб пораст глине у палеоземљишту L1S1, који се теже уочава због великих осилација овог параметра из којег можемо извући битне закључке. У слојевима слабо развијених палеоземљишта L1L1S1 и L1L1S2, учешће глине не показује другачије вредности од суседних лесних слојева.

Боја ЛПС на профилима у Сталаћу и Белотинцу мења се и коварира са МС. Поменуте колориметријске разлике, указују на различито порекло лесних седимената, односно да оне долазе у већој мери из слива Јужне Мораве (када су мање магнетне вредности), односно,слива Западне Мораве (када су веће магнетне вредности). Колориметријски параметри L* и a*, који показујунешто светлије нијансе седимената, у одређеној мери слажу се и са МС показјући да лес светлије нијансе углавном потиче из слива Јужне Мораве. Колериметријски параметри a* и b* показују промене интензитета педогенезе. Веће вредности параметра a* измерене су у палеоземљишту S3, где указују на интензивне педогенетске процесе. Интезивно црвена боја овог фосилног земљишта последица је медитеранских климатских утицаја, који поспешују интензивније распадање примарних минерала на минерале глина и остатак у коме се налази доста оксида гвожђа и алуминијума.

Посматрајући анализе неорганске геохемије ЛПС у Сталаћу, долазимо до закључка да је на основу дијаграма A-CN-K доминантно силикатно распадање честица слично дунавском лесу (Ujvari et al., 2008, 2016: Obreht et al., 2015: Zeeden et al., 2016). Оваква дистрибуција вредности указује нам на различито порекло материјала и вредности честица, које се распадају на сличан начин као и дунавски лес, што нам указује да су климатски услови слични (Obreht et al., 2016). За разлику од ПЦС где су спроведене анализе неорганске геохемије, анализе органске геохемије спроведене су на ПЦБ (Obreht

et al. 2014). Геохемијски састав ЛПС у Белотинцу, на основу укупног органског угљеника, (total organic carbon; TOC) показује да су рецентно земљиште и палеоземљиште обогаћени органским угљеником, док су ниже вредности примећене у лесним јединицама. Најниже забележене вредности TOC су у базалном пешчаном слоју са постепеним порастом вредности од дна до врха слоја (Basarin et al. 2011). Увећане вредности у земљишту S0 и у свим осталим фосилним земљиштима нам указују на сувуи сезонску хладну климу, која не дозвољава разградњу органске материје. Јаке и слабе стопе седиментације се смењују, и на то нам указује високо фрекфентне промене у вредностима заступљености глине и Uratio, које доприносе очувању материјала органског порекла седиментолошким фосилизовањем. Због тога долази до смањења заступљености биомасе у лесним слојевима, док је повећана у палеоземљиштима, којанам указује на интензивну продукцију биомасе. На ЛПС оваква појава се може протумачити и као промена баланса између интензитета акумулације еолског материјала и производње и очувања био масе. Тако да два изразита пика у палеоземљишту L1SS1 указују на променљиве фазе унутар интерстадијалног педокомплекса, било као последица промена климе (нашта указују промене у производњи биомасе), и промене у стопи седиментације, као и у саставу материјала (повећање органског материјала у односу на неорганске компоненте (Basarin et al., 2011: Obreht et al., 2014). Укупан азот (TN) у великој мери је повезан са вредностима укупног присуства органског угљениака (TOC). Он указује на заједнички биотички извор и наглашава потенцијал комбиноване анализе стабилног азота и изотопа угљеника за одређивање еколошких дешавања у прошлости (Basarin et al., 2011: Obreht et al., 2014).

На основу овде добијених резултата, први пут дошли смо до закључкада је степен медитеранског климатског утицаја карактеристичан за средње плеистоцене ЛПС, а да у горњим, млађим плеистоценим ЛПС преовладавају услови континенталне климе у региону централног Балкана. Такође, ова истраживања имају велики значај и за миграције наших палеолитских предака. Добијени резултати имају за циљ да допуне мозаик палеоклиматских и палеоеколошких проучавања на европском континенту. То би довелодо креирања базе података високе резолуције, који би сензитивније илустровали и приказали палеоклиматске и палеоеколошке флуктуације на истраживаном простору током средњег и горњег плеистоцена.

# 7. ЛИТЕРАТУРА

Антонијевић, И. 1982. Др Јелена Марковић Марјановић. Весник Завода за геолошка и геофизичка истраживања 40, А, 189-193.

Басарин, Б. 2009. Палеоклиматска реконструкција три последња глацијално-интерглацијална циклуса лесно-палеоземљишних секвенци Тителског брега. Магистарски раду рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-128.

Јовановић, М. 2012. Средње плеистоцене лесно-палеоземљишне секвенце Војводине. Докторска дисертација у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-323.

Коџо, Д.2015. Моделирање савремених и фосилних геоморфолошких процеса на простору површинског копа циглане у Сталаћу, Географија, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 49-62.

Лукић, Т. 2015. Боја лесно-палеоземљишних секвенци као показатељ палеоклиматских и палеоеколошких процеса. Докторска дисертација у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад.

Марковић, Ј. 1990. Енциклопедијски географски лексикон Југославије, Завод за уџбенике и наставна средства, Сарајево.

Марковић-Марјановић, Ј.1952. Лесне оазе Сталаћке клисуре, Гласник Српског географског друштва, Београд.

Марковић-Марјановић, Ј.1965. Осврт на познавање лесних проблема Југославије у доба Јована Цвијића и данас, Гласник Српског географског друштва, Београд.

Обрехт, И. 2012. Гранулометријски састав лесно-палеоземљишних секвенци профила Белотинац. Дипломски рад у рукопису.Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад.

Обрехт, И.2013. Поређење записа стабилних изотопа угљеника и азота лесног профила Белотинац са осталим Европским профилима, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад.

Перић, З. 2017. Детаљна луминесцентна хронологија последња два глацијално-интерглацијална циклуса Тителског лесног платоа. Докторска дисертација у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 45-76.

Стевановић, В.2012. Екоклиматске и балнеолошке карактеристике бањских насеља слива Јужне Мораве у функцији одрживог развоја. Докторска дисертација у рукопису. Георафски факултет, Београд.

Цвијић, Ј. 1921. Говори и чланци. Напредак. Београд.

Aguirre, E., Pasini, G., 1985. The PlioceneePleistocene boundary. Episodes 8, 116-120.

Antoine, P., Rousseau, D. D., Fuchs, M., Hatté, C., Gautier, C., Marković, S. B., Jovanović, M., Gaudenyi, T., Moine, O., Rossignol, J. 2009. High resolution record of the last climatic cycle in the Southern Carpathian basin (Surduk, Vojvodina, Serbia). Quaternary International 198, 19–36.

Aubry, M.P., Berggren, W.A., Van Couvering, J., McGowran, B., Pillans, B., Hilgen,F. 2005. Quaternary: status, rank, definition, survival. Episodes 28: 118–120.

Aubry, M.P., Berggren, W.A., Van Couvering, J., McGowran, B., Hilgen, F., Steininger, F., Lourens, L. 2009. The Neogene and Quaternary: chronostratigraphic compromise or non-overlapping magisteria? Stratigraphy 6: 1–16.

Aubry, M.P., Berggren, W.A., Van Couvering, J., McGowran, B., Hilgen, F., Steininger, F., Lourens, L. 2009. The Neogene and Quaternary: chronostratigraphic compromise or non-overlapping magisteria? Stratigraphy 6, 1-16.

Bailey, R.M., Smith, B.W, Rhodes, E.J. 1997. Partial bleaching and the decay form characteristics of quartz OSL. Radiation Measurements, 27, 123-136.

Bailey R.M. 2010.Direct measurement of the fast component of quartz optically stimulated luminescence and implications for the accur a-cy of optical dating. Quaternary Geochronology 5(5): 559–568, DOI: 10.1016/jguageo.2009.10.003.

Ballarini, M., Wallinga, J., Wintle, A.G. and Bos, A.J.J., 2007. A modified SAR protocol for optical dating of individual grains from young quartz samples. Radiation Measurements 42 (3): 360–369, DOI: 10.1016/j.radmeas.2006.12.016.

Banerjee, B., McKeage, K. 1994. How green is my value: exploring the relationship between enviromentalism and materialism. Advences in Consumer Research, volume 21, 147-152.

Banerjee, D., Bøtter-Jensen, L., Murray, A.S. 2000. Retrospective dosimetry: estimation of the dose to quartz using the single-aliquot regenerative-dose protocol. Applied Radiation and Isotopes 52 (4): 831–844, DOI: 10.1016/S0969-8043(99)00247-X.

Basarin, B., Vandeberghe, D. A .G., Marković, S. B., Catto, N., Hambahch, U., Vasiliniuc, S., Derese, C., Rončević, S., Vasiljević, Dj., A., Rajić, Lj. 2011. The Belotinac section (Southern Serbia) et the southern limit of European loess belt: initial results.

Basarin, B., Lukić, T., Matzarakis, A. 2015. Quantification and assessment of heat and cold waves in Novi Sad, Northern Serbia.International Journal of Biometeorology 60(1)DOI10.1007/s00484-015-1012-z

Bassett, M.G. 1985. Towards a "common language" in stratigraphy. Episodes 8 (2), 87-92.

Bassinot, F.C., Labeyrie, L.D., Vincent, E., Quidelleur, N., Lancelot, Y. 1994. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. Earth and Planetary science letters volume 126, Issues 1-3, Pages 91-108.

Berggren, WA., Hilgen, F.J., Langereis, C.G., Kent, DV., Obradovich, J.D., Raffi, I., Raymo, M.E., Shackleton, N.J. 1995. Late Neogene chronology: new perspectives in high-resolution stratigraphy. Geological Society of America Bulletin 107, 1272–1287.

Berger, A., Louter, M. F. 2002. An Exceptionally Long Interglacial Ahead?. Science, Vol. 297, No. 5585, pp. 1287/1288. DOI: 10.1126/science.1076120.

Birkeland, P. W., 1984. Soils and Geomorphology, Oxford University Press, New York, pp. 372.

Bokhorst, M. P., Beets, C. J., Marković, S. B., Gerasimenko, N. P., Matviishina, Z. N., Frechen, M. 2009. Pedo-chemical climate proxies in Late Pleistocene Serbian-Ukrainian loess sequences. Quaternary International 198, 23-33.

Bokhorst, M. P., Vandenberghe, J., Sümegi, P., Łanczont, M., Gerasimenko, N. P., Matviishina, Z. N., Beets, C. J., Marković, S. B. Frechen, M. 2011. Atmospheric circulation patterns in central and eastern Europe during the Weichselian Pleniglacial inferred from loess grain size records. Quaternary International 234, 62-74.

Bösken, J.,Klasen, N., Zeeden, C., Obreht, I., Marković B.S., Hambach, U., Lehmkuhl, F. 2017. New luminescence-based geochronology framing the last two glacial cycles at the southern limit of eouropean pleistocene loess in Stalać (SERBIA). Geochronometria 44, 150-161. DOI 10.1515/geochr-2015-0062.

Bowen, D.Q., Gibbard, P.L., 2007. The Quaternary is here to stay. Journal of Quaternary Science 22, 3-8.

Brennan, B.J. 2003. Beta doses to spherical grains. Radiation Measure-ments 37 (4–5): 299-303. DOI: 10.1016/S1350-4487(03)00011-8.

Buylaert, J.P., Jain, M., Murray, A.S., Thomsen, K.J., Thiel, C., Sohbati, R. 2012. A robust feldspar luminescence dating method for Middle and Late Pleistocene sediments: Feldspar luminescence dating of Middle and Late Pleistocene sediments. Boreas 41 (3): 435–451, DOI: 10.1111/j.1502-3885.2012.00248.x.

Burow, C., Zens, J., Kreutzer, S., Dietze, M., Fuchs, M.C., Fischer, M., Schmidt, C., Brückner, H. 2016. Exploratory data analysis using the R package "Luminescence" - towards data mining in OSL applica-tions. Poster presented at the UK Luminescence and ESR Meeting 10th-13$^{th}$July 2016. Liverpool

Buggle, B., Glaser, B., Zöller, L., Hambach, U., Marković, S. B., Glaser, I., Gerasimenko, N. 2008. Geochemical characterization and origin of Southeastern and Eastern European loesses (Serbia, Romania, Ukraine). Quaternary Science Reviews 27, 1058-1075.

Buggle, B., Hambach, U., Glaser, B., Gerasimenko, N., Marković, S. B., Glaser, I., Zöller, L. 2009. Stratigraphy and spatial and temporal paleoclimatic trends in East European loess paleosol sequences. Quaternary International 196, 86-106.

Buggle, B., Hambach, U., Kehl, M., Markovic, S. B., Zöller, L., Glaser, B. 2011. Accepted. The progressive evolution of a continental climate in SE-Central European lowlands during the Middle Pleistocene recorded in loess paleosol sequences. Geology.

Buggle, B., Hambach, U., Kehl, M., Marković, S.B., Zöller, L., Glaser, B. 2013. The progressive evolution of a continental climate in SE-Central European lowlands during the Middle Pleistocene recorded in loess paleosol sequences Geology, 41, 771–774

Butrym, J., Maruszcak, H., Zeremski, M. 1991. Thermoluminescence stratigraphy on Danubian loess in Belgrade environs. Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, Sec. B 46, 53-64.

Cande, S. C., Kent, D. V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. Journal of Geophysical Resesearch 100, 6093-6095.

Catt, J.A. 1995. Soils in aeolian sequences as evidence of Quaternary climatic change: Problems and possible solutions, in: Wind Blown Sediments in the Quaternary Record (E. Derbyshire), Quaternary proceedings, 4, John Wiley & Son, Chichester, pp. 59-68.

Chapot, M.S., Roberts, H.M., Duller, G.A.T., Lai, Z.P. 2012. A comparison of natural- and laboratory-generated dose response curves for quartz optically stimulated luminescence signals from Chinese Loess. Radiation Measurements 47: 1045–1052 DOI: 10.1016/j.radmeas.2012.09.001.

Cita, M.B. 2008. Summary of Italian marine stages of the Quaternary. Episodes 29: 107–114..

Cita, M.B., Capraro, L., Ciaranfi, N., Di Stefano, E., Lirer, F., Maiorano, P., Marino, M., Raffi, I., Rio, D., Sprovieri, R., Stefanelli, S., Vai, GB. 2008. The Calabrian stage redefined. Episodes 31: 418–429.

Ding, Z. L., Ranov, V., Yang, S. L., Finaev, A., Han, J. M., Wang, G. A. 2002. The loess record in southern Tajikistan and correlation with Chinese loess. Earth and Planetary Science Letters 200: 387-400.

Djurović P. (2009): Reconstruction of the pleistocene glaciers of Mount Durmitora in Montenegro. Acta Geographica Slovenica. Geografski zbornik. Vol. 49 – 2. Ljubljana.

Dodonov, A. E., Baiguzina, L. L. 1995. Loess stratigraphy of Central Asia: Paleoclimatic and paleoenvironmental aspects. Quaternary Science Reviews 14: 707–720.

Driese, S.G., Mora, C.I., Stiles, C.A., Joeckel, R.M., L.C., Nordt. 2000. Massbalance reconstruction of a modern Vertisol: implications for interpreting the geochemistry and burial alteration of paleo-Vertisols, Geoderma, 95, pp. 179-204.

Duller, G.A.T.2015. Analyst User Manual v4.31.7. Aberystwyth Lumi-nescence Research Laboratory, Aberystwyth University.

Durcan, J.A., King, G.E., Duller, G.A. T. 2015. DRAC: Dose Rate and Age Calculator for trapped charge dating. Quaternary Geochro-nology 28: 54–61, DOI: 10.1016/j.quageo.2015.03.012.

Evans, M.E., Heller, F. 2001. Magnetism of loess/palaeosol sequence: Recent developments. Earth-Science Reviews 54 (1): 129-144. DOI: 10.1016/S0012-8252(01)00044-7.

Fitzsimmons, J.N., Zhang, R., Boyle, E.A. 2013.Dissolved iron in the tropical North Atlantic Ocean.Marine Chemistry 154, 87–99.

Fuchs, M., Rousseau, D. D., Antoine, P., Hatté, C., Gauthier, C., Marković, S. B., Zöller, L. 2008. Chronology of the last climatic cycle (Upper Pleistocene) of the Surduk loess sequence, Vojvodina, Serbia. Boreas 37, 66-73.

Gábris, G., Nádor, A. 2007. Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. Quaternary Science Reviews 26, 2758-2782.

Gavrilov, M.B., Marković, S.B., Schaetzl, R. J., Tošić, I., Zeeden, c., Obreht, I., Sipos, G., Ruman, A., Putniković, S., Emunds, K., Perić, Z., Hambach, U., Lehmkuhl, F. 2018. Prevailing surface winds in Northern Serbia in the recent and past time periods; modern and past dust deposition. Aeolian Research 31: 117-129 http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.

Giaccio, B., Hajdas, I., Isaia, R., Deino, A., Nomade, S. 2017. High-precision $^{14}$Cand $^{40}$Ar/$^{39}$Ardating of the Campanian Ignimbrite (Y-5) reconciles the time-scales of climatic-cultural processes at 40 ka. Scientific Reports volume7, Article number: 45940 doi:10.1038/srep45940.

Gibbard, P. L., van Kolfschoten, T. 2005. The Pleistocene and Holocene Series. In A Geologic Time Scale 2004, GradsteinFM, OggJG, SmithAG (eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK; 441–452 [imprinted 2004].].

Gibbard, P. L. 2005. The Status of the Term 'Quaternary': Minutes of a Special Meeting of Members of the Joint ICS-INQUA Task Group Held 24 March, 2005.

Gibbard P. L, Cohen K. M. 2008. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. Episodes 31: 243-247.

Gibbard, P.L., Head, M. J. 2009. IUGS ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. Quaternaire 20 (4), 411-412.

Gibbard P. L., Head, M. J. 2009. The definition of the Quaternary System/ Period and the Pleistocene Series/Epoch. Quaternaire 20: 125–133

Gibbard, P.L., Head, M. J. 2010. The newly-ratified definition of the Quaternary System/Period and redefinition of the Pleistocene Series/Epoch, and comparison f proposals advanced prior to formal ratification. Episodes 33, 152e158.

Gibbard, P. L., Head. M. J,. Walker, M. J. C. and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy. 2010. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. J. Quaternary Sci.. Vol. 25 pp. 96–102. ISSN 0267-8179.

Gradstein, F.M., Ogg, J. G. 2002. Future directions in stratigraphy. Episodes 25: 203–208.

Graham, I. J., Ditchburn, R. G., Whitehead, N. E. 2001. Be isotope analysis of 0–500 ka loess-paleosol sequence from Rangitatau east, New Zealand. Quaternary International 76-77, 29–42.

Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Smith, A. G., Bleeker, W., Lourens, L. J., 2004. A new geologic time scale with special reference to the Precambrian and Neogene. Episodes 27: 83–100 (with accompanying chart).

Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Smith, A. G., (eds). 2005. A Geologic Time Scale 2004. Cambridge University Press: Cambridge. UK [imprinted 2004].

Gocke, M., Hambah U. F., Eckmeier, E., Schwark, L., Zöller, L., Fuchs, M.,Löscher, M., Wiesenberg G.L.B. 2014. Introducing an improved multi-proxy approach for paleoenvironmental reconstruction of loess–paleosol archives applied on the Late Pleistocene Nussloch sequence (SW Germany). Palaeogeography, Palaeoclimatology,Palaeoecology 410. 300-315. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.06.006.

Guerin, G., Mercier, N.,Adamiec, G. 2011. Dose-rate conversion factors: update. Ancient TL29: 5–8.

Haase, D., Fink J., Haase, G., Ruske, R., Pecsi, M., Richter, H., Altermann, M., Jäger, K. D. 2007. Loess in Europe—its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000. Quaternary Science Reviews 26, 1301–1312.

Hambach, U., Jovanović, M., Marković, S.B., Nowazcyk, N., Rolf, C. 2009. The Matuyama-Brunhes geomagnetic reversal in the Stari Slankamen loess section (Vojvodina, Serbia): Its detailed record and its stratigraphic position. Geophysical Research Abstracts 11, EGU2009- 0, 2009.

Hambach, U., Jovanović, M., Marković, S.B., Gaudenyi, T. 2011. The Titel Loess Plateau case study: a unique European palaeoclimatic record covering the last 600 kyrs. International Workshop, 6th Loess Seminar: Climate Change in the Carpathian Balkan region during the Late Pleistocene and Holocene, Suceava, Romania, 9-12 June 2011, Abstract book, 35-36.

Harland, W. B., Cox, A. V., Llewellyn, P. G., Pickton, C. A. G., Smith, A. G., Walters, R. 1982. A Geologic Time Scale. Cambridge University Press: Cambridge. UK.

Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. V., Craig, L. E., Smith, A. G., Smith, D. G. 1990. A Geologic Time Scale 1989. Cambridge University Press: Cambridge. UK.

Hatte´, C., Gauthier, C., Rousseau, D-D., Antoine, P., Fuchs, M., Lagroix, F., Marković, S.B., Moine, O., Sima, A. 2013. Excursions to C4 vegetation recorded in the Upper Pleistocene loess of Surduk (Northern Serbia): an organic isotope geochemistry study. Climate of the Past 9. 1001–1014. doi:10.5194/cp-9-1001-2013

Head, M.J., Gibbard, P. L., Salvador, A. 2008a. The Quaternary: its character and definition. Episodes 31, 234-238.

Hedberg, H. D. 1976. International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification. Terminology and Procedure. Wiley: New York.

Heller, F., Liu, T. 1982. Magnetostratigraphical dating of loess deposits in China. Nature 300: 431–433.

Heller F., Evans, M.E. 1995. Loess magnetism. Reviews of Geophysics 33(2):211-240. Doi: 10.1029/95RG00579.

Heller, F., Liu, T. 1984. Magnetism of Chinese loess deposits. Geophysical Journal of the Royal.

Hrnjak, I., Lukić, T., Gavrilov, B.M., Marković, S. B., Unkašević, M., Tošić, I. 2013. Aridity in Vojvodina, Serbia. Theoretical and Applied Climatology 115 (1-2):323-332. DOI 10.1007/s00704-031-0893-1

Hughes P.D.,Woodward J.C.,Gibbard P.L.2006. Late Pleistocene glaciers and climate in the Mediterranean Region.Global and Planetary Change, **50**,83–98.

Huntley, D.J., Baril, M.R., 1997. The K content of the K-feldspars being measured in optical dating or in thermoluminescence dating. An-cient TL 15 (1): 11–12.

Jain, M., Murray, A.S. & Bøtter-Jensen, L., 2003. Characterisation of blue-light stimulated luminescence components in different quartz samples: implications for dose measurement. Radiation Measurements, 37, 441-449.

Jovanović, V., Srećković Batoćanin, D., 2009. Osnovi geologije. Zavod za udzbenike, Beograd.

Kars, R.H., Reimann, T., Ankjaergaard, C., Wallinga., J. 2014. Bleaching of the post-IR IRSL signal: new insights for feldspar luminescence dating: Feldspar luminescence dating. Boreas 43 (4): 780–791, DOI: 10.1111/bor.12082.

Kirchheimer, F. 1969. Heidelberg und der Loess. Ruperto-Carola Zeitschrift der Vereinigung der Freunde der Studentschaft der Universitat Heidelberg e.V XXI Jahrgang (46), 3-7.

Kostić, N., Protić, N.2000. Pedology and mineralogy of loess profiles et Kapela-Batajnica and Stalać Serbia, Catena 41,217-227

Kreutzer, S., Fuchs, M., Meszner, S., Faust, D. 2012a. OSL chronostra-tigraphy of a loess palaeosol sequence in Saxony/Germany using quartz of different grain sizes. Quaternary Geochronology 10: 102–109, DOI: 10.1016/j.quageo.2012.01.004.

Kreutzer, S., Schmidt, C., Fuchs, M.C., Dietze, M., Fischer, M., Fuchs, M. 2012b. Introducing an R package for luminescence dating analysis. Ancient TL30 (1): 1-8.

Kreutzer, S., Schmidt, C., DeWitt, R., Fuchs, M. 2014. The a-value of polymineral fine grain samples measured with the post-IR IRSL protocol. Radiation Measurements 69: 18–29, DOI 10.1016/j.radmeas.2014.04.027.

Kukla, G. 1987. Loess stratigraphy in Central China. Quaternary Science Reviews 6, 191-219.

Kukla, G., & An, Z., 1989. Loess stratigraphy in central Chinana. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 72, 203-225.

Lisiecki, L.E., Raymo, M.E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic. D18O records PALEOCEANOGRAPHY, VOL. 20, PA1003,

doi: 10.1029/2004PA001071.

Liu, T.S., et al., (unnamed) 1985. Loess and the Environment. China Ocean Press, Beijing.

Liu, Q., Roberts, A.P., Eelco, J., Rohling, E. J., Rixiang Zhu, R., Sun, Y. 2008. Post-depositional remanent magnetization lock-in and the location of the Matuyama–Brunhes geomagnetic reversal boundary in marine and Chinese loess sequences. Earth and Planetary Science Letters 275, 102-110.

Liu, Z. P., Wang, Y., Gallmore, R., Gasse, F., Johnson, T., deMenocal, P., Adkins, J., Notaro, M., Prentice, I. C., Kutzbach, J., Jacob, R., Behling, P., Wang, L., Ong, E. 2007. Simulating the transient evolution and abrupt change of Northern Africa atmosphere-oceane-terrestrial ecosystems in the Holocene. Quaternary Science Reviews 26, 1818-1837.

Liu, Z. P., Liu, M. A., Shao, Y. Q. 2013. Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire Loess Plateau region of China. Geoderma, 197, 67–78

Lukić, T., Basarin, B., Buggle, B., Marković, S. B., Tomović, V. M., Popov Raljić, J., Hrnjak, I., Timar-Gabor, A., Hambach, U., Gavrilov, M. B. 2014a. A joined rock magnetic and colorimetric perspective on the Late Pleistocene climate of Orlovat loess site (Northern Serbia). Quaternary International 334-335, 179-188.

Lukić, T., Basarin, B., Buggle, B., Marković, S. B., Tomović, V. M., Popov Raljić, J., Hrnjak, I., Timar-Gabor, A., Hambach, U., Gavrilov, M. B. Vasiljević, Dj. A., Vujičić, M. D., Tomić, M., Živaljević, B. Petreš, S. 2014b. A joined rock magnetic and colorimetric perspective on the Late Pleistocene climate of Orlovat loess site (Northern Serbia). The Third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian Conference: Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube, Srebrno jezero, September 18th September 21st 2014, Abstract book, 33-34.

Lourens, L., Hilgen, F., Shackleton N. J., Laskar, J., Wilson, D. 2005. The Neogene Period. In A Geologic Time Scale 2004. Gradstein FM. Ogg JG. Smith AG (eds). Cambridge University Press: Cambridge. UK; 409–440 [imprinted 2004].

Lourens, L. J. 2008. On the Neogene–Quaternary debate. Episodes 31: 239–242.

Lyell, C. 1847. On the delta and alluvial deposits of the Mississippi River, and other points of the geology of North America, observed in the years 1845, 1846, Am. J. Sci., 3, 267-269.

Maher, B.A., Thompson, R. 1992. Paleoclimatic significance of the mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosols. Quaternary Research 37, 155–170.

Maher, B. A., Thompson, R., Zhou, L. P. 1994. Spatial and temporal reconstructions of changes in the Asian palaeomonsoon: a new mineral magnetic approach. Earth and Planetary Science Letters 125, 461–471.

Maher, B. A., Thompson, R. 1999. Magnetism and palaoeoclimate in the Chinese loess. Quaternary Climates, Environments and Magnetism. Universitiy Press, Cambridge, ISBN 0 521 62417 7, 95-125.

Marković, S. B., Oches, E.A., Zöller, L, Savić, S., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Sümegi, P., McCoy, W.D. Ivanišević, P., Stevens, T. 2003. 150.000 years of paleoclimate and peleoenvironment recorde in the loess-paleosol sequence at Petrovaradin brickyard exposure (Vojvodina, Serbia). Loess and paleoenvironment, Moscow, 26 May – 01 June 2003. Book of abstract, 47.

Marković, S.B., Kostić, N., Oches, E. 2004a. Paleosols in the Ruma loess section (Vojvodina, Serbia). Revista Mexicana de Ciencias Geologicas 21,1, 79-87.

Marković, S., Oches, E., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Hambach, U., Zoeller, L., Sümegi, P. 2004б. Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Miseluk (Vojvodina, Srbija). Quaternaire 15, 361-368.

Marković, S. B., McCoy, W. D., Oches, E. A., Savić, S., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Stevens, T., Walther, R., Ivanišević, P., Galović, Z. 2005. Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess–paleosol sequence at Petrovaradin Brickyard (Vojvodina,Serbia). Geologica Carpathica 56, 545–552. Eistocene

Marković, S. B., Oches, E., Sümegi, P., Jovanović, M., Gaudenyi, T. 2006. An introduction to the Upper and Middle Pleistocene loess–paleosol sequences of Ruma section (Vojvodina,Yugoslavia). Quaternary International 149, 80–86.

Marković, S. B., Oches, E. A., McCoy, W. D., Gaudenyi, T., Frechen, M. 2007. Malacological and sedimentological evidence for ‘‘warm’’ climate from the Irig loess sequence (Vojvodina, Serbia). Geophysics, Geochemistry andGeosystems 8, Q09008.

Marković, S.B., Oches, E.A., McCoy, W.D., Frechen, M., Gaudenyi, T. 2007. Malacological and sedimentological evidence for “warm” glacial climate from the Irig loess sequence, Vojvodina, Serbia. Geochemistry Geophysics Geosystems 8, Q09008. doi:10.1029/2006GC001565.

Marković, S. B., Bokhorst, M. P., Vandenberghe, J., McCoy, W. D., Oches, E. A., Hambach, U., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Stevens, T., Zöller, L., Machalett, B. 2008. Late Pleistocene loess–paleosol sequences in the Vojvodina region, North Serbia. Journal of Quaternary Science 23, 73–84.

Marković, S. B. Hambach, U., Catto, N., Jovanović, M., Buggle, B., Machalett, B., Zöller, L., Glaser, B., Frechen, M. 2009. The middle and late Pleistocene loess-paleosol sequences at Batajanica, Vojvodina, Serbia. Quaternary International 198, 255-266. (1.768, 20)

Marković S. B., Hambach, U., Catto, N., Jovanović, M., Buggle, B., Machalett, B., Zöller,L., Glaser, B., Frechen, M. 2009b. The middle and late Pleistocene loess-paleosol sequences at Batajanica, Vojvodina, Serbia. Quaternary International 198: 255-266.

Marković, S.B., Hambach, U., Stevens, T., Kukla, G., Hellere, F., McCoy, W.D., Oches, E.A., Buggle, B., Zöller, L. 2011. The last million years recorded at the Stari Slankamen (Northern Serbia) loess-palaeosol sequence: revised chronostratigraphy and long-term environmental trends. Quaternary Science Reviews, Volume 30, Issues 9–10, 1142–1154

Marković, S. B., Hambach, U., Stevens, T., Jovanović, M., O'Hara-Dhand, K., Basarin, B., Lu, H., Smalley, I., Buggle, B., Zech, M., Svirčev, Z., Sümegi, P., Milojković N., Zöller, L. 2012. Loess in the Vojvodina region (Northern Serbia): an essential link between European and Asian Pleistocene environments. Netherlands Journal of Geosciences 91, 1-2, 173 - 188.

Marković, S. B., Timar-Gabor, A., Stevens, T., Hambach, U., Popov, D., Tomić, N., Obreht, I., Jovanović, M., Lemhkhul, F., Kels, H., Gaudenyi, T., Gavrilov, M. B. 2014. Environmental dynamics and luminescence chronology from Orlovat loesspaleosol sequence (Vojvodina, Northern Serbia): initial results and perspectives. Journal of Quaternary Science 29, 189-199.

Marković, S.B., Stevens, T., Kukla, G. J., Hambach, U., Fitzsimmons, K. E., Gibbard, P., Buggle, B., Zech, M., Guo, Z. , Qingzhen, H., Haibin, W., Dhand, O. K., Smalley, I. J., Gábor, U., Sümegi, P., Timar-Gabor, A., Veres, D., Sirocko, F., Vasiljević, D. A., Jary, Z., Svensson, A., Jović, V., Lehmkuhl, F., Kovács, J., Svirčev, Z. 2015. Danube loess stratigraphy–Towards a pan-European loess stratigraphic model. Earth Science Reviews, doi: 10.1016/j.earscirev.2015.06.005

Marković, S.B., Stevens, T., Mason, J., Vandenberghe, J., Yang, S., Veres, D.,Újvári, G., Timar-Gabor, A., Zeeden, C., Guo, Z., Hao, Q., Obreht, I., Hambach, U., Wu, H., Gavrilov, M.B., Rolf, C., Tomić, N., Lehmkuhl, F.2018:Loess correlations – between myth and reality, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **XXX**, xxx–xxx, (in press) DOI 10.1016/j.palaeo.2018.04.018

Marković-Marjanović, J. 1953. Contribution a l'Etude de la Constitution Geologique de Titelski breg. Extrait du Bulletin de l'Academie serbe des sciences. Tome XII, nouvelle serie. Classe des sciences mathematiques et naturelles, 3, 1-2.

Marković-Marjanović, J. 1959. Die Bedeutung der fossilien „terra rossa"-Horizonte fur die Stratigraphie und Chronologie des Pleistozans von Jugoslawien, Geologisches Institut „J. Žujović", Belgrad.

Marković-Marjanović, J. 1979. Sediments lacustres-fluviaux de l'Eopleistocene – base de la serie des loess Pleistocenes de la rive droite du Danube en Yugoslavie. Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae 22 (1-4), 133-139.

Martinson, D., Pisias, M.G., Hays, J.D., Imbrie, J., Moore, T.C., Shackleton N. J. 1987. Age dating and the orbital theory of ice ages: development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. Quat. Res. 27, 1—30.

McTainsh, G. 1987. Desert loess in northern Nigeria. Zeitschriftfur Geomorphologie N. E, 31, 145-165.

Mitrović, B., Jovanović, G. 2000. Quaternary malacofauna of Topolovnik and Golubac (north-eastern Serbia). Geologica Carpathica 51, 3-6.

Mitrović, B. 2004. Quaternary malacofauna of the Smederevo vicinity (NE Serbia). Geologica Carpathica 55, 273-278.

Mottana, A., Crespi, R., Ligorio, G., 1982. Der grosse BVL Mineralienführer, BLV Verlag, pp. 612.

Muhs, D. R., Bettis, E. A., III. 2003. Quaternary loess-paleosol sequences as examples of climate-driven sedimentary extremes. Geological Society of America Special Paper 370, 53–74.

Muhs, D. R., McGeehin, J. P., Beann, J., Fisher, E., 2004. Holocene loess deposition and soil formation as competing processes, Matanuska Valley, southern Alaska. Quaternary Research 61, 265–276.

Murray, A.S., Wintle, A.G., 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. Radiation Measurements 32 (1): 57–73, DOI 10.1016/S1350-4487(99)00253-X.

Murray, A. S. & Wintle, A. G. 2003. The single aliquot regeneration dose protocol: potential for improvements in reliability. Radiation Measurements 37, 377–381.

Murray, A.S., Schmidt, E. D., Stevens, T., Buylaert, J. P., Marković, S.B., Tsukamoto, S., Frechen, M. 2014. Dating Middle Pleistocene loess from Stari Slankamen (Vojvodina, Serbia)—Limitations imposed by the saturation behaviourof an elevated temperature IRSL signal. Catena 117, 34–42.

Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Magyari, Á., Babinszki, E. 2007. Fluvial responses to tectonics and climate change during the Late Weichselian in the eastern part of the Pannonian basin (Hungary). Sedimentary Geology, DOI 10.1016/j.sedgeo.2007.03.001.

Nádor, A. 2007. Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. Quaternary Science Reviews 26, 2758–2782.

Nenadić, D., Bogićević, K., 2010. Geologija kvartara. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

Obreht, I., Buggle, B., Catto, N., Marković, S. B., Bosel, S., Vandenberghe, A. G. D., Hambach, U., Svirčev, Z., Lehmkuhl, F., Basarin, B., Gavrilov, M. B., Jović, G. 2013. The Late Pleistocene Belotinac section (southern Serbia) at the southern limit of the European loess belt: Enivironmental and climate reconstruction using grain size and stable C and N isotopes, Quaternary International.

Obreht, I., Buggle, B., Catto, N., Marković, B.S., Bösel, S., Vandenberghe, D., Hambach, U., Svirčev, Z., Lehmkuhl, F., Basarin, B., Gavrilov, B.M., Jović, G., 2014. The late Pleistocene belotinac section (southern Serbia) at the southern limit of the European loess belt: Environmental and climate reconstruction using grain size and stable C and N isotopes. Quaternary International, 334-335:10-19. DOI10.1016/j.quaint.2013.05.037

Obreht, I., Zeeden, C., Schulte, P., Hambach, U., Eckmeier, E., Timar-Gabor, A., Lehmkuhl, F. 2015. Aeolian dynamics at the Orlovat loess-paleosol sequence, northern Serbia, based on detailed textural and geochemical evidence. Aeolian Research 18:69-81.

DOI 10.1016/jaeolia.2015.06.004

Obreht, I., Zeeden, C., Hambach, U., Veres, D., Marković S. B., Bösken, J., Svirčev, Z., Bačević, N., Gavrilov, M. B., Lehmkuhl1, F. 2016. Tracing the influence of Mediterranean climate on Southeastern Europe during the past 350,000 years. Scientific Reports 6, 36334. doi:10.1038/srep36334

Oches, E.A. & McCoy W.D. 2001: Historical developments and re- cent advances in amino acid geochronology applied to loess research: examples from North America, Europe and China. Earth Sci. Rev. 54, 173–192

Osipov, V. I., Sokolov, V. N., 1995. Factors and mechanism of loess collapsibility, In: Genesis and Properties of Collapsible Soils, (E. Derbyshire et al., eds.), Kluwer Academic Publishers, 49–63.

Ogg, J. G., Pillans, B. 2008. Establishing Quaternary as a formal international Period/System. Episodes 31: 230–233.

Palmer, A. S., Pillans, B. J. 1996. Record of climatic fluctuations from ca. 500 ka loess deposits and paleosols near Wanganui, New Zealand. Quaternary International, 34-36, 155–162.

Partridge, T. C., 1997. The Plio-Pleistocene boundary. Quaternary International 40: 1–100.

Pécsi, M. 1990. Loess is not just an accumulation of dust, Quat. Internat., 7/8, 1–21.

Perić, Z., Lagerbäck Adophi, E., Buylaert, J.P, Stevens, T., Újvári, G., Marković, S.B., Hambach, U., Fischer, P., Zeeden, C., Schmidt, C., Schulte, P., Huayu, L., Shuangwen1, Y., Lehmkuhl, F., Obreht, I., Veres, D., Thiel, C., Frechen, M., Jain, M., Vött, A., Zöller, L., Gavrilov, M.B., 2018. Quartz OSL dating of late Quaternary Chinese and Serbian loess: a cross Eurasian comparison of dating results and mass accumulation rates. Quaternary International, DOI 10.1016/j.quaint.2018.01.010 (u štampi) .

Porter, S. C., Hallet, B., Wu, X., An, Z. 2001. Dependence of near-surface magnetic susceptibility on dust accumulation rate and precipitation on the Chinese Loess Plateau. Quaternary Research 55, 271–283.

Pillans, B. 2004. Proposal to redefine the Quaternary. Episodes 27: 127.

Pillans, B., Naish, T. 2004. Defining the Quaternary. Quaternary Science Reviews 23: 2271–228

Pillans, B. 2007. Defining the Quaternary: where do we go from here? Stratigraphy 4: 145–149.

Pye, K., 1995. The nature, origin and accumulation of loess. Quatern Sci Rev 14, 653–657.

Radaković, M., Tošić, I., Bačević, N., Mladjan, D., Gavrilov, B.M., Marković, B. S. 2017. The analysis of aridity Central Serbia from 1949 to 2015. Theoretical and Applied Climatology, 2017. DOI 10.1007/s00704-017-2220-8 (u štampi)

Rakić, M.1977. Geneza i stratigrafija kvartarnih sedimenata u slivu Južne i Zapadne Morave. Doktorska disertacija u rukopisu. Rudrasko-geološki fakultet, Beograd.

Raymo, M. E., & Ruddiman, W. F. 1992. Tectonic Forcing of Late Cenozoic Climate. Nature, 359, 117-121. DOI: 10.1038/359117a0.

Remane, J., Bassett, M. G., Cowie, J. W., Gohrbandt, K. H., Lane, H. R., Michelsen, O., Wang, N. 1996. Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS). Episodes 19: 77–81.

Roberts, H.M. 2007. Assessing the effectiveness of the double-SAR protocol in isolating a luminescence signal dominated by quartz. Radiation Measurements 42, 1627–1636.

Roberts, H. M. 2008. The development and application of luminescence dating to loess deposits: a perspective on the past, present and future. Boreas 37: 483–507 [DOI: 10.1111/j.1502-3885.2008.00057.x].

Ruhe, R. V. 1956. Geomorphic surface and the nature of soil, Soil Sci., 82, 441–445.

Russel, R. J. 1844. Origin of loess - a reply, Am J. Sci., 242, 447-450.

Sadori, L., Koutsodendris, A., Panagiotopoulos, K., Masi, A., Bertini, A., Combourieu-Nebout, N., Francke, A., Kouli, K., Joannin, S., MercuriA-M., Peyron, O., Torri, P., Wagner, B., Zanchetta, G., Sinopoli, G., Donders, T.H. 2016. Pollen-based paleoenvironmental and paleoclimatic change at Lake Ohrid (SE Europe) during the past 500 ka. *Biogeosciences* **13**, 1423–1437

Salvador, A. 1994. International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification. Terminology and Procedure. Geological Society of America: Boulder. CO.

Salvador, A. 2006a. A stable Cenozoic geologic time scale is indispensable. Episodes 29: 43-45.

Salvador, A. 2006b. The Tertiary and the Quaternary are here to stay. Association of American Petroleum Geologists Bulletin 90: 21-30.

Sartori, M. 2000. The Quaternary climate in loess sediments: Evidence from rock and mineral magnetic and geochemical analysis, Doctoral Thesis, ETH Zürich, pp. 231.

Shackleton, N. J, Berger, A., Peltier, W. R. 1990. An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677. Transaction

Singarayer, J.S., Bailey, R.M. 2003.Further investigations of the quartz optically stimulated luminescence components using linear modu-lation. Radiation Measurements37(4–5): 451–458, DOI: 10.1016/S1350-4487(03)00062-3.

Singhvi, A. K., Bronger, A., Sauer, W., Pant, R.K. 1989. Thermoluminescence dating of loess–paleosols sequences in the Carpathian Basin east–central Europe: a suggestion for a revised chronology. Chem. Geol. Isotope Geoscience Section 73, 306–317.

Schmidt, E.D., Machalett, B., Marković, S.B., Tsukamoto, S., Frechen, M. 2010. Luminescence chronology of the upper part of the Stari Slankamen loess sequence (Vojvodina, Serbia). Quaternary Geochronology, 5: 137-142.

Song, B., Yi, S., Jia, H., Nahm, W-H., Kim, J-C., Lim, J., Lee, J-Y., Sha, L., Mao, L., Yang, Z., Nakanishi, T., Hong, W., Li, Z. 2018. Pollen record of the mid- to late-Holocene

centennial climate change on the East coast of South Korea and its influential factors. Journal of Asian Earth Sciences Volume 151, January 2018, Pages 240-249.

Spassov, S., Heller, F., Evans, M. E, Yue, L. P., von Dobeneck, T. 2003. A lock-in model for the complex Matuyama-Brunhes boundary record of the loess/palaeosol sequence at Lingtai (Central Chinese Loess Plateau). Geophysical Journal International 155: 350-366.

Steffen, D., Preusser, F., Schlunegger, F. 2009.OSL quartz age under-estimation due to unstable signal components. Quaternary Geo-chronology4(5): 353–362,

Stevens, T., Lu, H., Thomas, D. S. G. 2008. Optical dating of abrupt shifts in the Late Pleistocene East Asian monsoon. Geology 36: 415–418 DOI: 10.1130/G24524A.1.

Stevens, T., Marković, S. B., Zech, M., Hambach, U., Sümegi, P. 2011. Dust deposition and climate in the Carpathian Basin over an independently dated last glacialinterglacial cycle. Quaternary Science Reviews 30, 662-681.

Sticher, H. 1997. Allgemeine Bodenkunde, Vorlesungsskript, ETH Zürich.

Sümegi, P., Krolopp, E. 2002. Quatermalacological analysis for modeling the upper Weichselian palaeoenvironmental changes in the Carpathian Basin. Quaternary International 91, 53–63.

Sümegi, P., Marković, S.B.,Molnár, D.,Sávai, S., Náfrádi, K., Szelepcsényi, Z., Novák, Z. 2016. Črvenka loess-paleosol sequence revisited: localand regional Quaternary biogeographicalinferences of the southern Carpathian Basin. Open Geosciences, Volume 8, Issue 1, id.31, 15pp.DOI: 10.1515/geo-2016-0031

Thiel, C., Buylaert. J. P., Murray, A. S., Terhorst, B., Hofer, I., Tsukamoto, S., Frechen, M.,Sprafke, T. 2011в. Investigating the chronostratigraphy of prominent palaeosols in Lower Austria using post-IR IRSL dating. Quaternary Science Journal 60:1, 137–152 / DOI 10.3285/eg.60.1.10

Timar-Gabor, A., Vasiliniuc, S., Vandenberghe, D.A.G., Cosma, C., Wintle, A.G. 2012.Investigations into the reliability of SAR-OSL equivalent doses obtained for quartz samples displaying dose re-sponse curves with more than one component. Radiation Meas-urements47(9): 740–745, DOI: 10.1016/j.radmeas.2011.12.00

Timar-Gabor, A., Wintle, A.G. 2013.On natural and laboratory generated dose response curves for quartz of different grain sizes from Romanian loess. Quaternary Geochronology18: 34–40, DOI: 10.1016/j.quageo.2013.08.001.

Timar-Gabor, A., Constantin, D., Marković, S.B., Jain, M. 2014. Extending the area of investigation of fine versus coarse quartz optical ages from the Lower Danube to the Carpathian Basin. Quaternary International, 388:19, 168–176

Timar-Gabor, A., Constantin, D., Buylaert, J.P., Jain, M., Murray, A.S., Wintle, A.G. 2015a.Fundamental investigations of natural and laboratory generated SAR dose response curves for quartz OSL in the high dose range. Radiation Measurements81: 150–156, DOI: 10.1016/j.radmeas.2015.01.013.

Timar-Gabor, A., Constantin, D., Marković, S.B., Jain, M. 2015b.Ex-tending the areaof investigation of fine versus coarse quartz optical ages from the Lower Danube to the Carpathian Basin. Quaternary International388: 168–176, DOI: 10.1016/j.quaint.2014.09.065.

Tzedakis, P.C., Lawson, I.T., Frogley, M.R., Hewitt, G.M., Preece, R.C. 2006. Buffered Tree Population Changes in a Quaternary Refugium: Evolutionary Implications. Science 297. DOI: 10.1126/science.1073083

Újvári, G., Kovács, J., Varga, G., Raucsik, B., Marković, S. B. 2010. Dust flux estimates for the Last Glacial Period in East Central Europe based on terrestrial records of loess deposits: a review. Quaternary Science Reviews 29, 3157–3166.

Vandenberghe, J., An, Z., Nugteren, G., Lu, H., Van Huisstedn, J. 1997. A new absolute timescale for the Quaternary climate in the Chinese loess region based on grain size analysis. Geology 25, 35-38.

Vandenberghe, J. 2013. Grain size of fine-grained windblown sediments: A powerful proxy for process identification. Earth-Sci. Rev. 121, 18-30.

Vandenberghe, J., Marković, S.B., Jovanović, M., Hambach, U. 2014. Site-specific variability of loess and palaeosols (Ruma, Vojvodina, northern Serbia). Quaternary International334–335: 86-93, DOI: 10.10.16/j.quaint.2013.10.036.

Verosub, K. L., Fine, P., Singer, M. J., TenPas, J. 1993. Pedogenesis and paleoclimate: interpretation of the magnetic susceptibility record of Chinese loess-paleosol sequences. Geology 21, 1011–1014.

von Richthofen, F. 1882. On the mode of origin of the loess, Geological Magazine, 9, pp. 293-305.

Walker, J. D., Geissman, J. W., (compilers). 2009. Geologic time scale: Geological Society of America. GSA Today April/May: 60–61.

Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J. P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Bjo¨rck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D. J., Nakagawa, T., Newnham, R., Schwander, J. 2009. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. Journal of Quaternary Science 24: 3–17.

Walsh, S. L. 2006. Hierarchical subdivision of the Cenozoic Era: a venerable solution. and a critique of current proposals. Earth-Science Reviews 78: 207–237.

Walsh, S. L. 2008. The Neogene: origin. adoption evolution and controversy. Earth-Science Reviews 89: 42–72.

Weltje, G. J., Prins, M. A. 2007. Genetically meaningful decomposition of grain-size distributions. Sedimentary Geology, volume 202, 409-424.

Wang, P., Tian, J. & Lourens, L. J. 2010. Obscuring of long eccentricity cyclicity in Pleistocene oceanic carbon isotope records. Earth Planet. Sci. Lett. **290**, 319–330

Zech, R., Zech, M., Marković, S. B., Hambach, U., Huang, Y. 2013. Humid glacials, arid interglacials? Critical thoughts on pedogenesis and paleoclimate based on multi-proxy analyses of the loessepaleosol sequence Crvenka, Northern Serbia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 387, 165–175.

www.inqua.com

www.stratigraphy.org

www.google.com

http://geology.com

www.sanu.ac.rs

www.europeanprogres.org/pdf/19/Doljevac/

www.iugs.org

www.dgt.pmf.uns.ac.rs/inqua-loess/

# БИОГРАФИЈА

Никола Бачевић је рођен 22. јуна 1983. године у Пећи. Основну школу „Десанка Максимовић“ и прве две године гимназије „Свети Сава“ завршава у Пећи, док трећу и четврту годину завршава у Краљеву. Студије географије уписао је 2001/2002., на Одсеку за географију. Природно-математичком факултету, Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици. Године 2006. завршава основне академске студије и дипломирао на теми „Монографски приказ Краљева и околине“. Године 2008. уписује мастер студије на Географском факултету, Универзитета у Београду, које је завршио 2011. године са просечном оценом 8,71 на теми „Активна настава и едукативне радионице“. Након завршених мастер студија уписује докторске студије на Департману за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичком факултету, Универзитета у Новом Саду, смер: доктор геонаука-географија, при чему је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом (просечна оцена положених испита и реализације студијско истраживачког рад: 9,94) и извршио пријаву теме докторске дисертације.

Од 2007. године запослен је на Природно-математичком факултету Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици као рферент за студентска питања. Од октобра 2013. године изабран је за асистента на Одсеку за географију ПМФ-а у Косовској Митровици.

Тренутно на основним академским студијама држи вежбе из предмета: Геологија са петрографијом, Биогеографија, Геоморфологија 1 и Геоморфологија 2. На мастер академским студијама држи вежбе на предмету Методологија физичке географије.

Област истраживања MSc Николе Бачевића је физичка географија са посебним освртом на геоморфологију, истраживање лесно-палеоземљишних секвенци, геологију и климатске промене. Аутор и коаутор је на пет радова категорије М 21, М 22 и М 23, публикованих у међународним часописима са СЦИ листе. Аутор и коаутор је још на седам радова категорије М 33, М 34 и М 51.

Нови Сад, 06.22.2017. MSc Никола Бачевић

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ**

**ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**

**ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМИХОТЕЛИЈЕРСТВО**

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број:
**РБР**

Идентификациони број:
**ИБР**

| | |
|---|---|
| Тип документације:<br>**ТД** | Монографска документација |
| Тип записа:<br>**ТЗ** | Текстуални штампани материјал |
| Врста рада:<br>**ВР** | Докторска дисертација |
| Аутор:<br>**АУ** | Никола Р. Бачевић |
| Ментор:<br>**МН** | Др Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ, редовни професор, Природно-математички факултет, Нови Сад |
| Наслов рада:<br>**НР** | Средње и горње плеистоцене лесно-палеоземљишне секвенце у долини Јужне Мораве |
| Језик публикације:<br>**ЈП** | Српски/ћирилица |
| Језик извода:<br>**ЈИ** | Српски/Енглески |
| Земља публикације:<br>**ЗП** | Србија |
| Уже географско подручје: | Војводина |

**УГП**

Година: 2018.

**ГО**

Издавач: Ауторски репринт

**ИЗ**

Место и адреса: ПМФ, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад

**МА**

Физички опис рада: 7 поглавља, 209 страна, 86 прилога, 12 табела, 20 карата

**ФО**

Научна област: Географија

**НО**

Научна дисциплина Физичка географија

**НД**

Предметна одредница/кључне речи: Лес, Квартар, педо-лито стратиграфија, магнетни сусцептибилитет, геохемијска анализа, колориметрија, гранулација, рељефна реконструкција, луминесцентно датирање, палеоклиматологија, палеоекологија

**НО**

**УДК:**

Чува се: Библиотека Департмана за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад

**ЧУ**

Важна напомена: Нема

**ВН**

Извод:

**ИЗ**

Предмет истраживања ове докторске дисертације су средње и горње плеистоцене лесно-палеоземљишне секвенце (ЛПС) у долини Јужне Мораве на профилима циглана у Сталаћу и Белотинцу. Ове ЛПЦ представљају јединствен континентални архив палеоклиматских и палеоеколошких промена током плеистоцена у овом делу Балканског полуострва. Након детаљних теренских истраживања и узорковања на поменутим лесним профилима, разматрано је више истраживачких проблема. Извршено је педо- и лито-

стратиграфско описивање на оба профила. На њима је запажено неколико метара моћних глацијалних лесних хоризоната и неколико интерглацијалних педокомлекса, који се визуелно јасно разликују. Извршена је реконструкција рељефа на основу просторних односа ЛПС. Укупна дебљина анализирананих ЛПС износи: у Сталаћу приближно 20,5 m, где је запажено по седам педокомплекса и лесних хоризоната, док је дебљина у Белотинцу анализираних ЛПС 8 m. Вредности магнетног сусцептибилитета (МС) у Сталаћу указује да порекло прашкастог флувијалног материјала потиче из два независна извора. Веће вредности МС присутне су у материјалу који потиче  из слива Западне Мораве. Док мање вредности указују да је порекло материјала из Јужне Мораве. У Белотинцу мање вредности МС указују да је порекло материјала из слива Јужне Мораве. Тумачењем резултата апсолутног луминесцентног датирања на оба профила указују да су ЛПС настајале током последњих ~ 350.000 година у Сталаћу и ~ 35.500 година у Белотинцу. Гранулометријски састав ЛПС у Сталаћу је сачињен од пет различитих фракција < 2,0 μm, 2,0-6,2 μm, 6,2-20,0 μm, 20,0-63,0 μmи >63,0 μm. Док, су у Белотинцу највише заступљене крупне честице од 51 % до 66 % и грубе фракције, које указују на непосредну близину извора порекла материјала. Боја ЛПС на профилима у Сталаћу и Белотинцу мења се и коварира са МС. Колориметријски резултати указују, слично МС резултатима, да лесни седименти потичу једним делом из Јужне Мораве, а другим делом из Западне Мораве. Геохемијске анализе указују на доминантно силикатно распадање честица, слично дунавском лесу. Геохемијски састав ЛПС Белотинц показује да педокомплекс је обогаћен органског угљеника, док су у лесним слојевима примећене ниже вредности органског угљеника. Генерално тумачење свих резултата указује на доминантан медитерански климатски утицај на ЛПС у средњем плеистоцену, док је у горњем и млађем плеистоцену био доминантан утицај континенталне климе.

Датум прихватања теме: 24.08.2016.

**ДП**

Датум одбране:

**ДО**

Чланови комисије:

1.Проф. др Миливој Б. Гаврилов, редовни професор, ПМФ, Нови Сад, председник

2. Проф. др Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ, редовни професор, ПМФ, Нови Сад, ментор

3. Проф. др Радислав Тошић, редовни професор, ПМФ, Бања Лука, члан

**UNIVERSITY OF NOVI SAD**

**FACULTU OF SCIENCE**

**DEPARTMENTOF GEOGRAPHY, TOURISMAND HOTEL MANAGEMENT**

## KEY WPRDS DOCUMENTATION

| | |
|---|---|
| Accession number:<br>**ANO** | |
| Identification number:<br>**INO** | |
| Document type:<br>**DT** | Monographic documentation |
| Type of record:<br>**TR** | Printed material |
| Contents code:<br>**CC** | PhD Thesis |
| Author:<br>**AU** | Nikola R. Bačević |
| Mentor:<br>**MN** | Dr Slobodan B. Marković, corresponding member of SANU, full professor, Faculty of Sciences, Novi Sad |
| Title:<br>**XI** | Middle and upper Pleistocene Looes-paleearth sequences in the valley of South Morava |
| Language of text:<br>**LT** | Serbian/Cyrilic |
| Language of abstract:<br>**LA** | Serbian/English |
| Country of publication:<br>**CP** | Serbia |
| Locality of publication:<br>**LP** | Vojvodina |

| | |
|---|---|
| Publication year:<br>**PY** | 2018. |
| Publisher:<br>**PU** | Author′s reprint |
| Publik place:<br>**PP** | PMF, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia |
| Phisical description:<br>**PD** | 7 chapters, 209 pages, 86 figures, 12 tables, 20 maps |
| Scientific field:<br>**SF** | Geography |
| Scientific discipline:<br>**SD** | Physical Geography |
| Key words:<br>**UC** | Looes, Quarter, stratigraphy, magnetic susceptibility, geochemical analysis, colorimetry, granulation, relief reconstruction, luminescent dating, paleoclimatology, paleoecology |
| **HD** note: | |
| Holding data:<br>**HD** | Library of the Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Novi Sad, Serbia |
| Note:<br>**NO** | None |
| Abstract:<br>**AB** | |

The research subject of this dissertation are Middle and Upper Pleistocene loess-paleosol sequences (LPS) in the South Morava valley, at brickyards' profiles in Stalac and Belotinac. These LPS represent a unique continental record of paleoclimate and paleoecological changes during Pleistocene in this part of the Balkan Peninsula. After detailed terrain researches and samplings at the two loess profiles, several research problems were discussed. Pedo-stratigraphic and litho-stratigraphic descriptions were done for both profiles. There were found several meters of powerful glacial loess horizons and several interglacial pedocomplexes that

were visually distinctive. A relief reconstruction was carried out based on spatial LPS ratios. The total thickness of the analyzed LPS is: approximately 20.5 m in Stalac, where seven pedocomplexes and seven horizons were observed, whereas thickness of analyzed LPS in Belotinac was 8 m. The magnetic susceptibility (MS) values in Stalacpoint at two independent sources of dusty fluvial materials. The higher MS values are observed in materials originating from the West Morava basin, while lower MS values indicate that materials originate from the South Morava basin. Interpretations of absolute luminescent dating results at both profiles indicate that the LPS were formed during last ~ 350.000 years in Stalac and ~ 35.500 in Belotinac. The LPS in Stalac is granulometrically consisted of five different fractions: < 2.0 μm, 2.0-6.2 μm, 6.2-20.0 μm, 20.0-63.0 μmand >63.0 μm. In Belotinac the most frequent particles are the large ones varying from 51% to 66% and rough fractions, which indicates that the material source was in its immediate proximity. The LPS colours both in Stalac and Belotinac covariate with the MS. Similarly to the MS results, the colorimetric results indicate that a part of the loess sediments originates from the South Morava, and the other part from the West Morava. Geochemical analyses point at a dominant silicate particle decomposition, which is similar to the Danube loess. Geochemical composition of BelotinacLPS shows an organic-carbon-enriched pedocomplex, while lower values of the organic carbon are observed in the loess layers. The general interpretation of the results points at dominant Mediterranean climate influence on the LPS in the Middle Pleistocene, while in the Upper and Younger Pleistocene a continental climate influence was dominant.

Accepted by the Scientific Board on: 24.08.2016.

**ДП**

Defended:

Thesys Defend Board:

1. PhD Milivoj B. Gavrilov, full professor at Faculty of Sciences, Novi Sad, President of board
2. PhD Slobodan B. Marković, corresponding member of SANU, full professor at Faculty of Sciences, Novi Sad, Menthor
3. PhD Radislav Tošić, full professor at Faculty of Sciences, Banja Luka, Member