



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



MSc Тин Лукић

**Боја лесно-палеоземљишних секвенци
као показатељ палеоклиматских и
палеоеколошких процеса**

- докторска дисертација -

Нови Сад, 2015.

САДРЖАЈ

1. УВОД	3
1.1. Основне одлике и распрострањење лесних седимената	3
1.2. Лес у Војводини	12
1.3. Боја лесно-палеоземљишних секвенци	23
1.4. Магнетни суцептибилитет као показатељ интензитета педогенезе у палеоклиматским истраживањима	28
1.5. Теорија боја	30
1.6. Примена инструменталног одређивања боје у педолошким проучавањима	31
1.7. Преглед досадашњих истраживања	37
2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА	46
2.1. Опис локалитета	47
2.2. Припрема профила и узимање узорака за лабораторијске анализе	51
2.3. Одређивање боје лесно-палеоземљишних секвенци	52
2.4. Одређивање магнетног суцептибилитета лесно-палеоземљишних секвенци	60
2.5. Приказ коришћених статистичких метода	62
3. РЕЗУЛТАТИ	65
3.1. Стратиграфија	65
3.2. Профил Орловат- циглана	65
3.3. Педокомплекс Дукатар (V-S5)	75
4. ДИСКУСИЈА	83
4.1. Магнетни суцептибилитет и боја као показатељи палеоклиматских и палеоеколошких процеса на профилу Орловат-циглана	83
4.2. Магнетни суцептибилитет и боја као показатељи палеоклиматских и палеоеколошких процеса на профилу Дукатар (V-S5)	91
4.3. Разлике у интергласијалним палеоклиматским и палеоеколошким условима	101

5. ЗАКЉУЧАК.....	104
6. ЛИТЕРАТУРА.....	107

ПРЕДГОВОР

Са лесним профилима на простору Србије први пут сам се упознао у августу 2004. године, када сам имао неизмерну срећу да учествујем у теренским истраживањима лесно-палеоземљишних секвенци код Батајнице. Кроз вишегодишњи рад на упознавању тајни квартара, сазрела је идеја да управо једна од најмање заступљених метода за проучавање палеоклиматских и палеоеколошких промена у студијама о лесно-палеоземљишним секвенцама на простору наше земље, буде примењена приликом спроведених истраживања за потребе израде ове докторске дисертације.

Овом приликом се захваљујем мом ментору, проф. др Слободану Б. Марковићу, за корисне научне сугестије и подршку коју ми је пружио приликом израде докторске дисертације. Огромну захвалност дугујем и доц. др Биљани Басарин (великом пријатељу и колеги), која је неформално имала улогу коментора пружајући ми велику помоћ приликом израде ове дисертације. Такође, захвалност дугујем и драгом колеги, доц. др Млађену Јовановићу са којим сам током протеклих година имао прилике да сарађујем на бројним реализованим теренским истраживањима лесних заравни на простору наше земље, и који ме често својим сугестијама, саветима и пружањем подршке током основних и мастер студија усмеравао ка креативнијем приступу у научном раду.

Током мастер студија својим неизмерним знањем искрено су ме задивили професори др Миливој Б. Гаврилов и др Мишко Милановић, који су, на моју срећу, и чланови комисије за одбрану ове докторске дисертације. Израда саме дисертације захтевала је обимна и детаљна теренска истраживања, као и спровођење лабораторијских анализа на свим прикупљеним узорцима.

Ефикасно и квалитетно узорковање на терену не би било могуће без несебично пружене помоћи драгих пријатеља и колега. Приликом узорковања профила Орловат-циглана, велику захвалност дугујем проф. др Слободану Б. Марковићу, MSc Немањи Томићу, др Драгану Попову и Растку Марковићу. Узорковање профила Дукатар (V-S5) помогли су моји драги пријатељи и колеге асистенти, MSc Ђорђевић Василевић и MSc Мирослав Вујичић. Овом приликом желео бих да им искажем највећу могућу захвалност на пруженој помоћи.

Велику захвалност дугујем и проф. др Владимиру Томовићу (Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду) који ми је несебично помогао приликом инструменталног мерења боје узорака који су прикупљени са горе поменутих лесно-палеоземљишних

локалитета. Др Улрих Хамбах, руководилац Палеомагнетне лабораторије при Катедри за геоморфологију, Универзитета у Бајроту (Немачка) омогућио је мерење магнетног суцептибилитета за профил Орловат-циглана, и овом приликом бих желео да искажем велику захвалност на томе. Такође, захвалност дугујем и колеги MSc Немањи Томићу који је извршио мерења магнетног суцептибилитета у пољу ниске фреквенције за педокомплекс Дукатар (V-S5) у лабораторији Групе за истраживање леса при Департману за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичког факултета у Новом Саду. Проф. др Јованка Попов-Раљић ми је пружила драгоцене сугестије и литературне изворе како би теоријски концепт везан за колориметрију у уводном поглављу овог доктората био што квалитетније написан. Захвалио бих се и MSc Ивани Хрњак која ми је пружила помоћ приликом одређивања боје узорака у сувом и влажном стању применом Манселовог каталога боја земљишта. Велику захвалност дугујем и проф. др Зорици Свирчев на томе што ми је омогућила да део анализа изведем у просторијама Лабораторије за палеоеколошку реконструкцију (LAPER) при Департману за биологију и екологију, на Природно-математичком факултету у Новом Саду.

Својој породици и лепшој половини дугујем много више од захвалности за сигурност и подршку коју су ми пружали на овом путу.

1. УВОД

У уводном поглављу ће бити приказане основне одлике и распрострањење лесних седимената, при чему ће посебан акценат бити стављен на карактеристике боје лесно-палеоземљишних седимената, као и на кратко излагање о магнетном сусцептибилитету који се сматра показатељем интензитета педогенезе у палеоклиматским истраживањима. У завршном делу овог поглавља биће изложен део о теорији боја, детаљно ће бити описане могућности примене инструменталног мерења приликом одређивања боје у педолошким проучавањима, а биће представљени и досадашњи резултати најзначајнијих колориметријских истраживања која су примењена приликом проучавања лесно-палеоземљишних секвенци у иностранству и у нашој земљи.

1.1. Основне одлике и распрострањење лесних седимената

Током хладних и аридних глацијалних периода претежно у периглацијалним зонама вршена је еолска акумулација честица прашине које су се депоновале у виду лесних наслага. За време топлих и хумидних-интерглацијалних периода када су се ледници повлачили према већим географским ширинама и вишим планинским пределима, уместо акумулације леса одвијали су се педогенетски процеси захваљујући којима су формирана фосилна земљишта. Током последњих више од 12.000 година, колико траје савремена геолошка периода холоцен, односно последњи интерглацијални период, створен је рецентни земљишни покривач (Лукић, 2009 према Марковић, 2000).

Лес представља ситнозрну, кластичну седиментну стену примарног еолског порекла која покрива приближно 10 % површине копна (Карта 1) (e.g. Heller and Evans, 1995).

На западној хемисфери, лес је присутан на у Северној и Јужној Америци. На основу распрострањења леса у Северној Америци издвојено је пет значајних подручја:

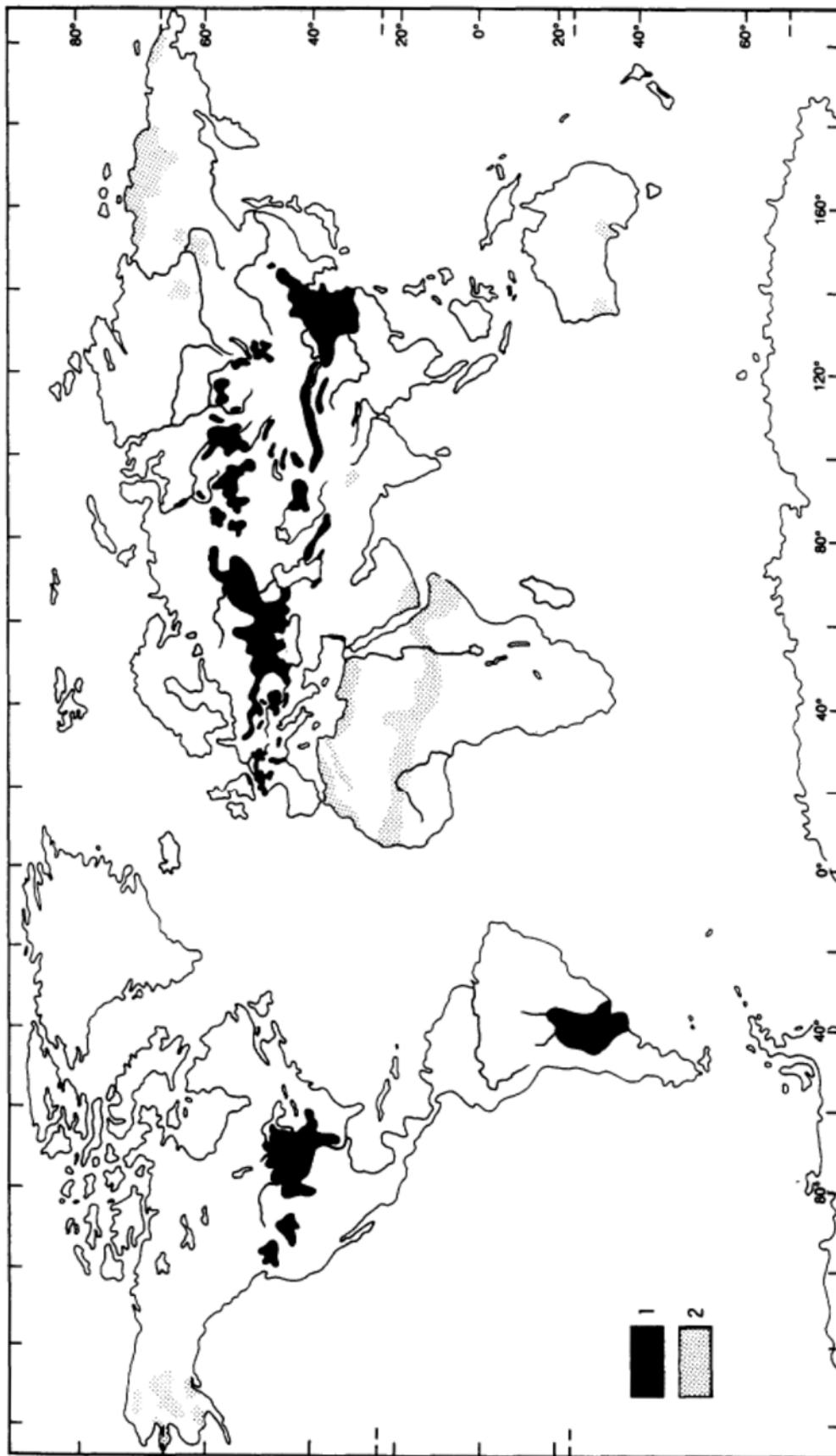
1. Лесне насlage на Аљасци и Јукону (Alaska loess region)
 2. Палус лес у источном делу државе Вашингтон и у Орегону (Palouse loess region)
 3. Подручје реке Снејк (Snake River Plain loess belt)
 4. Велике средишње низије (Great Plains loess belt)
 5. Средишњи низијски делови континента (Central Lowlands loess belt)
- (Muhs and Beattis, 2003).

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

На европском континенту издвојене су четири главне лесне области:

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).

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



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

У Африци и на Блиском истоку документоване су географски ограничене лесне наслаге у Тунису, Либији, Нигерији, Намибији и Израелу (McTanish, 1987).

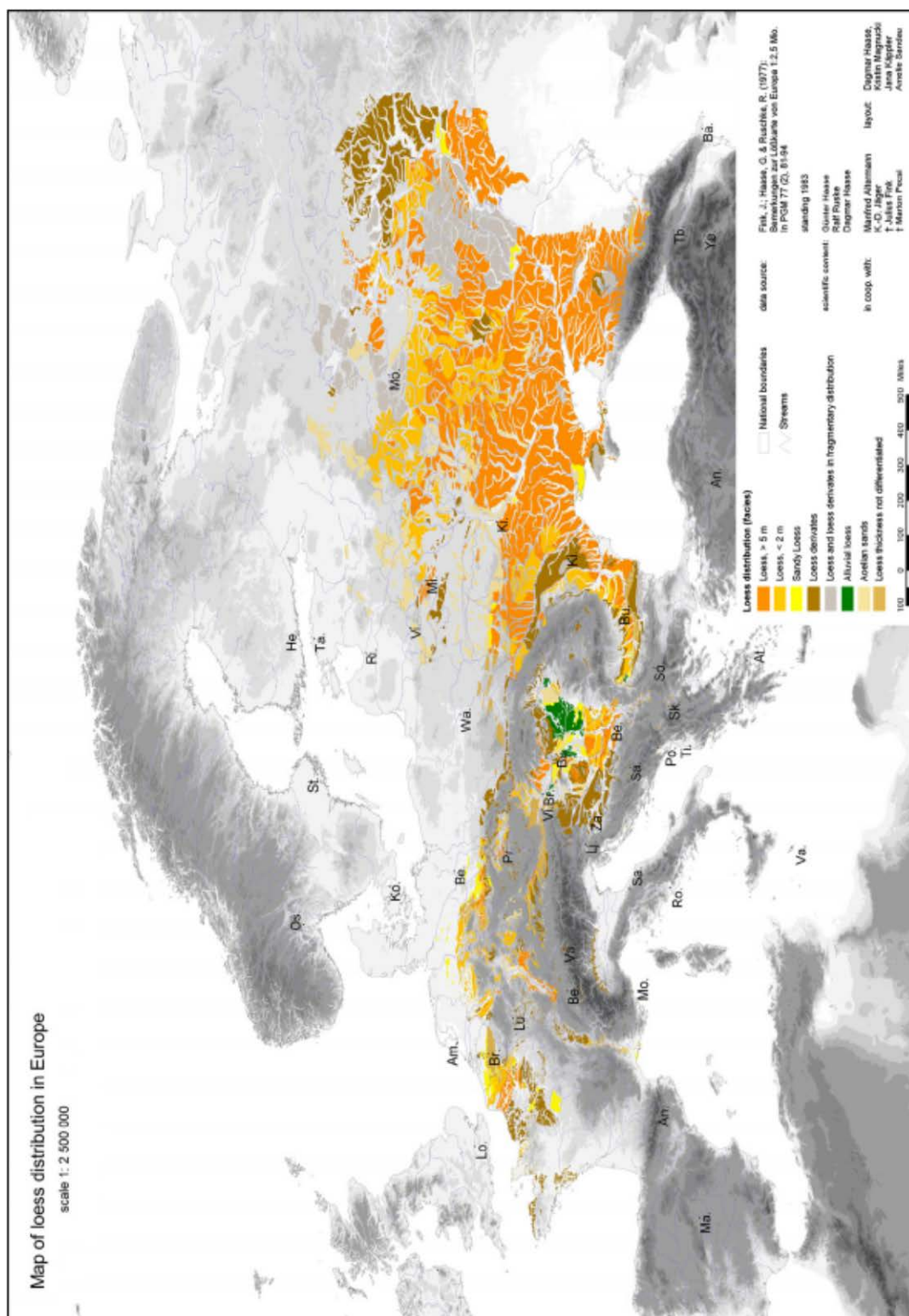
Седименти богати глином, названи парна, које неки научници сврставају у глиновити лес забележени су у Аустралији и јављају се на малим површинама (Muhs and Beattis, 2003). Међутим на Новом Зеланду лесни седименти су много више распрострањени и до сада доста детаљно изучавани (Palmer and Pillans, 1996; Graham et al., 2001).

На основу наведеног прегледа распрострањења леса у свету може се закључити да је највеће концентрација ове врсте еолских седимената везана за умерени климатски појас северне хемисфере (Карта 1.) Најмоћније лесне наслаге су депоноване у Кини и централној Азији (Kukla, 1987; Kukla and An, 1989; Dodonov and Baiguzina, 1995). Еолска депозиција копнених седимената у Кини траје током последњих 22 милиона година (Guo et al., 2002).

Најмоћније наслаге леса налазе се у семиаридним, степским и шумо- степским као и шумским зонама умереног климатског појаса (Pesci, 1990). Постоје бројне дефиниције леса, али најприхваћенија је она изнета од стране мађарског географа Мартона Печија (Pesci, 1990) који је сумирао основне карактеристике типичног леса, износећи притом констатацију према којој се овај материјал описује као невезани растресит седимент са преобладајућим учешћем праха, нестратификован, порозан, пермеабилан, стабилан на стрминама, подложен ерозији површинске воде, бледо жуте боје које потиче од лимонита, са кварцом као доминантним минералом (40%-80%) и мањим учешћем фелдспата, различитим учешћем минерала глине (5%-20%) и карбоната (1%-20%).

Већина лесних наслага изложена је деловању природних процеса (преталожење, биотурбација, педогенеза) за време или након депоновања. Овакви процеси могу изменити типска својства леса, али они не морају бити од есенцијалне важности приликом класификовања одређених седимената као лесних. Печи сматра да уколико лес не садржи одређену количину карбоната у ствари није лес већ иловача сличних својстава (Pesci, 1990). У супротности са овим становиштем су примери са Новог Зеланда, и Бигнел лес (Bignell Loess, Nebraska) у Небраски који имају врло мало карбоната као и лесне наслаге у долини Мисисипија и у деловима Европе које садрже висок проценат карбоната (Pye, 1995).

Доминантни минерал у већини лесних наслага је кварц (45%-55%), док је остатак сачињавају фелдспати, карбонати и минерали глине. Минеролошки састав који значајно одступа од типичног добро је познат, као примери могу да послуже лесне наслаге у деловима Новог Зеланда, Аљаске и Аргентине које имају висок садржај вулканског стакла и фелдспата док оне у Централној Азији, долини Рајне и Мисисипија садрже велики проценат карбоната (до 30%) (Pye, 1995).



Карта 2. Распространение леса у Евроти (Haase et al., 2007)

Литературни извори наводе да типичан лес чине минерали кварца величине 30 μm , у пракси се такође могу наћи изузеци. Највећи део лесних наслага има више од 50% праха (2-63 μm) али проценат глине и песка је врло различит. Неке од лесних наслага као оне у Небраски садрже више од 40% песка (Winspear and Pye, 1995) док оне на Кинеском лесном платоу и у Таџикистану имају средњу величину зрна од 8-16 μm (Derbyshire, 1983).

Назив лес потиче од немачке речи *löss* што значи „невезан”, за коју се сматра да је први пут употребљена од стране Карла Цесара фон Леонарда (Karl Cäsar von Leonhard) (Прилог 1) приликом којих су описане трошне, жућкасте насlage у околини Хајделберга. Чарлс Лајел (Charles Lyell) је популаризовао овај термин и пробудио знатижељу научника за даљим проучавањем. Када је боравио у Северној Америци, насlage сличне оним у долини Рајне уочио је у долини реке Мисисипи, што га је навело на закључак да су ове насlage флувијалног порекла. Иако је још у другој половини XVIII века било познато да ветар транспортује прашину са простора Африке преко Атланског океана и Европе, а да је веза између леса и прашине ношене ветром била препозната у Кини још пре 2.000 година, еолско порекло леса није било прихваћено све до студија које је објавио Фердинанд Рихтхофен (Басарин, 2011 према Pye, 1995).



Прилог 1. Карл Цезар фон Леонард (Karl Caesar von Leonhard), портрет из 1823. године
(Smalley et al., 2001; Jovanović et al., 2014)

Наслаге окарактерисане као „гласијални лес” или „перигласијални лес” стоје у просторном односу са плеистоценим континенталним ледницима. Честице праха настале су гласијалном ерозијом, затим су подледничким потоцима транспортоване и наталожене у подножју одакле су потом разношене ветром (Smalley, 1966). Нешто касније утврђено је постојање лесних наслага на ободу пустињских области, када је прихваћено мишљење да је довољна количина материјала настала еолском ерозијом и температурним разоравањем (Smalley and Vita-Finzi 1968). Лес који није настао гласијалном ерозијом носи назив пустињски лес (Wright, 2001), док лесне насlage на ободу Сахаре носе назив перипустињски лес (Coudé-Gaussen, 1987).

Такође, у серији лабораторијских експеримената доказано је да бројни геоморфолошки процеси могу да произведу велике количине лесне прашине (Wright et al., 1998). Према истраживању Брајт и сарадника (Wright et al., 1998) наглашено је да флувијална и еолска активност у великој мери утичу на продукцију фракције кварцног праха у краћим временским интервалима. На пример, у олујним условима (у трајању од четири дана) 287 g праха потенцијално може да се произведе од 1 kg песка који се нађе у тим снажним ваздушним струјањима. Са друге стране, у турбулентном флувијалном окружењу 900 g праха потенцијално може да се произведе од сваког килограма песка који се унесе у овај систем у току 32 часа. Количина произведене фракције праха креће се од приближно 9% до мање од 1%. На основу анализе фракција мањих од 63 μm уочено је да највећи удео имају фракције које се крећу у опсегу од 20–60 μm (што је карактеристично за лес). На овај начин је показано да применом симулације гласијалног уситњавања материјала долази до мање продукције лесне прашине. Примена симулације формирања лесне прашине у флувијалном окружењу услед интензивног померања песка указује на малу продукцију фракције праха. Анализа продукције финог материјала који настаје од песка указује на присутност фракција које имају димензије мање од 20 μm . Такође, симулација деловања еолске абразије на кварцна зрна показала је да у овом случају долази до продукције праха. Преко 40% ове фракције произведено је у току првих 16 часова, након чега је продукција почела рапидно да се смањује. Мали проценат фракције кварцног праха настао је током симулације разлагања соли и мразног разоравања. У лабораторијским условима, раствор натријум сулфата (Na_2SO_4) примењен је на финозрнасти пешчар. Анализе показују да и на овај начин може да настане мања количина фракција чије се димензије крећу у распону од 20–60 μm (Wright et al., 1998) (Табела 1).

У наредној студији изложеној од стране Џенет С. Брајт (Janet S. Wright), указано је на то да у пустињским, високопланинским областима и речним системима долази до стварања

знатних количина праха сачињеног од кристала кварца средње величине зрна, промера од 30 μm који сачињавају лесне наслаге (Wright, 2001).

Табела 1. Продукција лесне прашине применом различитих симулационих механизма
(према Wright et al., 1998)

Тип симулације	Количина финозрнастог материјала (<63 μm) произведеног приликом симулације (g/kg)	Временско трајање симулације
Глацијално уситњавање	47,4	24 h
Еолска абразија	287	96 h
Флувијално окружење	900	32 h
Разлагање соли помоћу раствора Na_2SO_4	41,6	40 обртаја приликом инструменталног мерења
Мразно разоравање	0,44	360 обртаја приликом инструменталног мерења

Плеистоцени лесни седименти прекривају велика пространства у умереним географским ширинама на простору Северне хемисфере. Њихово распрострање може се пратити од јужних делова Велике Британије, преко западне, централне, јужне, југоисточне и источне Европе, централне Азије па до источне Азије (Кина). Такође, лесни седименти се простиру у виду појаса од Аљаске па до долина Мисисипи и Охајо. Леса има и у Јужној Америци као и на Новом Зеланду (Карта 1). Најмоћније лесно-палеоземљишне секвенце налазе се у Кини, на Кинеском лесном платоу (Kukla, 1987), где се моћност лесно-палеоземљишних секвенци креће од неколико десетина метара па до преко 300 метара (Ding et al., 1994).

Лесно-палеоземљишне секвенце сачињене су од хоризоната леса и палеоземљишта који се назмично смењују. Лесне хоризонте карактерише масивна структура, висок садржај карбоната и бледо жута боја (2,5Y7/4) у сувом стању. Фосилна земљишта са друге стране имају тамно браон боју (10YR3/3) или црвенкасто браон боју која настаје као резултат педогенетких процеса. Лесни хоризонти формиран су током глацијалних периода плеистоцена, када је клима била сува са снажно израженим ваздушним струјањима која су вршила транспорт честица праха са места на којима су оне настале (Прилог 2). Са друге стране, у условима влажније и топлије климе током интерглацијалних периода формира се земљишни покривач, односно фосилна земљишта (Kukla, 1987; Kukla and An, 1989; Ding et al., 1994; Ding et al., 2002; An et al, 1991; Liu and Ding, 1998).



*Прилог 2. Секвенце догађаја у формирању лесних наслага
(Басарин, 2009 према Smalley et al., 2009)*

Лес и палеоземљишта јасно указују на палеоклиматске флукуације, од доминантно глацијалних услова до интерглацијалних периода. Истраживања лесно-палеоземљишних секвенци довела су до стварања бројних палеоклиматских модела коришћењем разноврсних физичких параметара леса и фосилних земљишта (Heslop et al., 2000).

Бројна истраживања лесно-палеоземљишних секвенци показала су да докази о регионалним и глобалним палеоклиматским и палеоеколошким условима могу бити приказани бројним палеоклиматским показатељима као што су магнетни сусцептибилитет (Heller and Liu, 1982, 1984; Liu, 1985; Liu et al., 1987a,b; An et al., 1991; Zhou et al., 1990; Verosub et al., 1993; Maher and Thompson, 1995; Liu et al., 1995; Maher, 2011), гранулометрија (An et al., 1991; Ding et al., 1994; Vandenberghe et al., 1997; Vandenberghe, 2013), индекс хемијског распадања (Liu et al., 1995; Chen et al., 1999; Han et al., 1998; Buggle et al., 2011), микроморфологија (Bronger and Heinkele, 1989; Guo et al., 1991; Rutter and Ding, 1993), палинолошке студије (Sun et al., 1997), фитолити (Lu et al., 1996), малакофауна (Rousseau and Wu, 1997), односи изотопа кисеоника и угљеника (Han et al., 1997) и n-алкани (e.g. Zech et al., 2009, 2012, 2013; Schatz et al., 2011).

1.2. Лес у Војводини

Лесни појас на простору Европе протеже се на великој површини, од Атлантског океана на западу до Урала на истоку, али се одликује релативно малом моћношћу (e.g. Naase et al., 2007). Највећи део европских лесно-палеоземљишних секвенци формиран је током горњег плеистоцена (Frechen et al., 2003), док су старије лесне насlage ређе (Kukla, 1975, 1977, 1987, 1989). Савремена истраживања леса у нашој земљи указују да се на овом простору лесно-палеоземљишне секвенце стварају током последњих око 1.000.000 година (Marković et al., 2011). Ова чињеница свакако упућује на изузетан значај који ови терестрички архиви имају за реконструкцију плеистоцених климатских и еколошких промена на европском копну.

Бројна истраживања показала су да се лесно-палеоземљишне секвенце у нашој земљи убрајају у ред најстаријих и најкомплетнијих у Европи што додатно апострофира њихов значај (Marković et al. 2003, 2004a, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2014; Basarin et al., 2014).

Војводина се налази у југоисточном делу Карпатског (Панонског) басена. Преко 60% површине Војводине покривају лес и лесу слични седименти (Карта 3) (e.g. Marković et al. 2004a, 2005, 2006, 2007, 2008; 2012; Lukić et al., 2009). Депозиција материјала на овом простору отпочела је током доњег плеистоцена, а кулминирала током горњег плеистоцена (Marković et al., 2003, 2008, 2011).

Временски оквир и процес формирања лесно-палеоземљишних секвенци на простору Војводине одређени су извором еолског материјала, правцем ветрова који су овај материјал транспортовали и палеоклиматским условима током којих се одвијала дијагенеза лесне прашине и формирање лесних и палеоземљишних хоризоната. До почетка плиоцена, готово читав басен Панонског језера био је испуњен седиментима, што је резултат у постојању знатне разлике између износа термалног спуштања коре и стопе акумулације материјала (Јовановић, 2012). До пре око 4,5 Ма, акваторија Панонског језера редукована је на простор севера Србије и североистока Хрватске, односно на Славонско или Палудинско језеро (Gábris and Nádor, 2007). Редукцијом језерских акваторија, по дну Панонског басена почела је да се формира речна мрежа флувијалног система Драве, Дунава и Тисе која се засипањем басена Палудинског језера проширила и на север Србије. Транзиција од палудинских седимената језерског карактера, ка речно-језерским и полицикличним седиментима одвијала се на граници плиоцена и доњег плеистоцена (Јовановић, 2012).

Током касног плиоцена и раног квартара, тектоника на простору Панонског басена улази у нову фазу која је била праћена процесима издизања. Поменуто издизање је најинтензивније било изражено у ободним деловима, док је до тоњења дошло у унутрашњим деловима басена. Формирањем речне мреже у крајњем југоисточном делу Панонског басена и таложењем флувијалних седимената, створена је изворишна област за формирање лесних седимената (е.г. Јовановић, 2012).

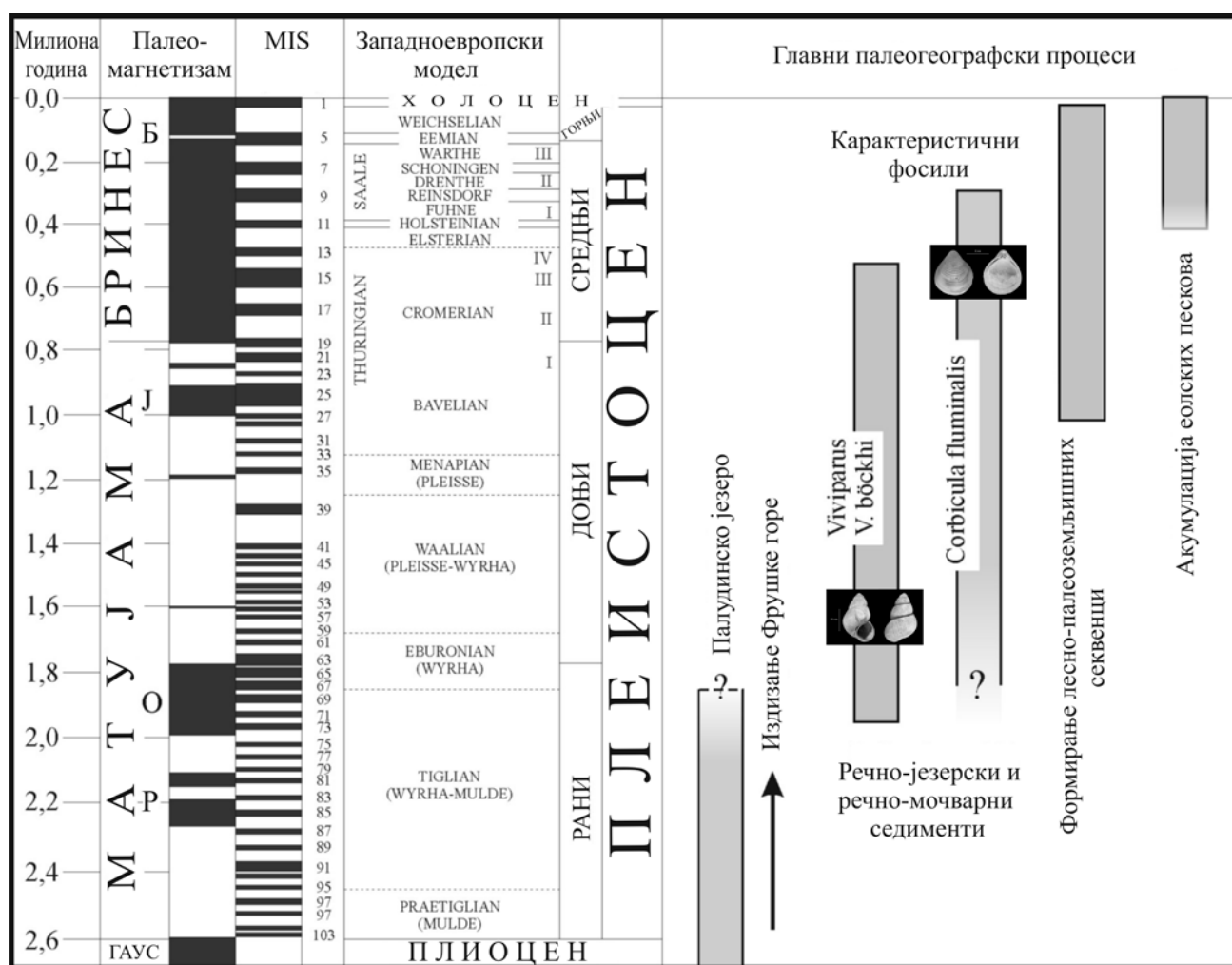
Смоли и Лич (Smalley and Leach, 1978) истичу значај алувијалних равни Дунава и његових притока, делом се ослањајући на реконструкцију палеоветрова. Сличне констатације о доминантним ветровима изнели су у својој студији и Марковић и сарадници (Marković et al., 2008), при чему је истакнуто да су северозападни и северни ветрови били доминантни у периоду формирања лесних седимената, изузев у области југоисточно од ушћа Тисе у Дунав, где су значајнији утицај имали југоисточни ветрови. На основу спроведених геохемијских анализа Бугл и сарадници (Buggle et al., 2008) износе констатације да Карпатске планине, дрениране Тисом и мањим притокама Дунава, као и Аустроалпска навлака, дренирана Дравом представљају највероватнији извор материјала од којег су формиране лесне наслаге на овом простору.

Марковић и сарадници (2004) истичу да акумулација лесних наноса и еолских пескова представља 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 приближно 2,6 милиона година указује на егзистирање пет најзначајнијих палеогеографских етапа: језерске (рани плеистоцен), језерско-речне (доњи плеистоцен), језерско-барске (средњи плеистоцен), старије речне (горњи плеистоцен) и млађе речне (голоцен) (Прилог 3).

Седиментациони циклуси од позног раног плеистоцена на простору Војводине окарактерисани су и присуством врсте фосилних гастропода *Viviparus boeckhi*. На основу констатованих фосилоносних хоризоната на простору Суботице, Сомбора, Зрењанина и околине Београда, Гаудењи и сарадници (Gaudenyi et al., 2013) истичу да ова врста фосила указује на заступљеност топле флувијалне фазе која кореспондира са најстаријим деловима плеистоцених фосилоносних хоризоната са *Corbicula* врстом (Gaudenyi et al., 2015). Генерално је схватање да старост ових фосилоносних хоризоната одговара млађем делу раног плеистоцена. Међутим, на основу регионалних података, хоризонт са *V. boeckhi* на простору Србије млађи је од палудинских слојева, односно старији од млађег дела средњег плеистоцена (Gaudenyi et al., 2013) (Прилог 3).

Формирање лесних седимената започето је пре приближно милион година на гребену Фрушке горе, што је недавно утврђено палеомагнетским истраживањима лесног профила

„Чот” код Старог Сланкамена. У доњем делу профила утврђено је неколико маркантних промена палеомагнетног поларитета. Прво је у лесном хоризонту V-L9 утврђен јасан интервал реверсног поларитета који одговара Матујама, најмлађој реверсној палеомагнетској епохи (Marković et al., 2011). Промена од Бринес нормалног ка Матујама реверсном поларитету одиграла се пре приближно 780 ка (Cande and Kent, 1995). Други сигнификантан магнетостратиграфски репер је поновна појава интервала нормалног палеомагнетског поларитета у најстаријем делу лесно-палеоземљишног профила „Чот” у Старом Сланкамену који највероватније одговара Јарамилхо нормалној палеомагнетној епизоди (Marković et al., 2011). Ова епизода је трајала од пре 990 ка до 1,07 Ма (Cande and Kent, 1995).



Прилог 3. Приказ главних палеогеографских фаза током плеистоцена у Војводини (модификовано према Марковић и сарадницима, 2004)

Према томе, почев од позног доњег плеистоцена, траје континуирана депозиција лесних седимената на простору Војводине. Стална депозиција лесне прашине, као и

чињеница да су лесни седименти на овом простору остали очувани за разлику од осталих европских лесних провинција указује на различиту климатску и еколошку еволуцију на простору данашње Војводине током плеистоцена. Најзначајније палеоклиматско обележје је свакако прогресивна аридизација у виду палеоеколошке транзиције интеграцијалних земљишта од рубификованих суптропских педолошких творевина до најмлађих типичних степских земљишта укључујући и савремени чернозем (Marković et al., 2011, 2012).

Акумулација лесних наноса на вишим теренима југоисточног обода Панонског басена одвијала се упоредо са формирањем полицикличних седимената на нижим просторима, са тим да је било потребно да прође још око 300 до 400 ка док акумулација лесне прашине у низијским подручјима Војводине није надвладала образовање полицикличних и флувијалних седимената. Тада су почели да се формирају најстарији слојеви Сремске лесне заравни у околини Батајнице, као и у основи Тителског лесног платоа (Јовановић, 2012). Најстарији откривени педокомплекс средњеплеистоцене старости у низијском делу Панонског басена налази се у основи профила Батајница-Дунав и указује на вишеструку смену акумулативних и ерозивних фаза током одвијања флувијалног процеса по дну Панонског басена.

Простор југоисточне Бачке као и сам Тителски лесни плато изграђени су од седимената квартарне старости, формираних током глобалних палеоклиматских промена које су се одиграле током средњег и горњег плеистоцена. У подини Тителског брега откривена је седиментна серија разноликих седиментолошких и литолошких карактеристика. При истраживању ових седимената утврђено је присуство шкољке *Corbicula fluminalis* (Марковић, 2000) што указује да су речно-барске насlage на простору Војводине таложене од позног плиоцена до средњег плеистоцена (Gaudenyi et al., 2015).

Генерално гледано, лесни хоризонти формиран су еолском акумулацијом прашине коју су ветрови депоновали у периглацијалним областима. Депоновање и акумулација леса прекидани су када је наступала топла и влажна интергласијална клима. У таквим условима формирана су фосилна земљишта. Применом најсавременијих седиментолошких, педостратиграфских и метода луминесценчног датирања и аминокиселинске релативне геохронологије дошло се до закључка да је пет јасно уочљивих палеопедолошких хоризоната формирано током топлих, интергласијалних периода који одговарају маринско изотопским стадијумима 5, 7, 9, 11 и 13-15 (Marković et al., 2012; Басарин 2009).

Простор Војводине представља најтоплији и најариднији део Карпатског (Панонског) басена, који показује сличан климатолошки градијент који је егзистовао и током горњег плеистоцена. Реконструкција вегетационих и климатских услова током Емијана (рис-вирм) указује на значајно изражен тренд аридизације на овом простору (Zech et al., 2013). Климатске промене током горњег плеистоцена које су забележене у лесно-палеоземљишним

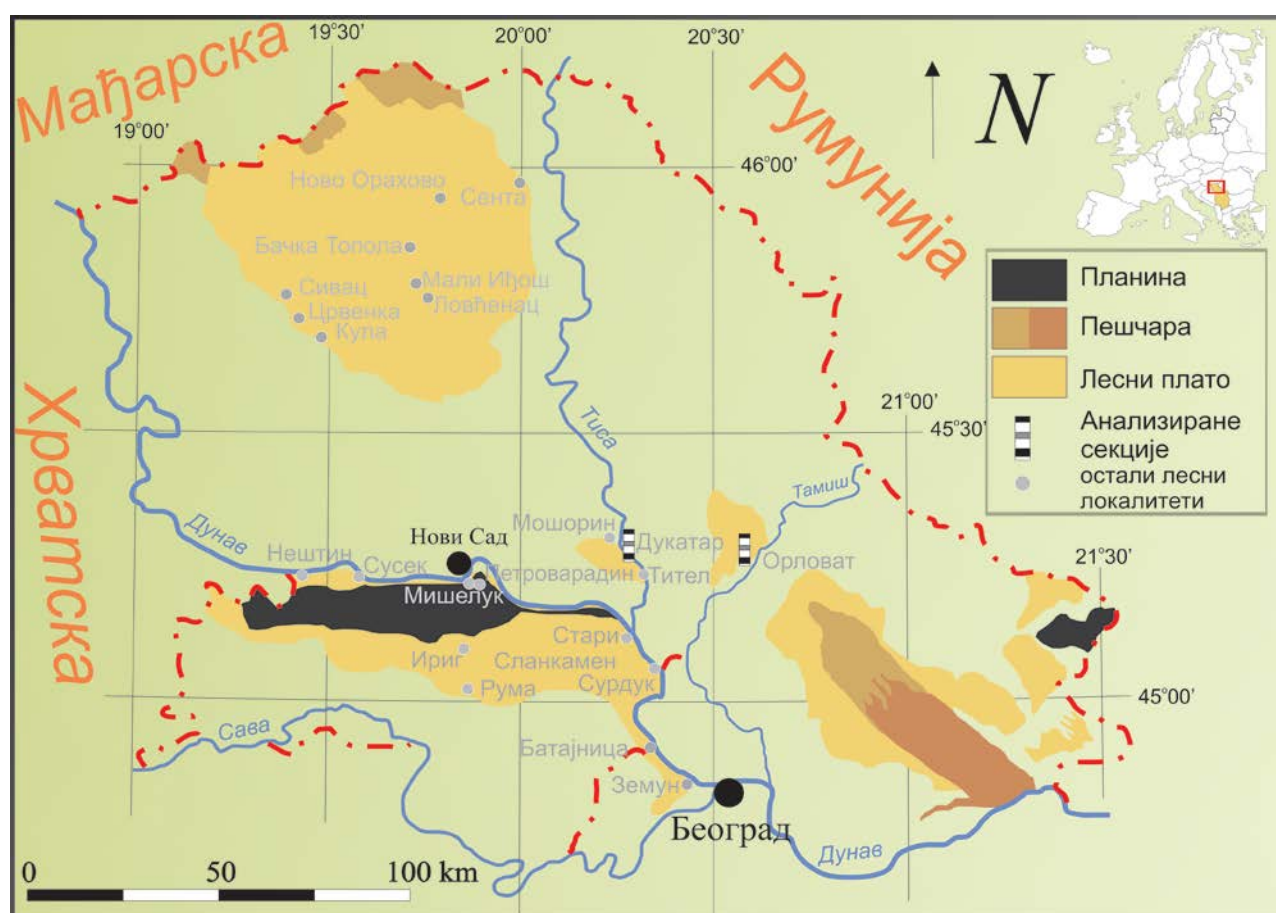
секвенцама на простору Бачког, Тителског и Сремског лесног платоа указују на варирање од умерених, хумидних и топлих интергласијалних услова до аридних, умерених и хладних гласијалних услова. Ово је генерална карактеристика последњег гласијално-интергласијалног циклуса који указује на присутне палеоклиматске карактеристике током последњих 130 ka (Marković et al., 2008; Stevens et al., 2011). Такође, треба истаћи да анализа фауне пужева очуваних у лесним наносима који су навејани током последњег гласијала показује значајне локалне разлике у палеоеколошким условима на северним, односно јужним падинама Фрушке горе. Палеоклиматски градијенти условили су сигнификантне разлике у саставу малако фауне. 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 неповољним гласијалним климатским условима. Тако је Фрушка гора током последњег гласијала представљала својеврсно биogeографско „острво” чије су супротне падине током последњег гласијалног периода представљале рефугијална станишта за различите малакофаунистичке асоцијације (Marković et al., 2004a,b, 2006, 2007).

Са друге стране, у формирању Банатског лесног платоа значајан утицај имало је и фазно интензивирање еолске депозиције. Делимично сагледавање утицаја интензивне депозиције еолских пескова може се реконструисати на основу појаве танких прослојака песка у лесним профилима Сурдук, Батајница и Тител- Стара циглана (Marković et al., 2009; Antoine et al., 2009; Vokhorst et al., 2009). Гаудењи (2010) наводи да се у деловима профила са прослојцима песка у лесу на профилима Тител- Стара циглана и Мошорин- Рогулићев сурдук сачувала врло оскудна малакофауна која указује на веома сушне климатске услове. Овде свакако треба напоменути да хидрогеолошке карактеристике пескова, због велике водопропустљивости модификују локалне еколошке услове у правцу повећања сушности (Лукић и сарадници, 2013).

Резултати добијени применом интердисциплинарних и систематских истраживања лесно-палеоземљишних секвенци на простору Тамишког лесног платоа- локалитет Орловат, апострофирају значај овог локалитета као кључног палеоклиматског и палеоеколошког архива горњег плеистоцена на простору Баната (северна Србија), односно југоисточног дела Карпатског (Панонског) басена. Ови резултати указују да су током рис-вирма били заступљени суви периоди који су били изражени током летњих месеци (као и током холоцена), при чему је летњи сушни период трајао нешто дуже и генерално је био топлији него што је то био случај приликом формирања рецентног земљишта (Marković et al., 2014; Lukić et al., 2014a), док су падавине биле израженије током пролећа па до раног лета и/ или јесени (Lukić et al., 2014a).

Током интерстадијалног MIS 3 периода, формирани су иницијални педолошки хоризонти чија моћност и бројност варира. Рецентно (савремено) земљиште V-S0 представљено је черноземом и деградираним черноземом (e.g. Marković et al. 2004a, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012; 2014).

Генерално гледано, комплексан рељеф на простору Војводине детерминисао је услове еолске депозиције леса као и пост-депозиционе процесе. Типичан лес наталожен је на лесним платоима. Између алувијалних равни Дунава, Тисе, Саве и Тамиша налази се шест дисконтинуираних платоа на којима је депонован типичан лес. Ове лесно-палеоземљишне секвенце представљају најзначајније регионалне палеоклиматске и палеоеколошке архиве (Marković et al., 2008).



Карта 3. Положај важнијих лесних профила на простору Војводине са означеним секцијама које су истраживане у овој дисертацији (модификовано према Marković et al., 2004a, 2005, 2006, 2007, 2008, 2012, 2014)

Јединствене карактеристике лесно-палеоземљишних секвенци у Војводини будиле су интерес и биле су предмет проучавања бројних истраживача. Детаљна пажња посвећена овим

истраживањима изложена је од стране Марковића (2000), Јовановића (2000, 2005, 2012), Гаудењија (2000, 2004, 2006, 2010), Савића (2002, 2006) и Басарин (2009, 2011).

У овој студији биће истакнути најважнији резултати интензивног систематског проучавања лесно-палеоземљишних секвенци које траје од друге половине деведесетих година XX века.

Вођен претпоставком о значају лесних творевина на простору Војводине, др Слободан Б. Марковић професор на Природно-математичком факултету, тада асистент, заједно са професором Џорџом Куклом са Њујоршког Колумбија Универзитета започео је систематска истраживања лесно-палеоземљишних секвенци на лесном профилу „Чот” у Старом Сланкамену. Приликом прелиминарних истраживања уочена је сличност између кинеског и војвођанског лесно-палеоземљишног палеоклиматског записа која је навела Марковића и Куклу (Marković and Kukla, 1999) да предложи нову стратиграфску номенклатуру лесно-палеоземљишних секвенци на простору наше земље (Табела 2). Ознака „S” означава палеоземљиште, а „L” представља лесни хоризонт (Kukla, 1987). Стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних секвенци на простору Војводине, са префиксом „SL” представља ознаку референтног профила у Старом Сланкамену (Табела 2). Међутим, да би се избегле евентуалне грешке и забуне стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних секвенци на територији Војводине касније мења префикс „SL” у префикс „V”. Овај префикс представља референцу стандардне плеистоцене лесно-палеоземљишне стратиграфије у Војводини (Табела 2).

Табела 2. Стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних секвенци (Marković and Kukla, 1999)- лево, и нова стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних секвенци у Војводини (Marković et. al., 2008)- десно

Стратиграфска јединица	Стратиграфска подјединица	Стратиграфска јединица	Стратиграфска подјединица
SL S1	SL S1 SS1	V S1	V S1 SS1
палеоземљиште	SL S1 LL1	палеоземљиште	V S1 LL1
SL L1	SL L1 SS1	V L1	V L1 SS1
лес	SL L1 LL1	лес	V L1 LL1

У сарадњи са еминентним светским стручњацима вршена су мултидисциплинарна истраживања лесно-палеоземљишних секвенци, која су укључивала лито и педостратиграфска испитивања, варијације магнетног сусцептибилитета, гранулометрије,

садржаја карбоната, малаколошке анализе, аминокиселинску рацемизацију, луминесцентно датирање и примену n-алкана као биомаркера.

Резултати ових анализа објављени су у најеминентнијим светским научним часописима при чему су лесно-палеоземљишне секвенце у Војводини стављене у фокус као регионални и континентални архив од изразитог значаја за разумевање механизма одвијања палеоклиматских и палеоеколошких промена током средњег и горњег плеистоцена на Евроазијском копну.

Истраживања лесног профила Мишелук (Marković et. al., 2004b) која су укључивала гранулометријска мерења, магнетни суцептибилитет, малаколошке анализе и аминокиселинску рацемизацију, омогућила су стратиграфску корелацију са значајним централно европским локалитетима. Резултати магнетног суцептибилитета и седиментолошких анализа указали су на чињеницу да се током последњих 150 ka одиграла смена неколико хладних и сувих периода као и топлих и влажних периода. Малаколошке анализе, односно присуство хигрофилних врста и врста које преферирају затворени вегетациони покривач, довеле су до закључка да су на простору овог дела наше земље доминирали нешто влажнији палеоклиматски услови него у другим деловима Панонског басена. Ови резултати упућују на закључак да је овај део Фрушке горе имао рефугијални карактер у периодима акумулације лесне прашине.

Истраживања на јужним падинама Фрушке горе, односно лесног профила у Руми укључила су примену сличних анализа (Marković et. al., 2004a, 2006). Резултати аминокиселинске геохронологије омогућили су корелацију хоризоната SL L1-S1, SL L2-S2, SL L3-S3 и SL L4 са глацијалним циклусима B, C, D и E утврђеним на другим централно европским локалитетима. Три последња глацијално-интерглацијална циклуса у лесно-палеоземљишним секвенцама у Руми омогућавају детаљну реконструкцију палеоклиматских и палеоеколошких флукуација. Седиментолошке, магнетне и малаколошке анализе упућују на закључак да су на овим просторима владали нешто сувљи климатски услови него у другим деловима Карпатског (Панонског) басена током последњих 350 ka.

Сличне анализе спроведене су на лесном профилу у Петроварадину (Marković et. al., 2005). Истраживања последњег глацијалног циклуса довела су до сличних закључака као и предходна испитивања спроведена на профилима у Руми и Мишелуку.

Лесни профил у Иригу омогућио је реконструкцију локалних и регионалних палеоклиматских и палеоеколошких услова током горњег плеистоцена (Marković et. al., 2007). Спроведена су седиментолошка, педолошка, магнетна и малаколошка испитивања која су довела до закључка да су на овим просторима током последњих 150 ka доминирали топлији и сувљи палеоеколошки услови него у другим деловима Панонског басена.

Интересантни су резултати малаколошких анализа који указују на то да су јужне падине Фрушке горе биле биогеографско „острво”, на којима су, током глацијалних периода, доминирале ксерофилне и термофилне врсте, чак и током најхладнијих фаза горње плеистоцених глацијалних епоха.

Ревизија лесно-палеоземљишних секвенци горњеплеистоцене старости са подручја Војводине изложена је од стране Марковића и сарадника (Marković et al., 2008). Нова стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних секвенци у Војводини са префиксом „V” који упућује на референцу стандардне плеистоцене лесно-палеоземљишне стратиграфије у Војводини примењена је овом приликом. Геохронологија последњег глацијалног-интерглацијалног циклуса, заснована на луминесцентном датирању и аминокиселинској рацемизацији, омогућила је корелацију горњеплеистоцених седимената у Војводини са сличним лесним наслагама у Европи. Представљени резултати нагласили су значај лесно-палеоземљишних секвенци у Војводини за реконструкцију горњеплеистоцене климатске еволуције на овом делу европског копна.

Бугл и сарадници (Bugge et al., 2008) извршили су геохемијска мерења узорака леса са профила у Батајници и Старом Сланкамену заједно са узорцима са других профила на простору југоисточне и источне Европе, Мирче Вода у Румунији (Mircea Voda) и Стари Кајдаки у Украјини (Stary Kaydaky) у циљу откривања извора материјала. Добијени резултати наводе на закључак да су главни извор материјала при формирању лесно-палеоземљишних секвенци у Војводини биле алувијалне равни река, Дунава, Тисе и њихових притока.

Истраживање последњег глацијалног циклуса на лесном профили Сурдук које је укључивало луминесцентно датирање и мерење магнетног суцептибилитета омогућило је боље схватање климатских флукуација (Fuchs et al., 2008).

Бугл и сарадници (Bugge et al., 2009) на основу мерења магнетног суцептибилитета извршили су стратиграфска истраживања у Батајници и Старом Сланкамену заједно са другим профилима- Мирче Вода у Румунији и Стари Кајдаки у Украјини, што је омогућило корелацију са лесно-палеоземљишним секвенцама 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 магнетног суцептибилитета 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.

Мерења магнетног суцептибилитета, гранулометријске и анализе органског угљеника, луминесцентног датирања и датирања угљеником C^{14} извршена су на профили

Сурдук (Antoine et al., 2009). Резултати су показали да лесно-палеоземљишна секвенца Сурдук представља комплетан запис последњег глацијално-интерглацијалног циклуса. Поређењем са сличним локалитетима у западној, централној и источној Европи закључено је да су током формирања ове секвенце доминирали сувљи климатски услови. Резултати гранулометријских параметара корелирани су са Гренландским леденим језгром GRIP.

Поред примене анализе палеоклиматских параметара, магнетног суцептибилитета, гранулометријског састава, Бокхорст и сарадници (Bokhorst et al., 2009) користе и геохемијске анализе на лесно-палеоземљишним секвенцама последњег глацијалног циклуса на профилима у Војводини, Тителској старој циглани, и Украјини. Односи алкалних хемијских елемената, на основу резултата спроведених анализа, указују на могућност примене овог метода при одређивању интензитета распадања примарних минерала у условима повећаног излучивања падавина. Метод под називом „wiggle matching”, тестиран је на два лесна профила у Војводини, Тителској старој циглани и локалитету Велики Сурдук код Мошорина (Bokhorst and Vandenberghe, 2009). Циљ студије је био да се докаже хипотеза која каже да овај метод даје добре резултате уколико се користи више палеоклиматских параметара и уколико су секције на малој удаљености.

Детаљне резултате мерења магнетног суцептибилитета на профилу у Батајници објавили су Марковић и сарадници (Marković et al., 2009). На основу варијација вредности магнетног суцептибилитета предложен је нови стратиграфски модел који је корелиран са дубокоморским изотопским моделом и сличним лесно-палеоземљишним секвенцама на евроазијском континенту. Резултати палеопедолошких истраживања, тачније рубификације, заједно са мерењем магнетног суцептибилитета омогућавају реконструкцију палеоклиматских и палеоеколошких флукуација током последњих пет глацијално-интерглацијалних циклуса.

Примена најновијих метода луминесцентног датирања на лесно-палеоземљишној секвенци у Старом Сланкамену (Schmidt et al., 2010) довела је до резултата који су у доброј сагласности са већ постојећим хроностратиграфским моделом (Marković et al., 2004a, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009).

Најновија истраживања једног од најзначајнијих лесних профила у Војводини- „Чот” у Старом Сланкамену, још јаче истичу значај ове секције као јединственог палеоклиматског записа на европском копну (Marković et al., 2011). Применом палеомагнетних мерења утврђено је присуство промене магнетног поларитета од нормалног ка реверзном, што је јединствено за лесно-палеоземљишне секвенце у Војводини. На основу магнетностратиграфских и аминостратиграфских анализа доказано је да лесни профил у

Старом Сланкамену чува јединствен палеоклиматски и палеоеколошки запис за последњих око милион година.

Стивенс и сарадници (Stevens et al., 2011) извршили су анализу лесно-палеоземљишних секвенци у Црвенки, при чему су дали оригиналан допринос унапређењу методологије луминесцентног датирања. Анализа палеоклиматског архива последњег глацијално-интерглацијалног циклуса применом оптички стимулисане луминесценције и инфра-црвене стимулисане луминесценције послужила је за конструкцију временског модела који је примењен ради независног успостављања реконструкције климатских показатеља и стопа седиментације које су забележене на другим лесним локалитетима у Карпатском (Панонском) басену.

Зех и сарадници (Zech et al., 2013) врше реконструкцију вегетационих и климатских услова током Емијана (рис-вирм) анализом *n*-алкана као својеврсних биомаркера. Добијени резултати указују на значајно изражен тренд аридизације на простору Војводине (северне Србије) током MIS 3 и MIS 5 периода.

Бугл и сарадници (Buggle et al., 2013) износе резултате мултидисциплинарних истраживања лесно-палеоземљишних секвенци формираних током последњих 700 ка на простору средњег и доњег басена Дунава. Ова студија указује да је тектонско издизање Алпа, Карпата и Динарида током средњег плеистоцена један од могућих разлога прогресивног повећања континенталних климатских услова у низијским подручјима на простору југоисточне Европе.

Бугл и сарадници (Buggle et al., 2014) применили су метод дифузне рефлективне спектроскопије (DRS) и индексе који на семиквантитативан начин показују заступљеност хематита и гетита у лесно-палеоземљишним секвенцама Батајнице и Старог Сланкамена у Србији, односно локалитета Мирче Вода у Румунији. Резултати ове студије указали су на сезонске флукуације температуре током интерглацијалних периода и режима падавина који варира од Медитеранског климатског типа до степског климатског типа.

Временска скала војвођанског леса формирана је на основу методе изложене од стране Хеслопа и сарадника (Heslop et al., 2000), где су максимуми инсолације повезивани са палеоземљиштима, а минимуми са лесним хоризонтима. Спектрална и вејвлет анализа временске серије показује значајна поклапања са резултатима који су добијени истраживањем кинеског леса што указује на значај лесно-палеоземљишних секвенци у Војводини као јединственог палеоклиматског архива на евроазијском копну (Basarin et al., 2014).

Марковић и сарадници (Marković et al., 2014) износе прве детаљне резултате лито и педостратиграфије, магнетног суспендибилитета и луминесцентних датација локалитета

Орловат на Тамишком лесном платоу. На основу приказаних резултата уочено је одсуство педокомплекса V-L1S1. Такође, резултати луминесцентне хронологије указују на одсуство интензивнијих педогенетских процеса током раног холоцена што имплицира на нешто комплексније услове који проистичу из климатских промена у овом региону.

Радови изложени од стране Мареја и сарадника (Murray et al., 2014) као и Тимар-Габор и сарадника (Timar-Gabor et al. 2014) такође представљају значајне доприносе у погледу унапређења методологије луминесцентног датирања за лесно-палеоземљишни профил у Старом Сланкамену, односно Орловату. Резултати ових истраживања указују да је лесна јединица V-L2 у Старом Сланкамену акумулирана током MIS 6, док ерозивни хоризонт између јединица V-L2 и V-L3 има старост од најмање ~170 ka. На основу датација педокомплекс V-S1 корелира са MIS 5 периодом. Такође је утврђено да су лесна јединица V-L3, као и палеоземљишта V-S3, V-S4 и V-S5 знатно старији него што су претходне студије показале (~250 ka). На основу примењених луминесцентних метода на профилу у Орловату (Тамишки лесни плато) констатовано је да постоје разлике у датацијама између лесних седимената који се одликују финозрнастом структуром и оних који имају грубљу фракцију (Timar-Gabor et al. 2014).

1.3. Боја лесно-палеоземљишних секвенци

Промена боје између леса и палеоземљишта представља једно од најважнијих визуелних обележја ових литолошких чланова (Прилог 4). Наведене промене у блиској су вези са степеном развоја земљишта (Sun et al., 2011; Liu, 1985; Gao et al., 1992; Porter, 2000; Ji et al., 2001; Chen et al., 2002).

Лесни хоризонти слабо су подложни деловању елувијалних процеса (при чему су готово неизмењени) и имају масивну структуру и жућкасту боју, док су палеоземљишни хоризонти подложни деловању елувијалних процеса, имају жућкасто браон/ црвенкасто браон боју и углавном имају издиференциране A, Bw, C или A, Bt, C хоризонте. Поменуто промене у врсти боје (hue) јављају се као последица палеоклиматских промена (Liu, 1985) које доводе до колориметријских разлика између лесно-палеоземљишних секвенци. Ји и сарадници (Ji et al., 2001) истичу да минеролошке промене (попут садржаја хематита и гетита) доводе до промене боје, односно светлоће у лесно-палеоземљишним хоризонтима. Чен и сарадници (Chen et al., 2002) су приликом истраживања леса на простору Кинеског лесног платоа применили индекс белине и том приликом показали да вредности поменутог индекса директно зависе од педогенетски формираних гвожђевитих минерала.

Бројне студије указују да разлика у боји између леса и фосилних земљишта проистиче из многих фактора попут минеролошког састава, гранулометрије и формирања педогенетских материја (оксиди гвожђа, органска материја-хумус, карбонати) (Gao et al., 1992; Fang et al., 1999; Porter, 2000; Yang et al., 2001; Chen et al., 2002; Yang and Ding, 2003). Лес је формиран током глацијалних периода, у условима хладније и суве климе и има бледо жућкасту боју. На основу истраживања спроведеног од стране Портера (Porter, 2000), заступљеност доминантних минерала, попут кварца (или карбоната) у еолској прашини један је од најважнијих фактора који утиче на боју леса.



Прилог 4. Лесно-палеоземљишне секвенце профила „Чот” - Стари Сланкамен
(Фото: М. Јовановић)

Према мађарском географу Мартону Печију (Pesci, 1990), карактеристике типског леса подразумевају жуту боју која потиче од лимонита (хидроксид гвожђа), процентуалну

заступљеност кварца од 40-80% као главног минеролошког конституента, мању заступљеност фелдспата и различито учешће минерала глине (5-20%) и карбоната (1-20%).

Током интергласијалних периода, услед присуства релативно топлих и хумидних климатских услова може да дође до повећања формирања магнетичних минерала током процеса педогенезе (e.g., Zhou et al., 1990; Maher, 1998), јачег излучивања карбоната (e.g. Sun et al., 2011) као и стварања органске материје (Lin and Liu, 1992). Сва три наведена пост-депозициона процеса могу да доведу до изражених промена у боји палеоземљишних секвенци која се у том случају креће од црвенкасте до тамно браон (Прилог 5).

Најизраженије разлике у боји између леса и палеоземљишта базиране су на заступљености два феромагнетична минерала- хематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) и гетита ($\alpha\text{-FeO(OH)}$). Гвожђевити минерали као што су хематит и гетит имају значајну заступљеност у земљиштима и носиоци су записа о климатским и еколошким променама. Формирању хематита погодују топли и суви услови који доводе до његовог издвајања из ферихидрита ($\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3 \cdot 0,5(\text{H}_2\text{O})$), док формирању гетита погодују влажни услови који доводе до његовог настанка директним излучивањем из било којег Fe извора (Ji et al., 2004). Земљишта која садрже само, или готово искључиво гетит имају жуту боју. Када је присутан хематит боја углавном постане црвенкаста, због чињенице да црвени хематит веома успешно маскира жути гетит (Scheinost and Schwertmann, 1999). Земљишта која имају врсту боје (hue) одређену помоћу Манселовог каталога боја земљишта у распону од 7,5-10YR садрже одређену количину гетита и мању количину хематита. Са друге стране, врсте боја које се крећу у распону између 2,5YR и 10YR генерално указују да садржај хематита у овим земљиштима премашује садржај гетита (Schaetzl and Anderson, 2005). У табели 3 приказани су фактори који утичу на пигментацију педохоризонта.

Табела 3. Боја земљишта и фактори који утичу на пигментацију педохоризонта

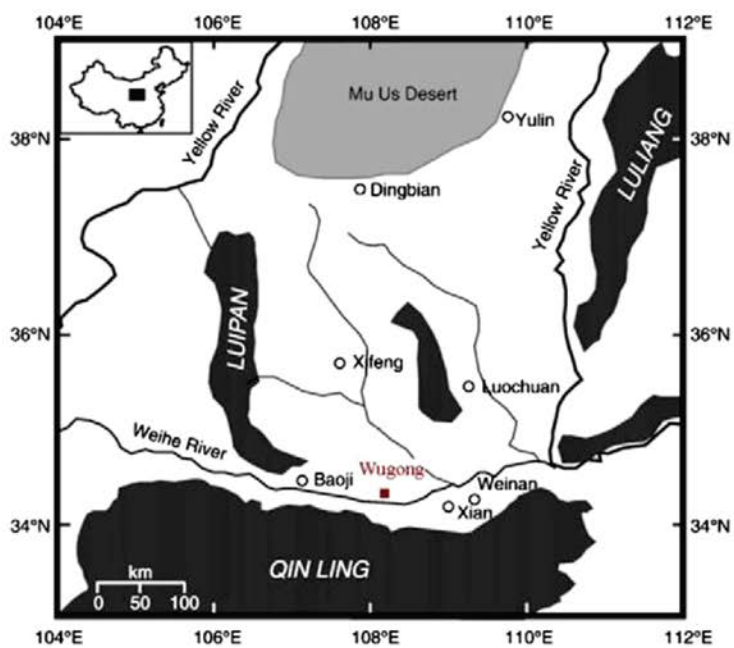
(модификовано према Schaetzl and Anderson, 2005)

Боја педохоризонта	Фактори који утичу на пигментацију педохоризонта
Црна или браон	Хумус или магнетит
Црна или плавкасто црна	Редуковани садржај мангана (Mn^{2+})
Бела	Натријумове соли, карбонати, фракције кварцних зрна
Жућкасто браон (2,5YR*)	Јаросит ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$)
Светло сива	Редуковани садржај гвожђа (Fe^{2+})
Браон или жућкасто браон	Гетит ($\alpha\text{-FeO(OH)}$)

(7,5YR до 2,5Y*; понекад и 10YR*)	<p>изражено црвена боја (5YR-2,5YR* и црвеније)- хематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$);</p> <p>црвенкасто браон боја (5YR-7,5YR*)- ферихидрит ($\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3 \cdot 0,5(\text{H}_2\text{O})$);</p> <p>црвенкасто браон боја- макемит ($\gamma\text{-Fe}^{3+}_2\text{O}_3$)</p> <p>наранџаста (7,5YR 5/8, 6/8, 7/8**)- лепидокрокит ($\gamma\text{-FeO(OH)}$)</p>
* врста боје (<i>hue</i>) у Манселовом каталогу боја земљишта;	
** јачина боје (<i>value</i>) и израженост боје (<i>chroma</i>) у Манселовом каталогу боја земљишта.	

У студији изложеној од стране Јиа и сарадника (Ji et al., 2001) приликом палеоклиматско-палеоеколошких проучавања и интерпретације промене боје лесно-палеоземљишних секвенци, најбоље резултате даје комбинација вредности магнетне суспектибилности и црвенила боје. Ови удружени параметри омогућавају оптималну процену педогенезе.

Промене боје, између жућкастих лесних хоризоната и црвенкасто браон/жућкасто браон палеоземљишних јединица представљају запис изражених палеоклиматских и палеоеколошких флукуација током последњих око милион година на простору наше земље (e.g. Marković et al., 2011), односно током последњих 2,6 милиона година на простору Кине (Liu, 1985; Kukla and An, 1989; An et al., 1991).



Прилог 5. Палеоземљишни хоризонт S5 на профилу Вугонг- Кинески лесни плато
(модификовано према Qin Huang et al., 2014)

1.4. Магнетни суцептибилитет као показатељ интензитета педогенезе у палеоклиматским истраживањима

Магнетни суцептибилитет представља подложност намагнетисању неке супстанце. У основи постоје две врсте магнетизације: индукована и реманентна. Када се неки материјал изложи магнетном пољу одређене јачине он добија индуковано намагнетисање. Веза између ова два израза је магнетни суцептибилитет. Поред поменутог индукованог магнетизма који настаје услед изложености магнетном пољу, постоји и реманентни магнетизам. Реманентни магнетизам представља запис магнетног поља које је у прошлости деловало на дати предмет или супстанцу (Evans and Heller, 2003).

Природни реманентни магнетизам је реманентни магнетизам који постоји у стенама, а зависи од геомагнетног поља и геолошких услова који су владали приликом формирања дате стене. Састоји се од више компоненти. Природни реманентни магнетизам који се јавља приликом самог формирања стене назива се примарни. Управо је то компонента која се изучава и лабораторијски извлачи из узорка стена приликом палеомагнетних истраживања. Међутим, секундарни природни реманентни магнетизам може настати након формирања стене и може да доведе до промене или до скривања примарног (Јовановић, 2012).

Постоје три основне форме природног реманентног магнетизма: термореманентни магнетизам, настаје приликом хлађена стена; хемијски реманентни магнетизам, настао растом феромагнетних кристала испод Киријеве тачке; детритни реманентни магнетизам настаје током акумулације седиментних стена које садрже феромагнетне минерале.

Примарни природни реманентни магнетизам чува запис геомагнетног поља у тренутку формирања стена који се, уколико су услови повољни, може задржати у стенама током дугих геолошких периода.

Природни магнетизам представља значајну научну алатку за реконструкцију палеоеколошких и климатских услова. Још од времена када су Томсон и Олдфилд (Thompson and Oldfield, 1986) открили природни магнетизам, магнетни суцептибилитет представља значајан палеоеколошки и палеоклиматски параметар. Са обзиром да лес представља ситнозрну, кластичну седиментну стену примарног еолског порекла која покрива приближно 10 % површине копна (e.g. Heller and Evans, 1995), увођење магнетног суцептибилитета у квартарна истраживања омогућило је бржу и прецизнију стратиграфску детерминацију и идентификацију палеоклиматских и палеоеколошких флукуација (Tang et al., 2003).

Првобитна истраживања стенског магнетизма показала су да варијације магнетног суцептибилитета рефлектују смену лесних хоризоната и педокомплекса (Li et al., 1974; An et al., 1977). Доводећи у везу вредности магнетног суцептибилитета у лесу и палеоземљишту утврђено је да су вредности у педокомплексима два пута више него у лесу (Heller and Liu, 1984). Разлог за овакав однос био је у чињеници да су педокомплекси формираны током топлијих и влажнијих периода, што је довело до формирања феромагнетских минерала богатих гвожђем, док се лес наталожио током хладнијих периода. Даља истраживања на Лесном платоу у Кини, секвенци Зифенг (Liu et al., 1987b; Kukla and An, 1989) и Баоци (Rutter et al., 1991) и њихово међусобно поређење потврдило је претходна запажања и интерпретације. Вредности магнетног суцептибилитета из кинеског леса успешно су корелиране са независним палеоклиматским записима као што су варијације изотопа кисеоника из дубокоморских језгара. Хелер и Лиу (Heller and Liu, 1984) утврдили су позитивну корелацију између вредности магнетног суцептибилитета измереног у кинеском лесу, на профилу Лочуан, и варијација изотопа кисеоника из дубокоморског језгра V28-239 извученог из Пацифика (Shackleton and Opdyke, 1973). На тај начин потврђена је вредност овог палеоклиматског фактора при истраживању палеоклиматских флукуација (Heller and Liu, 1984).

Раст вредности магнетног суцептибилитета у палеоземљистима објашњавањем је бројним теоријама. Хелер и Лиу (Heller and Liu, 1984) повезали су повећање вредности са повећаном концентрацијом магнетних минерала који настају услед декалцификације и компакције земљишта. Сасвим другачије становиште је, да је током топлијих периода, са смањеним депоновањем еолске прашине долазило до повећане концентрације магнетних минерала на малој површини. Током хладнијих периода, са повећаном еолском акумулацијом, константни унос магнетита из изворишних области еолског материјала је умањен што се рефлектује и у смањеним вредностима магнетног суцептибилитета (Kukla et al., 1988; Yang et al., 2002). Повећање магнетног суцептибилитета у педокомплексима објашњавањем је и честим пожарима током топлијих периода (Kletetschka and Banerjee, 1999). Поред наведених узрока пораста магнетног суцептибилитета у палеоземљистима, разматрана је улога и магнетно тактичних бактерија. Наиме, ови микроорганизми усмеравају своје кретање у правцу магнетног поља Земље и на тај начин магнетишу појединачне честице минерала који их окружују (Evans and Heller, 1994; Maher et al., 1994).

Најшире прихваћена теорија објашњава повећање магнетног суцептибилитета у палеоземљистима као последицу процеса хемијског разлагања минерала приликом формирања земљишта (Zhou et al., 1990; Maher and Thompson, 1991; Hus and Han, 1992, Verosub et al., 1993; Reynolds and King, 1995; Heller and Evans, 1995). Генерални удео

минерала који имају магнетна својства већи је у палеоземљиштима него у лесним седиментима. Управо из тог разлога педогенетски процеси узети су за главни разлог високих вредности магнетног суспектибилитета у педокомплексима (Zhou et al., 1990; Maher and Thompson, 1991). Бројне геохемијске анализе показале су да током процеса педогенезе долази до формирања феромагнетних минерала (Zhu et al., 2001; Beer et al., 1993; Verosub et al., 1993; Buggle et al., 2014). Према овој теорији, старија и развијенија палеоземљишта морала би имати више вредности магнетног суспектибилитета. Међутим, при проучавању бројних секвенци на Кинеском лесном платоу утврђено је да то није увек случај. Мерења магнетног суспектибилитета терцијарне формације црвене глине у подини леса на Кинеском лесном платоу указују да су вредности суспектибилитета мање него у млађим палеоземљиштима (Ding et al., 2001a; Ding et al., 2001b; Guo et al., 2001; Qiang et al., 2001). На основу свега изнетог варијације магнетног суспектибилитета не могу бити објашњене само педогенетским процесима. И други фактори морају бити узети у обзир, као што су органско порекло финих феромагнетних минерала, депозиција материјала из различитих области, хемијско распадање и слично (Tang et al., 2003).

1.5. Теорија боја

Боја је посебан вид психофизичког осећаја у оку изазван утицајем видљиве светлости. Упадна светлост, надражује високоосетљиве пријемнике у оку, при чему се производи нервни импулс који се касније транспортује до мозга. Мозак је интерпретатор који препознаје нервни импулс као дату боју (Gayton and Hall, 1999).

Чињеница је да без светлости нема ни боје. Светлост је физичка појава интерпретирана психолошким процесом. Светлосна зрачења обухватају уску област у електромагнетном спектру свих зрачења која се јављају у природи. Таласне дужине светлосног зрачења у видљивој области спектра (за човека) крећу се у интервалу од 400 до 800 nm. На страни кратких таласа надовезује се ултраљубичаста област (ултраљубичасто зрачење), а на страни дужих таласа инфрацрвена област (инфрацрвено зрачење) (Roge and Preston, 1987). Разне таласне дужине светлосног зрачења у видљивој области спектра изазивају при посматрању утисак различитих боја (Табела 4).

Постоје различите методе одређивања и мерења боје, али се све оне могу сврстати у две основне групе: а) визуелну и б) инструменталну. Визуелна компарација боје представља упоређивање са неким познатим физичким стандардом који се прихвата као референтан.

Табела 4. Таласне дужине појединих боја (модификовано према Đurišić et al., 2007)

ТАЛАСНЕ ДУЖИНЕ ПОЈЕДИНИХ БОЈА	
Боја	Таласна дужина (nm)*
Црвена	650-800
Наранџаста	590-649
Жута	550-589
Зелена	490-539
Плава	460-489
Индиго	440-459
Љубичаста	390-439
*1 nm = 0,000001mm	

Постоје бројни системи визуелне компарације и описивања боје, али се најчешће користе атласи боја и визуелни инструменти за дефинисање боје (спектрофотометри, фотоелектрични колориметри, колор скенери и друго). Атласи боја су засновани на адитивној мешавини обојених светлости, док су визуелни колориметри засновани на супстрактивном слагању боје (Đurišić et al., 2007).

1.6. Примена инструменталног одређивања боје у педолошким проучавањима

У свету постоји више система за дефинисање боје, од којих су најзначајнији:

- 1) Munsel-ов систем боја,
- 2) Ostwald-ов систем боја,
- 3) CIE систем боја,
- 4) CIE $L^*a^*b^*$ систем боја,
- 5) ANLAB - Adams Nickerson-ов систем боја,
- 6) Hünter-ов систем боја и
- 7) систем дефинисања боја на основу количине и хемијског стања пигмената (Malacara, 2011).

Један од најпознатијих система боја је стандардни систем који је 1986. године препоручила CIE (Интернационална комисија за осветљење), као и CIE $L^*a^*b^*$, односно Hünter-ов систем боја (Hünter Lab, 2001).

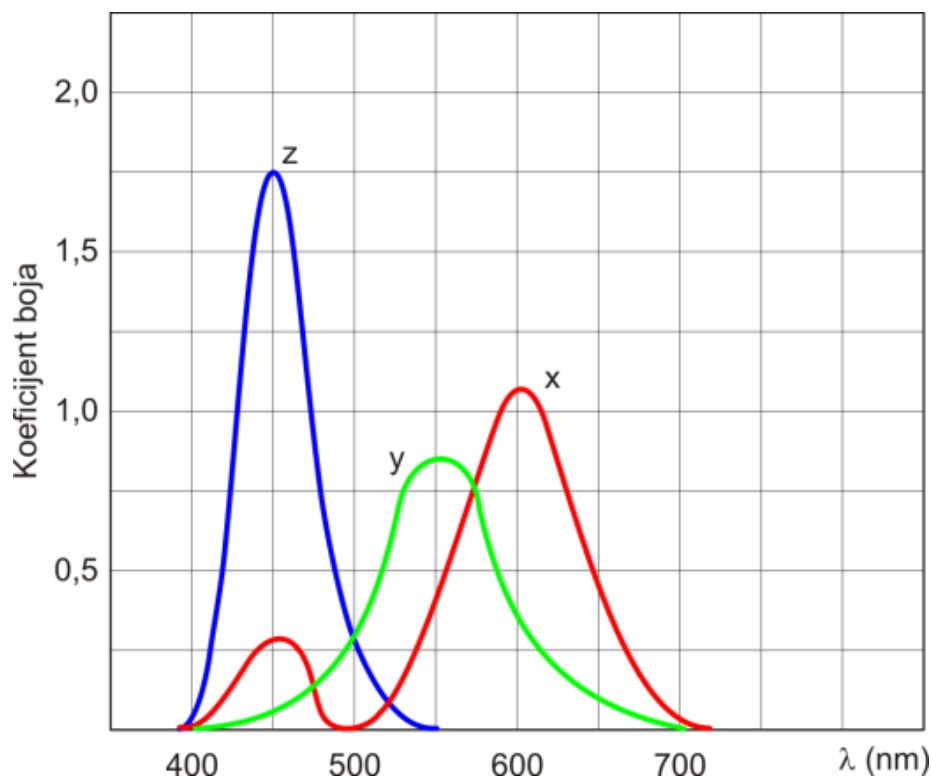
Поред наведених система, приликом дефинисања карактеристика квалитета боје примењују се и психометријски показатељи, као што су: угао боје (hue angle) и засићеност (hrome), а који произилазе из математичких релација карактеристика квалитета боје. Такође, користи се и појам однос боја (hue), као и мерило белине.

Индекс белине (WI) може се користити као један од параметара у дефинисању карактеристика квалитета боје, као и испитивања саме промене боје. Битан параметар код испитивања и евалуације боје је, свакако, тип светлосног извора којим се осветљава посматрани објекат. СИЕ је дефинисала стандардизоване изворе светлости, како за инструментално, тако и за сензорно оцењивање боје. Сваки од ових извора светлости емитује другачији састав различитих таласних дужина видљиве светлости. Најчешће употребљавани извори светлости су: А – усијана (ужарена), или волфрамова светлост; С – просечна дневна светлост; D65 – средња подневна светлост; D50 – светлост при заласку сунца; D55 – средња преподневна или средња поподневна светлост; D75 – светлост при облачном времену; M F 2, Fcw, CWF, F – флуоресцентна хладно бела, TL 4 или TL84 – уобичајена флуоресцентна светлост, Philips TL84 флуоресцентна лампа, Ultralume 3000 – уобичајена флуоресцентна светлост и Westinghouse флуоресцентна лампа (Popov-Raljić, 2013).

Одређивање боје земљишта подразумева идентификовање и квалитативну детерминацију карактеристика самог земљишта. Разноврсне компоненте земљишта показују спектралну варијацију у видљивом опсегу електромагнетног спектра у којем таласне дужине варирају између 400 и 700 nm (e.g. Viscarra Rossel et al., 2006).

Иако се боја земљишта највећим делом одређивала применом Манселовог каталога боја земљишта, Мелвил и Аткинсон (Melville and Atkinson, 1985) препоручују употребу СИЕ $L a b$, односно СИЕ $L^* a^* b^*$ колорног система приликом инструменталног мерења.

Стандардни систем боја, који је препоручен од стране СИЕ један је од познатијих колориметријских система. Овај систем се заснива на „стандардном посматрачу”, који се може схватити као стандардно око са филтерима за примарне боје (црвена, плава, зелена) (Sears, 1963). Према СИЕ систему, боја се дефинише преко: сјајности Y (%) (средња рефлектанца) и доминантне таласне дужине λ (nm) и чистоће боје V (%), који заједно представљају показатеље хроматичности. Као почетне тачке за израчунавање вредности боје користе се тристимулусне вредности X , Y и Z , које се добијају уз помоћ стандардних СИЕ кривих \bar{x} , \bar{y} и \bar{z} за смеше боја (Прилог 6). Ове стандардне криве зависе од вредности тзв. „стандардног посматрача” односно од величине површине посматраног објекта са које се рефлектује светлост до детектора. У пракси се најчешће користе вредности стандардног посматрача од 2° и 10° (Malacara, 2011).



Прилог 6. Стандардне CIE криве за смешу боја

(крива \bar{X} одговара црвеном филтеру, крива \bar{Y} одговара зеленом филтеру док крива \bar{Z} одговара плавом филтеру) (према Malacara, 2011)

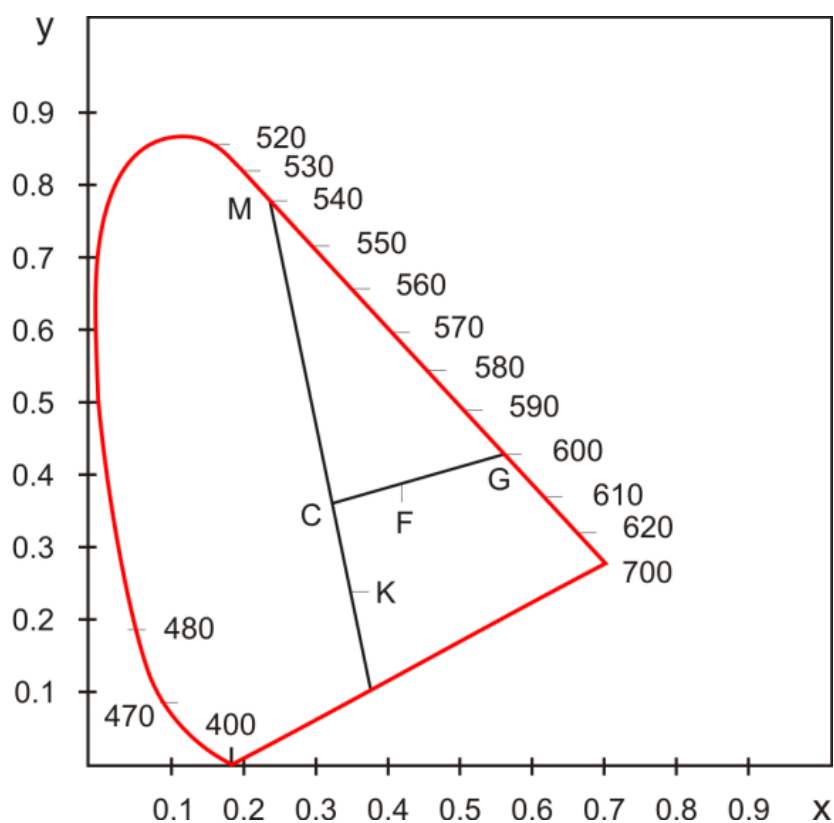
CIE тристимулусне вредности (X , Y и Z) не одговарају свим визуелним атрибутима боје и једино Y – вредност може лако да се схвати, зато што је повезана са светлошћу. Стога су уведене величине x , y и z које се називају трихроматски коефицијенти или коефицијенти хроматичности или координате хроматичности, а које се израчунавају из тристимулусних вредности.

За израчунавање доминантне таласне дужине и чистоће боје из дијаграма хроматичности потребно је познавати само вредности за коефицијенте хроматичности x и y (Malacara, 2011).

Вредности показатеља светлости (Y , L , L^*) и хроматичности (x , y , a , b , a^* , b^*) директно се читавају са инструмента, док се вредности за доминантну таласну дужину (λ) и чистоћу боје (V) читавају са дијаграма хроматичности.

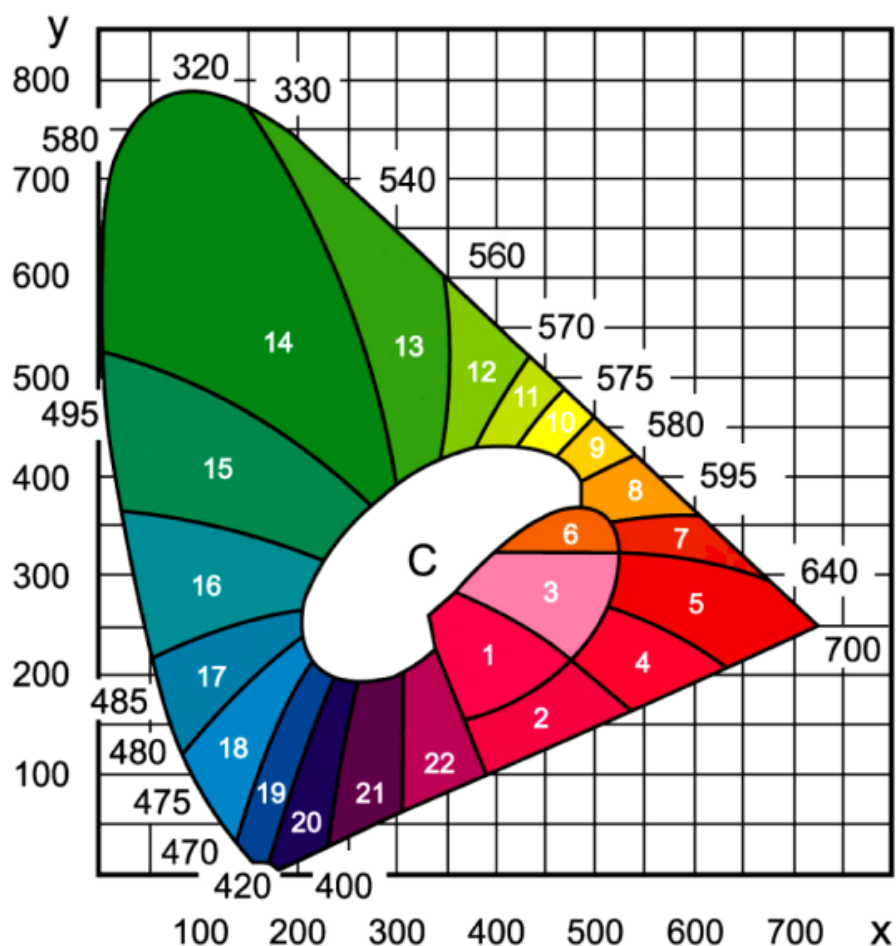
CIE дијаграм хроматичности приказан је у прилогу 8. Тачка C у средини дијаграма представља стандардни извор светлости C који на задовољавајући начин замењује дневну светлост, а назива се још и „бела тачка”. Оса Y која дефинише светлоћу лежи нормално у односу на дијаграм хроматичности.

Према СИЕ систему сјајност се одређује на основу величине Y (%), док се у СИЕ $L^*a^*b^*$ систему одређује на основу вредности психометријске светлости (L^* , L_{Hu}). Доминантна таласна дужина (λ) одређује се на следећи начин према Малакари (Malacara, 2011): на основу вредности коефицијената хроматичности (трихроматских коефицијената) x и y уцрта се одговарајућа тачка у дијаграму хроматичности (на пример тачка F). Ова тачка се спаја са тачком C уз продужавање праве до пресека са спектралном кривом. На месту пресека (G) очита се одговарајућа доминантна таласна дужина за дату боју. У случају да се тачка налази испод тачке C (тачка K на прилогу 7), тако да се права која их спаја сече са правом која спаја спектралне криве, права се продужава у супротном смеру и на том пресеку са спектралном кривом одређује се доминантна таласна дужина (тачка M) (Прилог 7).



Прилог 7. СИЕ дијаграм хроматичности- Одређивање доминантне таласне дужине и чистоће боје (према Malacara, 2011)

Чистоћа боје (V) у квантитативном смислу дефинисана је као раздаљина дотичне тачке од „беле тачке”. Чистоћа је највећа ако се тачка налази припада спектралној кривој, и тада се ради о чистој спектралној боји ($V = 100\%$). Што је тачка ближе извору C чистоћа се смањује, а чистоћа „беле тачке” износи 0% (Прилог 7).



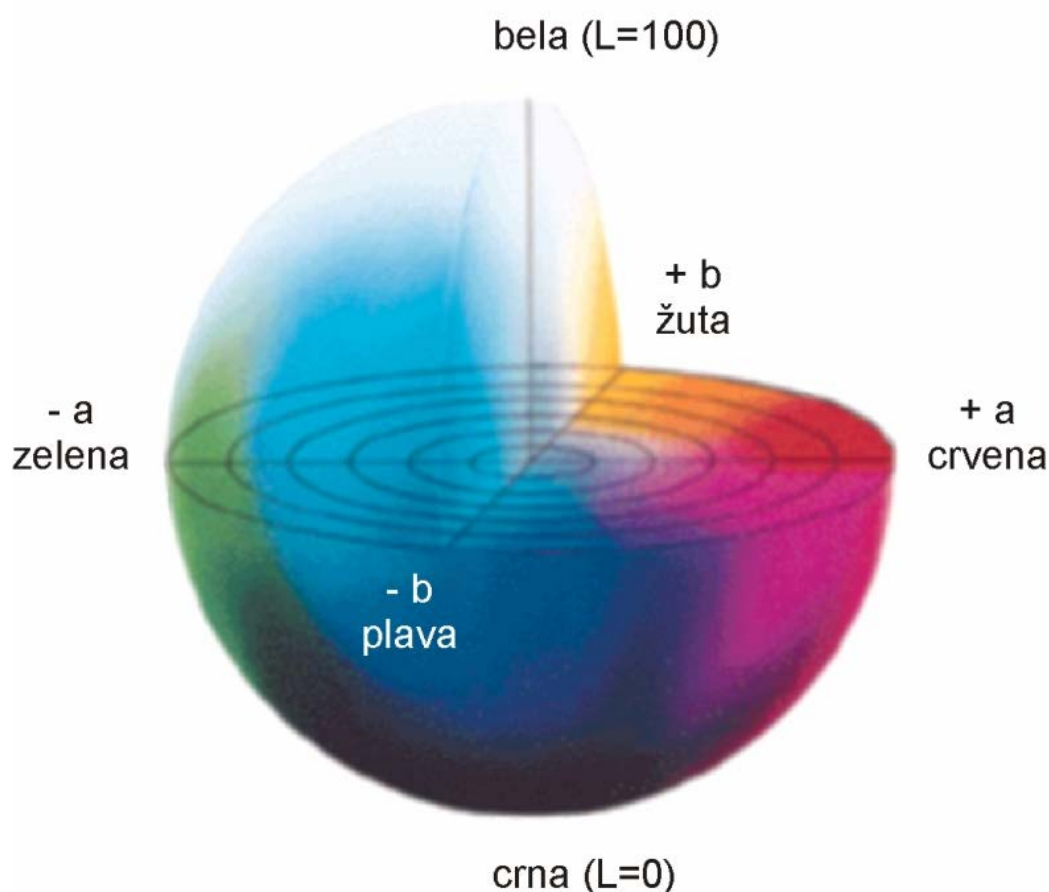
Прилог 8. Дијаграм хроматичности по CIE систему са приказом боја које обухвата спектрална крива (према Malacara, 2011)

На основу дијаграма хроматичности према CIE систему, ознаке боје, односно поља које обухвата спектрална крива на прилогу 8 су: 1 – љубичасторужичаста; 2 – црвенољубичаста; 3 – ружичаста; 4 – љубичастоцрвена; 5 – црвена; 6 – наранџастоцрвена; 7 – црвенкастонаранџаста; 8 – наранџаста, 9 – жућкастонаранџаста; 10 – жута; 11 – зеленкастожута; 12 – жуто-зелена; 13 – жућкастозелена; 14 – зелена; 15 – плавкасто-зелена; 16 – плавозелена; 17 – зеленкастоплава; 18 – плава; 19 – љубичастоплава; 20 – љубичаста; 21 – љубичастоцрвена; 22 – црвенкастољубичаста.

Поред доминантне таласне дужине λ (nm) и чистоће боје V (%), веома важна карактеристика квалитета боје у CIE систему је средња рефлектанца или сјајност. Према Попов-Раљић (2013) она представља одређено својство боје које омогућава да се нека боја класификује у смислу еквивалентности са осећајем које изазива неки члан низа неутралног сивог.

CIE $L^*a^*b^*$ систем је промовисан од стране CIE током 1976. године у циљу успостављања стандардне и приближно униформне скале за одређивање боје која би могла

да се користи у свим областима, и како би се на тај начин омогућило и олакшало упоређивање различитих мерења. СИЕ $L^*a^*b^*$ се приказује у виду тродимензионалног правоугаоног координатног система, у оквиру којег разлике између појединих просторних тачака одговарају визуелним разликама у боји (Прилог 9). Вредност L^* се односи на светлоћу, вредност a^* је повезана са доминантном таласном дужином, док је вредност b^* повезана са појмом засићености боје. У тродимензионалном СИЕ $L^*a^*b^*$ колорном систему, вертикална оса одговара вредностима психометријске светлости (L^*) и креће се у опсегу од 0 (апсолутно црна) до 100 (апсолутно бела). Осе a^* и b^* немају неке специфичне лимите, а могу да обухватају и позитивне и негативне вредности, које варирају од -120 до $+120$. Позитивне a^* вредности се односе на удео црвене, а негативне на удео зелене боје. Са друге стране, позитивне вредности за b^* се односе на удео жуте, а негативне на удео плаве боје. Што су вредности a^* и b^* бројчано веће (у апсолутном смислу), већи је и удео одговарајућих примарних боја у боји мереног објекта. Вредности L^* , a^* и b^* такође се израчунавају помоћу тристимулусних вредности X , Y и Z (Westland and Ripamonti, 2004; Malacara, 2011).



Прилог 9. Координатни СИЕ $L^*a^*b^*$ систем боја
(модификовано према Malacara, 2011)

1.7. Преглед досадашњих истраживања

Детаљан преглед досадашњих истраживања која су се бавила пореклом и распрострањењем лесних седимената на простору наше земље, стратиграфијом и значајем за палеоклиматску и палеоеколошку реконструкцију изложен је од стране Марковића (2000), Јовановића (2000, 2005, 2012), Гаудењија (2000, 2004, 2006, 2010), Савића (2002, 2006) и Басарин (2009, 2011). Главни акценат у овом подпоглављу биће на најзначајнијим колориметријским истраживањима која се могу, или су примењена током проучавања лесно-палеоземљишних секвенци у иностранству и у нашој земљи.

Ревидирајући старија схватања о настанку црвенице (*terra rossa*), чији се настанак везивао за јаку алтерацију минералне компоненте и присуства глиновитих формација у тропским и субтропским пределима, Кубијена (Kubiiena, 1970) црвену боју ових земљишта приписује процесу рубификације. Он рубификацију, посматра као индекс развоја земљишта, при чему је дефинише као: „пептизацију аморфног хидроксида гвожђа и формирање ситних кристала гетита и хематита... суспендованих у земљишту, који му тако дају светло црвену боју” (Kubiiena, 1970, pp 109,140). У овом раду је наглашено да се рубификација исказује у промени врсте (hue) и изражености (chroma) боје.

Бронгер и сарадници (Bronger et al., 1983), истражујући рубификацију фосилних и реликтних црвеница у Словачкој, потврђују Кубијенине претпоставке, оповргавајући схватање да феромагнетични кристали хематита и гетита настају само под утицајем суптропских и тропских климатских услова, јер се они детектују и под другачијим специфичним литолошким и микроклиматским условима.

Израчунавање индекса развоја земљишта *SDI* (Soil Development Indeks – SDI) развила је Харден (Harden, 1982) и Харден и Тејлор (Harden and Taylor, 1983) а затим и Тејлор (Taylor, 1988) која је својом шемом олакшава квантификацију и калкулацију индекса (Vidić and Lobnik, 1997).

Барон и Торент (Barron and Torrent, 1986) су током спроведених експерименталних истраживања у неколико узорака земљишта без оскида гвожђа додали различите количине хематита и гетита. Из ових синтетичких мешавина, извели су индекс црвенила земљишта (*RII*) и дефинисали га као теоријску функцију између црвенила земљишта услед присуства хематита и вредности боја у СИЕ L^* , a^* , b^* систему боја, користећи Кубелка-Мункову (Kybelka-Munk) теорију (базирану на техници одређивања боје хематита присутног у мешавинама).

Рад посвећен теоријско-методолошком аспекту лабораторијских мерења боје земљишта изложили су Торент и Барон (Torrent and Barron, 1993), док су Торент и сарадници (Torrent et al., 1980; 1983; 2006) представили радове који су се односили на одређивање квантитативних односа између боје земљишта и садржаја хематита.

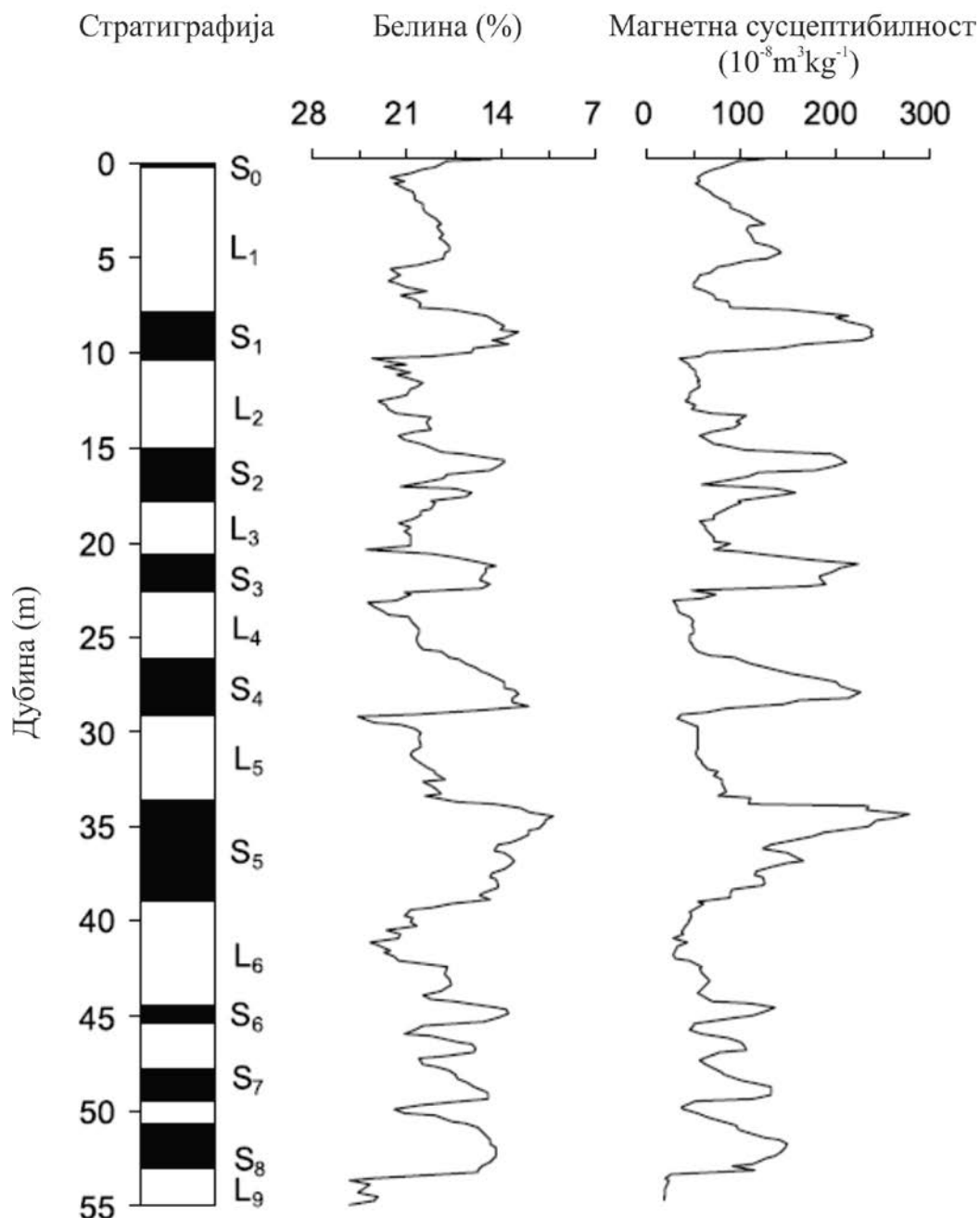
Први значајнији рад у којем је коришћен метод израчунавања индекса развијености земљишта изложили су Видић и Лобник (Vidić and Lobnik, 1997). Поменути аутори су проучавали земљишта на терасастим наносима песка у долини Саве и њених притока у Љубљанском басену (Словенија). Детерминација и компарација индекса развијености земљишта вршена је уз помоћ технике ^{10}Be датирања и палеомагнетних анализа.

Гобин и сарадници (Gobin et al., 2000) горе поменути методу користе за испитивање морфологије земљишта у тропским условима на простору Нигерије. У фокусу рада су биле методе и њихова примена у класификацији земљишта.

Портер (Porter, 2000) у свом раду примењује индекс базиран на процени нијансе сиве боје са дигиталних фотографија (високе резолуције) различитих лесних профила у Кини, при чему истиче да се овај метод може користити као алтернатива магнетној суцептибилности приликом палеоклиматских истраживања. Такође, поменути аутор износи резултате који показују да присутност нешто лакших минерала у еолској прашини (попут кварца) највероватније представља кључни фактор који утиче на боју леса.

Проучавањем боја лесно-палеоземљишних секвенци у Таџикистану, квантификавањем и корелацијом са методама гранулометрије и магнетног суцептибилитета бавили су се Динг и сарадници (Ding et al., 2002). Истовремено је дата и корелација резултата са Кинеским лесом. У другом раду Јанг и Динг (Yang and Ding, 2003) баве се рефлексијама боја лесно-палеоземљишних секвенци у Кини као последице климатских промена током последња два глацијално-интерглацијална циклуса. За потребе оба рада, мерења су вршена помоћу спектрофотометра којим су добијене вредности за хроматичност. Ови аутори истичу да су светлоћа и хроматичност изузетно добри показатељи који могу да нађу примену у студијама које се односе на истраживање лесно-палеоземљишне стратиграфије.

Чен и сарадници (Chen et al., 2002) на основу одређивања индекса белине леса и компарације са магнетним суцептибилитетом Кинеских лесно-палеоземљишних секвенци, износе констатације да се разлике у боји јављају услед бројних фактора као што су минерологија, гранулометрија и формирање педогенетског материјала. Аутори су потврдили да педогенетски формиран гвожђевити минерали у највећој мери доприносе променама у вредностима поменутог индекса у лесно-палеоземљишним секвенцама (Прилог 10).



Прилог 10. Литологија, интензитет белине и магнетна суспектибилност горњег дела лесног профила Лочуан у Кини (модификовано према Chen et al., 2002)

Видић и сарадници (Vidić et al., 2004) истичу значај примене разноврсних показатеља попут стенског магнетизма, одређивања количине оксида гвожђа, индекса рубификације и меланизације, параметара за утврђивање дубине калцификације као и одређивања величине зрна приликом утврђивања дужине трајања процеса педогенезе на простору Кинеског лесног платоа (секвенца Ђиаодао).

Током 2007. године, Торент и сарадници (Torrent et al., 2007) представљају резултате истраживања спроведених на лесном локалитету Лочуан у Кини, при чему су респективни аутори утврдили постојеће разлике у концентрацији хематита између појединих педокомплекса што су објаснили постојањем разлика у палеоклиматским условима током трајања педогенетских процеса.

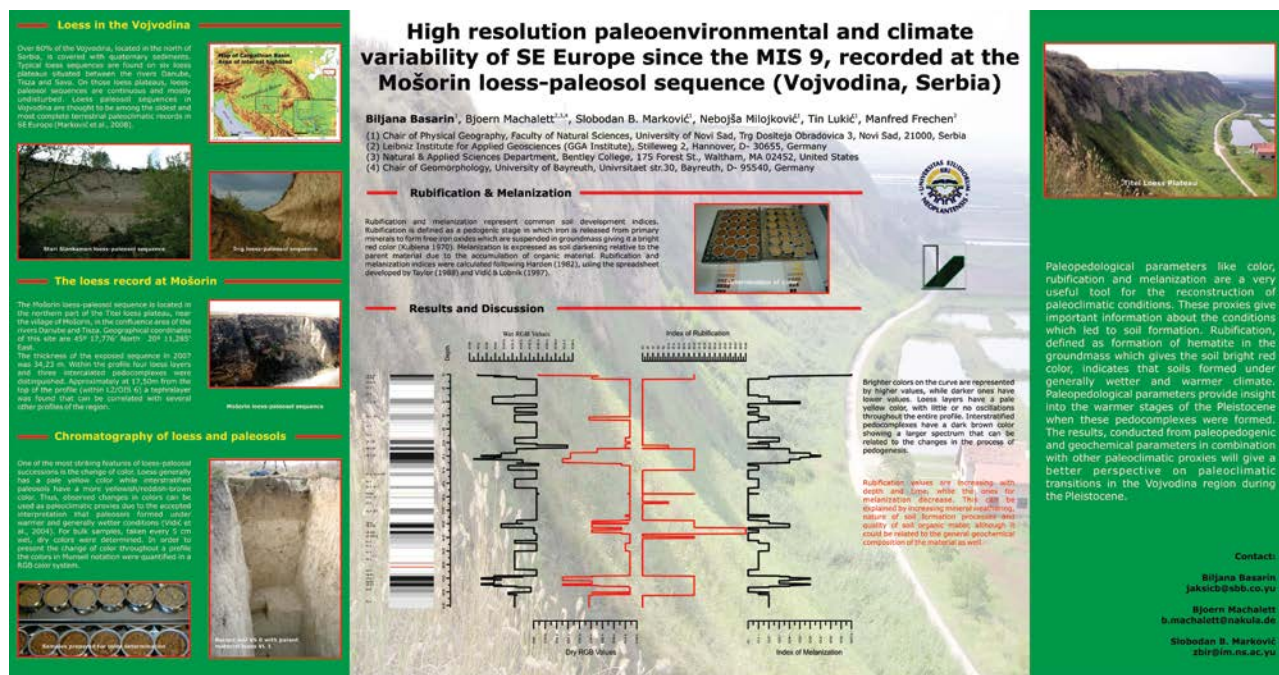
Сун и сарадници (Sun et al., 2011) истражују два лесно-палеоземљишна комплекса у централном делу Кинеског лесног платоа у циљу утврђивања колориметријских варијација попут светлоће и црвенила. Аутори су настојали да истакну факторе који контролишу ове варијације указујући на утицај оксида гвожђа, органске материје и калцијум карбоната. Респективно, поменути аутори су показали да оксиди гвожђа и присуство органске материје утиче на светлоћу, док присуство карбоната утиче на повећање вредности светлоће.

Бабек и сарадници (Váček et al., 2011) извршили су истраживање интензитета педогенезе на лесно-палеоземљишним локалитетима у централној Европи и јужном Сибиру применом дифузне рефлексионе спектроскопије (DRS) и светлоће CIE L^* .

Први покушај детаљније примене израчунавања индекса развијености земљишта на лесно-палеоземљишним секвенцама у Војводини, потекао је од стране Бјорна Бугла (Björn Buggle) са Катедре за физику земљишта, Универзитета у Бајроту, Немачка (Chair of Soil Physics, University of Bayreuth, Germany) током 2004. и 2005. године (Марковић, *усмено саопштење*).

Детаљна истраживања секвенци у Старом Сланкамену вршена су током маја и новембра 2006. године. Као резултат тих истраживања, Милојковић и сарадници (Milojković et al., 2007) износе резултате израчунатих индекса рубификације и меланизације за профил Чот у Старом Сланкамену на EGU (Европска геофизичка унија) конференцији у Бечу (Аустрија).

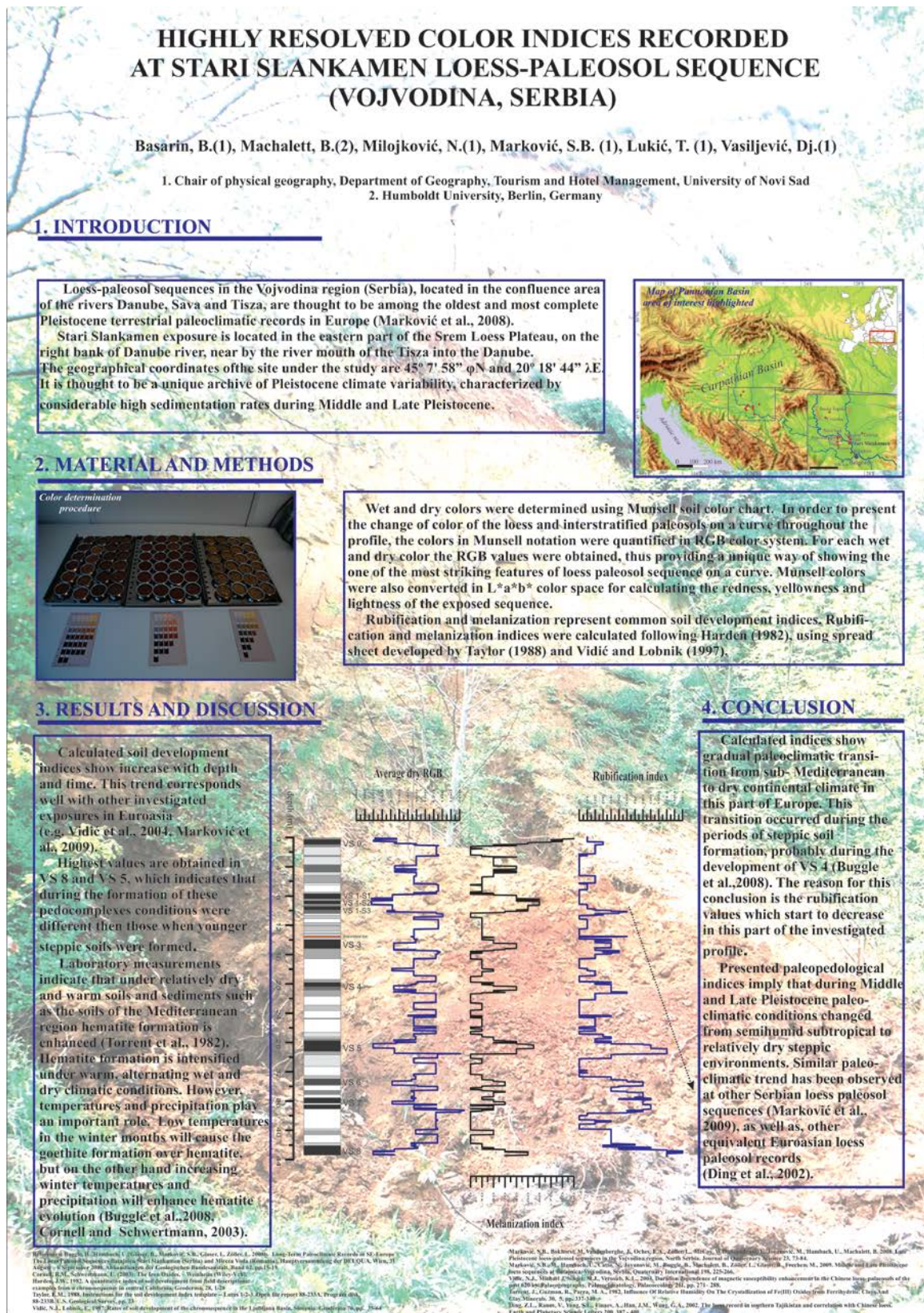
На међународном научном скупу у организацији Америчке геофизичке уније (American Geophysical Union- AGU), током друге половине децембра 2008. године у Сан Франциску (САД), изложени су резултати истраживања од стране Басарин и сарадника (Basarin et al., 2008). Поменути аутори представили су прелиминарне резултате истраживања боје лесно-палеоземљишних секвенци у Мошорину (Тителски лесни плато) указујући на значај примене палеопедолошких параметара као што су боја, рубификација и меланизација у студијама које стављају акценат на реконструкцију палеоклиматских услова током MIS 9 периода (Прилог 11).



Прилог 11. Постер презентација резултата истраживања боје лесно-палеоземљишних секвенци у Мошорину изложених од стране Басарин и сарадника (Basarin et al., 2008) на AGU међународној научној конференцији у Сан Франциску током децембра 2008. године

Басарин у својој магистарској тези (2009) даје приказ резултата рубификације, меланизације, RGB и $L^*a^*b^*$ вредности за лесно-палеоземљишне секвенце Тителског брега од хоризонта V-S0 до хоризонта V-L4. Резултати ове студије указују да израчунати индекси рубификације и меланизације осликавају интензитет педогенезе, док појава лесних хоризоната интеркалираних у палеоземљишта упућује на чињеницу да је на истраживаном профилу очуван запис краткотрајних климатских флукуација током одређеног маринско изотопског стадијума, те да су да су климатске прилике варирале од сувих и хладних током глацијала до топлих и реалативно влажних током интергацијала.

Током међународне научне конференције Лесфест (*Loessfest*) одржане током 2009. године на Департману за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичког факултета у Новом Саду, Басарин и сарадници (Basarin et al., 2009a,b) изложили су прелиминарне резултате израчунатих индекса рубификације и меланизације за лесне профиле Мошорин и Стари Сланкамен (Војводина, Србија) (Прилог 12). Такође, током поменуте конференције изложени су и прелиминарни резултати истраживања лесно-палеоземљишних секвенци локалитета Белотинац (јужна Србија), при чему су истакнуте и израчунате вредности индекса рубификације (Basarin et al., 2009c).



Прилог 12. Постер презентација резултата истраживања боје лесно-палеоземљишних секвенци профила „Чот” у Старом Сланкамену изложених од стране Басарин и сарадника (Basarin et al., 2009b) на научном скупу Лесфест (Loessfest) током 2009. године

Детаљне резултате мерења магнетног суцептибилитета на профилу у Батајници објавили су Марковић и сарадници (Marković et al., 2009). На основу варијација вредности магнетног суцептибилитета предложен је нови стратиграфски модел који је корелаиран са дубокоморским изотопским моделом и сличним лесно-палеоземљишним секвенцама на евроазијском континенту. Резултати палеопедолошких истраживања, тачније рубификације, заједно са мерењем магнетног суцептибилитета указали су на могућност реконструкције палеоклиматских и палеоеколошких флукуација током последњих пет глацијално-интерглацијалних циклуса.

Милојковић (2010) износи комплетне резултате израчунатих индекса развоја земљишта за лесно-палеоземљишну секцију „Чот” у Старом Сланкамену. На основу резултата који су проистекли из ове студије, уочен је изразити тренд аридизације који показује сличност са другим евроазијским лесним подручјима. Нарочито је истакнуто да промене квантитативних параметара боје лесно-палеоземљишних секвенци профила „Чот” у Старом Сланкамену још јасније указују да је средње плеистоцена палеоклиматска транзиција у овом делу Европе била још драматичније изражена него у осталим деловима евроазијског лесног појаса.

Басарин и сарадници (Basarin et al., 2011) износе први детаљан опис лесно-палеоземљишних секвенци локалитета Белотинац (јужна Србија) на основу анализа магнетног суцептибилитета, боје и укупног садржаја органског угљеника, као и примене луминесцентног датирања. Резултати ових истраживања указали су на постојање интензивније аридности током периода интерглацијала и нешто израженије хумидније услове приликом глацијалног периода током последњих 35 ка.

Бугл и сарадници (Buggle et al., 2014) испитују запис климатских промена током квартара у лесним секвенцама југоисточне Европе на основу утврђивања промена у концентрацији гвожђевитих минерала на основу измерене магнетне суцептибилности. Поменути аутори су користили и методу дифузне рефлективне спектроскопије (DRS), као и индексе за семиквантитативно показивање заступљености хематита и гетита у лесно-палеоземљишним секвенцама Батајнице и Старог Сланкамена у Србији, односно локалитета Мирче Вода у Румунији. Студија је показала да компарација ових показатеља са палеопедолошким карактеристикама, као и проксијима који показују разлагање силиката има добру перспективу на основу које су уочене сезонске флукуације температуре током интерглацијалних периода и режима падавина који варира од Медитеранског климатског типа до степског климатског типа. Изражени тренд захлађења, аридификације и повећане изражене континенталности аутори објашњавају могућим утицајем услед издизања Алпа, Карпата и Динарида.

Лукић и сарадници (Lukić et al., 2014a) објављују студију која износи интерпретације у вези заступљених климатских и еколошких услова током горњег плеистоцена за секцију Орловат (северна Србија). Рад горе поменутих аутора уједно представља и прву комбиновану примену магнетног сусцептибилитета и испитиваних колориметријских карактеристика лесно-палеоземљишних секвенци на овом простору. Поред израчунатих индекса развоја земљишта и индекса који на семиквантитативан начин приказују садржај гвожђевитих минерала у земљишту, одређена је и L^* светлоћа, као и a^*, b^* хроматичност према CIE систему (применом тристимулусног колориметра). Резултати истраживања за локалитет Орловат указују да су у периоду рис-вирм били заступљени суви периоди изражени током летњих месеци (као и током холоцена), при чему је изражени летњи сушни период трајао нешто дуже и генерално је био топлији него што је то био случај приликом формирања рецентног земљишта V-S0.

Исте године на међународном научном скупу посвећеном унапређењу сарадње између земаља доњег тока Дунава под називом „*The Third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian Conference*”, а у организацији Департмана за географију, туризам и хотелијерство из Новог Сада и Географског факултета из Београда представљен је сажетак најважнијих резултата који су проистекли из испитивања колориметријских карактеристика лесно-палеоземљишних секвенци у Орловату (северна Србија) (Lukić et al., 2014b) (Прилог 13).

A joined rock magnetic and colorimetric perspective on the Late Pleistocene climate of Orlovat loess site (Northern Serbia)

Tin Lukić (a), Biljana Basarin (a), Björn Bugge (b), Slobodan B. Marković (a), Vladimir M. Tomović (c), Jovanka Popov Rajlić (a), Ivana Hrnjak (a), Alida Timar-Gabor (d), Ulrich Hambach (e), Milivoj B. Gavrilov (a), Djordjije A. Vasiljević (a), Miroslav D. Vujčić (a), Milan Tomić (a), Branislav Živaljević (a) and Strahinja Petreš (a)

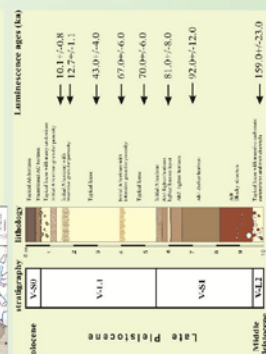
(a) Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 32 1000 Novi Sad, Serbia; (b) Geological Institute, ETH Zürich, Sonneggstr. 5, 8092 Zürich, Switzerland; (c) Faculty of Technology, University of Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, 2-1000 Novi Sad, Serbia; (d) Faculty of Environmental Science, Babeş-Bolyai University, Flăminie 30, 400294 Cluj Napoca, Romania; (e) Interdisciplinary Research Institute on Bio-Nano-Science of Babeş-Bolyai University, Tebouna Laurean 42, 400271 Cluj-Napoca, Romania; (f) Chair of Geomorphology, University of Bayreuth, D-95440, Bayreuth, Germany.

1. INTRODUCTION

This study represents the first detailed joined colorimetric and rock magnetic investigation on a loess-paleosol sequence in the Vojvodina region, Northern Serbia. The aim of this study is to derive new information on the Late Pleistocene paleoenvironment from a high resolution multi-proxy assessment of the iron mineralogical composition at the Orlovat loess paleosol sequence.

2. MATERIAL AND METHODS

The investigated loess-paleosol sequence is exposed in a brickyard at the village of Orlovat (24 km SE of the city of Zrenjanin), located in the central part of the Tamiš loess plateau, facing to the Tamiš river valley. The Orlovat section is the first site from the Banat analyzed for Quaternary paleoclimate information. The Orlovat site is not a located in a plateau.



The sequence has a total thickness of 10 m. It comprises a last glacial loess unit (V-L1) and the last interglacial paleosol (V-S1), while the penultimate loess unit V-L2 is uncovered only by about 100 cm at the base of the profile. Rock magnetic measurements, color determination and Luminescence dating were performed to retrieve Quaternary paleoclimate information.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Rock magnetic analysis and the luminescence-dating based chronology revealed active slope processes at this site during the Late Pleistocene. This is the most strikingly evidenced by the missing of a Middle Würmian (MIS 3) interstadial pedocomplex, which, however, is present as marker horizon in the Serbian plateau-loess sites. Important stratigraphic units and distinct pattern of the proxy records can be correlated to other key sites of the Vojvodina loess region. At all Serbian sites studied so far, records of magnetic susceptibility (MS) as well as paleopedological parameters show pronounced climate- and environmental changes during the last glacial-interglacial cycle. This is also supported by the colorimetric and magnetic susceptibility records from Orlovat. The MS data of the Orlovat section and magnetic susceptibility records from Rudičevac and Micanisation, as well as the L_v, a*, b* chromaticity values covary with pedogenesis, the results suggest that in the Eemian pronounced summer dryness prevailed. During the formation of the Eemian soil, less precipitation as during formation of the modern soil, longer or was characterized by less precipitation as during formation of the modern soil. While, the soil moisture deficit in the Eemian summers was most likely higher, the rainfall was more pronounced in the period of from spring to early summer/ and/or autumn as during the Holocene. These findings support previous observations from the Batajnica site, a key site of the Vojvodina loess region.

4. CONCLUSION

The results of these initial multiproxy investigations highlighted the importance of the Orlovat section as key archive for the Late Pleistocene paleoclimate and paleoenvironment of the Banat region in Serbia i.e. the southeastern part of the Carpathian Basin. Stratigraphy as well as paleoenvironmental findings can be well correlated to other key sections in the northern, central and eastern part of the Serbian loess region so that on the one hand the Orlovat section provides an opportunity to reconstruct local environmental as well as regional climatic conditions during the Late Pleistocene. On the other hand, distinct patterns in the colorimetric record especially in the upper part (Early Weichselian) of the V-S1 pedocomplex exclusively have been recorded at Orlovat, but haven't been reported in any other of the Middle Pannonian loess sections before. In contrast to other Serbian loess sites being situated in plateau situation, the Orlovat site is located in slope position.

Прилог 13. Постер презентација резултата истраживања боје лесно-палеоземљинских секвенци профила у Орловату изложених од стране Лукића и сарадника (Lukić et al., 2014b) на научном скупу „The Third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian Conference” током септембра 2014. године

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Непосредно пре самог поступка мерења боје лесно-палеоземљишних седимената одабраних профила за потребе ове студије, а у циљу палеоклиматске и палеоеколошке реконструкције помоћу колориметријских параметара, извршено је теренско истраживање. Основу овог рада чине два локалитета на којима су отворени и узорковани профили који спадају у једне од значајнијих палеоклиматских архива у нашој земљи. На Тамишком лесном платоу узоркован је профил код насеља Орловат, док је на Тителском лесном платоу, на локалитету смештеном у близини викенд-насеља Дукатар узоркован снажно рубификовани педокомплекс V-S5.

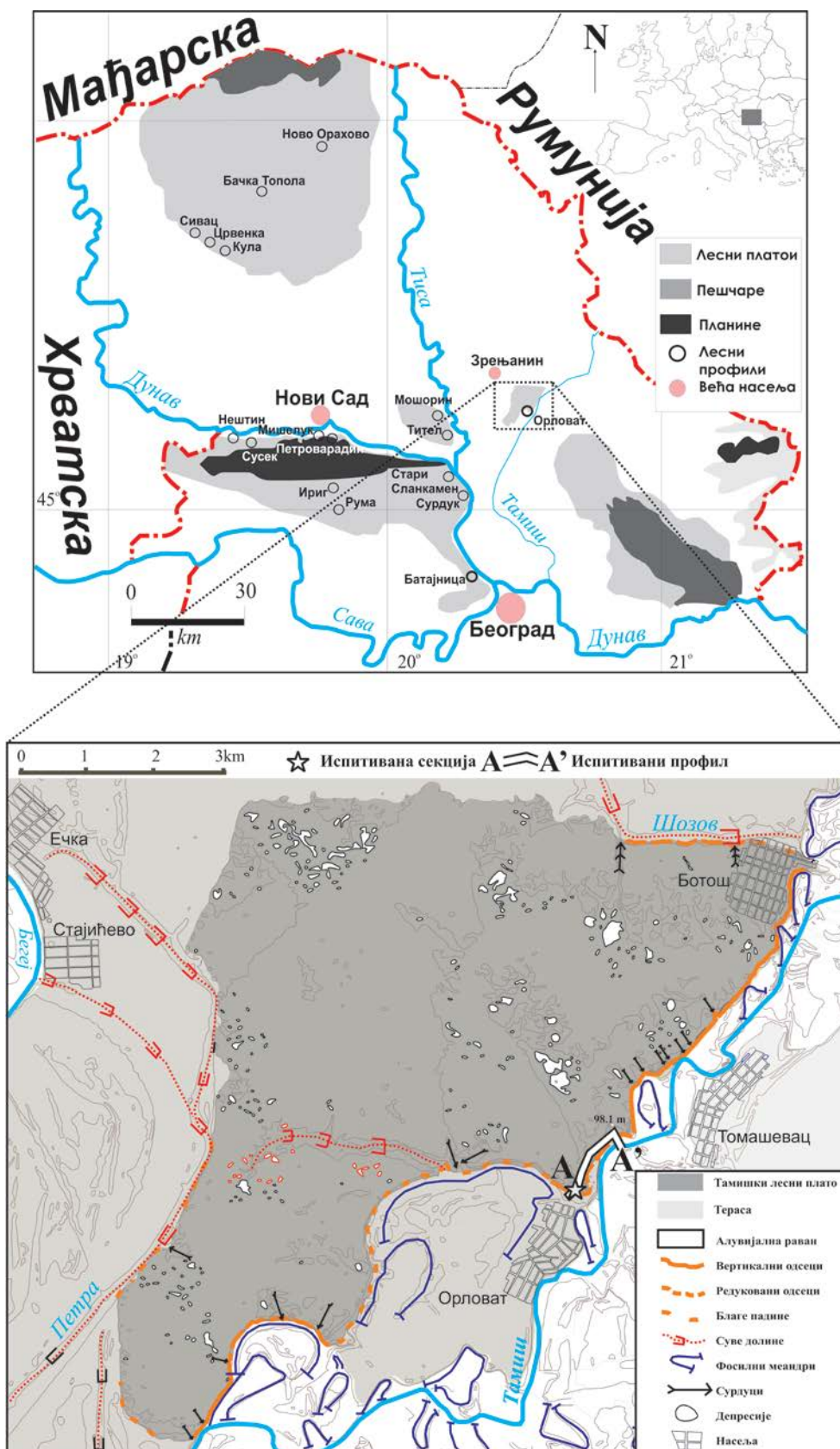
Теренска истраживања, реализована током 2012. године укључивала су детаљан опис лесно-палеоземљишних секвенци и узимање узорака за лабораторијске анализе. Прикупљени узорци са профила у Орловату допремљени су у лабораторију Катедре за геоморфологију, Универзитета у Бајроту (Немачка) (Laboratory for palaeo- and enviromagnetism at the Chair of Geomorphology, University of Bayreuth) где су извршена мерења магнетног суцептибилитета. Мерења магнетног суцептибилитета (у пољу ниске фреквенције) палеоземљишних узорака са профила у Дукатару извршена су у лабораторији Групе за истраживање леса, на Департману за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичког факултета, Универзитета у Новом Саду.

Детерминација боја поменутих узорака у лабораторији, уз одређивање боје седимената у влажном стању, сушење узорака и одређивање боје у сувом стању извршено је током марта и априла 2013. године у Лабораторији за палеоеколошку реконструкцију (LAPER) при Департману за биологију и екологију, Природно-математичког факултета, Универзитета у Новом Саду. Инструментално мерење боје лесно-палеоземљишних узорака употребом тристимулусног колориметра и изражавање ових вредности у CIE $L^* a^* b^*$ колориметријском систему извршено је током априла и маја 2013. године на Технолошком факултету, Универзитета у Новом Саду при Катедри за технологију конзервисане хране. На основу добијених параметара израчунати су индекси рубификације и меланизације, као и индекси црвенила земљишта (redness index) и вредновања/рангирања црвенила земљишта (redness rating).

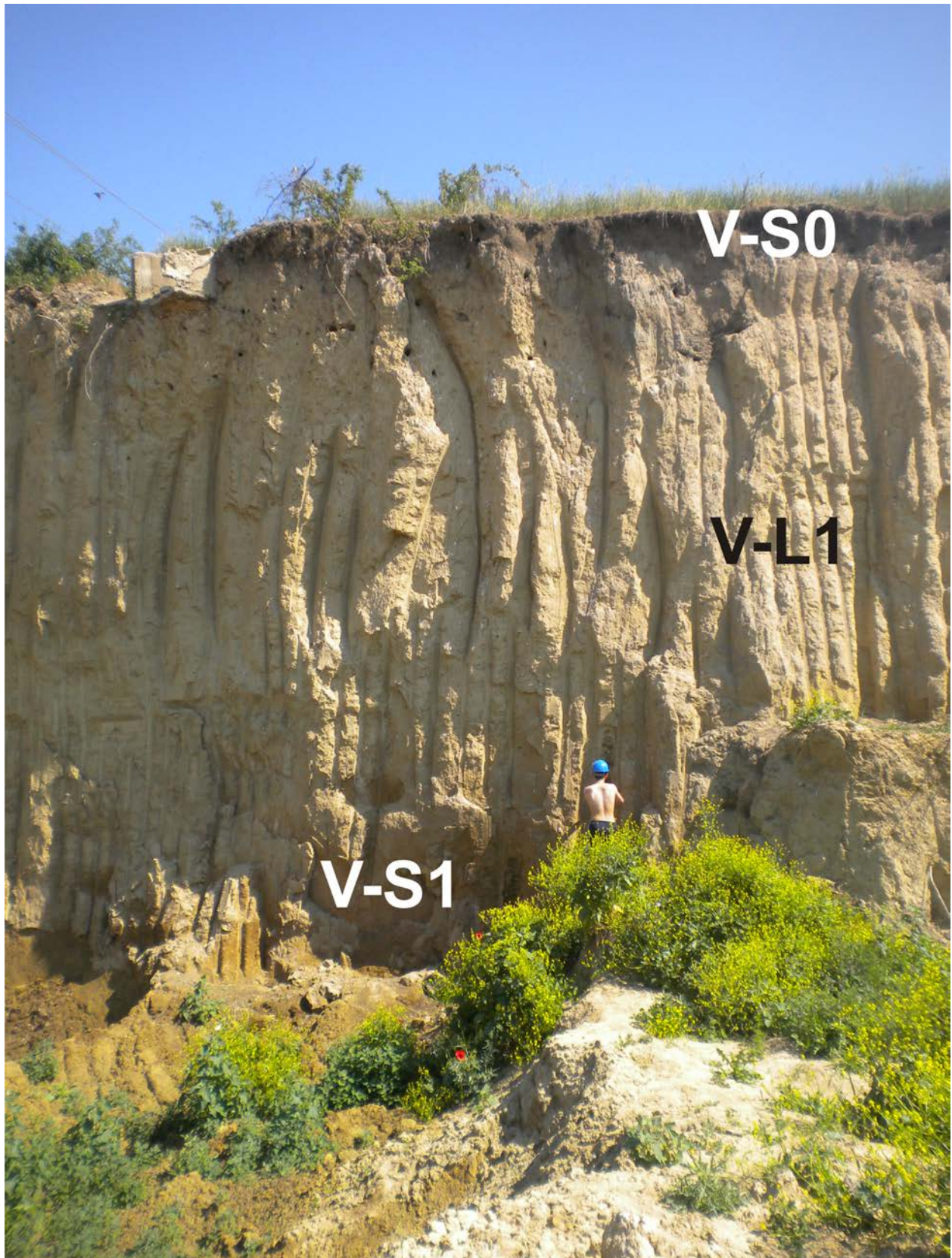
2.1. Опис локалитета

Локалитет Орловат је први и најрепрезентативнији профил Тамишке лесне заравни на простору Баната, као и најисточнија лесно-палеоземљишна секвенца лесног региона Србије, која је до сада истраживана са циљем реконструкције палеоклиматских и палеоеколошких услова током млађег дела квартара (Карта 4). Његов јединствен географски положај омогућава палео-реконструкцију услова животне средине у области између југоисточне границе Карпатског (Панонског) басена и падина западних Карпата (Marković et al., 2014; Lukić et al., 2014a).

Испитиване лесно-палеоземљишне секвенце налазе се у површинском копу циглане у селу Орловат (24 km североисточно од града Зрењанина) (Прилог 14), у јужном делу Тамишке лесне заравни, у близини десне обале реке Тамиш (Карта 4). Географске координате локалитета су $\lambda = 45^{\circ}15'49''$, $\varphi = 20^{\circ}35'64''$, док се повлата истраживаног профила налази на 88 m апсолутне висине. Секвенца Орловат има укупну моћност око 10 m при чему омогућава сагледавање најдетаљније слике о палеоклиматским и палеоеколошким променама овог дела наше земље на прелазу између средњег и током читавог горњег плеистоцена.

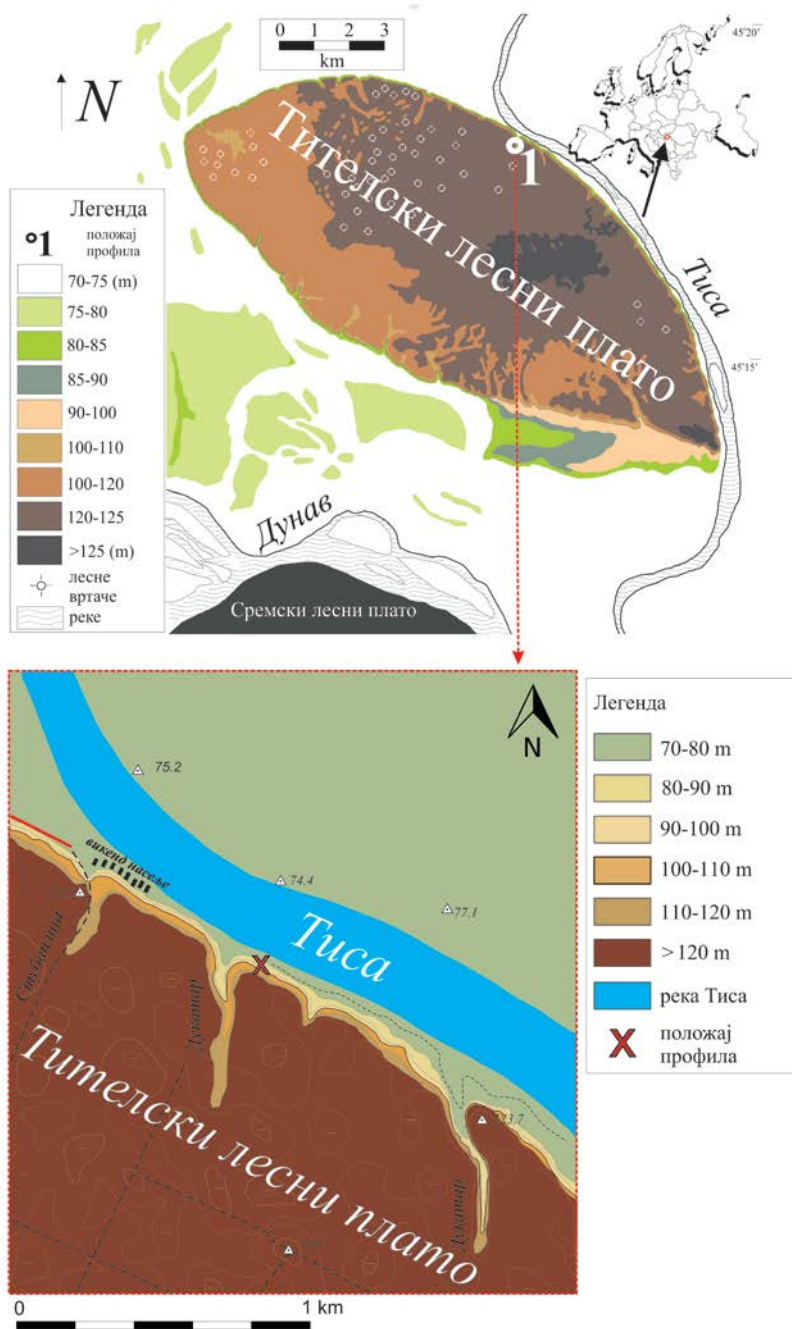


Карта 4 . Положај Тамишког лесног платоа и испитиваног лесног профила у Орловату (модификовано према Marković et al., 2014; Lukić et al., 2014a)



Прилог 14. Лесно-палеоземљишне секвенце површинског копа циглане у насељу Орловат
(Фото: С. Б. Марковић)

Локалитет Дукатар налази се на око 500 m низводно од истоименог викенд-насеља и представља најкомплетнију серију лесно-палеоземљишних секвенци на простору Тителског брега (Карта 5). Налази се у подножју лесног одсека и доступан је за узорковање само током ниског водостаја реке Тисе. Географске координате локалитета су $\lambda = 45^{\circ}16'59''$, $\phi = 20^{\circ}14'33''$. Узорковано палеоземљиште V-S5 у саставу секвенце Дукатар има моћност око 2,7 m и образовано је током раног средњег плеистоцена (e.g. Marković et al., 2012).



Карта 5. Хипсометријска карта Тителског лесног платоа и положај профила Дукатар (модификовано према Zeeden et al., 2007; Јовановић и Звиздић, 2009)

2.2. Припрема профила и узимање узорака за лабораторијске анализе

Правилна припрема лесно-палеоземљишних профила за узимање узорака од есенцијалне је важности за добијање репрезентативних резултата при лабораторијској анализи узорака узетих на терену. Услед спирања и одроњавања на површини профила могу се створити колувијални наноси знатне дебљине који у великој мери нарушавају доследност резултата добијених спровођењем лабораторијских испитивања.

Почетни поступци односе се на одстрањивање површинског лесног слоја по вертикали, како би се дошло до слојева ослобођених од већ поменутих колувијалних наноса и рецентне вегетације. Након тога се приступа продубљивању и узорковању профила.

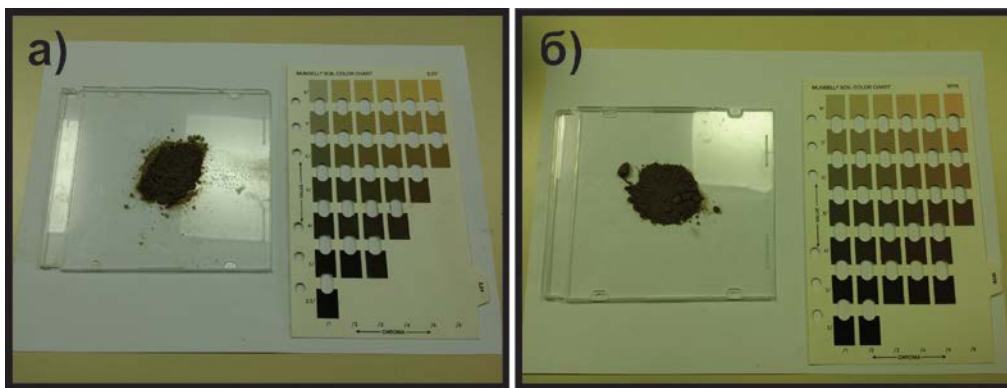
Узорци из правилно и детаљно припремљеног и очишћеног профила на локалитету Орловат узимани су у интервалима на сваких 5 cm од топографске површине. Укупан број узетих узорака за палеопедолошка истраживања износио је 195. Узорковање педокомплекса V-S5 на профилу Дукатар вршено је у већој резолуцији, у интервалима на свака 3 cm од подинског дела V-L5 хоризонта, преко повлатног дела А хоризонта па до Ск хоризонта у базном делу овог изузетно рубификованог палеоземљишта, при чему је укупан број узетих узорака за палеопедолошка истраживања износио 100. Неопходно је било уклонити извесну количину колувијалног материјала који је маскирао добар део овог хоризонта. Такође, приликом узорковања овог педохоризонта посебна пажња је била да се избегне контакт са распрострањеним карбонатним конкрецијама како би се добили валидни резултати након лабораторијских анализа (Прилог 15).



Прилог 15. Припрема педокомплекса V-S5 на профилу
Дукатар за узорковање (Фото: Т. Лукић)

2.3. Одређивање боје лесно-палеоземљишних секвенци

Боја лесно-палеоземљишних седимената одређена је применом Манселовог каталога боја земљишта (Munsell Soil Color Chart) (Munsell Color Company, 2000). Одређивање боје је извршено услед осветљености каталога у условима дифузне дневне светлости (за узорке у влажном и сувом стању). Боја седимената одређена је прво у влажном стању (Прилог 16-а), а након сушења узорака и у сувом стању (Прилог 16-б).



Прилог 16. Одређивање боје седимената помоћу Манселовог каталога за узорке у (а) влажном и (б) сувом стању (Фото: Т. Лукић)

Потом су суви узорци уситњени у порцеланском авану (Прилог 17), а рефлективност боја лесних и палеоземљишних узорака одређена је инструментално, помоћу тристимулусног колориметра: KONICA MINOLTA CHROMA meter CR-400 (Прилог 18).

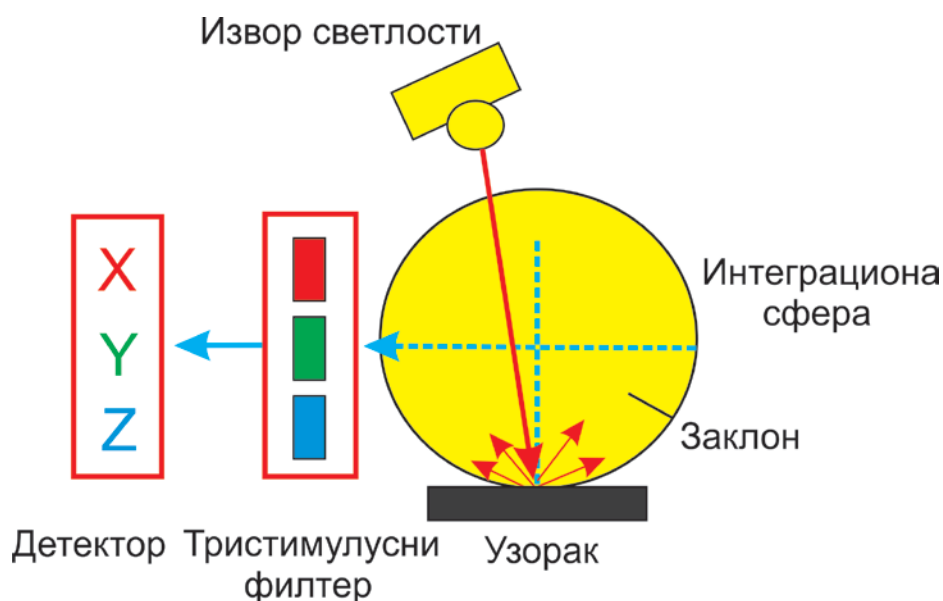


Прилог 17. Ситњење сувих узорака у лабораторији за палеоеколошку реконструкцију (LAPER) (Фото: Т. Лукић)



Прилог 18. Трестимулусни колориметар - KONICA MINOLTA CHROMA meter CR-400 (<http://www.konicaminolta.eu/>)

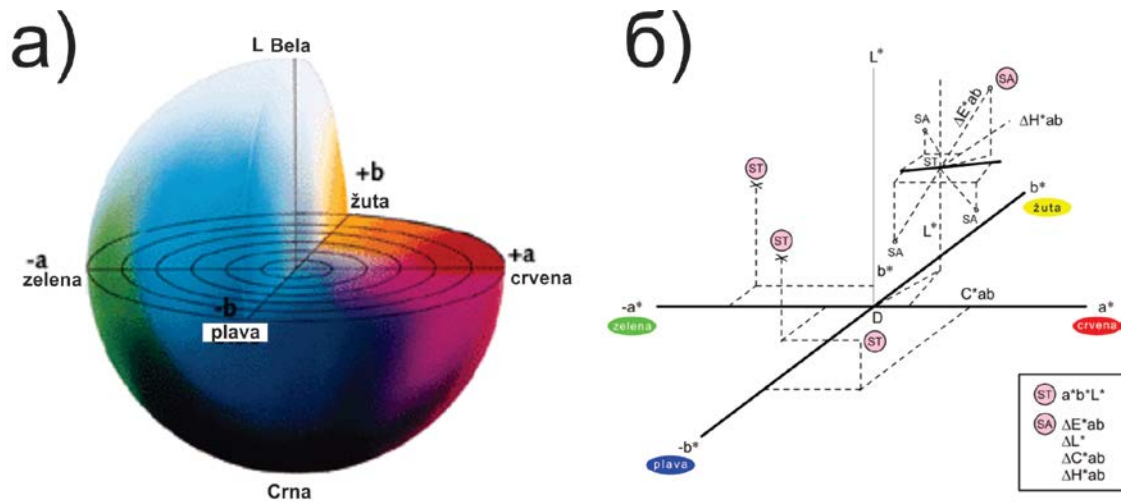
Инструмент је калибрисан према стандарду: $C \ Y \ 93.4 \ X \ .3134 \ y \ .3198$, при чему је коришћен наставка за мерење прашкастих узорака (GRANULAR-MATERIALS ATTACHMENT CR-A50). Трестимулусни колориметар је инструмент који може да мери боје преко трестимулусних вредности под фиксираним условима као што су извор светлости и стандардни посматрач. Овај инструмент је изузетно погодан за квантитативно одређивање разлике у боји између два узорка. Основни делови су извор светлости, интегрисана сфера и детектор (Прилог 19). Осим тога инструмент садржи и 3 до 4 филтера како би одређивање боје било што приближније СИЕ (Интернационална комисија за осветљење) функцијама (Ђуришић et al., 2007).



Прилог 19. Тристимулусни колориметар – основни делови
(модификовано према Đurišić et al., 2007)

Како би се елиминисале евентуалне грешке при мерењу и омогућили што прецизнији резултати, сваки лесно-палеоземљишни узорак мерен је по четири пута. Овим поступком укупан број инструменталних мерења износио је 780 за профил Орловат, односно 400 за профил Дукатар. Након тога су израчунате просечне вредности за сваки анализирани узорак у поступку инструменталног мерења.

Вредности боја измерене помоћу тристимулусног колориметра дате су у CIE L^* , a^* , b^* колорном систему. Као што је напоменуто у претходном поглављу, CIE L^* , a^* , b^* систем је промовисан од стране CIE 1976. године у циљу успостављања стандардне и приближно униформне скале за одређивање боје која би могла да се користи у свим областима, и како би се на тај начин омогућило и олакшало упоређивање различитих мерења. У овом колорном систему L^* координата означава светлоћу (0 за црну боју, а 100 за дифузно белу), док a^* и b^* представљају координате хроматичности (варирају од -120 до $+120$), и означавају правце боја у тродимензионалном правоугаоном координатном систему (Прилог 20-а). Позитивне $+a^*$ вредности се односе на удео црвене, а негативне ($-a^*$) на удео зелене боје. Са друге стране, позитивне вредности за $+b^*$ се односе на удео жуте, а негативне ($-b^*$) на удео плаве боје (Прилог 20- а и б). Што су вредности a^* и b^* бројчано веће (у апсолутном смислу), већи је и удео одговарајућих примарних боја у боји мереног објекта (Popov-Raljić, 2013).



Прилог 20. Координатни CIE $L^*a^*b^*$ систем боја (а) и графички приказ одређивања боје по CIE $L^* a^*b^*$ систему (б)
(модификовано према Popov-Raljić, 2013)

По допремању у лабораторију, узорци из пажљиво спакованих и обележених пластичних врећа на терену одлагани су у мање Петријеве посуде. За потребе одређивања боје узимано је од 3 g до 5 g узорка. Тако припремљени узорци квашени су дестилованом водом како би се одредила боја у влажном стању. Узорци су затим стављени у сушилицу где су сушени на константној температури од 39° C у временском интервалу од 12 часова. Након сушења одређена је и боја седимената у сувом стању (Прилог 21).



Прилог 21. Припрема узорака за лабораторијско одређивање боје у влажном и сувом стању (Фото: Т. Лукић)

Манселов каталог боја земљишта у основи садржи два система: дескриптивни опис боје и квантитативну ознаку боје. Сумарна квантитативна ознака боје земљишта састоји се од три елемента:

1. **Врста боје (hue)** – одговара доминантној спектралној боји и означава се великим латиничним словом којим почиње енглески назив боје;
2. **Јачина боје (value)** – односи се на нијансу и креће се од 0 (потпуно тамна) до 10 (потпуно светла);
3. **Израженост боје (chroma)** – односи се на релативну чистоћу једне од спектралних боја и означава се одговарајућим бројем (Миљковић, 1996).

Боје одређене у влажном и сувом стању коришћене су за израчунавање вредности рубификације (*RI*) и меланизације (*MI*). Меланизација и рубификација представљају саставни део индекса развоја земљишта (*Soil Development Indeks-SDI*). Ови индекси конвертују карактеристике земљишта описане на терену у нумеричке податке како би се оценио развој одређених особина у односу на матичну стену (Harden, 1982).

Рубификација (*RI*), као индекс развоја земљишта дефинише се као: "пептизација аморфног хидроксида гвожђа и формирање ситних кристала гетита и хематита... суспендованих у земљишту, дају му тако светло црвену боју" (Kubiena, 1970, pp 109,140). Рубификација се заправо исказује у промени врсте (*hue*) и изражености (*chroma*) боје (Kubiena, 1970). Према Лукићу и сарадницима (Lukić et al., 2014a) интензитет рубификације одражава формацију кристала хематита и његову заступљеност у матрици земљишта, што самом земљишту даје светло црвену боју.

Меланизација (*MI*) се дефинише као потамњивање земљишта које настаје као резултат нагомилавања органске материје. Овај показатељ заправо указује на акумулацију хумуса и хуминских супстанци у самом земљишту (Lukić et al., 2014a). Меланизација показује смањење јачине боје (*value*) земљишта у односу на јачину боје матичне стене.

Израчунавање индекса развоја земљишта разрадила је Харден (Harden, 1982) и Харден и Тејлор (Harden and Taylor, 1983). У овом раду коришћена је шема Тејлора (Taylor, 1988) јер је олакшана квантификација и калкулација индекса (Vidić and Lobnik, 1997).

Евалуација матичне стене при одеђивању *SDI* од великог је значаја. Приликом израчунавања одређен је стандардни матични седимент, јер је било могуће утврдити промене на њему у читавом профилу (Botha and Porat, 2007). За матични седимент узет је лес јер је на

њему (као матичном супстрату) формирано палеоземљиште чије су вредности рубификације и меланизације израчунате.

У израчунавању вредности рубификације и меланизације свакој разлици у врсти, јачини и изражености боје узорка у односу на матични супстрат је додељен тачно одређен број поена. Према Тејлоровој шеми (Taylor, 1988) свака добијена вредност се нормализује дељењем са теоријском максималном вредности за дату карактеристику како би се добила скала која се креће од 0 до 1 (Harden, 1982; Vidić and Lobnik, 1997). У овој студији светложута боја леса представља изворни материјал за формирање земљишта.

Боје одређене коришћењем Манселовог каталога боја земљишта су кодиране. Наиме, за сваку врсту боје додељена је одређена вредност: 5Y=0, 2,5Y=1, 10YR=2, 7,5YR=3, 5YR=4, 2,5YR=5, 10R=6 и 5R=7. Вредности јачине и изражености боје из Манселовог каталога боја земљишта остале су непромењене.

Разлика у боји сваког узорка и матичног материјала квантификована је тако што је од вредности за сваки елемент боје узорка одузета иста вредност матичног материјала и помножена са 10. Одговарајуће вредности за сваки узорак су сабране како би се добиле нумеричке вредности рубификације и меланизације према поступку који су изложили Видић и Лобник (Vidić and Lobnik, 1997). За сваку компоненту боје у влажном и сувом стању израчунавање је вршено на следећи начин:

Врста боје (hue) у влажном стању узорка - Врста боје (hue) у влажном стању леса и палеоземљишта:

$$(2-1) \cdot 10 = 10$$

Јачина боје (value) у влажном стању узорка - Јачина боје (value) у влажном стању леса и палеоземљишта:

$$(3-6) \cdot 10 = -30$$

Израженост боје (chroma) у влажном стању узорка - Израженост боје (chroma) у влажном стању леса и палеоземљишта:

$$(2-4) \cdot 10 = -20$$

У посебне колоне уписиване су позитивне (+) и негативне вредности (-) за све елементе боје. Потом су све позитивне вредности сабране како би се добио нумерички израз рубификације, као и негативне вредности за меланизацију (Прилог 22).

Орловат				Боја у влажном стању				Боја у сувом стању				Кодирани боје за рубификацију (+)				и меланизацију (-)				Израчунати индекси	
Број узорака	Влажно стање	Суво стање	Дубина профила	hue	value	chroma	hue	value	chroma	Влажно hue (+)	Влажно value (+)	Влажно chroma (+)	Суви hue (-)	Суви value (-)	Суви chroma (-)	Рубификација DR (+)	Меланизација OM (-)				
1	10PR4/4	2.5Y7/4	0	2	4	4	1	7	4	10	0	0	0	0	0	0	10	-10			
2	10PR4/6	2.5Y7/4	0.05	2	4	6	1	7	4	10	0	-10	20	0	0	0	30	-10			
3	10PR4/6	2.5Y6/4	0.1	2	4	6	1	6	4	10	0	-10	20	0	0	0	30	-20			
4	2.5Y5/4	2.5Y7/3	0.15	1	5	4	1	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	-10			
5	2.5Y4/3	2.5Y6/4	0.2	1	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10			
6	2.5Y4/4	2.5Y6/4	0.25	1	4	4	0	0	0	0	0	-10	0	0	0	0	0	-20			
7	2.5Y5/4	2.5Y6/4	0.3	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-10			
8	2.5Y4/4	10PR5/4	0.35	1	4	4	0	0	0	0	-10	0	0	0	0	0	0	-30			
9	2.5Y5/4	2.5Y7/4	0.4	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	10PR4/3	2.5Y5/4	0.45	2	4	3	1	5	4	0	0	-10	0	0	0	0	0	-40			
11	2.5Y4/3	10PR5/4	0.5	2	4	3	2	5	4	0	0	-10	0	0	0	0	0	-40			
12	10PR4/3	10PR5/4	0.55	2	4	3	2	5	4	0	0	-10	0	0	0	0	0	-40			
13	10PR4/4	10PR6/3	0.6	2	4	4	2	6	3	0	0	-10	0	0	0	0	0	-30			
14	10PR4/3	10PR6/3	0.65	2	4	3	2	6	3	0	0	-10	0	0	0	0	0	-40			
15	10PR4/4	10PR5/3	0.7	2	4	4	2	5	3	0	0	-10	0	0	0	0	0	-40			
16	10PR3/3	10PR5/4	0.75	2	3	3	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-50			
17	10PR3/4	10PR5/4	0.8	2	3	4	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-40			
18	10PR3/3	10PR5/3	0.85	2	3	3	2	5	3	0	0	-20	0	0	0	0	0	-60			
19	10PR3/3	10PR4/4	0.9	2	3	3	2	4	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-60			
20	10PR3/3	10PR4/4	0.95	2	3	3	2	4	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-60			
21	10PR3/4	2.5Y5/4	1	2	3	4	1	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-40			
22	10PR3/3	10PR6/4	1.05	2	3	3	2	6	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-40			
23	10PR3/4	10PR5/4	1.1	2	3	4	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-40			
24	10PR3/4	10PR5/4	1.15	2	3	4	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-40			
25	10PR3/3	10PR4/4	1.2	2	3	3	2	4	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-60			
26	10PR3/3	10PR4/3	1.25	2	3	3	2	4	3	0	0	-20	0	0	0	0	0	-70			
27	10PR3/3	10PR3/4	1.3	2	3	3	2	3	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-70			
28	10PR3/4	10PR4/4	1.35	2	3	4	2	4	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-50			
29	10PR3/4	10PR5/3	1.4	2	3	4	2	5	3	0	0	-20	0	0	0	0	0	-50			
30	10PR3/6	10PR5/4	1.45	2	3	6	2	5	4	0	0	-20	20	0	0	0	0	-40			
31	10PR3/4	10PR5/4	1.5	2	4	4	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-40			
32	10PR3/3	10PR5/3	1.55	2	3	3	2	5	3	0	0	-20	0	0	0	0	0	-60			
33	10PR3/3	10PR5/4	1.6	2	3	3	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-50			
34	10PR3/3	10PR4/3	1.65	2	3	3	2	4	3	0	0	-20	0	0	0	0	0	-70			
35	10PR3/3	10PR5/4	1.7	2	3	3	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-50			
36	10PR3/3	10PR5/4	1.75	2	3	3	2	5	4	0	0	-20	0	0	0	0	0	-50			

Прилог 22. Пример израчунавања индекса рубификације и меланизације у Microsoft Excel матрици

Као алтернативни показатељ црвенила земљишта (рубификације) и промене у садржају хематита, послужио је индекс црвенила земљишта (RII). Овај индекс, који се користи за процену садржаја хематита у земљиштима израчунат је према формули коју су изложили Барон и Торент (Barron and Torrent, 1986) и Вискара Росел и сарадници (Viscarra Rossel et al., 2006). Барон и Торент (Barron and Torrent, 1986) су у неколико узорака земљишта без оскида гвожђа додали различите количине хематита и гетита. Из ових синтетичких мешавина, извели су индекс црвенила земљишта (RII) и дефинисали га као теоријску функцију између црвенила земљишта услед присуства хематита и вредности боја у L^* , a^* , b^* систему боја, користећи Кубелка-Мункову (Kubelka-Munk) теорију (базирану на техници одређивања боје хематита присутног у мешавинама):

$$RII = \frac{L(a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \times 10^{8.2}}{b^* L^6}$$

где RII представља једноставан мултипликативни индекс у којем се свакој од варијабли из СИЕ L^* , a^* , b^* система боја додељује одређени експонент. Према истраживању Барона и Торента (Barron and Torrent, 1986), експоненти додељени свакој од варијабли из горе наведеног обрасца предстаљају максималне корелативне вредности утврђене између црвенила земљишта (RII) и садржаја хематита.

Вредновање/рангирање црвенила земљишта (RR) извршено је за изразито рубификовано палеоземљиште V-S5 са профила Дукатар (Тителски лесни плато). Овај показатељ се користи приликом конверзије боја одређених помоћу Манселовог каталога боја земљишта при чему се изражава помоћу обрасца дефинисаног од стране Торента (Torrent, 1980):

$$RR = \frac{(10 - H) \times C}{V}$$

где су C и V нумеричке вредности изражености (chroma) и јачине (value) боје одређене на основу Манселовог каталога боја земљишта, док H представља ознаку која претходи YR врсти боје (hue) у Манселовом каталогу боја земљишта при чему за $10YR$ она износи 10, док за $10R$ износи 0. Овај показатељ се користи за семиквантитативно одређивање садржаја хематита у земљишту.

2.4. Одређивање магнетног суцептибилитета лесно-палеоземљишних секвенци

Као што је напоменуто у претходном поглављу, магнетни суцептибилитет (k) представља подложност намагнетисању неке супстанце, при чему генерално постоје две врсте магнетизације: индукована и реманентна. Када се неки материјал изложи магнетном пољу (H) одређене јачине он добија индуковано намагнетисање (M). Веза између ова два израза је магнетни суцептибилитет (k). Он представља бездимензиону вредност.

$$M = k \cdot H ; \quad k = \frac{M}{H}$$

Масени суцептибилитет (χ) се добија када магнетни суцептибилитет (k) делимо са специфичном запремином, односно густином датог материјала. Масени суцептибилитет има јединицу реципрочну густини $\text{m}^3/\text{kg}^{-1}$ (Evans and Heller, 2003).

$$\chi = \frac{k}{\rho}$$

Мерење стенског магнетизма укључује одређивање магнетне суцептибилности у пољу ниске фреквенције и магнетне суцептибилности зависне од фреквенције. За потребе ове студије, магнетна суцептибилност (χ) у пољу ниске фреквенције ($10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$) (за профил Орловат) мерена је у пољу од 300 A/m^{-1} на фреквенцији од 920 Hz помоћу апарата KLY-3-Spinner-Карра-Bridge (AGICO, Брно, Чешка). Осетљивост инструмента износи до 3×10^{-8} (SI). Магнетна суцептибилност зависна од фреквенције ($\chi_{fd}(\%)$) одређена је помоћу MAGNON Susceptibility Bridge (MAGNON, Дасел, Немачка) у АС пољу од 300 A/m^{-1} на $0,3$ и 3 kHz ($\chi_{fd}(\%) = [\chi(0,3 \text{ kHz}) - \chi(3 \text{ kHz})] / \chi(0,3 \text{ kHz}) \times 100 (\%)$) у Палеомагнетној лабораторији при Катедри за геоморфологију Универзитета у Бајроту, у Немачкој.

χ и χ_{fd} имају широку примену у лесно-палеоземљишним студијама као показатељи интензитета педогенезе. χ одражава концентрацију и гранулометријску дистрибуцију феромагнетних минерала, док суцептибилност зависна од фреквенције χ_{fd} представља меру за релативно учешће супер-парамагнетних феромагнетика који су близу суперпарамагнетном прагу једнодоменског зрна и углавном се користи као показатељ за искључиво педогенетски формирану фракцију феромагнетика (Buggle et al., 2009, 2014; Lukić et al., 2014a). Магнетни суцептибилитет (χ_{lf}) у пољу ниске фреквенције ($10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$) за педохоризонт V-S5 са профила Дукатар измерен је у лабораторији Групе за истраживање леса, на Департману за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичком факултету, Универзитету у Новом Саду употребом инструмента Bartington MS2, максималне резолуције од 2×10^{-6} SI и оперативне фреквенције од $0,465 \text{kHz} \pm 1\%$ (Прилог 23). Узорци су након ваздушног сушења паковани у прозирне ненамагнетисане кутијице димензије $2 \times 2 \times 2$ cm, након чега се приступило мерењу магнетног суцептибилитета. Магнетни суцептибилитет мерен у пољу ниске фреквенције нормализован је у односу на масу измерених палеоземљишних узорака.



Прилог 23. Bartington MS2 фреквенцијски сензор и дисплеј

(<http://www.bartington.com/ms3.html>)

2.5. Приказ коришћених статистичких метода

Дескриптивна статистика

Дескриптивна статистичка анализа примењена је за израчунавање просечних вредности измерених узорака лесно-палеоземљишних секвенци након инструменталних мерења. Овом приликом израчуната је аритметичка средина. Аритметичка средина је иначе једна од најчешћих и најпознатијих мера „просека”. Основна формула за израчунавање аритметичке средине је:

$$M = \frac{\sum X}{N}$$

где M представља аритметичку средину, $\sum X$ суму резултата од првог до последњег, док N представља број резултата (Турјачанин и сарадници, 2006).

Проста линеарна регресија

Употребом регресионих модела се може оценити како се мења једна променљива под утицајем промене друге променљиве. Ако се посматрају две појаве и ако између њих постоји корелациона (стохастичка, статистичка) веза, при чему се оригиналним паровима вредности обележја ових појава може добро прилагодити линеарна функција (права линија), онда се говори о простој линеарној регресији или простој праволинијској регресији (Стојковић, 2008) где је суштина стохастичке везе следећа:

$$Y = f(x)$$

При посматрању временске серије у неком x/y координатном систему, може се уочити постојање одређене тенденције у тој серији. Таква тенденција у временској серији се назива тренд. Најједноставнија оцена тенденције у временској серији јесте праволинијска, која дефинише постојање раста, опадања или стагнације испитиване појаве. На тај начин одређује се постојање праволинијског или линеарног тренда који се изражава помоћу формуле:

$$y = ax + b$$

где је y вредност функције, x варијабла, a нагиб, док b представља тачку пресека са y -осом.

Модел линеарног тренда приказује линеарно кретање вредности посматраног низа кроз временски период и оно може бити позитивно или негативно. Позитивна веза настаје у случају ако са порастом вредности обележја независне променљиве (варијабле), расте и вредност зависне променљиве. Негативна веза настаје када са порастом вредности обележја независне променљиве опада вредност обележја зависне променљиве (Пантелић, 2012).

Коефицијент корелације

Коефицијент корелације између две случајне варијабле x и y , са средњим вредностима \bar{x} и \bar{y} и стандардним девијацијама σ_x и σ_y , дефинише се помоћу формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sigma_{xy}^2}{\sqrt{\sigma_{xx}^2 \sigma_{yy}^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Коефицијент корелације показује степен линеарне зависности између посматраних варијабли. Уколико су вредности r ближе 1 или -1, већа је корелација између испитиваних варијабли. У случају да је вредност једнака или приближна 0, варијабле су независне једна од друге, али обрнути случај није увек искључиво тачан (односно ако су две варијабле зависне њихов коефицијент корелације може бити 0), из разлога што коефицијент корелације дефинише једино линеарну зависност између варијабли.

За испитивање линеарне зависности две варијабле коришћен је квадратни коефицијент корелације (r^2), који је дефинисан формулом:

$$r_{xy}^2 = \frac{\sigma_{xy}^4}{\sigma_{xx}^2 \sigma_{yy}^2} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

У овом случају, вредност r^2 између две варијабле увек мора бити позитивна (Wilks, 2006).

За статистичку обраду података (регресиона анализа, коефицијент корелације) добијених лабораторијским анализама коришћени су софтверски пакети Microsoft Excel, XLSTAT и STATISTICA. Наведене методе су примењене приликом испитивања односа између χ_{fd} и RII и χ_{lf} и RR .

Хистограм

Хистограм – стубичасти графикон, представља графичку презентацију фреквенције појаве испитиваних вредности. Овај метод омогућава груписање случајева зависне варијабле у одређене класе које су ограничене нумеричким интервалима. Број класа хистограма, као и број случајева у једној класи, зависи од природе података које сачињавају испитивану зависну варијаблу (Wilks, 2006).

Уколико хистограм, који дефинише распоред опсервираних вредности по одређеним категоријама (класама), означимо са m_i , затим укупан број опсервација са n , а да ознака k представља укупан број класа, може се извести следећи образац (Scott, 1979):

$$n = \sum_{i=1}^k m_i$$

За потребе ове студије графичка презентација фреквенције појаве испитиваних вредности примењена је на измерене вредности колориметријских показатеља из СИЕ L^* , a^* , b^* система као и измерених вредности χ_{fd} и χ_{lf} .

3. РЕЗУЛТАТИ

У овом поглављу ће бити представљена лито и педостратиграфија, резултати колориметријских мерења и корелација израчунатих индекса боје испитиваних лесно-палеоземљишних секвенци са измереним вредностима магнетног суцептибилитета као показатеља интензитета педогенезе услед палеоклиматских и палеоеколошких промена.

3.1. Стратиграфија

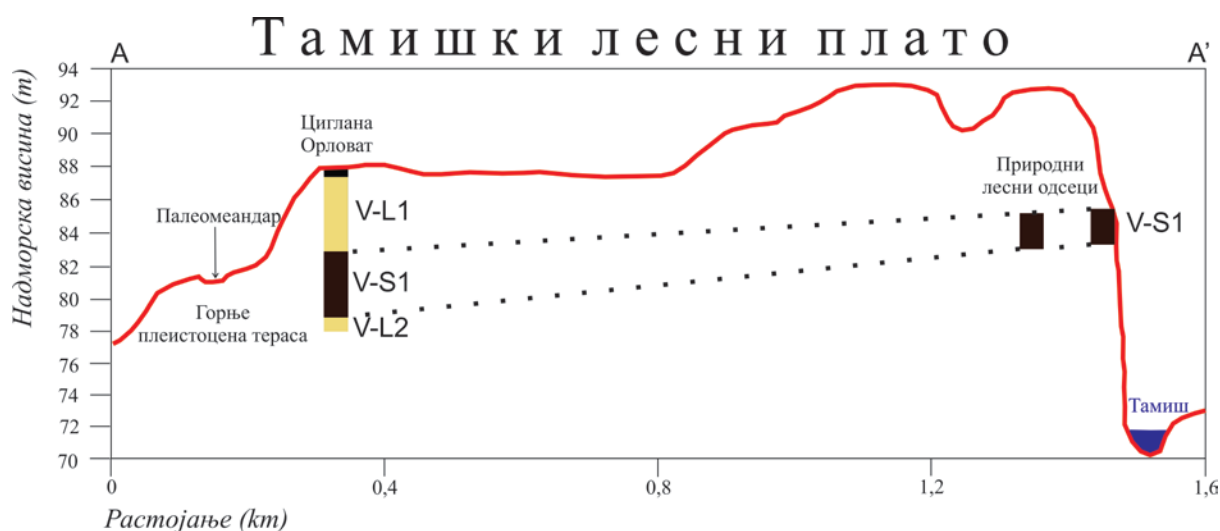
Литолошке јединице, односно лесно-палеоземљишни хоризонти носе ознаку „S” која означава палеоземљиште, односно ознаку „L” која симболизује лесни хоризонт. Ове ознаке изведене су према узору на кинески лесно-стратиграфски модел (Kukla, 1987; Kukla and Ann, 1989).

Савремена стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних секвенци на простору наше земље дефинисана је од стране Марковића и сарадника (Marković et al., 2008). Стратиграфска номенклатура лесно-палеоземљишних слојева на територији Војводине, са префиксом „SL” представља ознаку референтног профила у Старом Сланкамену. Међутим, касније је ова стратиграфска номенклатура модификована на тај начин што је префикс „SL” промењен у префикс „V” како би се избегле евентуалне грешке и забуне. Префикс „V” представља референцу стандардне плеистоцене лесно-палеоземљишне стратиграфије у Војводини (Marković et al., 2008). Литолошке јединице нумерисане су на основу повећања старости датих хоризоната. Стратиграфски модел лесно-палеоземљишних секвенци на простору Војводине заснован је на резултатима интердисциплинарних истраживања различитих локалитета (e.g. Marković et al., 2005, 2006, 2007, 2009, 2011, 2012; Buggle et al., 2008, 2009; 2014; Antoine et al., 2009; Bokhorst et al., 2009; Schmidt et al., 2010; Stevens et al., 2011; Liu et al., 2013; Zech et al., 2013).

3.2. Профил Орловат- циглана

Профил Орловат- циглана се налази на Тамишком лесном платоу и његов положај га чини најисточнијим лесним профилем истраженим у нашој земљи (Карта 4). Географски положај ове секције пружа јединствену могућност реконструкције климатских и еколошких услова у прелазној области између Панонског басена и западних Карпата (Marković et al., 2014).

Тамишки лесни плато је најмањи лесни плато у Војводини и пружа се између насеља Ечка, Ботош, Орловат и Фаркаждин као мало узвишење између алувијалне равни Тамиша, палеоканала Петре на западу и палеоканала Шозов на северу (Карта 4 и Прилог 24). Поменути палеоканали су реликти некадашње активности реке Тисе. Хидроморфометријски параметри фосилног канала Петра и данашњи меандри реке Тисе у сагласности су са претпоставком да су Бегеј, или пак Тамиш текли овим током након што је Тиса мигрирала на запад (Porov et al., 2008, 2012a, 2012b).



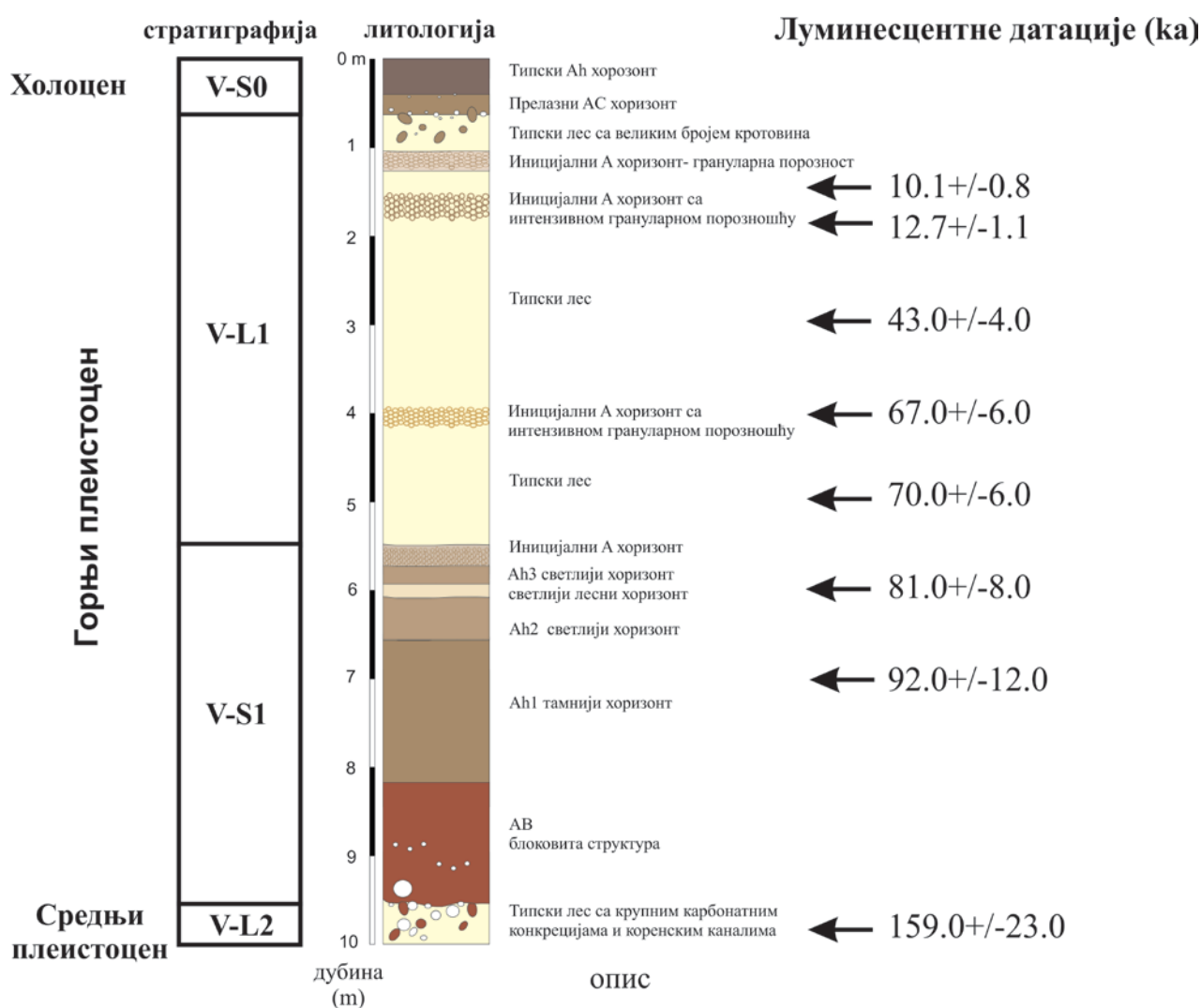
Прилог 24. Топографски профил Тамишке лесне заравни од Орловата до реке Тамиш (потес профила од А до А' приказан је на карти 4)(модификовано према Marković et al., 2014)

Секвенца Орловат има укупну моћност око 10 m (Прилог 25). Она обухвата лесну јединицу последњег глацијала (V-L1) и палеоземљишну јединицу последњег интерглацијала (V-S1), док је лесна јединица V-L2 представљена са хоризонтом моћности свега 100 cm у базном делу профила. Лесни хоризонт V-L2 карактерише светло жуто браон боја (2,5Y5/3) са бројним карбонатним конкрецијама и коренским каналима.

Палеоземљиште V-S1 моћности је 400 cm, док лесни хоризонт V-L1 у повлати има дебљину од 405 cm. Снажна седиментолошка промена видљива је на контакту палеоземљишта V-S1 са старијим лесним хоризонтом V-L2, као и са млађим лесним чланом V-L1. Базални део фосилног земљишта представљен је АВ хоризонтом блоковске структуре, који из маслинасто браон хоризонта (2,5Y4/3) прелази у светло маслинасто браон хоризонт (2,5Y5/4 и 2,5Y5/6), а потом и у три Ah хоризонта. Горњи слој педокомплекса чине светло, жућкасто браон лесолики хоризонт, зрнасти Ah3 хоризонт и на врху слабо развијени А хоризонт (Прилог 25) (Marković et al., 2014).

Лесни хоризонт V-L1 представљен је типичним, порозним лесом светло жуте боје (2,5Y6/4). За разлику од других лесних профила у Војводини, слабо развијено интерстадијално земљиште V-L1S1 није уочено на профилу у Орловату. Лесни хоризонт представљен је масивним јединственим лесним наслагама са танким иницијалним педогенетским хоризонтом у средини, и слабо развијеним педогенетским хоризонтом непосредно испод рецентног земљишта V-S0 (Marković et al., 2014).

Рецентно (холоцено) земљиште V-S0 налази се на врху истраживане секције. Његова моћност износи 75 cm и обухвата горњи степски Ah хоризонт и доњи прелазни AC хоризонт са малим сферним карбонатним конкрецијама. У горњим деловима присутне су бројне кротовине (Прилог 25) (Marković et al., 2014).

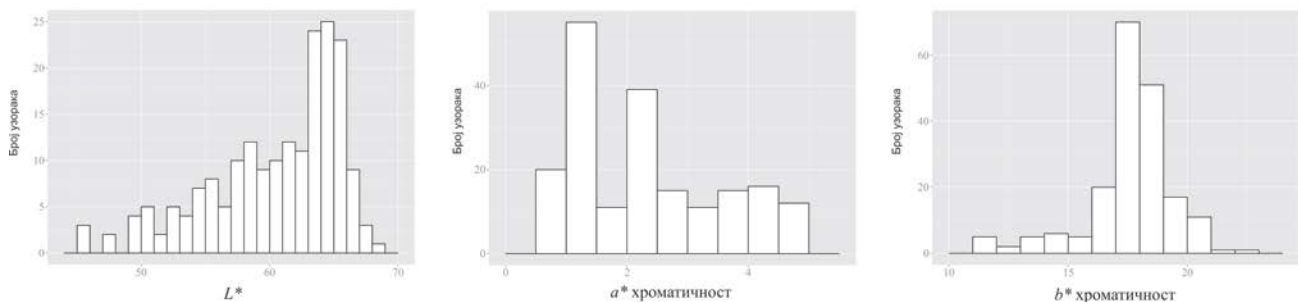


Прилог 25. Лито и педостратиграфија секције Орловат-циглана (модификовано према Lukić et al., 2014a). Луминесцентне датације са десне стране прилога представљају резултате истраживања изложених од стране Марковића и сарадника (Marković et al., 2014)

Хроностратиграфски модел локалитета Орловат, изложен од стране Марковића и сарадника (Marković et al., 2014) омогућава корелацију између земљишта последњег интергласијала V-S1 са маринским изотопским стадијумом 5 (MIS¹ 5), као и последњег гласијалног леса V-L1 са MIS 2-4. На свим лесно-палеоземљишним профилима проучаваним до сада на простору Војводине, лесна јединица последњег гласијала раздвојена је са слабо развијеним интерстадијалним педокомплексом V-L1S1 формираним током MIS 3. Ово интерстадијално земљиште није откривено на испитиваној секцији представљеној у овој студији.

Ова констатација подржана је на основу резултата луминесцентног датирања. Генерално гледано, датације хоризоната (које проистичу из луминесцентног датирања) су веома конзистентне са изложеном стратиграфском шемом (као што се може видети у интервалу између 5,5 и 7 m дубине). Слабо развијена иницијална палеоземљишта која су типичне педолошке формације раног Вајксела (Weichsel) одговарају датацијама од приближно 81-92 ka пре садашњице.

Када је реч о индикаторима боје и магнетном сусцептибилитету, на основу прилога (Прилог 27) могу се уочити варијације боја лесно-палеоземљишног профила Орловат које се јављају са променом дубине. На хистограмима у прилогу 26 приказана је дистрибуција резултата колориметријских мерења L^* , a^* и b^* параметара за профил Орловат-циглана.



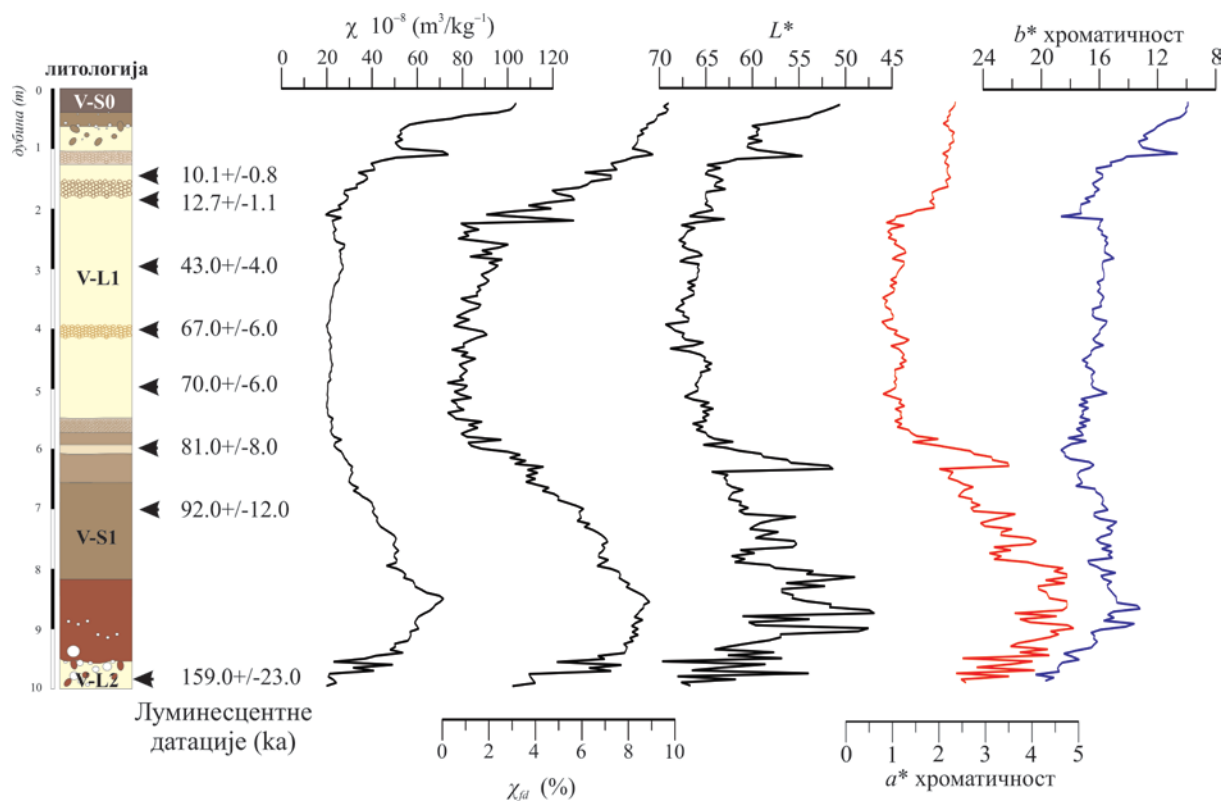
Прилог 26. Хистограми резултата колориметријских мерења за L^* светлоћу и a^* , b^* хроматичност профила Орловат-циглана

На основу колориметријске анализе запажено је да су L^* вредности више код лесних хоризоната у односу на палеоземљишта, што у великој мери кореспондира са опсервацијом да су лесни хоризонти генерално светлији од палеоземљишта. Рецентно земљиште V-S0 у контакту са лесом V-L1 показује релативно ниске L^* вредности (око 49), што одражава висок

¹ Марински изотопски стадијуми (Marine Isotope Stage) издвојени су у оквиру SPECMAP-овог палеоклиматског модела заснованог на променама изотопа кисеоника δO^{18} у дубокоморским седиментима (Басарин, 2011).

садржај органског материјала у овом хоризонту. Релативно уједначене и високе L^* вредности (у распону од 63 до 67 јединица) констатоване су у лесном хоризонту V-L1. Ови резултати у великој мери одражавају компактност и униформност овог хоризонта који се одликује ниским садржајем хуминских материја и уједначеном дистрибуцијом карбоната. У доњем делу лесног хоризонта V-L1, на отприлике 5,5 m од врха испитиване секвенце налази се педокомплекс који је настао од иницијалног А хоризонта непосредно изнад фосилног Ah (Ah3) хоризонта, који је светлијом лесном јединицом одвојен од Ah2 хоризонта у подини. Ови прелази између хоризоната јасно се рефлектују кроз флукуације у L^* и a^* колориметријским вредностима (Прилог 27).

Интерглатијално палеоземљиште V-S1 генерално показује ниже вредности у односу на лесну јединицу V-L1, са минималном вредношћу од 45 јединица регистрованој у доњем делу интерглатијалног земљишта. Ово указује на процес излучивања из земљишне матрице који карактерише низак садржај карбоната и већи садржај органске материје. Варијације L^* колориметријских вредности у прелазном делу између хоризонта V-S1 и V-L2 вероватно су последица биотурбација које су карактеристичне за овај део профила.



Прилог 27. L^* a^* b^* колориметријске вредности, магнетни суспендибилитет (χ) и магнетни суспендибилитет зависан од фреквенције (χ_{fd}) лесно-палеоземљишних секвенци у Орловату (колориметријске вредности за L^* и b^* су инвертоване ради боље графичке презентације)

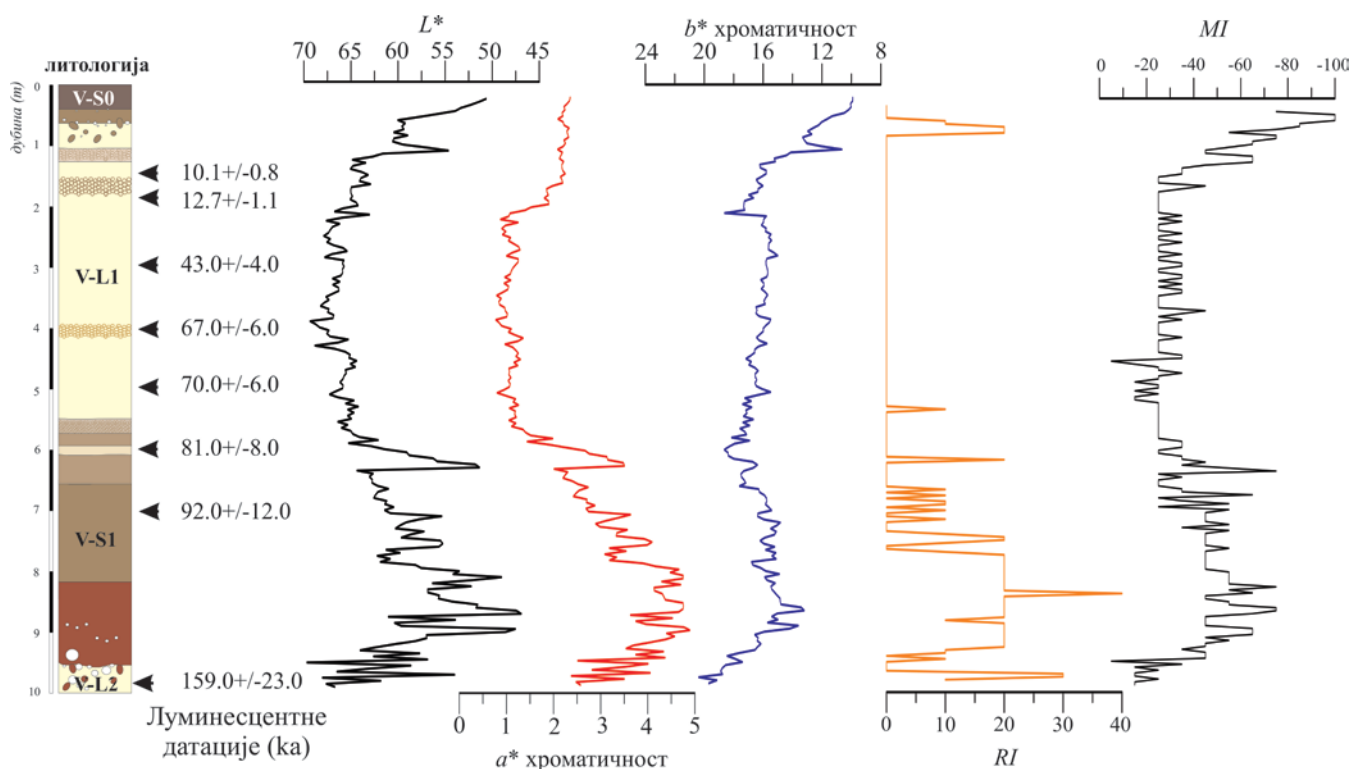
Најизраженија разлика у боји између лесних и палеоземљишних хоризоната која се може уочити на терену проистиче из опсервације да су палеоземљишта тамнија, али и браонкасто-црвенкастија у односу на лес. a^* измерене вредности хроматичности су више у палеоземљиштима него у лесним хоризонтима. У хоризонту рецентног земљишта V-S0, b^* вредности су очигледно ниже него код леса, док су a^* вредности (незнатно) више него леса. Вредности a^* хроматичности показују постепено варирање у распону од 2,5 до 0,9 јединица идући од хоризонта V-S0 до лесног хоризонта V-L1. Најнижа вредност (0,7) регистрована је у средишњем делу хоризонта V-L1. Палеоземљиште V-S1 одликују високе вредности a^* хроматичности (и до пет пута веће него у лесном хоризонту). Вредност a^* хроматичности расте од повлате до подине педокомплекса V-S1. Највеће измерене a^* вредности износе 5 и регистроване су у доњем делу педохоризонта V-S1. Супротно томе, b^* вредности хроматичности показују благи пад ако се иде од врха ка дну испитиваног профила. Прелаз између палеоземљишта V-S1 и лесног хоризонта V-L2 одликују јаке флукуације a^* и b^* вредности услед присуства великог броја коренских канала и карбонатних конкреција (Прилог 27). Уочава се да од палеоземљишног хоризонта V-S1 до лесног хоризонта V-L2 долази до смањивања a^* вредности, док b^* вредности расту. Општа констатација је да измерене вредности хроматичности a^* и b^* показују инверзни однос.

Боја рецентног земљишта V-S0 у влажном стању одређена помоћу Манселовог каталога креће се од веома тамне, жућкасто браон боје (2,5Y3/3) до тамне браон боје (2,5Y5/1) у првих 20 cm. У завршном делу овог хоризонта доминира веома тамна, жућкасто браон боја (2,5Y3/3). Еквиваленти боје у сувом стању имају жућкасто браон (2,5YR4/3), светло браон (10YR6/3) и жућкасто браон боју (2,5Y5/3). Лесни хоризонт V-L1 карактерише се жућкасто браон (2,5Y4/4) у влажном стању и бледо жутом (2,5Y7/3) бојом у сувом стању. Палеоземљиште V-S1 карактерише се заступљеношћу жућкасто браон боје (2,5Y4/4) у влажном стању у повлатним деловима хоризонта, и тамно браон боје (10YR3/4) у базном делу. На дубини од 6,5 m уочене су вредности које карактерише тамнија браон (10YR3/3) у влажном, односно жућкасто браон боја (2,5Y5/3) у сувом стању. На прелазу између АВ хоризонта и V-L2 секвенце регистроване су тамније браон боје (10YR4/6) у влажном и њима еквивалентне бледо жуто браон боје (10YR6/3) у сувом стању. Лес V-L2 у првих 25 cm карактерише се светло зеленкасто браон бојом (2,5Y5/4) у влажном стању и жућкасто браон боја (2,5Y6/4) у сувом стању. У основи V-L2 хоризонта уочена је тамнија (браон) боја леса (10YR4/6) у влажном и жућкасто браон боја (2,5Y6/4) у сувом стању.

Индекси развоја земљишта, рубификација (RI) и меланизација (MI) приказани су у прилогу 28. Индекс рубификације је већи у рецентном (V-S0) и фосилном земљишту (V-S1) где досеже вредности до 40. Лес карактеришу униформне вредности који износе 0. Ова

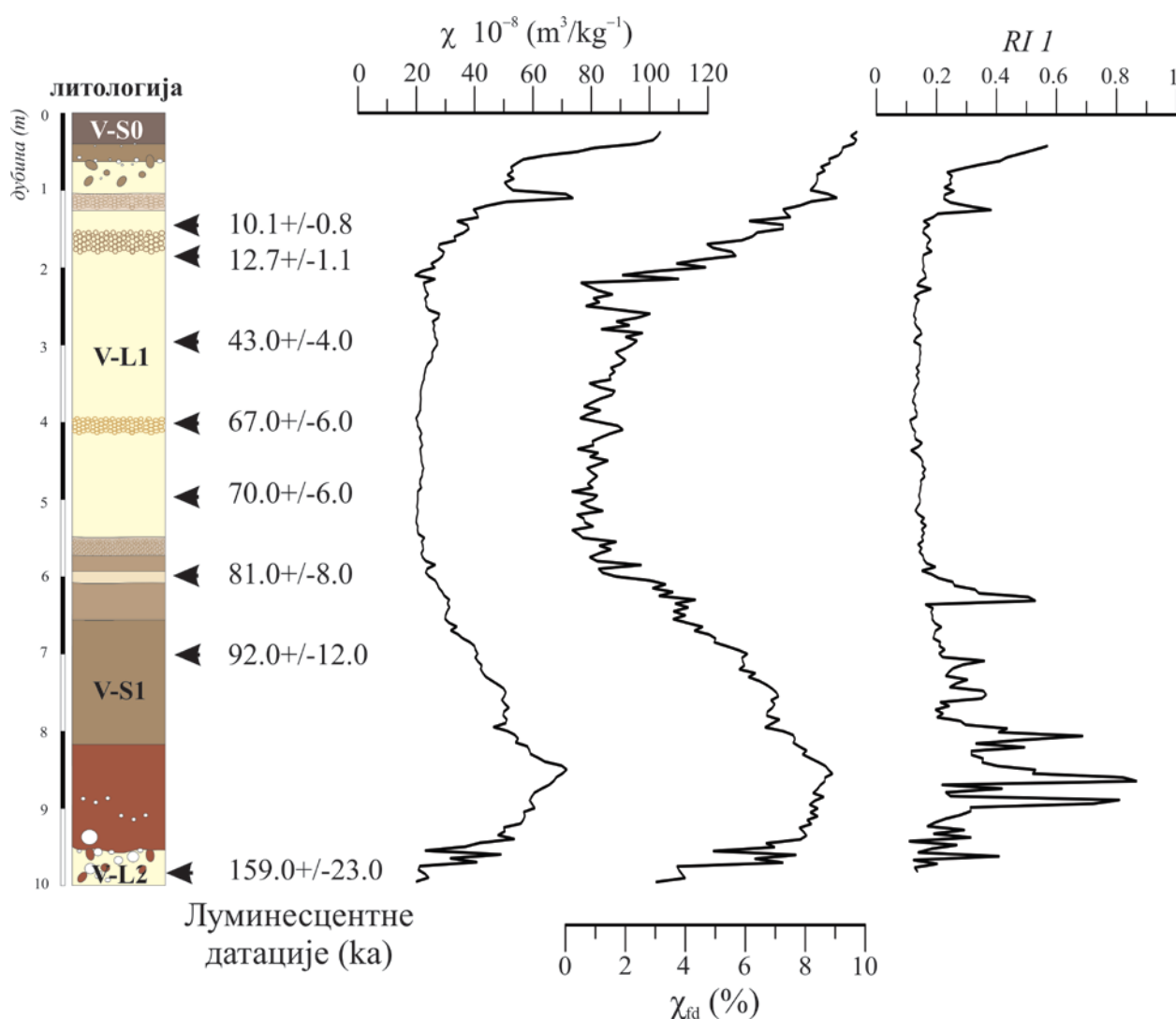
чињеница указује на хомогеност лесног хоризонта V-L1, што је и у складу са изложеним резултатима L^* светлоће и a^* , b^* хроматичности. Највећа вредност RI индекса забележена је у палеоземљишту V-S1.

Индекс меланизације одражава потамњивање земљишта, и као што је у претходним поглављима наглашено у великој мери зависи од садржаја органске материје. Уопштено говорећи, MI вредности су ниске у (фосилним) земљиштима у поређењу са лесом, а најнижа вредност (-95) се јавља у рецентном земљишту због високог садржаја органског угљеника. Хоризонт V-S1 показује вредности MI које се крећу између -40 и -80. RI и MI вредности добијене на основу анализе узорака помоћу Манселовог каталога боја земљишта (посматрањем голим оком) одражавају, односно у великој мери кореспондирају са резултатима који су добијени мерењем вредности a^* хроматичности и L^* светлоће помоћу тристимулусног колориметра. Ове вредности представљају регистроване варијације од рецентног земљишта V-S0 до лесног хоризонта V-L1, од лесног хоризонта V-L1 до палеоземљишта V-S1 и од палеоземљишта V-S1 до лесног хоризонта V-L2 који лежи испод њега.



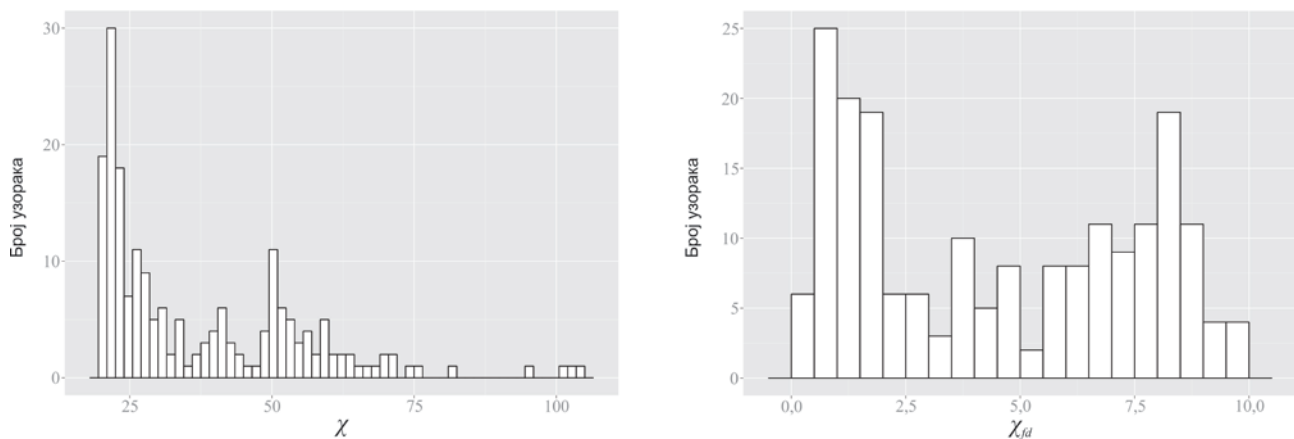
Прилог 28. L^* a^* b^* колориметријске вредности и вредности RI и MI лесно-палеоземљишних секвенци у Орловату (колориметријске вредности за L^* и b^* и меланизацију (MI) су инвертоване ради боље графичке презентације)

Израчунате вредности индекса црвенила (RII), који се према студији Барона и Торента (Barron and Torrent, 1986) дефинише као „показатељ релативних промена садржаја хематита у земљишту” представљене су прилогу 29. Вредности RII показују оштар прелаз између рецентног земљишта V-S0 на врху истраживане секвенце и базалног лесног хоризонта V-L1. Вредности у лесу релативно су ниске и варирају између 0,23 и 0,12 што указује на нижи садржај хематита. У палеоземљишту V-S1 вредности се постепено повећавају према бази овог фосилног земљишта. Највећа регистрована вредност износи 0,86. На прелазу између V-L1 и V-S1 уочава се пораст вредности RII која у доброј мери кореспондира са измереним L^* , a^* и RI вредностима. У базном делу палеоземљишне секвенце V-S1, према V-L2 хоризонту индекс црвенила (RII) показује високу варијабилност која је уочена и код других индекса боје, вероватно због биотурбација.



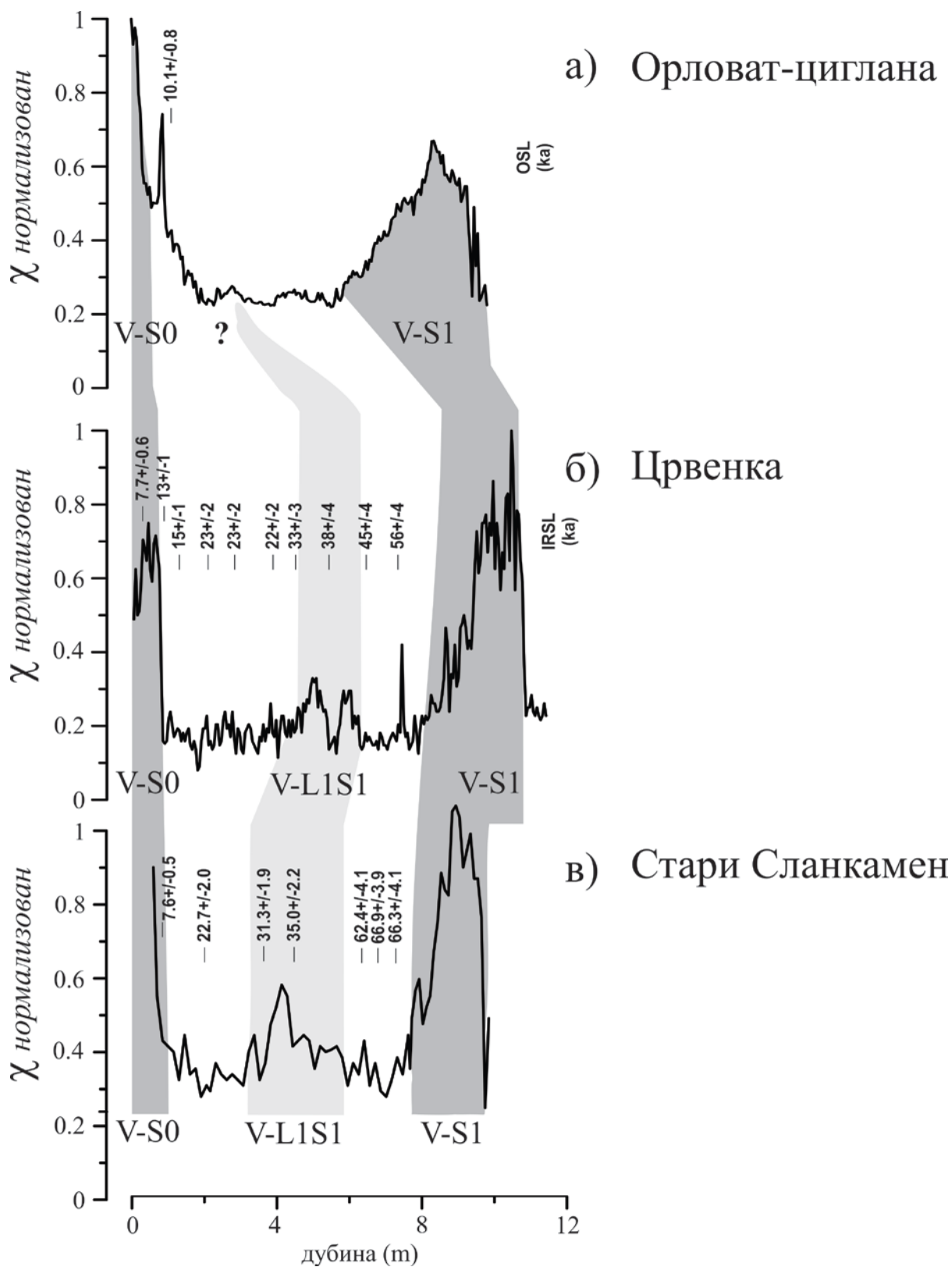
Прилог 29. Индекс црвенила (RII) повезан са педостратиграфијом лесно-палеоземљишних секвенци у Орловату

Варијације магнетног суцептибилитета (χ) забележене на локалитету Орловат-циглана, показују сличност са другим варијацијама које су регистроване приликом досадашњих истраживања лесно-палеоземљишних секвенци горњег плеистоцена дуж обала Дунава, као и на источним и западним обалама Црног мора, у централној Азији и на простору Кине (e.g. Heller and Evans, 1995; Evans and Heller, 2001; Buggle et al., 2009; Marković et al., 2009, 2011, 2012). На хистограмима у прилогу 30 приказани су резултати магнетног суцептибилитета (χ) и суцептибилности зависне од фреквенције (χ_{fd}) за профил Орловат-циглана.



Прилог 30. Хистограми резултата магнетног суцептибилитета (χ) и магнетног суцептибилитета зависног од фреквенције (χ_{fd}) профила Орловат-циглана

Вредности χ варирају између 48 и $20 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ у лесним хоризонтима, док су ове вредности много веће у палеоземљишту и рецентном земљишту (70 и $103 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Највећа вредност је уочена при врху рецентног земљишта V-S0, док се у фосилном земљишту V-S1 највиша вредност јавља у његовом доњем делу. Апсолутне вредности χ профила Орловат-циглана, сличне су онима измереним из истих стратиграфских јединица на другим лесним локалитетима у Војводини (Прилог 31) (Marković et al., 2005, 2006, 2007, 2009, 2011, 2012; Fuchs et al., 2008; Bokhorst et al., 2009; Stevens et al., 2011).



Прилог 31. Компарација записа магнетног суцептибилитета литолошких чланова V-S0 и V-S1 са другим лесним локалитетима у Војводини (модификовано према Marković et al., 2011; Stevens et al., 2011; Marković et al., 2014; Lukić et al., 2014a)

Насупрот повећању магнетног сигнала (присутног код већине других V-L1S1 хоризоната) на до сада испитиваним локалитетима у Србији, запис са профила у Орловату не показује јасно повећање χ вредности које су иначе карактеристичне за V-L1S1 педокомплекс у Војводини (Marković et al., 2014). Изостанак таквих педогенетских записа у Орловату на дубини од 2 до 4 m ($12,7 \text{ ka} \pm 1,1$ до $43,0 \text{ ka} \pm 4$), и уз одсуство било каквог јасног повећања магнетне суцептибилности у односу на вредности луминесцентних датација на одређеним дубинама указује на одсуство палеоземљишта V-L1S1.

Суцептибилност зависна од фреквенције (χ_{fd}) варира од 0,20 до 10% при чему су веће вредности регистроване у педокомплексу V-S1, док је највећа вредност забележена у рецентном земљишту V-S0. Вредности χ_{fd} постепено се повећавају од врха педокомплекса V-S1 до његовог базног дела. На прелазу између палеоземљишта V-S1 и лесног хоризонта V-L2 уочавају се веће варијације вредности χ_{fd} услед биотурбација, налик онима које су присутне код колориметријских параметара (Прилози 27 и 29). Запис χ_{fd} не указује на присуство V-L1S1 интерстадијалног палеоземљишта на локалитету Орловат-циглана (Прилог 29).

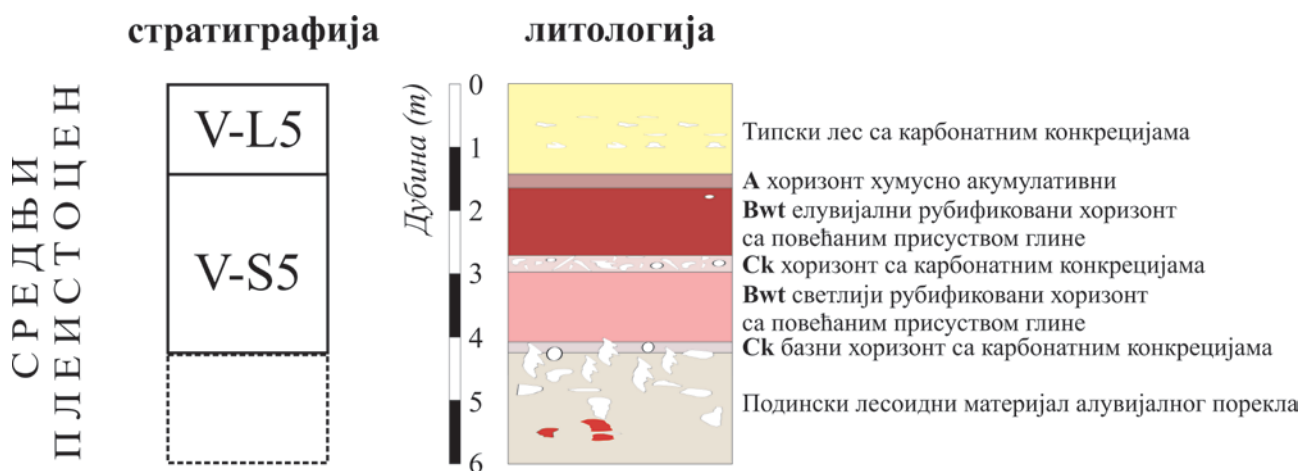
3.3. Педокомплекс Дукатар (V-S5)

Профил Дукатар представља секцију на којој су откривени најстарији седименти Тителског лесног платоа и која има укупну моћност од 10 m (e.g. Marković et al., 2012). На овом локалитету изложени су најстарији лесни хоризонт V-L5 и најстарији педокомплекс на Тителском брегу (V-S5). За потребе ове студије узоркован је крајњи подински део литолошког члана V-L5 и педокомплекс V-S5 који има укупну моћност око 2,7 m (Прилог 15).

Узоркована секвенца (моћности 300 cm) простире се од контакта између повлате А хумусно акумулативног хоризонта и базног дела лесног хоризонта V-L5, до Ск базног хоризонта са карбонатним конкрецијама и његовог контакта са лесоидним материјалом алувијалног порекла у подини профила. Ово изузетно рубификовано палеоземљиште жућкасто црвене боје, представљено је камбисолом и лувисолом (e.g. Bronger, 1976; Buggle et al., 2014; Marković et al., 2011, 2012; Basarin et al., 2014; Јовановић, 2012). Испод А хоризонта налази се добро развијени Bwt елувијални рубификовани хоризонт са повећаним присуством глине. У средишњем делу литолошког члана V-S5 развијене су карбонатне конкреције са коренским каналима који су испуњени материјалом из развијенијих земљишних хоризоната. Слабо порозан Bwt светлији рубификовани хоризонт са повећаним присуством глине налази се испод средишњег Ск хоризонта и генерално је веома добро развијен. У подини моћног

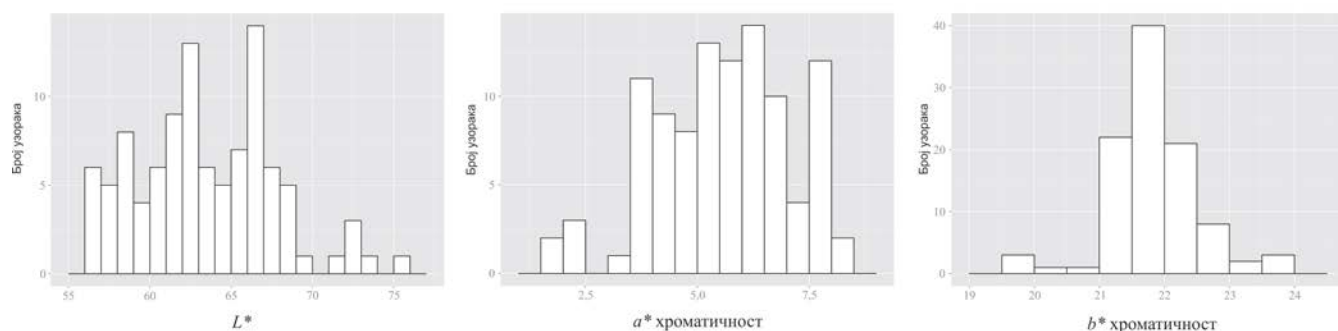
палеопедолошког члана V-S5 налази се хоризонт са карбонатним конкрецијама који лежи преко лесоидног материјала алувијалног порекла (Прилог 32). На контакту између подине палеоземљишта V-S5 и слоја лесоидног материјала (са бројним хидроморфним облицима) такође су присутне кречне конкреције.

Хроностратиграфски модел лесно-палеоземљишних секвенци на простору Србије, изложен од стране Марковића и сарадника (Marković et al., 2011) и Басарин и сарадника (Basarin et al., 2014) пружа корелацију између педохоризонта V-S5 на профилу у Дукатару (Тителски лесни плато) са маринским изотопским стадијумом 13 до 15 (MIS 13-15), при чему је дати педокомплекс формиран између 479 и 640 ка, односно 463 и 624 ка (Басарин, 2011; Marković et al., 2011, 2012; Basarin et al., 2014; Јовановић, 2012).



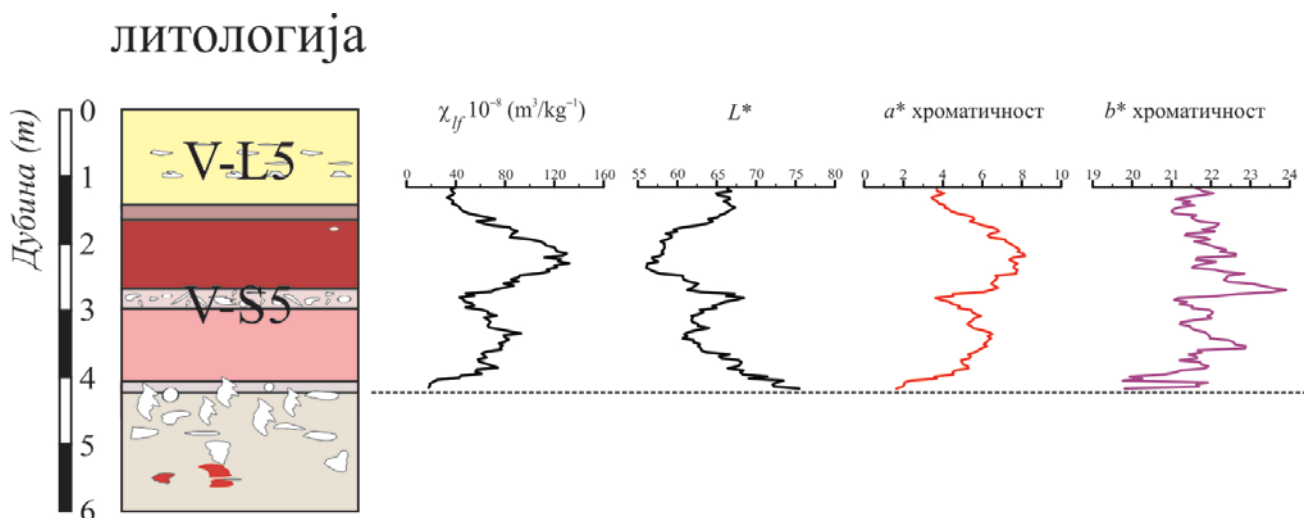
Прилог 32. Лито и педостратиграфија палеоземљишног хоризонта V-S5 на локалитету Дукатар

На хистограмима у прилогу 33 приказана је дистрибуција резултата колориметријских мерења L^* , a^* и b^* параметара за профил Дукатар (V-S5).



Прилог 33. Хистограми резултата колориметријских мерења за L^* светлоћу и a^* , b^* хроматичност профила Дукатар (V-S5)

Измерене вредности a^* и b^* хроматичности као и светлоће (L^*) палеоземљишних узорака представљене су у прилогу 34. Ове вредности компарирани су са регистрованим вредностима магнетног суцептибилитета мереног у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}).



Прилог 34. L^* a^* b^* колориметријске вредности и магнетни суцептибилитет мерен у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}) палеоземљишног хоризонта V-S5 на локалитету Дукатар

На основу инструменталног мерења боје запажају се изражене варијације у L^* колориметријским вредностима које варирају између подинског дела V-L5 хоризонта и повлатног дела A хоризонта у склопу палеоземљишта V-S5 (између 64 и 66 јединица) и подинског дела Wwt хоризонта и његовог контакта са Ck базним хоризонтом (између 66 и 75 јединица). Ове варијације нарочито су изражене између 153 и 165 cm од повлате испитиване секције (вредности варирају између 61 и 68 јединица) и последица су присуства карбонатних конкреција крупнијег промера које су карактеристичне за овај део педохоризонта. Вредности потом опадају до 225 cm од повлате профила (60), да би након тога наставиле континуиран раст према калцификованом Ck хоризонту у базном делу палеоземљишта V-S5.

Вредности a^* хроматичности показују варијације које у доброј мери кореспондирају са детектованим варијацијама L^* колориметријских вредности. Оне се крећу у распону од 3,4 до 8,2 јединице на дубини од 15 до 102 cm од повлате профила. Након тога, вредности постепено опадају до дубине од 165 cm. Најнижа вредност (3,6) регистрована је управо у средишњем делу педохоризонта V-S5. a^* хроматичност затим постепено расте до вредности од 6,5 јединица на дубини од 219 cm, да би потом почела континуирано да опада до дубине од 270 cm (5,2). Највеће измерене a^* вредности износе 8,2 и регистроване су у горњем делу испитиване секције, у средишњем делу Wwt елувијалног рубификованог хоризонта (Прилог 34).

Супротно томе, b^* хроматичност показује релативно уједначене вредности које благо варирају како се иде од врха ка дну испитиваног профила. Ове вредности крећу се од 21,6 (у прелазном делу између подинског дела V-L5 јединице и повлатног А хоризонта у склопу педокомплекса V-S5) до 19,8 (између подинског дела Wwt хоризонта и његовог контакта са Ск базним хоризонтом). Као што је запажено и код претходно наведених вредности колориметријских параметара, јаче флукуације вредности b^* хроматичности уочавају се у средишњем делу палеоземљишта V-S5. Генерално, ове вредности почињу континуирано да расту од 120 до 153 cm од врха профила при чему се крећу у распону од 21,5 до 23,9 јединица. Највећа измерена вредност констатована је на дубини од 153 cm од повлате и износи 23,9. Након ове мерне тачке, b^* вредности хроматичности почињу постепено да опадају до вредности од 21,2 јединице констатоване на дубини од 165 cm. Вредности затим нешто оштрије варирају до 237 cm дубине од повлатног дела испитиване секције где достижу 22,9. b^* вредности хроматичности од ове тачке показују континуиране и доста оштре флукуације које су највероватније резултат присутности хидроморфних облика и карбонатних конкреција које су доста распрострањене при базном делу Wwt хоризонта и његовог контакта са Ск хоризонтом (Прилог 34).

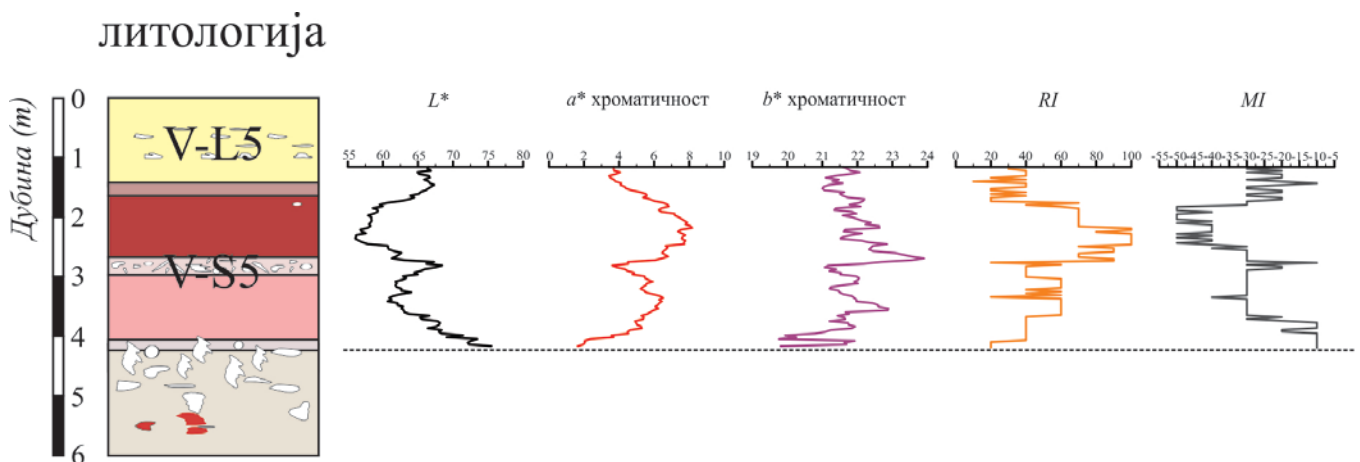
Врсте боја, одређене коришћењем Манселовог каталога боја земљишта крећу се у распону између 10YR3/6 и 10YR5/6 у влажном, односно 2,5Y6/4 и 10YR7/4 у сувом стању (за првих 66 cm испитиване секвенце), затим 7,5YR3/4 и 7,5YR4/6 у влажном, односно 10YR6/6 и 7,5YR5/6 у сувом стању (до дубине од 156 cm), 10YR3/4 и 10YR5/6 у влажном, односно 10YR4/6 и 10YR7/4 у сувом стању (за дубину од 159 до 288 cm) и 2,5Y5/6 у влажном, односно 2,5Y7/4 у сувом стању (за дубину од 291 до 300 cm).

Израчунати индекси развоја земљишта, рубификација (RI) и меланизација (MI) приказани су у прилогу 35. Индекс рубификације (RI) показује релативно стабилне флукуације у првих 57 cm од повлате узорковане секције. Израчунате вредности варирају у распону од 10 до 40, при чему је уочена само једна екстремна вредност на 24 cm која износи 10. Од 60 до 102 cm испитиване секције RI вредности прогресивно расту у распону од 40 до 100. Осетнији пад вредности забележен је на дубини између 153 и 165 cm (од 90 до 40) што је у сагласности са измереним вредностима a^* хроматичности. На дубини од 246 cm од повлате па до подине испитиване секције, вредности индекса рубификације постепено се смањују од 60 до 20. Генерално гледано, највеће вредности индекса уочавају се између 102 и 129 cm при чему RI достиже вредност 100 (Прилог 35).

Индекс меланизације (MI) у првих 63 cm профила бележи умерене варијације вредности које се крећу у распону од -10 до -30. Након тога, вредности индекса варирају у распону од -30 до -50 до дубине од 123 cm. Затим долази до прогресивног опадања вредности

при чему се истиче она од -10, констатована на 159 cm од врха истраживаног профила. На дубини између 171 и 246 cm присутне су релативно стабилне вредности индекса меланизације које износе -30. У овом делу испитиване секције уочава се само једна вредност од -40 (на дубини од 216 cm). Од 246 cm уочава се постепено смањивање вредности које се крећу од -30 до -10 (Прилог 35).

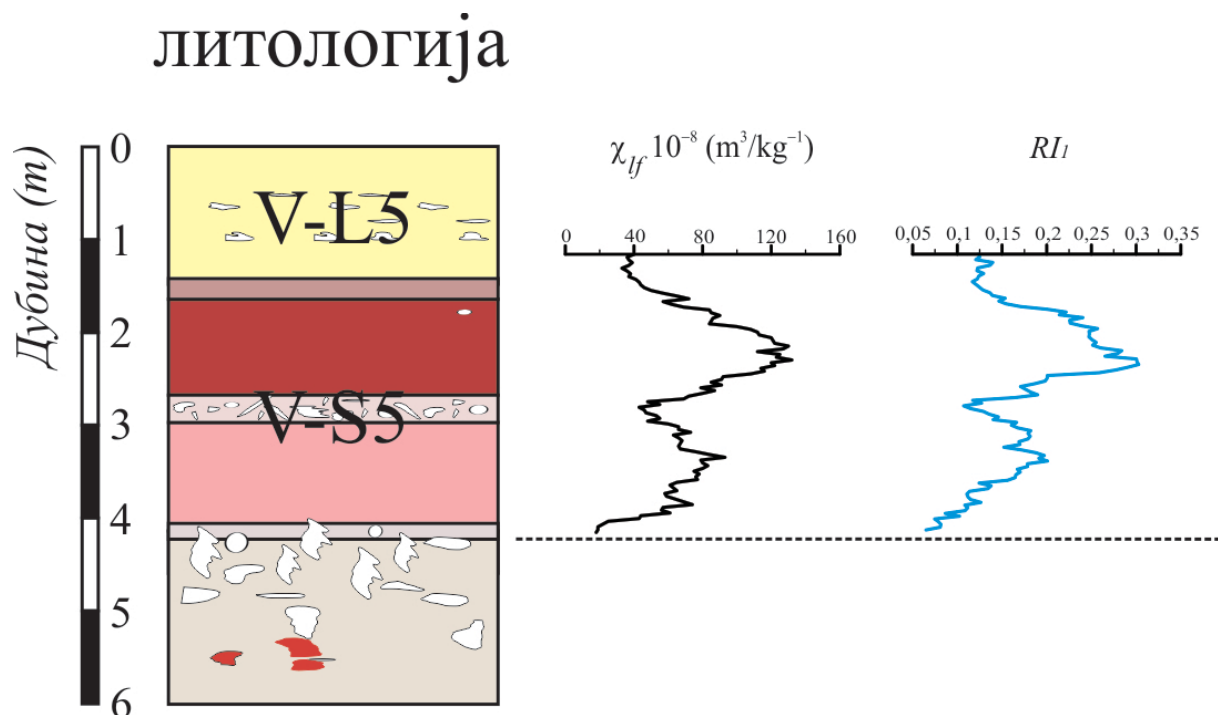
RI и *MI* вредности, добијене на основу анализе земљишних узорака помоћу Манселовог каталога боја земљишта (посматрањем голим оком) такође у великој мери кореспондирају са резултатима који су добијени мерењем вредности a^* хроматичности и L^* светлоће помоћу тристимулусног колориметра.



Прилог 35. L^* a^* b^* колориметријске вредности и вредности *RI* и *MI* палеоземљишног хоризонта *V-S5* на локалитету Дукатар

Израчунате вредности индекса црвенила (*RII*) представљене су прилогу 36. Вредности *RII* које показују релативне промене у садржају хематита (Barron and Torrent, 1986) у испитиваном педокомплексу, у доброј мери кореспондирају са детектованим варијацијама забележеним у сигналу магнетне сусцептибилности (χ_{lf}). Ове вредности су релативно ниске у првих 30 cm од повлате испитиване секције и варирају између 0,12 и 0,11 што указује на нешто нижи садржај хематита. Након ове дубине концентрација хематита поступно се повећава до дубине од 120 cm при чему у овој мерној тачки бележи и највећу вредност од 0,30. Након тога, вредности индекса црвенила опадају до дубине од 165 cm где је регистрована и најнижа вредност (0,10). Вредности се затим постепено повећавају до дубине од 225 cm од повлате (0,21), да би потом наставиле опадање према базном делу испитиване секвенце.

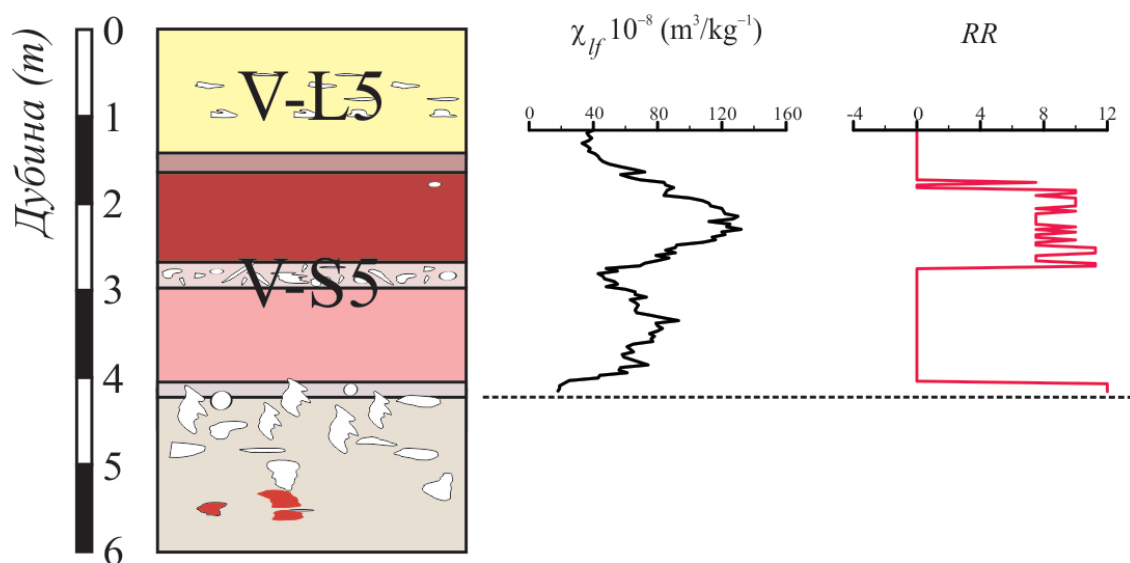
Сходно томе, може се уочити да RII вредности у доброј мери кореспондирају са измереним вредностима L^* , a^* и b^* колориметријских показатеља и индексима развоја земљишта RI и MI .



Прилог 36. Индекс црвенила (RII) повезан са педостратиграфијом палеоземљишног хоризонта $V-S5$ на локалитету Дукатар

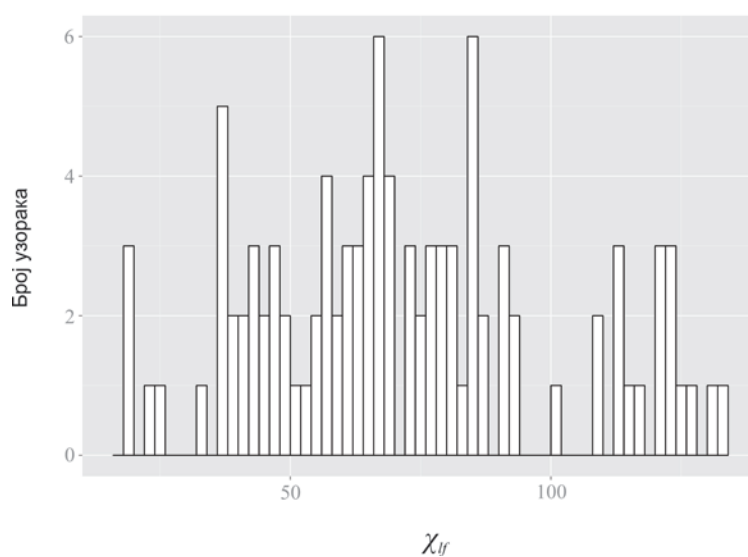
Вредности индекса вредновања/рангирања црвенила земљишта (RR) повезане са педостратиграфијом испитиване секције приказане су у прилогу 37. Овај индекс на семиквантитативан начин осликава садржај хематита у испитиваном педокомплексу Дукатар $V-S5$. Вредности су релативно униформне за првих 66 cm од повлате истраживане секције и износе 0, са једним изузетком који је констатован на 60 cm (чија вредност износи 7,5). Након тога вредности индекса расту до дубине од 156 cm при чему се крећу у распону од 7,5 до 11,25. На дубини од 159 cm вредности падају на нулу и уједначено су заступљене до дубине од 288 cm. Базни део овог локалитета карактерише се највећим вредностима RR које износе 12. Представљене вредности вредновања/рангирања црвенила земљишта у доброј мери кореспондирају са вредностима L^* , a^* и b^* колориметријских показатеља, индексима развоја земљишта RI и MI и вредностима магнетног суспектибилитета (χ_f) за првих 156 cm од врха испитиване секције. Вредности детектоване у другој половини испитиване секције, а нарочито при базном делу, на контакту Bwt и Sk хоризонта показују нешто већа одступања што се може објаснити присутношћу специфичних педолошких творевина.

ЛИТОЛОГИЈА



Прилог 37. Индекс вредновања/рангирања црвенила земљишта (RR) повезан са педостратиграфијом палеоземљишног хоризонта V-S5 на локалитету Дукатар

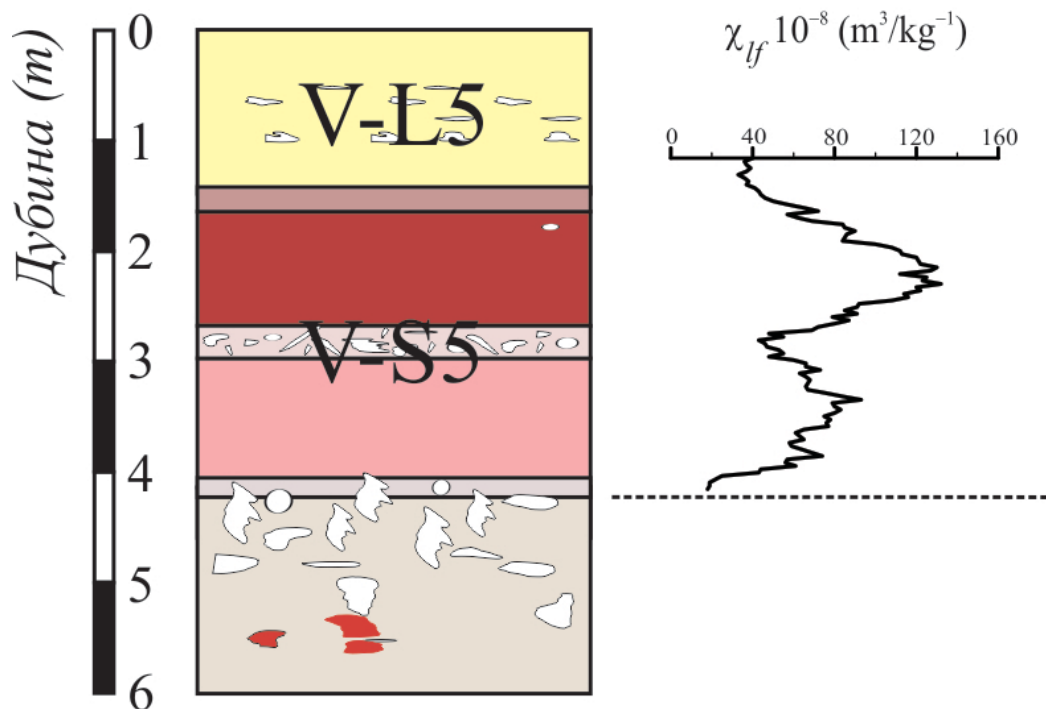
Резултати мерења магнетног сусцептибилитета на истраживаном профилу показују да варијације χ_{lf} стоје у доброј корелацији са педостратиграфијом. На хистограму у прилогу 38 приказани су резултати магнетног сусцептибилитета мереног у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}) за профил Дукатар (V-S5).



Прилог 38. Хистограм резултата магнетног сусцептибилитета мереног у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}) профила Дукатар (V-S5)

Вредности χ_{lf} варирају од $40 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ у повлати до $132 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ на дубини од 114 cm од врха испитиваног профила. Након тога вредности постепено опадају до $43 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ на 165 cm дубине да би након тога почеле прогресивно да расту до вредности од $93 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ која је измерена на 219 cm од врха испитиване секције. Пад вредности χ_{lf} констатован је идући према дубљим деловима хоризонта, при чему је детектован оштар прелаз који почиње на дубини од 279 cm ($61 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) и који се континуирано наставља према базном делу истраживаног профила где су забележене вредности од $18 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Ове вредности уједно представљају и апсолутни минимум који је констатован на испитиваном профилу (Прилог 39). Ниске вредности χ_{lf} највероватније су последица процеса оглејавања услед утицаја варирања нивоа подземних и површинских вода. Ови резултати у великој мери показују сличност са варијацијама које су регистроване приликом досадашњих истраживања лесно-палеоземљишних секвенци на простору наше земље, као и на источним и западним обалама Црног мора и у централној и источној Азији (на простору Кине) (e.g. Heller and Evans, 1995; Buggle et al., 2009; Buggle et al., 2014; Marković et al., 2009, 2011, 2012; Basarin et al., 2014; Басарин, 2011; Јовановић, 2012).

ЛИТОЛОГИЈА



Прилог 39. Вредности магнетног суспектибилитета мереног у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}) за палеоземљишни хоризонт V-S5 на локалитету Дукатар

4. ДИСКУСИЈА

4.1. Магнетни суспендибилитет и боја као показатељи палеоклиматских и палеоеколошких процеса на профилу Орловат-циглана

Детерминација боја применом инструменталног мерења помоћу тристимулусног колориметра никада раније није коришћена у лесно-палеоземљишним студијама које су спроведене на лесним локалитетима у Србији.

Недавно су Бугл и сарадници (Buggle et al., 2014) објавили резултате добијене применом дифузне рефлексивне спектроскопије (DRS) и проксија базираних на основу утврђених вредности помоћу Манселовог каталога боја земљишта. Вредности ових показатеља, уз резултате мерења стенског магнетизма послужиле су за утврђивање промена у присутности гвожђевитих минерала у лесно-палеоземљишним секвенцама Батајнице и Старог Сланкамена на простору Србије, односно локалитета Мирче Вода у Румунији.

Парцијални резултати колориметријских мерења, проистекли из ове дисертације изложени су од стране Лукића и сарадника (Lukić et al., 2014a). Сходно томе, ова студија представља и прву палеоклиматско/ палеоеколошку реконструкцију базирану на колориметријским вредностима лесно-палеоземљишних секвенци на простору наше земље.

На основу луминесцентних датација (Marković et al., 2014) база секвенце Орловат-циглана датирана је на 159 ± 23 ka, при чему се хоризонт V-L1 позиционира у оквиру MIS 6, а комплетан профил у последњи глацијално-интерглацијални циклус. На основу добро установљеног хроностратиграфског модела за лесне локалитете на простору Србије (Marković et al., 2008, 2011, 2012, 2014) литолошка јединица V-S0 кореспондира са MIS 1, V-L1 је формирана током MIS 2-4, а V-S1 током интерглацијала MIS 5. Овај модел подржан је луминесцентним датацијама које могу да се пореде са еквивалентним луминесцентним хронологијама добијеним са других лесних секција у Србији, попут Црвенке (Stevens et al., 2011), Сурдука (Fuchs et al., 2008) и Старог Сланкамена (Schmidt et al., 2010).

На свим до сада истраживаним локалитетима у Србији, записи магнетне суспендибилности и палеопедолошки параметри указују на изражене климатске и еколошке промене током последњег глацијално-интерглацијалног циклуса. Овој констатацији свакако иду у прилог и колориметријски записи лесно-палеоземљишних секвенци профила Орловат-циглана. На овом локалитету (као и код других локалитета у Србији), вредности магнетног

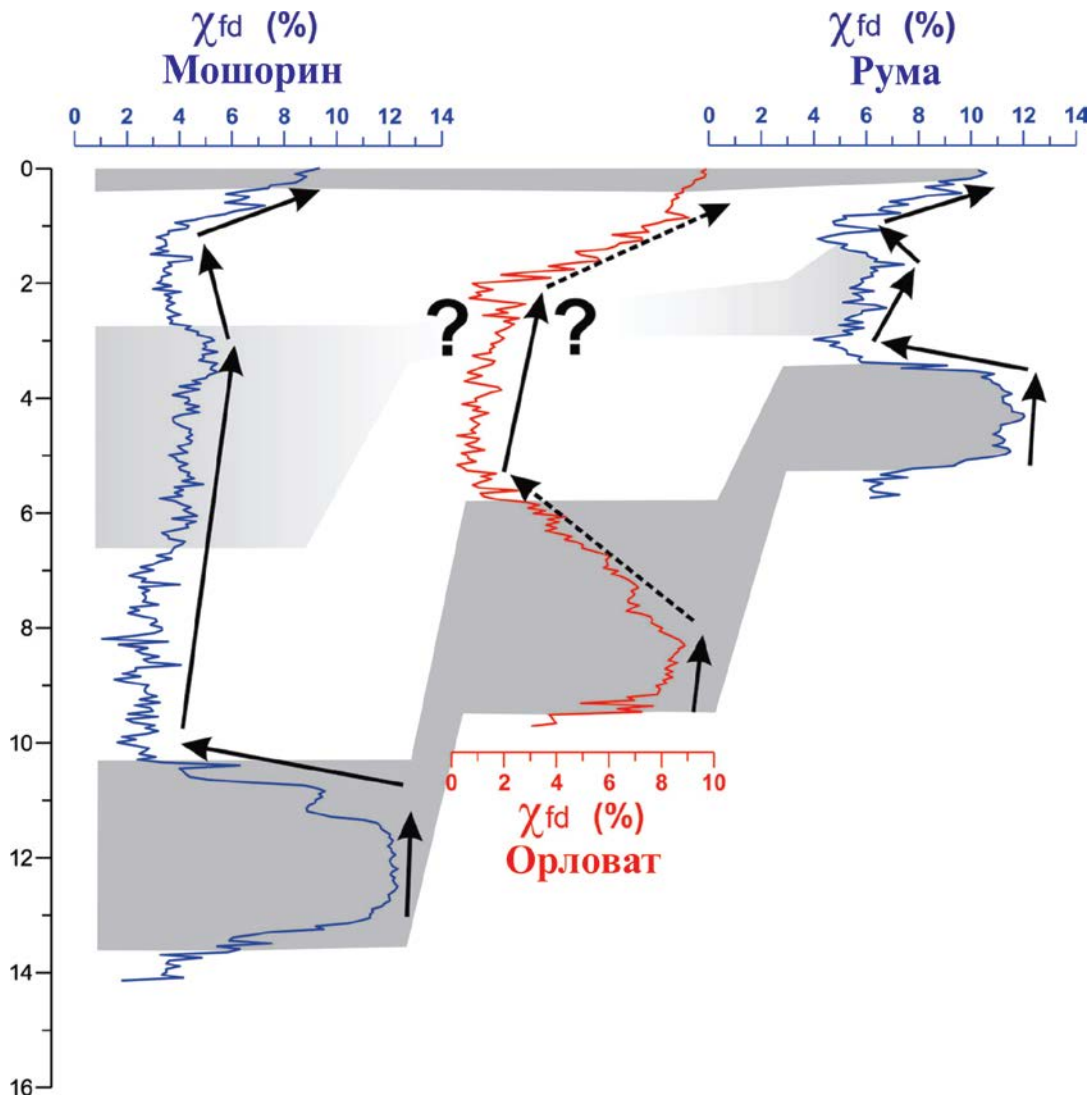
сусцептибилитета показују јак контраст између слојева леса и палеоземљишта, што указује на повећану присутност феромагнетичних (гвожђевитих) минерала током датих периода формирања земљишта. Магнетна сусцептибилност зависна од фреквенције (χ_{fd}) (која је још осетљивији показатељ интензитета педогенезе) показује само два главна периода изражене педогенезе (хоризонти V-S0 и V-S1) који су у релацији са садашњим и последњим интергласијалним периодом (Lukić et al., 2014a; Marković et al., 2014).

За разлику од других истраживаних секвенци у Војводини, запис χ индикатора не показује присуство слабо развијеног интерстадијалног педокомплекса V-L1S1. Одсуство V-L1S1 хоризонта у седиментолошким и записима стенског магнетизма вероватно је последица прекида изазваног ерозијом (Marković et al., 2014). Са обзиром на стратиграфску позицију хоризонта V-L1S1 (утврђену на осталим секцијама у Србији) и хронологију добијену луминесцентним датирањем леса при врху и базном делу истраживаног профила (Marković et al., 2008; Antoine et al., 2009; Schmidt et al., 2010; Stevens et al., 2011; Murray et al., 2014), празнина у седиментолошком запису лесно-палеоземљишних секвенци у Орловату обухвата временски интервал од приближно 10 ka (Табела 5) и креће се од $40,75 \pm 2,25$ ka (минимална старост) у подини до $31,3 \pm 1,9$ (максимална старост) у повлати. Поред изостанка доказа о присутности V-L1S1 хоризонта у педостратиграфским и записима магнетне сусцептибилности, изражене разлике у луминесцентним датацијама (од 12,7 до 43 ka) уочене на дубини између 1,8 и 3 m од повлате испитиване секције пружају додатне независне доказе који се односе на дисконтинуитет у седиментолошком запису током MIS 3 периода (Marković et al., 2014) (Прилог 40).

Такође, један од могућих разлога за постојање овог дисконтинуитета могао би да буде у присутности нешто влажнијих климатских услова који би на тај начин онемогућавали формирање феромагнетичних минерала или деструкцију постојећих (Marković et al., 2014; Lukić et al., 2014a; Buggle et al., 2014).

Табела 5. Компарација лесно-палеоземљишних секвенци са различитих локалитета у Војводини на основу утврђених луминесцентних датација према Bokhorst et al., 2009; Schmidt et al., 2010; Stevens et al., 2011.

Локалитет	Луминесцентне датације (ка)	
	Горњи део V-L1S1	Базни део V-L1S1
Црвенка (Stevens et al., 2011)	24+/-5	45+/-4
Тител (Bokhorst et al., 2009)	25,1+/-2,2	40,75+/-2,25
Стари Сланкамен (Schmidt et al., 2010)	31,3+/-1,9 29,7+/-1,9	62,4+/-4,1 59,3+/-4,2



Прилог 40. Корелације између вредности χ_{fd} забележене на профилима у Мошорину, Орловату и Руми (према Marković et al., 2014)

Магнетна суцептибилност леса у Србији показује исте трендове који се уочавају и код кинеског леса: више вредности у палеоземљиштима и ниже вредности у лесним јединицама (Marković et al., 2008, 2011, 2012). Магнетни запис секције Орловат-циглана такође показује овај тренд, што имплицира да је педогенеза одговорна за повећање магнетне суцептибилности како на простору Кине, тако и на другим испитиваним лесно-палеоземљишним локалитетима у Војводини.

Педогенетски условљено повећање магнетне суцептибилности у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}) и суцептибилности зависне од фреквенције (χ_{fd}), констатовано у лесно-палеоземљишним секвенцама на простору југоисточне Европе, заиста указује на педогенетску формацију суперпарамагнетичних и једнодомениских феромагнетика. Поред

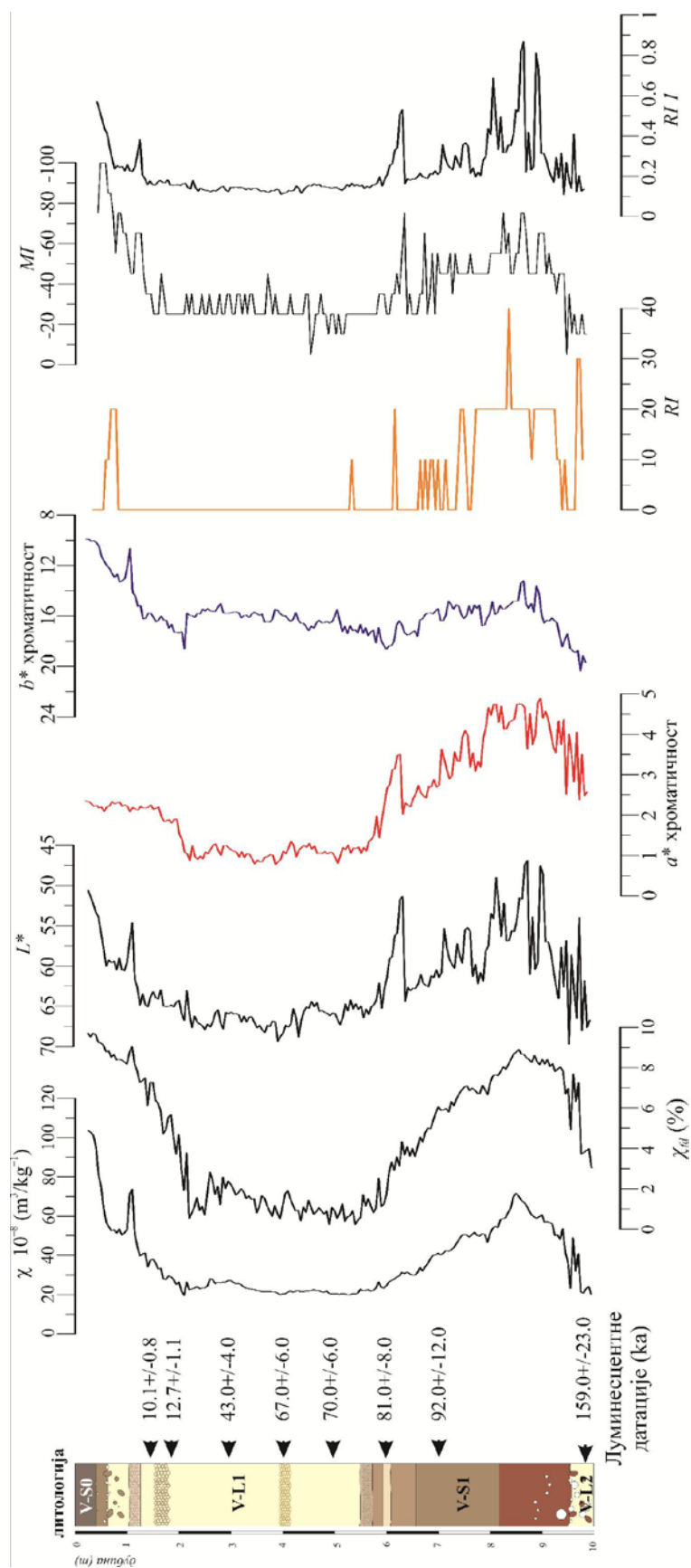
тога, резултати имплицирају да је формирање гвожђевитих минерала као што су хематит и гетит у палеоземљиштима последица педогенезе (Buggle et al., 2014).

Док вредности магнетне суцептибилности (χ) и даље могу бити осетљиве на промене у концентрацији детритичних феромагнетика, магнетна суцептибилност зависна од фреквенције (χ_{fd}) се углавном користи као параметар који је сензитиван искључиво на педогенетски формиране феромагнетичне материјале (Banerjee, 1994; Liu et al., 2007).

На секвенци Орловат-циглана варијације сигнала магнетне суцептибилности зависне од фреквенције (χ_{fd}) и магнетне суцептибилности (χ) веома су сличне са порастом дубине, што потврђује да је и у региону Баната на простору Војводине (северна Србија) магнетна суцептибилност превасходно под утицајем интензитета педогенезе. Повећање магнетног суцептибилитета на секвенци Орловат-циглана (услед педогенетских процеса) нешто раније је констатовано од стране Марковића и сарадника (Marković et al., 2014), а затим потврђено и од Лукића и сарадника (Lukić et al., 2014a) чији су резултати проистекли из ове студије.

Гетит и хематит су главни оксиди гвожђа у лесу и палеоземљиштима (Liu et al., 1985; Ji et al., 2001, 2002). Земљишта која садрже само, или готово искључиво гетит имају жуту боју. Када је присутан хематит боја углавном постане црвенкаста, због чињенице да црвени хематит веома успешно маскира жути гетит (Scheinost and Schwertmann, 1999). Констатоване промене боје, од светло жуте за лес до црвенкасто-браон за палеоземљиште на секвенци Орловат-циглана, уз кореспондирајуће индексе указују на присуство хематита у рецентном земљишту V-S0 и педокомплексу формираном током последњег интергласијала, док лесне јединице на основу приказаних колориметријских резултата садрже или веома мало хематита или га не садрже уопште.

Индекси развоја земљишта RI и MI , L^* светлоћа као и a^* , b^* вредности хроматичности стоје у сагласности са вредностима магнетне суцептибилности (Прилог 41). Ово указује да су приказане релације настале као последица деловања истог фактора- процеса педогенезе. Педохоризонти су значајно црвенији (веће RI вредности) и тамнији (веће MI вредности) у односу на слојеве леса (Прилог 41).



Прилог 41. Графички приказ магнетног суцептибилитета, колориметријских вредности и индекса боје земљишта секције Орловат-циклана (вредности за L* и b* и меланизацију (MI) су инвертоване ради боље графичке презентације)

Индекси рубификације и меланизације, који су добијени применом Манселовог каталога боја земљишта показују сигнификантну корелацију (сигнификантност на нивоу $p < 0,01$) са L^* светлоћом и a^* вредностима хроматичности ($R^2=0,40$). Са обзиром на одличну прецизност и тачност колориметријских мерења, даља дискусија биће ограничена само на L^* светлоћу и a^* , b^* вредности хроматичности. Иако је макемит, феромагнетични минерал који углавном утиче на повећану магнетну суцептибилност и минерал који формира црвенкасто-браонкасте пигменте у земљишту (Schwertmann, 1993), црвенило палеоземљишта у суштини зависи од количине хематита (Schwertmann, 1993; Chen et al., 2002; Vidić et al., 2004; Buggle et al., 2014; Lukić et al., 2014a). Због ове чињенице, вредности a^* хроматичности могу се сматрати показатељем релативно обилније присутности педогенетског хематита. Такође, ове вредности показују сличност са вредностима $R11$.

Меланизација (MI) се у земљиштима генерално повезује са квантитетом и квалитетом хуминских супстанци (Harden, 1982; Harden and Taylor, 1983; Vidić and Lobnik, 1997) при чему L^* светлоћа показује веће вредности у лесу што указује на низак садржај органског материјала, док су те вредности мање у фосилним (интергласијалним) земљиштима због већег садржаја (фосилних) органских материја (Прилог 41).

Међутим, у случају присутности релативно малих концентрација органске материје, потамњивање фосилних земљишта пре може бити последица повећане концентрације финозрнатих оксида гвожђа (нарочито хематита) него варијација у садржају органских материја. Чен и сарадници (Chen et al., 2002) доказали су ову констатацију у кинеским лесно-палеоземљишним секвенцама. Светла, беличаста боја карбоната одражава се кроз индекс меланизације (MI) и L^* вредност светлоће. Насупрот лесним хоризонтима и интерстадијалним земљишним формацијама мале моћности, интергласијално палеоземљиште V-S1, као и рецентно земљиште V-S0 генерално се одликују одсуством карбоната (Marković et al., 2014) који су излучени и наталожени у базном делу датог педохоризонта. Као последица тога, повишене L^* и MI вредности јављају се у лесу, као и у базном делу V-S1.

Занимљива опсервација у колориметријским вредностима, индексима развоја земљишта и вредностима индекса црвенила земљишта лесно-палеоземљишних секвенци у Орловату представљена је детекцијом повишених вредности при врху V-S1 литолошког члана, на дубини од приближно 6,5 m од врха испитиване секције (Прилог 41).

Присутност јаче педогенезе, кроз деловање елувијалног процеса и формирање гвожђевитих минерала у доброј мери искључује поменути фактор као једно од могућих објашњења овог израженог скока у детектованим вредностима (са обзиром да ове детекције нема ни у вредностима магнетне суцептибилности). Ниже L^* вредности могу бити

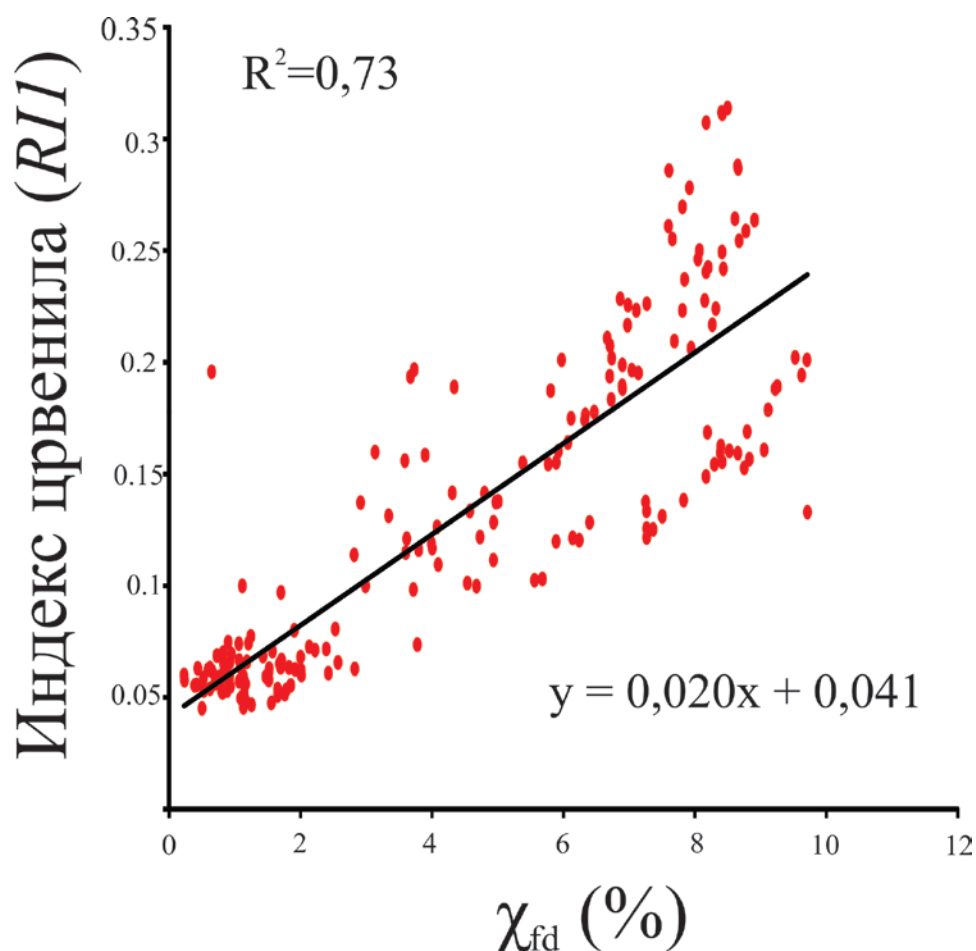
последица смањене количине хумуса, или повећане количине мангана у овом делу профила. Уколико је ова појава последица ниског садржаја органске материје онда би могла да се доведе у везу са присуством већег садржаја оксида гвожђа. Вредности a^* хроматичности, RI и RII индекса управо и указују на већи садржај хематита. Земљишни хоризонт на дубини између 5,5 и 6 m, као и 6,5 и 7 m од врха испитиване секције могао би да пружи вероватно најобјективнији одговор на питање у вези повишених вредности при врху V-S1 литолошког члана. Услови за формирање овог земљишта били су праћени топлијим климатским условима (не толико топлим као за време Емијана (Eemian), односно периода Рис-Вирм) при чему овај део палеоземљишта V-S1 има старост мању од 90 +/- 12 ka и формиран је током MIS 5a-d, односно током доњег вирма (у условима сушних периода током летњих месеци). Међутим, да би дошло до процеса педогенезе морали су постојати влажнији периоди који би обезбедили довољну количину влаге (у виду кише или топљења снега). Такође, већа влажност погодује и развоју вегетације што је касније нарочито важно за формирање Ah хоризонта који се карактерише као хоризонт у којем долази до акумулирања органске материје. Ови влажни периоди највероватније су били изражени током касног пролећа и раног лета (Lukić et al., 2014a).

Генерално гледано, горе поменуте повишене вредности у повлати палеоземљишног хоризонта V-S1 одражавају присуство тамнијег иницијалног А хоризонта, чији запис није детектован у вредностима магнетног сусцептибилитета. То значи да индекси боје земљишта представљају нешто сензитивнији показатељ палеоклиматских и палеоеколошких промена који би стога, требало да имају ширу примену приликом спровођења сличних интердисциплинарних истраживања.

Комбинација параметара за одређивање стенског магнетизма и колориметрије у палеогеографским студијама генерално има добру перспективу. Прилог 42 приказује сигнификантност ($p < 0,01$) позитивног односа између χ_{fd} и RII ($R^2 = 0,73$) што указује да су током горње плеистоцене епохе (када се формирало земљиште у Орловату) услови били изузетно повољни за формирање хематита. Регресиона функција за истраживану секцију износи $y = 0,020x + 0,041$. Израчунати и измерени индикатори боје за секцију Орловат-циглана подржавају закључке који су извели Бугл и сарадници (Buggle et al., 2014). Применом дифузне рефлексионе спектроскопије забележено је да однос вредности хематит:гетит ($Hm/(Hm + Gt)$) у S1 превазилази онај у распону између S0 и S1 (Buggle et al., 2014).

Мултидисциплинарним приступом у анализама параметара стенског магнетизма и геохемијски базираних показатеља (CРА) поменути аутори истичу да се последњи интергласијал одликовао израженијим сушним периодом током лета услед виших летњих

температура, продуженим сушним периодом и/ или смањењем количине падавина током лета (Buggle et al., 2014). Индекс црвенила (*RII*) лесно-палеоземљишних секвенци у Орловату такође показује веће вредности у палеоземљишту V-S1 (формираном током последњег интергласијала) у поређењу са рецентним земљиштем V-S0. Ово указује да изнети закључци у вези са палеоеколошким условима током последњег интергласијала који су забележени на профилу у Батајници (Србија) важе и за секцију у Орловату (Buggle et al., 2014; Lukić et al., 2014a). На основу тога, више летње температуре и промене у годишњој дистрибуцији падавина доводе до израженијих сушних периода у току лета, док вероватно више изражени влажни периоди са падавинама од пролећа до раног лета и јесени током последњег интергласијала представљају најизраженију разлику у климатским приликама између периода рис-вирм и холоцена на простору Војводине (Buggle et al., 2014; Lukić et al., 2014).



Прилог 42. Однос између вредности индекса црвенила (*RII*) и магнетне суцептибилности зависне од фреквенције (χ_{fd})

4.2. Магнетни суцептибилитет и боја као показатељи палеоклиматских и палеоеколошких процеса на профилу Дукатар (V-S5)

Одређивање боје палеоземљишних хоризоната применом инструменталних метода мерења до сада није примењивано приликом истраживања лесно-палеоземљишних секвенци на простору наше земље.

Гвожђевити минерали као што су хематит и гетит имају значајну заступљеност у земљиштима и носиоци су записа о климатским и еколошким променама. Формирању хематита погодују топли и суви услови који доводе до његовог издвајања из ферихидрита (Fh), док формирању гетита погодују влажни услови који доводе до његовог настанка директним излучивањем из било којег Fe извора (Ji et al., 2004). Земљишта која садрже само, или готово искључиво гетит имају жуту боју. Када је присутан хематит боја углавном постане црвенкаста, због чињенице да црвени хематит веома успешно маскира жути гетит (Scheinost and Schwertmann, 1999). Констатоване промене, од жућкасто браон до црвенкасто-браон боје за педокомплекс V-S5 на секвенци Дукатар, уз кореспондирајуће индексе указују на варијације између хематита и гетита, уз доминантније присуство хематита.

На лесним платоима, где су земљишта генерално добро дренирана, концентрација хематита и гетита доводи се у везу са комбинацијом температуре у земљишту и количине падавина које се излуче. Концентрације педогенетски формираног хематита и гетита веће су у палеоземљиштима него у лесним седиментима (Ji et al., 2004). Услед процеса дехидратације у земљишту, формирању хематита (који настаје из ферихидрита) одговарају сушнији услови и/или повећање температуре. За разлику од хематита, гетит не показује изражену сензитивност на температурне промене, при чему настаје у хумиднијим условима. Камф и Швертман (Kämpf and Schwertmann, 1983) указали су да се заступљеност хематита у односу на гетит повећава са порастом средње годишње температуре, док заступљеност гетита расте услед повећања влаге у земљишту. Повећање у односу хематита и гетита (Hm/Gt) указује на сушне услове, док насупротив томе ниже вредности указују на хумидније услове (Liu et al., 2006).

Бугл и сарадници (Buggle et al., 2014) су у својој студији о записима климатских промена током квартара у лесно-палеоземљишним секвенцама на простору југоисточне Европе приказали резултате добијене применом дифузне рефлексивне спектроскопије (DRS) и колориметријских показатеља базираних на основу утврђених вредности помоћу Манселовог каталога боја земљишта попут *R11* и *RR*. Ови колориметријски показатељи у

корелацији са вредностима магнетног суцептибилитета послужили су за утврђивање варијације у присутности феромагнетичних минерала у лесно-палеоземљишним секвенцама Батајнице и Старог Сланкамена на простору Србије, односно локалитета Мирче Вода у Румунији.

Сходно томе, резултати изложени у овој дисертацији представљају прву палеоклиматско/палеоеколошку реконструкцију базирану на колориметријским вредностима снажно рубификованог интергласијалног педохоризонта V-S5 формираног у временским оквирима између MIS 13 и 15 на локалитету Дукатар (Тителски лесни плато).

Услед недостатка апсолутних датација лесно-палеоземљишних секвенци, хроностратиграфски модели засновани на корелацији вредности магнетног суцептибилитета на регионалном нивоу, као и записи дубокоморских седимената од кључног су значаја за реконструкцију динамике палеоклиматских промена (Bugge et al., 2009).

Стратиграфски модел војвођанског леса, заснован на кинеском лесно-стратиграфском систему проистекао је из систематско спроведених истраживања од стране Марковића и сарадника (Marković et al., 2004a,b, 2006, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2014) док је временски модел изложен од стране Басарин и сарадника (Basarin et al., 2014).

На основу овог модела педокомплекси су повезивани са одговарајућим маринско изотопским стадијумима. Генерално посматрано, цикличне флукуације, које се јављају у сигналу магнетног суцептибилитета стоје у доброј корелацији са варијацијама изотопа кисеоника у дубокоморским језгрима, при чему разлике у корелацији између палеоземљишта у војвођанском и кинеском лесу са одређеним маринско изотопским стадијумима нису забележене.

Стратиграфски чланови од V-S0 па до V-S5 стоје у истоветној корелацији као и стратиграфски чланови до земљишта S5 на простору Кинеског лесног платоа. Педокомплекси V-S1/S1, V-S2/S2, V-S3/S3 и V-S4/S4 одговарају маринско изотопским стадијумима 5, 7, 9 и 11. Моћан педокомплекс V-S5/S5 корелиран је са маринско изотопским стадијумима (MIS) 13 до 15. Према палеопедолошким карактеристикама овај стратиграфски члан је морао настати током дужег временског периода топле и влажне климе (Bronger et al., 1998; Bronger, 2003) будући да су утврђени снажнији педогенетски процеси него у рецентним земљиштима у региону. Ови резултати такође коинцидирају са закључцима изнетим у новим истраживањима овог палеопедолошког члана на простору наше земље (Bugge et al., 2014), јер је на основу геохемијских параметара установљено присуство виших температурних вредности током лета и повећаних сушних периода који су били изражени током MIS 13 и MIS 15.

Запис магнетне суцептибилности мерене у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}) генерално показује повећање вредности у педокомплексу на испитиваној секцији Дукатар (V-S5). Ово педогенетски условљено повећање суцептибилности указује на формацију феромагнетичних минерала. Сходно томе, формирање гвожђевитих минерала као што су хематит и гетит у палеоземљишту изразита је последица процеса педогенезе. Повећање записа магнетног суцептибилитета у педокомплексу V-S5 уочено је на секвенцама у Батајници (Marković et al., 2009), Старом Сланкамену (Marković et al., 2011) и секвенци Дукатар-Тителски лесни плато (Јовановић, 2012). Резултати ове студије такође потврђују овај тренд.

Са обзиром на нешто већу резолуцију приликом узорковања овог педокомплекса (на 3 cm), добијене вредности χ_{lf} показују изражене варијације са порастом дубине: од контакта између базног дела лесне јединице V-L5 и повлатног дела А хоризонта у склопу палеоземљишта V-S5, па до контакта између подинског Ск хоризонта и лесоидног материјала у основи профила. Најниже вредности χ_{lf} јављају се у средишњем делу испитиваног педокомплекса који је окарактерисан присутношћу карбонатних конкреција знатног промера. Врсте боја, одређене коришћењем Манселовог каталога боја земљишта крећу се у распону од 10YR (за првих 66 cm испитиване секвенце), 2,5YR (до дубине од 156 cm), 10YR (за дубину од 159 до 288 cm) и 2,5Y (за дубину од 291 до 300 cm). Ове вредности, као и констатоване промене у боји применом колориметријских метода указују на варирање садржаја хематита у интергласијалном педокомплексу.

Индекси развоја земљишта RI и MI , као и L^* , a^* , b^* колориметријске вредности коварирају са вредностима магнетне суцептибилности мерене у пољу ниске фреквенције (χ_{lf}) (Прилог 43). Приказане релације настале су као последица деловања педогенезе.

Измерене вредности a^* хроматичности могу се сматрати показатељем релативно обилније присутности педогенетског хематита. Такође, ове вредности показују јаку корелацију са вредностима индекса црвенила (R_{II}) ($R^2=0,91$) на нивоу сигнификантности $p<0,01$. Вредности b^* хроматичности приказују релативно уједначене варијације, са више израженим вредностима у средишњем делу и у подини испитиване секције. Ове вредности објашњавају се присуством кречних конкреција у средишњем делу, односно карбонатних конкреција и хидроморфних облика у подинском делу испитиваног профила Дукатар.

Потамњивање фосилног земљишта последица је повећане концентрације финозрнатих оксида гвожђа (нарочито хематита), а изражене варијације у средишњем делу јављају се као последица процеса калцификације овог хоризонта. Генерално посматрано, повећање концентрације феромагнетичних минерала у фосилном земљишту на извешан

начин одражава услове који контролишу формирање магнетита и макемита (Buggle et al., 2014).

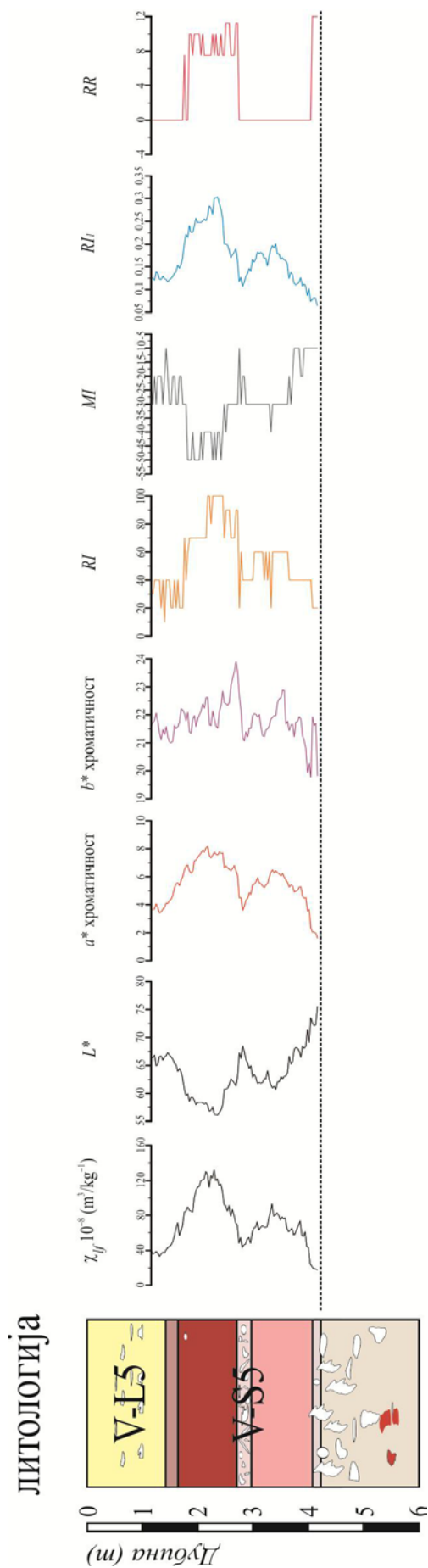
Значајна корелација ($p < 0,01$) уочава се између RI и MI , где веће RI вредности указују на израженију црвену боју, док веће MI вредности у овом педохоризонту указују на његово потамњивање ($R^2 = 0,76$).

Овај литолошки члан одликује се значајним присуством карбоната који су излучени из виших хоризоната и наталожени у средишњем и базном делу (фосилног) земљишта. Светла, беличаста боја карбоната може се регистровати кроз L^* вредности и вредности индекса меланизације (MI). Ово се нарочито добро може уочити у вредностима констатованим на дубини између 153 и 165 cm од повлате испитиване секције (Прилог 43). Као што је истакнуто и у претходном поглављу, комбинована примена параметара за одређивање стенског магнетизма и колориметрије у палеогеографским студијама има добру перспективу (Lukić et al., 2014a).

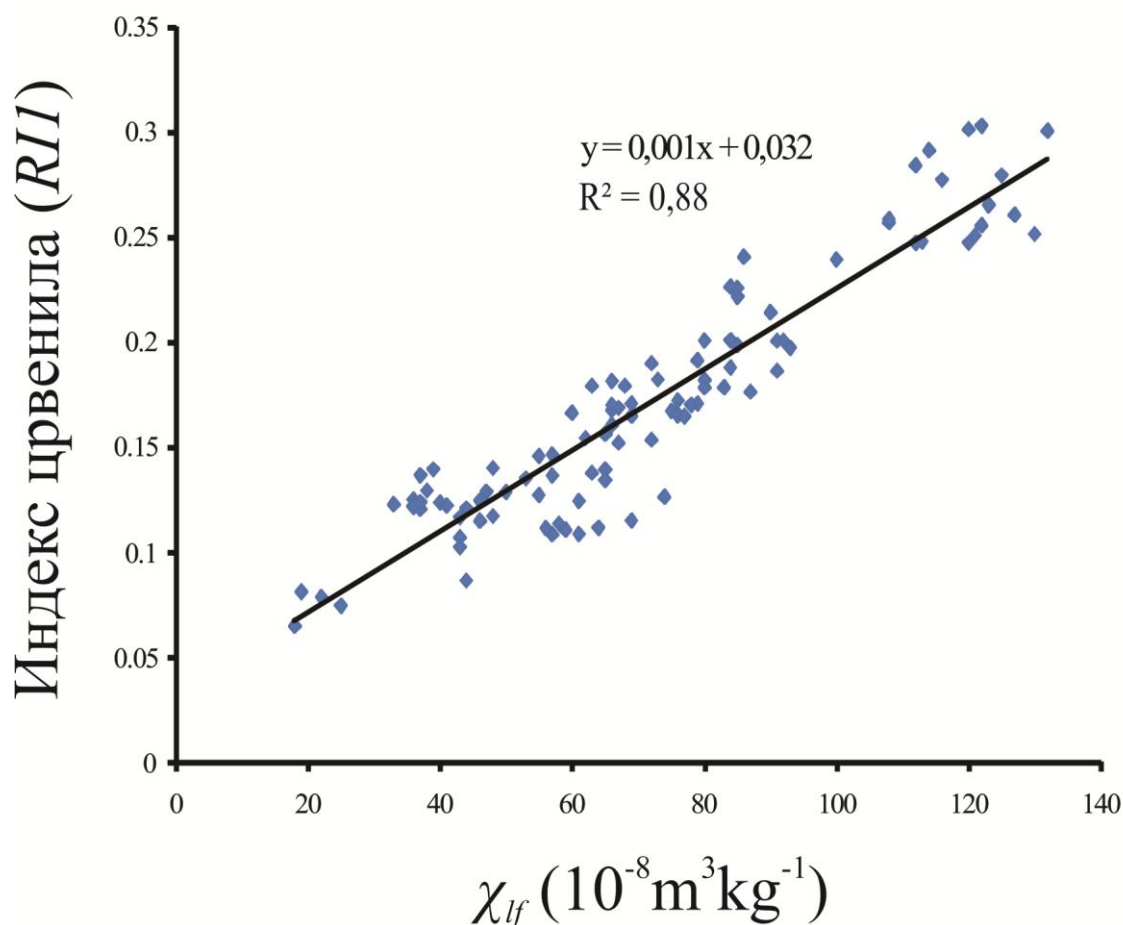
Прилог 44 приказује сигнификантност ($p < 0,01$) позитивног односа између χ_{lf} и RII ($R^2 = 0,88$) што указује да су током периода средњег плеистоцена, у распону од MIS 13-15 (када се формирао педохоризонт V-S5) услови били изузетно повољни за формирање хематита. Регресиона функција за истраживану секцију износи $y = 0,001x + 0,032$.

Изречунасти и измерени колориметријски индикатори за секцију Дукатар V-S5 (Тителски лесни плато) стоје у сагласности са изнетим закључцима од стране Бугла и сарадника (Buggle et al., 2014). Применом дифузне рефлексоне спектроскопије поменути аутори забележили су да се однос вредности хематит:гетит ($Hm/(Hm + Gt)$) повећава између палеоземљишта V-S4 и V-S5. Ови резултати су у сагласности са изложеним палеопедолошким и геохемијским показатељима који указују на интензивнији развој и деловање елувијалних процеса код старијих педокомплекса (Buggle et al., 2013).

Индекс црвенила (RII) педохоризонта V-S5 у доброј мери кореспондира са детектованим варијацијама забележеним у сигналу магнетне суспектибилности (χ_{lf}). Садржај хематита већи је у горњој половини испитиване секције, при чему се највеће вредности јављају између 120 и 156 cm од повлате. Ову констатацију подржавају и вредности индекса вредновања/рангирања црвенила земљишта (RR). За разлику од RII који након калцификованог дела профила према подини секције показује континуирано смањење вредности у погледу заступљености хематита, RR индекс од 159 до 288 cm од повлате бележи вредности 0. Уочене разлике између ових показатеља могу се довести у везу са самим концептом индекса који користе различите варијабле на основу којих се исказују разлике у црвенилу земљишта, односно садржају хематита.



Прилог 43. Графички приказ магнетног суцептибилитета мереног у пољу ниске фреквенције, колориметријских вредности и индекса боје земљишта секције Дукатар (V-S5)



Прилог 44. Однос између вредности индекса црвенила (RII) и магнетне суцептибилности у пољу ниске фреквенције (χ_{lf})

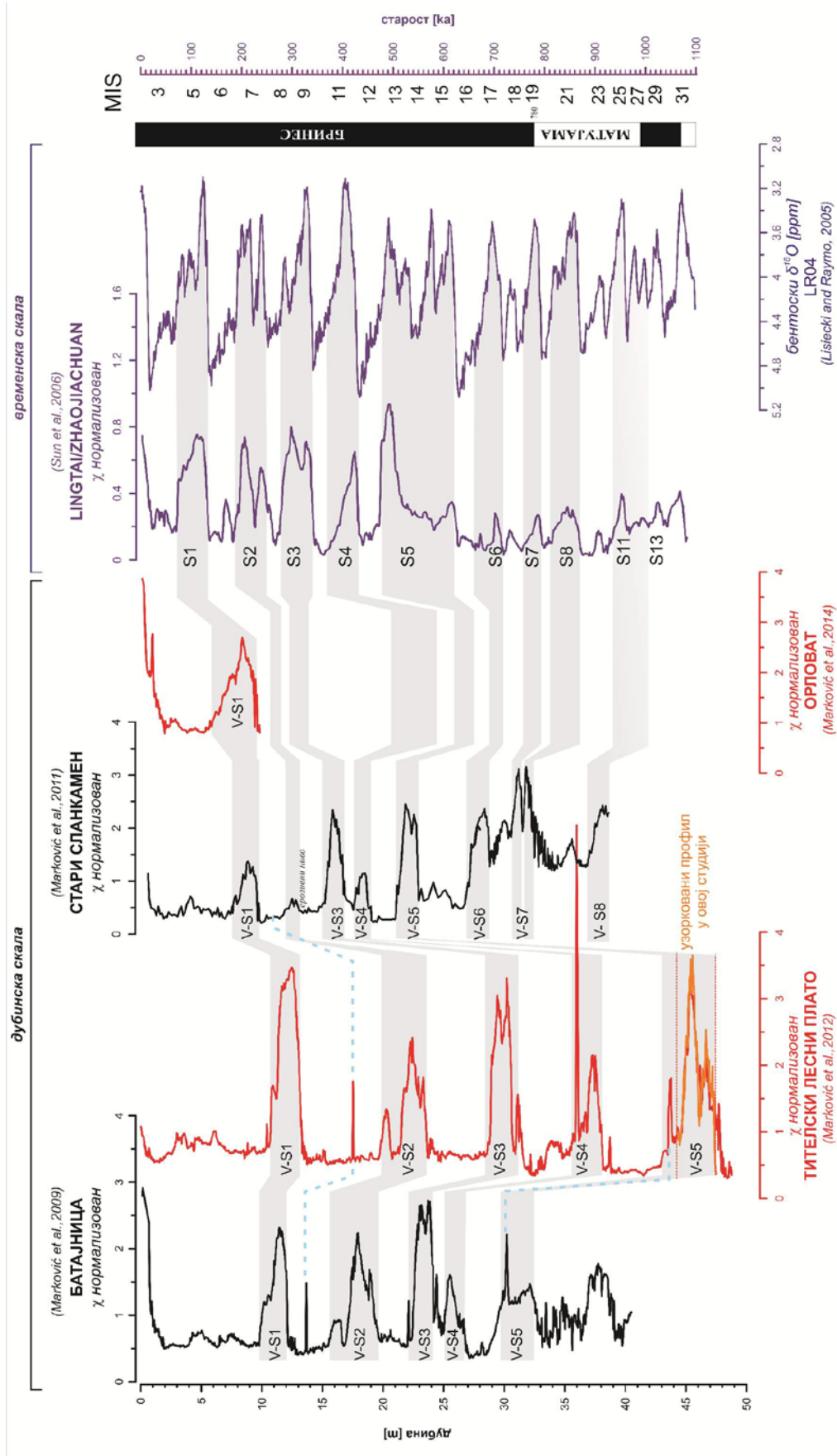
Нарочито треба имати у виду (као што је и претходно наглашено у Поглављу 2) да RR индекс представља вредност која на семиквантитативан начин указује на садржај хематита у земљишту. RR индекс стога представља нешто конзервативнији поступак за процену садржаја хематита јер је доњи праг врсте (hue) боје која се користи за ту процену 7,5YR или већи од 7,5YR. Насупрот томе, RII није ограничен у погледу врсте боје, па према томе може на сензитивнији начин да укаже и на мање присутну концентрацију феромагнетичних минерала (пре свега хематита) који не могу да произведу вредности боје од најмање 7,5YR.

На основу приказаних вредности индекса боје земљишта за секцију Дукатар, могла би да се изведе констатација да је примена RII индекса ипак више прикладнија јер сам индекс сензитивно реагује на литолошке промене и интензитет развоја самог земљишта (e.g Marković et al., 2009). Током будућих испитивања овог педокомплекса требало би применити методу дифузне рефлексионе спектроскопије (DRS) како би се на најпрецизнији начин могао одредити садржај хематита, као и однос хематита и гетита у овом педокомплексу.

Изложене вредности колориметријских параметара, као и индекса развоја земљишта које су у вези са палеоеколошким условима током којих је дошло до формирања моћног педокомплекса V-S5 на простору Тителског лесног платоа у доброј мери кореспондирају са резултатима Бугла и сарадника (Buggle et al., 2014). На основу ових резултата могла би да се изведе констатација, да је испитивано палеоземљиште формирано током периода MIS 13-15 који се карактерише вишим температурама током летњих месеци и/ или дужим сушним периодима. Нешто веће температуре током зимских месеци ($>0^{\circ}\text{C}$) могле би да објасне повећану продукцију хематита у педокомплексу V-S5 са обзиром да присуство органске материје отежава његово формирање. Такође, изражено повећање у погледу концентрације магнетичних честица у палеоземљишту V-S5 на профилу Дукатар, осликано је и на криви магнетног суцептибилитета. Ово повећање је изражено и на добро проученим лесно-палеоземљишним профилима у Старом Сланкамену (Marković et al., 2011) и Батајници (Marković et al., 2009) (Прилог 45).

Исто тако, вредно је да се напомене да палеоземљишна јединица V-S5 у хроностратиграфском смислу у потпуности кореспондира са литолошком јединицом S5 у кинеском лесу. Наиме, ово изражено и веома развијено палеоземљиште (које кореспондира са маринским изотопским стадијумом MIS 13-15) употребљава се као стратиграфски маркер на простору централне Кине због своје изузетно изражене тамно браон-црвенкасте боје (Chen et al., 2002; Guo et al., 2013; Han et al., 1998). На основу проучаваних педогенетских карактеристика Хан и сарадници (Han et al., 1998) истичу да је педокомплекс S5 формиран током периода окарактерисаног присуством релативно стабилних и сувљих климатских услова у односу на климатске услове током холоцена. Гуо и сарадници (Guo et al., 2013), изнели су у својој новијој студији базираној на резултатима мерења магнетне суцептибилности да је педокомплекс S5 формиран током климатских услова који су имали израженије сушније и влажније периоде који су довели до нешто јаче хемијске алтерације феромагнетичних минерала, што је рефлектовано у повећању концентрације макемита и хематита у овом педохоризонту. Према Јину и Гуу (Yin and Guo, 2008), постојећи климатски услови били су подстакнути јачањем циркулације летњег монсуна на северној хемисфери. Такође, измерене вредности магнетног суцептибилитета представљене у овој студији добро корелирају са резултатима истраживања других лесно-палеоземљишних секвенци не само у регионалним (Прилог 46), већ и у континенталним оквирима (Прилог 45).

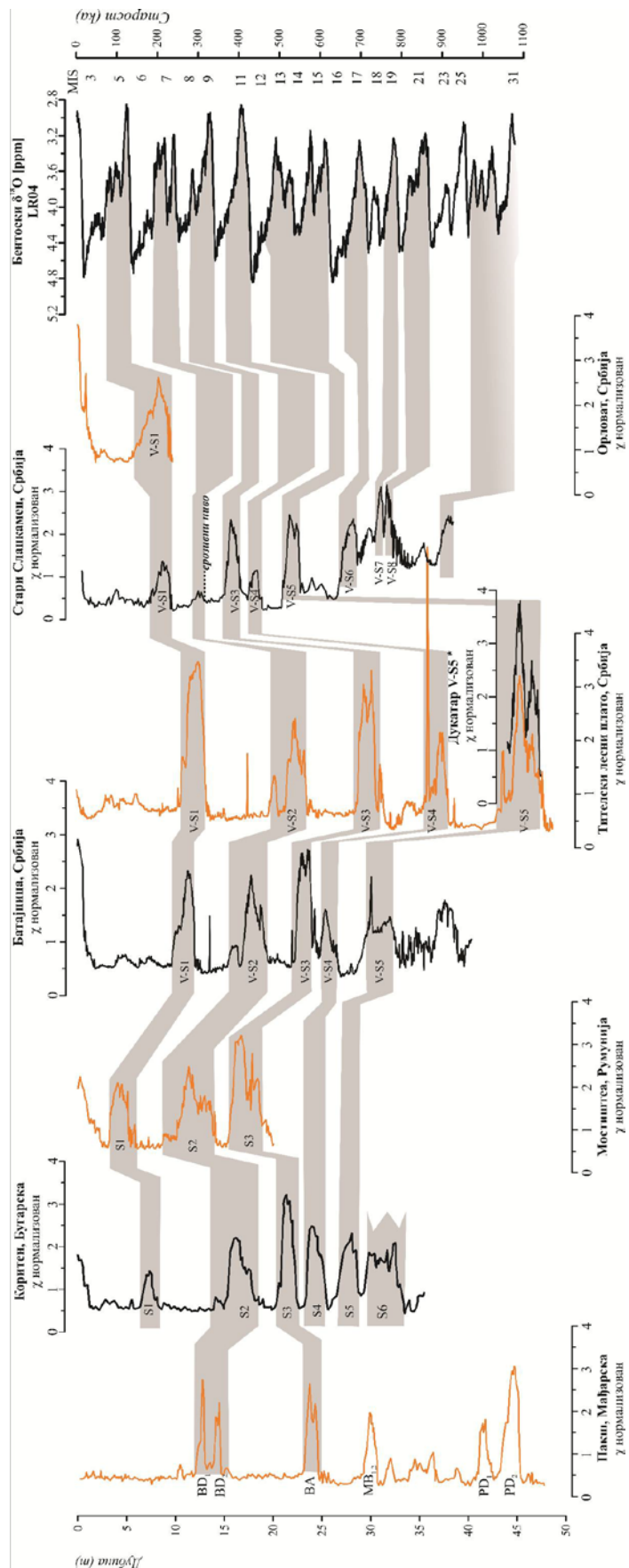
Генерално посматрано, веће вредности магнетне суцептибилности у палеоземљишту V-S5 на профилу Дукатар указују и на смањење вишка влаге у земљишту, што се доводи у везу са нешто вишим температурама током зимских месеци које доводе до смањења разлика на релацији падавине-евапорација.



Прилог 45. Стратиграфска корелација на основу $\delta^{18}\text{O}$ записа профила Батајница, Тителски лесни плато, Стари Сланкамен, Орловат (приказано на дубинској скали) са астрономски калибрисаном $\delta^{18}\text{O}$ кривом профила кинеског леса и бентоског изотопског записа

Претходно изнете интерпретације указују на заступљеност климатских услова, налик онима на простору Медитерана, у лесном региону доњег и средњег басена Дунава током MIS 13-15 (Buggle et al., 2014).

Бугл и сарадници (Buggle et al., 2014) су такође изнели и хипотезу према којој је мања хипсометрија планинских ланаца на простору Европе и прелаза између Европе и Азије могла да утиче на нешто блаже климатске услове током зимских месеци, као и на присутност веће количине падавина која није била ограничена само на европски степски појас. Са обзиром на изнету обсервацију у погледу хипсометријских одлика планинских ланаца и суседних басена на простору централне Азије, издизање квартарне подлоге услед неотектонских покрета могло би да пружи помоћ у објашњењу присуства нешто другачијих палоклиматских околности током MIS 13 до 15 које су забележене у лесним секвенцама на простору централне Азије и Кине.



Прилог 46. Корелација магнетног суцептибилитета Тителског лесног платоа и Старог Сланкамена (Marković et al., 2011) са моринским изотопским записом (Lisiecki and Raymo, 2005) и другим лесним локалитетима на простору лесног региона у басену Дунава као што су: Пакци, Мађарска (Sartori et al., 1999), Коримен, Бугарска (Jordanoва and Petersen, 1999), Мостиштеа, Румунија (Papaioani et al., 2001), Батајница (Marković et al., 2009) и Орловат (Marković et al., 2014)

4.3. Разлике у интергласијалним палеоклиматским и палеоеколошким условима

Разлике у интергласијалним палеоклиматским и палеоеколошким условима јасно се могу уочити приликом проучавања литолошких чланова V-S1 (Орловат-циглана) и V-S5 (Дукатар-Тителски лесни плато) представљених у овој студији.

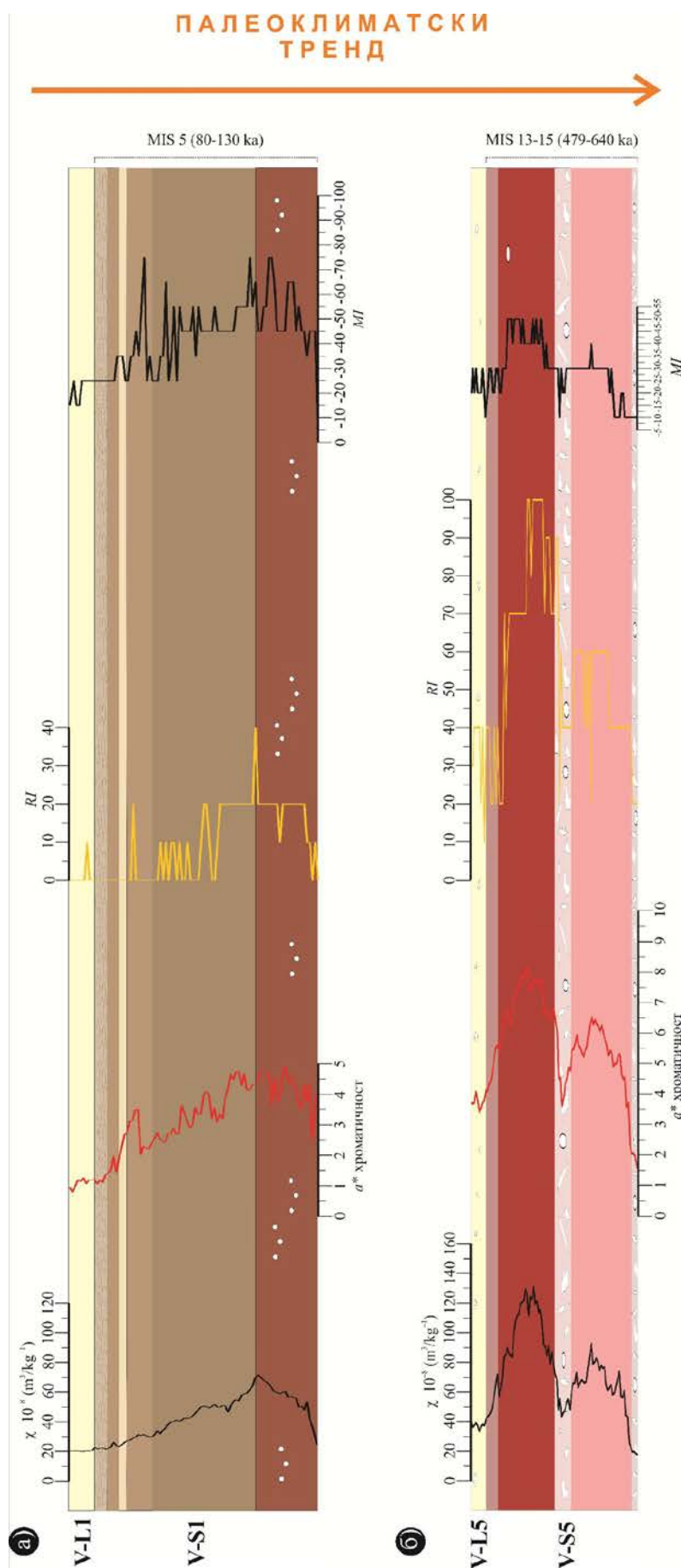
Палеоземљишна јединица V-S1 представља снажно развијени земљишни комплекс моћности око 400 cm који је формиран током MIS 5 периода. Поменута моћност указује на веће стопе акумулације током завршног дела MIS 5 и MIS 4 периода (Marković et al., 2014). Значајније седиментолошке промене уочавају се у граничним деловима ове јединице, односно контакту са литолошким члановима V-L1 у повлати и V-L2 у подини испитиване секције. Палеоземљиште V-S1 има значајно више вредности магнетног суспектибилитета које варирају од 35 до $70 \times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ за разлику од лесне јединице V-L1 која показује мале варијације у вредностима магнетног суспектибилитета (око $20 \times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$). На основу криве магнетног суспектибилитета уочава се да су веће вредности забележене управо у педокомплексу формираном током последњег интергласијала. Ове вредности постепено се повећавају према бази овог фосилног земљишта што указује на педогенетску формацију суперпарамагнетичних и једнодоменских феромагнетика (Прилог 47-а) (Lukić et al., 2014a). Крива магнетне суспектибилности показује јаку сличност са коресподентном палеопедолошком јединицом на другим локалитетима у Војводини, у Карпатском региону као и на простору Кине (Marković et al., 2009, 2011, 2012, 2014).

Измерене вредности a^* хроматичности генерално прате криву магнетне суспектибилности и указују на већу присутност хематита који је формиран у процесу педогенезе. Вредности индекса рубификације такође прате овај тренд. Индекс меланизације који одражава потамњивање палеоземљишне јединице добро кореспондира са вредностима a^* хроматичности. Нешто топлији климатски услови током доњег вирма осликани су кроз повишене вредности a^* хроматичности, RI и MI при врху V-S1 литолошког члана. Присутност влажнијих периода који су обезбеђивали довољну количину влаге у земљишту били су изражени током касног пролећа и раног лета. На ову констатацију указује постојање издиференцираног Ah хоризонта који се одликује акумулацијом органске материје (Lukić et al., 2014a). Генерално гледано, фосилно земљиште V-S1 представља чернозем педокомплекс који указује на слабљење педогенезе од интергласијалних услова ка раном гласијалу (Прилог 47-а) (Marković et al., 2012, 2014).

Са друге стране, палеоземљишна јединица V-S5 представља изузетно рубификовано палеоземљиште моћности око 270 cm, формирано током периода MIS 13-15. Запис магнетног суцептибилитета показује изражене варијације у овом литолошком члану које су последица присутности карбонатних конкреција и хидроморфних облика. Вредности магнетног суцептибилитета опадају према подинском делу лесног хоризонта V-L5, што је у сагласности са сличним опсервацијама које су уочене на профилу у Батајници (Marković et al., 2009), Старом Сланкамену (Marković et al., 2011) и на Тителском лесном платоу (Marković et al., 2012). Такође, варијације у сигналу магнетног суцептибилитета у палеоземљишту V-S5 показују сличност са јединицом S5 у кинеском лесу (Sun et al., 2006).

Вредности a^* хроматичности прате криву магнетне суцептибилности и указују на варијације у присутности хематита који је формиран у процесу педогенезе. На основу прилога 47 (а, б), јасно може да се уочи да је концентрација овог феромагнетичног минерала осетно већа у палеоземљишту V-S5 у односу на палеоземљишну јединицу V-S1 у Орловату. Знатно више регистроване вредности индекса рубификације у палеоземљишту V-S5 указују на присутност другачијих педогенетских услова за разлику од оних под којим је формиран степски педокомплекс V-S1. Ова констатација је такође у доброј сагласности са другим лесно-палеоземљишним студијама у којима су презентоване вредности индекса рубификације (e.g. Vidić et al., 2004; Marković et al., 2009, 2011; Buggle et al., 2014). Резултати поменутих студија указују на снажно изражену палеоклиматску транзицију од суб-медитеранских до сувих континенталних климатских услова у овом делу Европе током последњих пет глацијално-интерглацијалних циклуса. Варијације у вредностима индекса рубификације, представљене у овој студији пружају додатне доказе који су од великог значаја за разумевање палеоклиматске еволуције током средњег и горњег плеистоцена. Индекс меланизације у поређењу са палеоземљиштем V-S1 бележи знатно ниже вредности које су последица присутности другачијих палеоклиматских и палеоеколошких услова током посматраних интерглацијалних периода.

На основу изнетих палеопедолошких интерпретација, колориметријских вредности и вредности индекса развоја земљишта може се констатовати да испитиване лесно-палеоземљишне секвенце указују на сукцесију еколошких услова који се крећу од семи-хумидно суптропских окружења (V-S5) до типичних степских окружења (V-S1) (Прилог 47-а, б). Компарација са другим евроазијским лесно-палеоземљишним записима указује на присутност сличног палеоклиматског тренда (e.g. Kukla, 1987; Kukla and An, 1989; Pecs, 1995; Ding et al., 2002; Bronger, 2003; Velichko et al., 2009; Marković et al., 2009, 2011, 2012).



Прилог 47. Разлике у интерглатијалним палеоклиматским и палеоколошким условима на основу испитиваних литолошких чланова V-S1 (а) и V-S5 (б) (литологија за дате педохоризонте представљена је у прилозима 25 и 32)

5. ЗАКЉУЧАК

Комбинована метода анализе стенског магнетизма и колориметријског одређивања боје приликом истраживања лесно-палеоземљишних секвенци на простору наше земље, примењена је по први пут на шта и указују резултати проистекли из ове дисертације.

Резултати добијени применом интердисциплинарних и систематских истраживања лесно-палеоземљишних секвенци указују на значај локалитета Орловат, као кључног палеоклиматског и палеоеколошког архива горњег плеистоцена на простору Баната (северна Србија), односно југоисточног дела Карпатског (Панонског) басена. Стратиграфски као и палеоеколошки показатељи проистекли из ове студије пружају могућност корелације са другим кључним локалитетима у северном, централном и источном делу лесног региона на простору Србије, при чему секција Орловат-циглана садржи записе климатских и еколошких услова који су егзистовали током горњег плеистоцена. Са друге стране, варијације у колориметријском запису (нарочито у повлатном делу палеоземљишта V-S1) уочене на секцији Орловат представљају изванредан уникат, са обзиром да сличне опсервације нису присутне код других лесних секција на простору средњег дела Панонског басена. За разлику од других лесних локалитета у нашој земљи (укључујући и локалитет Дукатар) који се налазе на платоима, секција Орловат-циглана налази се на падинском делу Тамишког лесног платоа.

Ова секција такође се карактерише и одсуством интерстадијалног педокомплекса V-L1S1 из средњег вирма (MIS 3) који је обично присутан на другим локалитетима у нашој земљи. Поред записа стенског магнетизма, луминесцентна хронологија овог локалитета указује на седиментолошке прекиде у распону који варира од приближно 40 и 30 ka (минимални распон) до приближно 60 и 20 ka (максимални распон). Ово указује на присутност активних падинских процеса у виду ерозије и редопозиције материјала на овом локалитету током одређених периода горњег плеистоцена.

Питање које се поставља у вези истакнутих варијација, детектованих у колориметријским записима горње пленигласијане субсеквенце која одражава специфичне услове на локалитету Орловат (или специфичне климатске услове), односно систематску разлику у еволуцији климе на простору Баната и генерално Војводине требало би да буде разрађено приликом неких будућих истраживања овог простора.

Чињеница је да до сада није било довољно спроведених истраживања која би се фокусирали на проучавање заступљености гвожђевитих минерала у лесно-палеоземљишним секвенцама у нашој земљи. Резултати ове дисертације јасно апострофирају значај примене

колориметријских метода у интердисциплинарном приступу приликом процене присутности феромагнетика и одређивања стенског магнетизма лесно-палеоземљишних секвенци средњег и горњег плеистоцена у средњем делу басена Дунава. Такође, овакав приступ значајан је приликом истраживања климатских и еколошких услова и успостављања корелација са другим локалитетима на регионалном нивоу.

Резултати истраживања за локалитет Орловат-циглана указују да су у периоду ривирм били заступљени сушни периоди изражени током летњих месеци (као и током холоцена), при чему је изражени летњи сушни период трајао нешто дуже и генерално је био топлији него што је то био случај приликом формирања рецентног земљишта (Lukić et al., 2014a).

Такође, резултати указују да су падавине биле израженије током пролећа па до раног лета и/ или јесени (Lukić et al., 2014a). Изнети закључци у великој мери кореспондирају са резултатима студија других лесних локалитета на простору Европе (Buggle et al., 2013, 2014), као и локалитетима на простору централне Азије и Кине (Chen et al., 2002; Ding et al., 2002; Vidić et al., 2004; Torrent et al., 2006, 2007).

Са друге стране, резултати колориметријско-магнетних истраживања на локалитету Дукатар V-S5 указују да је испитивано палеоземљиште формирано током периода MIS 13-15 који се карактерише вишим температурама током летњих месеци и/ или дужим сушним периодима. Нешто више температуре током зимских месеци ($>0^{\circ}\text{C}$) могле би да објасне повећану продукцију хематита у педокомплексу V-S5. Уочена разлика у варијацијама садржаја хематита у овом рубификованом педокомплексу указује на постојање изражене сензитивности код примене индекса црвенила земљишта *RII*, док је она код индекса вредновања/рангирања црвенила земљишта (*RR*) знатно смањена. На основу приказаних вредности индекса боје земљишта за секцију Дукатар, могла би да се изведе констатација да је примена *RII* индекса ипак више прикладнија јер сам индекс сензитивно реагује на литолошке промене и интензитет развоја самог земљишта, док *RR* индекс представља нешто конзервативнији поступак за процену садржаја хематита јер доњи праг врсте (hue) боје која се користи за ту процену мора да буде или 7,5YR или већи од 7,5YR.

Изражено повећање у погледу концентрације магнетичних честица у палеоземљишту V-S5 на профилу Дукатар, представљено у запису магнетног сусцептибилитета добро кореспондира са детектованим вредностима које су забележене на проученим лесно-палеоземљишним профилима у Старом Сланкамену (Marković et al., 2011), Батајници (Marković et al., 2009) и на простору Тителског лесног платоа (Marković et al., 2012; Јовановић, 2012). Исто тако, вредно је да се напомене да палеоземљишна јединица V-S5 у хроностратиграфском смислу у потпуности кореспондира са литолошком јединицом S5 у

кинеском лесу. Детектоване веће вредности магнетне суцептибилности у палеоземљишту V-S5 на профилу Дукатар указују на смањење вишка влаге у земљишту, што се доводи у везу са нешто вишим температурама током зимских месеци које доводе до смањења разлика на релацији падавине-евапорација. Ово указује на заступљеност климатских услова, налик онима на простору Медитерана, у лесном региону доњег и средњег басена Дунава током MIS 13-15. Изнете констатације снажно кореспондирају са резултатима које су изнели Бугл и сарадници (Buggle et al., 2014).

Из свега наведеног, приликом будућих истраживања свакако треба тежити примени суфистицираних колориметријских метода за одређивање боје лесно-палеоземљишних секвенци како би се добили егзактни резултати инструменталних мерења, који у свим аспектима предњаче у односу на оне добијене визуелним одређивањем помоћу Манселовог каталога боја земљишта. Такође, требало би применити и методу дифузне рефлексивне спектроскопије (DRS) како би се на најпрецизнији начин могао одредити садржај хематита и однос између хематита и гетита у лесно-палеоземљишним секвенцама. Добијени резултати требали би да се користе у комбинацији са измереним вредностима магнетне суцептибилности са других локалитета, не само у региону већ и на континенталном нивоу како би се омогућило детаљније сагледавање палеоклиматских и палеоеколошких промена током квартара.

6. ЛИТЕРАТУРА

- Басарин, Б. 2009. Палеоклиматска реконструкција три последња глацијално-интерглацијална циклуса лесно-палеоземљишних секвенци Тителског брега. Магистарски рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-128.
- Басарин, Б. 2011. Идентификовање и анализа Миланковићевих циклуса записаних у лесно-палеоземљишним секвенцама у Војводини. Докторска дисертација у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-164.
- Гаудењи, Т. 2000. Лесни профил Мишелук- геолошке и геоморфолошке карактеристике. Дипломски рад у рукопису. Институт за географију, Нови Сад: 1-60.
- Гаудењи, Т. 2004. Палеогеографија последњег глацијала лесног профила Ириг. Специјалистички рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-46.
- Гаудењи, Т. 2006. Палеогеографија последњег глацијално-интерглацијалног циклуса профила лесно-палеоземљишних секвенци северних падина Фрушке горе. Магистарски рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-105.
- Гаудењи, Т. 2010. Реконструкција палеоеколошких и палеоклиматских услова последњег глацијала на подручју Тителског брега. Докторска дисертација у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-167.
- Gayton C. A., Hall, E. J. 1999. Medicinska fiziologija. Savremena administracija, Beograd: 637-647.
- Ђуришић, S., Milić-Lemić, A., Obradović-Ђуричић, K., Popović, O. 2007. Instrumentalno određivanje boje zuba u protetsoj rekonstrukciji. Stomatološki Glasnik Srbije 54, 240-247.
- Јовановић, М. 2000. Палеогеографске карактеристике површинских копова ИГМ „Рума” у Руми. Дипломски рад у рукопису. Институт за географију, Нови Сад: 1-50.
- Јовановић, М. 2005. Лесно-палеоземљишне секвенце околине Пожаревца. Магистарски рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-126.

- Јовановић, М. 2012. Средње плеистоцене лесно-палеоземљишне секвенце Војводине. Докторска дисертација у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-323.
- Јовановић, М., Звиздић, О. 2009. Геонаслеђе лесних профила у Војводини. Друштво младих истраживача Института за географију „Бранислав Букуров“, Нови Сад: 1-104.
- Лукић, Т. 2009. Морфометријски приказ лесне пећине код Сурдука. Дипломски рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-31.
- Лукић, Т., Хрњак, И., Марковић, С. Б., Васиљевић, Ђ. А., Вујичић, М. Д., Басарин, Б., Гаврилов, М. Б., Јовановић, М., Павић, Д. 2013. Загајичка брда као архив палеоклиматских и палеоеколошких карактеристика и могућност геоконзервације. Заштита природе 53, 59-71.
- Марковић, С. Б. 2000. Палеогеографија квартара на територији Војводине. Докторска дисертација у рукопису. Институт за географију, Нови Сад: 1-194.
- Марковић, С. Б., Heller, F., Kukla, G., Гаудењи, Т., Јовановић, М., Миљковић, Јб. 2003. Магнетостратиграфија лесног профила Чот у Старом Сланкамену. Зборник радова Института за географију 32, 20–28.
- Марковић, Б. С., Иванишевић, П., Јовановић, М., Molnar, V., Галић, З., Gaudenyi, T., Савић, С. и Бојанић, Д. 2004. Палеопедолошка и палеоеколошка својства холоцених еолских пескова Делиблатске пешчаре. СПР „Делиблатска пешчара”- Зборник радова 7, 279-287.
- Милојковић, Н. 2010. Одређивање индекса рубификације и меланизације лесно-палеоземљишних секвенци профила Чот у Старом Сланкамену. Дипломски рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-47.
- Миљковић, Н., 1996. Основи педологије. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад: 1-264.
- Пантелић, М. 2012. Санација и заштита Великог бачког канала као услов одрживог коришћења његових развојних потенцијала. Докторска дисертација у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-253.

- Popov-Raljić, J. 2013. Senzorna analiza hrane i pića. Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Novi Sad: 1-339.
- Савић, С. 2002. Палеогеографија лесног профила површинског копа ИГМ „Слога” у Петроварадину. Дипломски рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-39.
- Савић, С. 2006. Палеогеографске карактеристике лесно-палеоземљишних секвенци западног дела Бачког лесног платоа. Магистарски рад у рукопису. Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-106.
- Sears, F. W. 1963. Optika. Naučna knjiga, Beograd: 1-307.
- Стојковић, М., 2008. Статистички методи у туризму. ПМФ, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-232.
- Турјачанин В., Чекрлија Ђ., Ковачевић, П., Опачић, Г. 2006. Основне Статистичке методе и технике у SPSS-у – Примена SPSS-а у друштвеним наукама. Центар за културни и социјални поправак, Бањалука.
- An, Z. S., Wang, J. D., Li, H. M., 1977. Paleomagnetic study of the Luochuan section. *Geochimica* 4, 239–249.
- An Z. S., Kukla G., Porter S., Xiao J. L. 1991. Late Quaternary dust flow on the Chinese Loess Plateau. *Catena* 18, 125–132.
- 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.
- Bábek, O., Chlachula, J., Matys Grygar, T. 2011. Non-magnetic indicators of pedogenesis related to loess magnetic enhancement and depletion: Examples from the Czech Republic and southern Siberia. *Quaternary Science Reviews* 30, 967-979.
- Banerjee, S. K. 1994. Contributions of fine-particle magnetism to reading the global paleoclimate record. *Journal of Applied Physics* 75/10, 5925-5930.

- Barron, V., Torrent, J. 1986. Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour. *Journal of Soil Science* 37, 499-510.
- Basarin, B., Machalett, B., Marković, S. B., Milojković, N., Lukić, T., Frechen, M. 2008. High resolution paleoenvironmental and climate variability of SE Europe since the MIS 9, recorded at the Mošorin loess-paleosol sequence (Vojvodina, Serbia). AGU Fall Meeting 2008, November, San Francisco, USA, PP13A-1423.
- Basarin, B., Machalett, B., Marković, S. B., Milojković, N., Lukić, T. 2009a. Highly Resolved Color Indices Recorded at the Veliki Surduk Loess-Paleosol Sequence in Mošorin (Vojvodina, Serbia). International conference on loess research Loessfest'09, Novi Sad, August 31st–September 3rd 2009, Abstract book, 160.
- Basarin, B., Machalett, B., Milojković, N., Marković, S. B., Lukić, T., Vasiljević, Dj. A. 2009b. Highly Resolved Color Indices Recorded at Stari Slankamen Loess-Paleosol Sequence (Vojvodina, Serbia). International conference on loess research Loessfest'09, Novi Sad, August 31st–September 3rd 2009, Abstract book, 138-139.
- Basarin, B., Vandenberghe, D., Hambach, U., Vasiljević, Dj. A., Marković, S. B., Jović, G., Lukić, T. 2009c. An Introduction to the Belotinac Loess- Paleosol Sequence, Southern Serbia. International conference on loess research Loessfest'09, Novi Sad, August 31st–September 3rd 2009, Abstract book, 110.
- Basarin, B., Vandenberghe, D. A. G., Marković, S. B., Catto, N., Hambach, U., Vasiliniuc, S., Derese, C., Rončević, S., Vasiljević, Dj. A., Rajić, Lj. 2011. The Belotinac section (Southern Serbia) at the southern limit of the European loess belt: preliminary results. *Quaternary International* 240, 128-138.
- Basarin, B., Buggle, B., Hambach, U., Marković, S. B., O'Hara Dhand, K., Kovačević, A., Stevens, T., Guo, Z., Lukić, T. 2014. Time-scale and astronomical forcing of Serbian loess–paleosol sequences. *Global and Planetary Change* 122, 89–106.
- Beer, J., Shen, C., Heller, F. 1993. ¹⁰Be and magnetic susceptibility in Chinese loess. *Geophysical Research Letters* 20, 57–60.
- 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. 2009. Validation of wiggle matching using a multi-proxy approach and its palaeoclimatic significance. *Journal of Quaternary Science* 24, 937–947.
- Botha, G., Porat, N. 2007. Soil chronosequence development in dunes on the southeast African coastal plain, Maputaland, South Africa. *Quaternary International* 162–163, 111–132.
- Bronger, A. 1976. Zur quartären Klima- und Landschaftsentwicklung des karpatenbeckens auf (paläo) pedologischer Grundlage.-Habilitationsschrift. *Kieler Geographischen Schriften* 45. Kiel, 1-269.
- Bronger, A., Enslin, J., Gütlich, P., Spiering, H. 1983. Rubification of terrae rossae in Slovakia: a Mossbauer effect study. *Clays and Clay Minerals*, 31, 269-276.
- Brogner, A., Heinkele, T. 1989. Micromorphology and genesis of paleosols in the Luochuan loess section, China: Pedostratigraphical and environmental implications. *Geoderma* 45, 123-143.
- Bronger, A., Winter, R., Sedov, S. 1998. Weathering and clay mineral formation in two Holocene soils and in buried paleosols in Tadjikistan towards a Quaternary paleoclimatic record in Central Asia. *Catena* 34, 19-34.
- Bronger, A. 2003. Correlation of loess-paleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe - Towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history. *Quaternary International* 106-107, 11-31.
- 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., Glaser, B., Hambach, U., Gerasimenko, N., Marković, S. 2011. An evaluation of geochemical weathering indices in loess-paleosol studies. *Quaternary International* 240, 1-2, 12-21.

- Buggle, B., Hambach, U., Kehl, M., Zöller, L., Marković, S. B., 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.
- Buggle, B., Hambach, U., Müller, K., Zöller, L., Marković, S.B., Glaser, B. 2014. Iron mineralogical proxies and Quaternary climate change in SE-European loesse paleosol sequences. *Catena* 117, 4-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.012>.
- Cande, S. C., Kent, D. V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research* 100, 6093-6095.
- Chen, J., An, Z., Head, J. 1999. Variations of Rb/Sr ratios in the loess-paleosol sequences of Central China during the last 130.000 years and their implications for monsoon paleoclimatology. *Quaternary Research* 51, 215-219.
- Chen, J., Ji, J., Balsam, W., Chen, Y., Liu, L., An, Z. 2002. Characterization of the Chinese loess-paleosol stratigraphy by whiteness measurement. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 183, 287-297.
- Coudé-Gaussen, G. 1987. The perisaharan loess: sedimentological characterization and palaeoclimatological significance. *Geojournal* 15, 177-183.
- Derbyshire, E. 1983. Origin and characteristics of some Chinese loess at two locations in China. In: Brookfield, M. E. and Ahtbrandt, T. S. (eds), *Eolian Sediments and Processes*, 69-90. Elsevier, Amsterdam.
- Ding, Z., Yu, Z., Rutter, N. W., Liu, T. 1994. Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits. *Quaternary Science Reviews* 13, 39-70.
- Ding, Z. L., Yang, S. L., Hou, S. S., Wang, X., Chen, Z., Liu, T. S. 2001a. Magnetostratigraphy and sedimentology of the Jingchuan red clay section and correlation of the Tertiary eolian red clay sediments of the Chinese Loess Plateau, *Journal of Geophysical Research* 106, 6399-6407.
- Ding, Z. L., Yang, S. L., Sun, J. M. 2001b. Iron geochemistry of loess and red clay deposits in the Chinese Loess Plateau and implications for long-term Asian monsoon evolution in the last 7.0 Ma. *Earth and Planetary Science Letters* 185, 99-109.

- 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.
- Dodonov, A. E., Baiguzina, L. L. 1995. Loess stratigraphy of Central Asia: palaeoclimatic and palaeoenvironmental aspects. *Quaternary Science Reviews* 14, 707-720.
- Evans, M. E., Heller, F. 1994. Magnetic enhancement and paleoclimate: study of a loess/paleosol couplet across the loess plateau of China. *Geophysical Journal International* 117, 265–271.
- Evans, M. E., Heller, F. 2001. Magnetism of loess/paleosol sequences: recent developments. *Earth-Science Reviews* 54, 129-144.
- Evans, M. E., Heller, F. 2003. *Environmental Magnetism- Principles and Applications of Enviromagnetics*. Academic Press, San Diego: 1-299.
- Fang, X. M., Ono, Y., Fukusawa, H., Pan, B. T., Li, J. J., Dong, G. R., Oi, K., Tsukamoto, S., Torii, M., Mishima, T. 1999. Asian summer monsoon instability during the past 60,000 years: magnetic susceptibility and pedogenic evidence from the western Chinese Loess Plateau. *Earth and Planetary Science Letters* 168, 219–232.
- 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.
- Gao, W. Y., Lin, B. H., Sun, D. H. 1992. Catoptrics studies for loess and climatic variations. In: Liu, T. S. (Ed.), *Loess, quaternary geology, GLOBAL change*. Science Press, Beijing, 92–100.
- Gaudenyi, T., Nenadić, D., Jovanović, M., Bogićević, K. 2013. The stratigraphical importance of the *Viviparus boeckhi* Horizon of Serbia. *Quaternary International* 292, 101-112.
- Gaudenyi, T., Nenadić, D., Stejić, P., Jovanović, M., Bogićević, K. 2015. The stratigraphy of the Serbian Pleistocene *Corbicula* beds. *Quaternary International* 357, 4-21.

- Gobin, A., Campling, P., Deckers, J., Feyen, J. 2001. Integrated land resources analysis with an application to Ikem (south-eastern Nigeria). *Landscape and Urban Planning* 53, 95-109.
- 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.
- Guo, Z. T., Fedoroff, N., An, Z. S. 1991. Genetic types of the Holocene soil and the Pleistocene paleosols in the Xifeng loess section in central China. In: Liu, T. S. Ed., *Loess, Environment and Global Change*. Science Press, Beijing, 93–111.
- Guo, Z. T., Peng, S. Z., Hao, Q. Z. 2001. Origin of the Miocene–Pliocene red-Earth formation at Xifeng in Northern China and implications for paleoenvironments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 170, 11–26.
- Guo, Z. T., Ruddiman, W. F., Hao, Q. Z., Wu, H. B., Qiao, Y. S., Zhu, R. X., Peng, S. Z., Wei, J. J., Yuan, B. Y., Liu, T. S. 2002. Onset of Asian desertification by 22 Myr ago inferred from loess deposits in China. *Nature* 416, 159–163.
- Guo, X., Liu, X., Li, P., Lü, B., Guo, H., Chen, Q., Liu, Z., Ma, M. 2013. The magnetic mechanism of paleosol S5 in the Baoji section of the southern Chinese Loess Plateau. *Quaternary International* 306, 129-136.
- Haase D., Fink J., Haase G., Ruske R., Pecsí 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.
- Han, J. M., Keppens, E., Liu, T. S., Paepe, R., Jiang, W. Y. 1997. Stable isotope composition of the carbonate concretion in loess and climate change. *Quaternary International* 37, 37–43.
- Han, J. T., Fyfe, W. S., Longstaffe, F. J. 1998. Climatic implications of the S5 paleosol complex on the southernmost Chinese Loess Plateau. *Quaternary Research* 50, 21–33.
- Harden, J. W. 1982. A quantitative index of soil development from field descriptions: examples from a chronosequence in central California. *Geoderma* 28, 1-28.
- Harden, J. W., Taylor, E. T. 1983. A quantitative comparison of soil development in four climatic regimes. *Quaternary Research* 20, 342-395.

- Heller, F., Liu, T. S. 1982. Magnetostratigraphic dating of loess deposits in China. *Nature* 300, 431–433.
- Heller, F., Liu, T. S. 1984. Magnetism of Chinese loess deposits. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 77, 125–141.
- Heller, F., Evans, M. E. 1995. Loess magnetism. *Reviews in Geophysics* 33, 211–240.
- Heslop, D., Langereis, C. G., Dekkers, M. J. 2000. A new astronomical timescale for the loess deposits of northern China. *Earth and Planetary Science Letters* 184, 125–139.
- Hus, J. J., Han, J. M. 1992. The contribution of loess magnetism in China to the retrieval of past global changes: some problems. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 7, 154–168.
- Hünter Lab, 2001. Hünter Lab versus CIE 1976 $L^*a^*b^*$ color scale. *Insight on color*, 1-15.
- Ji, J. F., Balsam, W., Chen, J. 2001. Mineralogic and climatic interpretations of the Luochuan loess section (China) based on diffuse reflectance spectrophotometry. *Quaternary Research* 56, 23–30.
- Ji, J., Balsam, W., Chen, J., Liu, L. 2002. Rapid and quantitative measurement of hematite and goethite in the Chinese loess-paleosol sequence by diffuse reflectance spectroscopy. *Clays and Clay Minerals* 50, 208-216.
- Ji, J., Chen, J., Balsam, W., Lu, H., Sun, Y., Xu, H. 2004. High resolution hematite/goethite records from Chinese loess sequences for the last glacial-interglacial cycle: Rapid climatic response of the East Asian Monsoon to the tropical Pacific. *Geophysical Research Letters* 31, L03207, 1-4. doi:10.1029/2003GL018975
- Jordanova, D., Petersen, N. 1999. Paleoclimatic record from a loess-soil profile in northeastern Bulgaria II. Correlation with global climatic events during the Pleistocene. *Geophysical Journal International* 138, 533–540.
- Jovanović, M., Gaudenyi, T., O'Hara-Dhand, K., Smalley, I. 2014. Karl Caesar von Leonhard (1779-1862), and the beginnings of loess research in the Rhine valley. *Quaternary International* 334-335, 4-9.

- Kämpf, N., Schwertmann, U. 1983. Goethite and hematite in a climo-sequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. *Geoderma* 29, 27– 39.
- Kletetschka, G., Banerjee, S. K. 1999. Magnetic stratigraphy of Chinese loess as a record of natural fires. *Geophysical Research Letters* 22, 1341–1343.
- Kubiena, W. L. 1970. *Micromorphological features in soil geography*. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey: 1- 240.
- Kukla, G. J. 1975. Loess stratigraphy of Central Europe. In: K.W. Butzer and G.LI. Isaac (Editors), *After the Australopithecines*. Mouton, The Hague, 99-188.
- Kukla, G. J. 1977. Pleistocene Land--Sea Correlations I. Europe. *Earth-Science Reviews* 13, 307-374.
- Kukla, G. 1987. Loess stratigraphy in Central China. *Quaternary Science Reviews* 6, 191-219.
- Kukla, G., Heller, F., Liu, X. M., Xu, T. C., Liu, T. S., An, Z. S. 1988. Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility. *Geology* 16, 811- 814.
- Kukla, G. 1989. Long continental records of climate-an introduction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 72, 1-9.
- Kukla, G., An, Z. 1989. Loess stratigraphy in Central China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 72, 203-225.
- Li, H. M., An, Z. S., Wang, J. D. 1974. Primary paleomagnetic study of loess from Wucheng section, Northern China. *Geochimica* 2, 93–104.
- Lin, B. H., Liu, R. M. 1992. Stable isotopic evidence of the summer monsoon evolution during the last 800 ka in Chinese Loess Plateau. *Chinese Science Bulletin* 37, 1691–1693.
- Lisiecki, L. E., Raymo, M. E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *Paleoceanography* 20: PA1003, doi: 10.1029/2004PA001071.
- Liu, T.S., et al., (unnamed) 1985. *Loess and the Environment*. China Ocean Press, Beijing.
- Liu, T. S., Yuan, B. Y. 1987a. Paleoclimatic cycles in northern China. In: Liu, T. S. Ed., *Aspects of Loess Research*. China Ocean Press, Beijing, 1–26.

- Liu, X.M., Liu, T.S., Xu, T.C. 1987b. A study on magnetostratigraphy of a loess profile in Xifeng area. In: Liu, T.S. (Ed.), Aspects of Loess Research. China Ocean Press, Beijing, 164–174.
- Liu, X. M., Rolph, T., Bloemendal, J. 1995. Quantitative estimates of paleoprecipitation at Xifeng, in the loess Plateau of China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 113, 243–248.
- Liu, T. S., Ding, Z. L. 1998. Chinese loess and the paleomonsoon. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences* 26, 111 – 145.
- Liu, Q., Bloemendal, J., Torrent, J., Deng, C. 2006. Contrasting behavior of hematite and goethite within paleosol S5 of the Luochuan profile, Chinese Loess Plateau. *Geophysical Research Letters* 33, L20301, 1-4. doi:10.1029/2006GL027172
- Liu, Q., Deng, C., Torrent, J., Zhu, R. 2007. Review of recent developments in mineral magnetism of the Chinese loess. *Quaternary Science Reviews* 26, 368-385.
- Liu, X. M., Liu, Z., Lü, B., Marković, S. B., Chen, J.S., Guo, H., Ma, M. M., Zhao, G. Y., Feng, H. 2013. The magnetic properties of Serbian loess and its environmental significance. *Chinese Science Bulletin* 58, 353-363.
- Lu, H. Y., Wu, N. Q., Liu, T. S., Han, J. M., Qin, X. G., Sun, X. J., Wang, Y. J. 1996. Seasonal climate variation recorded by phytolith assemblages from Baoji loess sequence in central China over the last 150,000 years. *Science in China, Series D* 39, 629– 639.
- Lukić, T., Marković, S. B. Stevens, T., Vasiljević, Dj. A., Machalett, B., Milojković, N., Basarin, B., Obreht, I. 2009. The loess ‘cave’ Near the village of Surduk – An unusual pseudokarst landform in the loess of Vojvodina, Serbia. *Acta Carsologica* 38, 227-235.
- 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.
- Maher, B. A., Thompson, R. 1991. Mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosol. *Geology* 19, 3–6.
- Maher, B. A., Thompson, R., Zhou, L. P. 1994. Spatial and temporal reconstruction of changes in the Asian paleomonsoon: a new mineral magnetic approach. *Earth and Planetary Sciences Letters* 125, 461–471.
- Maher, B. A., Thompson, R. 1995. Paleorainfall reconstructions from pedogenic magnetic susceptibility variations in the Chinese loess and paleosols. *Quaternary Research* 44, 383–391.
- Maher, B. A. 1998. Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic paleosols: paleoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 137, 25–54.
- Maher, B. A. 2011. The magnetic properties of Quaternary aeolian dusts and sediments, and their palaeoclimatic significance. *Aeolian Research* 3, 87–144.
- Malacara, D. 2011. *Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications*. SPIE Press, Bellingham: 1-188.
- Marković, S. B., Kukla, J. 1999. Magnetic susceptibility and grain size records in the Stari Slankamen loess section (Vojvodina, Yugoslavia). *Loessfest '99, Bonn and Heidelberg, Germany 25 March - 1 April 1999, Book of Abstracts*, 152-153.
- Marković, S., Kostić, N., Oches, E. 2004a. Paleosols in the Ruma loess section (Vojvodina, Serbia). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21,1, 79-87.
- Marković, S., Oches, E., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Hambach, U., Zoeller, L., Sümegi, P. 2004b. 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.

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 and Geosystems* 8, Q09008.

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., Bugge, B., Machalett, B., Zöller, L., Glaser, B., Frechen, M. 2009. Middle and Late Pleistocene loess sequences at Batajnica, Vojvodina, Serbia. *Quaternary International* 198, 255–266.

Marković, S. B., Hambach, U., Stevens, T., Kukla, G. J., Heller, F., McCoy, W. D., Oches, E. A., Bugge, B., Zöller, L. 2011. The last million years recorded at the Stari Slankamen loess–paleosol sequence: revised chronostratigraphy and longterm environmental trends. *Quaternary Science Reviews* 30, 1142–1154.

Marković, S. B., Hambach, U., Stevens, T., Jovanović, M., O'Hara-Dhand, K., Basarin, B., Lu, H., Smalley, I., Bugge, 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., Lemkhul, F., Kels, H., Gaudenyi, T., Gavrilov, M. B. 2014. Environmental dynamics and luminescence chronology from Orlovat loess–paleosol sequence (Vojvodina, Northern Serbia): initial results and perspectives. *Journal of Quaternary Science* 29, 189–199.

- McTainsh, G. 1987. Desert loess in northern Nigeria. *Zeitschrift für Geomorphologie N. E.*, 31, 145-165.
- Melville, M. D., Atkinson, G. 1985. Soil Color: its measurement and its designation in models of uniform color space. *Journal of Soil Science* 36, 495–512.
- Miljković, N., Lukić, T., Machalett, B., Marković, S. B. 2007. Highly resolved rubification indices recorded at the Stari Slankamen loess site (Vojvodina, Serbia). *Geophysical Research Abstracts* 9, 07832.
- Muhs, D. R., Bettis, A. E. 2003. Quaternary loess-paleosol sequences as examples of climate-driven sedimentary extremes. *Special papers- Geological Society of America*, 53-74.
- Munsell Color Company 2000. *Munsell Soil Color Charts, Revised Edition*, Macbeth Division of Kollmorgen, New Windsor, NY.
- 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 behaviour of an elevated temperature IRSL signal. *Catena* 117, 34-42.
- 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.
- Panaiotu, C. G., Panaiotu, C. E., Grama, A., Necula, C. 2001. Paleoclimatic record from a loess–paleosol profile in southeastern Romania. *Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy* 26, 893–898.
- Pecsi, M. 1990. Loess is not just the accumulation of dust. *Quaternary International* 7/8, 1-21.
- Pecsi, M. 1995. The role of principles and methods in loess–paleosol investigations. *GeoJournal* 36, 117–131.
- Popov, D., Marković, S. B., Štrbac, D. 2008. Generations of meanders in Serbian part of Tisa valley. *Zbornik radova Geografskog instituta „Jovan Cvijić” SANU* 58, 31–42.

- Popov, D., Marković, S. B., Jovanović, M., Mesaroš, M., Arsenović, D., Stankov, U., Gubik, D. 2012a. Geomorphological investigations and GIS approach of the Tamiš loess plateau, Banat region (Northern Serbia). *Geographica Pannonica* 16, 1–9.
- Popov, D., Vandenberghe, D. A. G., Marković, S. B. 2012b. Luminescence dating of fluvial deposits in Vojvodina, N. Serbia: first results. *Quaternary Geochronology* 13, 42–51.
- Porter, S. C. 2000. High-resolution paleoclimatic information from Chinese eolian sediments based on grayscale intensity profiles. *Quaternary Research* 53, 70–77.
- Pye, K. 1995. The nature, origin and accumulation of loess. *Quaternary Science Reviews* 14, 653–667.
- Qiang X. K., Li Z. X., Powell C., Zheng H. B. 2001. Magnetostratigraphic record of the Late Miocene onset of the East Asian monsoon, and Pliocene uplift of northern Tibet. *Earth and Planetary Science Letters* 187, 83–93.
- Qin Huang, C., Feng Tan, W., Kuang Wang, M., Koopal, L. K. 2014. Characteristics of the fifth paleosol complex (S5) in the southernmost part of the Chinese Loess Plateau and its paleo-environmental significance. *Catena*, 122, 130–139.
- Reynolds, R. L., King, J. W. 1995. Magnetic records of climate change. *Reviews in Geophysics* 33 (suppl.), 101–110.
- Roge, M., Preston, J. D. 1987. Color, light, and the perception of form. *Quintessence International* 18, 391–396.
- Rousseau, D. D., Wu, N. Q. 1997. A new molluscan record of the monsoon variability over the past 130,000 yr in the Luochuan loess sequence, China. *Geology* 25, 275–278.
- Rutter, N. W., Ding, Z. L., Evans, M. E., Liu, T. S. 1991. Baoji-type pedostratigraphic section, Loess Plateau, northcentral China. *Quaternary Science Reviews*, 10, 1–22.
- Rutter, N. W., Ding, Z. L. 1993. Paleoclimates and monsoon variations interpreted from micromorphogenic features of the Baoji paleosols China. *Quaternary Science Review* 12, 853–862.

- Sartori, M., Heller, F., Forster, T., Borkovec, M., Hammann, J., Vincent, E. 1999. Magnetic properties of loess grain size fractions from the section at Paks (Hungary). *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 116, 53–64.
- Schaetzl, R., Anderson, S. 2005. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, New York: 1-817.
- Scheinost, A. C., Schwertmann, U. 1999. Color identification of iron oxides and hydroxysulfates - use and limitations. *Soil Science Society of America Journal* 63, 1463-1471.
- Schmidt, E., Machalet, 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.
- Schwertmann, U. 1993. Relations between iron oxides, soil color, and soil formation. In: Bigha, J. M., Ciolkosz, E. J., Luxmoore, R. J. (Eds.), *Soil Color*, Soil Science Society of America Special Publications, 31, 51-70.
- Scott, W. D. 1979. On optimal and data-based histograms. *Biometrika* 66, 605–610.
- Shackleton, N. J., Opdyke, N. D. 1973. Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 and 10^6 year scale. *Quaternary Research* 3, 39–55.
- Schatz, A. K., Zech, M., Buggle, B., Gulyás, S., Hambach, U., Marković, S. B., Sümegi, P., Scholten, T. 2011. The late Quaternary loess record of Tokaj, Hungary: Reconstructing palaeoenvironment, vegetation and climate using stable C and N isotopes and biomarkers. *Quaternary International* 240, 52-61.
- Smalley, I. J. 1966. The properties of glacial loess and the formation of loess deposits. *Journal of Sedimentary Petrology* 36, 669–676.
- Smalley, I. J., Vita-Finzi, C. J. 1968. The formation of fine particles in sandy deserts and the nature of 'desert' loess. *Journal of Sedimentary Petrology* 38, 766–774.
- Smalley, I. J., Leach, J. A. 1978. The origin and distribution of the loess in the Danube basin and associated regions of East-Central Europe - a review. *Sedimentary Geology* 21, 1-26.

- Smalley, I. J. Jefferson, I. F., Dijkstra, T. A., Derbyshire, E. 2001. Some major events in the development of the scientific study of loess. *Earth-Science Reviews* 54, 5-18.
- Smalley, I., O'Hara-Dhand, K., Wint, J., Machalett, B., Jary, Z., Jefferson, I. 2009. Rivers and loess: The significance of long river transportation in complex event- sequence approach to loess deposit formation. *Quaternary International* 198, 7-18.
- Stevens, T., Marković, S. B., Zech, M., Hambach, U., Sümeđi, P. 2011. Dust deposition and climate in the Carpathian Basin over an independently dated last glacialinterglacial cycle. *Quaternary Science Reviews* 30, 662-681.
- Sun, X. J., Song, C. Q. Wang, F. Y., Sun, M. R. 1997. Vegetation history of the Loess Plateau of China during the last 100,000 years based on pollen data. *Quaternary International* 37, 25-36.
- Sun, Y., Clemens, S. C., An, Z., Yu, Z. 2006. Astronomical timescale and palaeoclimatic implication of stacked 3.6-Myr monsoon records from the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews* 25, 33-48.
- Sun, Y., He, L., Liang, L., An, Z. 2011. Changing color of Chinese loess: Geochemical constraint and paleoclimatic significance. *Journal of Asian Earth Sciences* 40, 1131-1138.
- Tang, Y., Jia, J., Xie, X. 2003. Records of magnetic properties in Quaternary loess and its paleoclimatic significance: a brief review. *Quaternary International* 108, 33-50.
- Taylor, E. M. 1988. Instructions for the soil development index template - Lotus 1-2-3. Open file report 88-233A, Program disk, 88-233B. U.S. Geological Survey, 23.
- Thompson, R., Oldfield, F. 1986. *Environmental Magnetism*. Allen & Unwin, London: 1-220.
- 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* xxx, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.065>
- Torrent, J., Schwertmann, U., Schulze, D. G. 1980. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spain. *Geoderma* 23, 191-208.

- Torrent, J., Schwertmann, U., Fechter, H., Alferez, F. 1983. Quantitative relationships between soil color and hematite content. *Soil Science* 136, 354–358.
- Torrent, J., Barrón, V. 1993. Laboratory measurement of soil color: theory and practice. In: Bigham, J.M., Ciolkosz, E.J., Luxmoore, R.J. (Eds.), *Soil color*. SSSA Special Publications, 31, 21–34.
- Torrent, J., Barrón, V., Liu, Q. 2006. Magnetic enhancement is linked to and precedes hematite formation in aerobic soil. *Geophysical Research Letters* 33, L02401.
- Torrent, J., Liu, Q., Bloemendal, J., Barrón, V. 2007. Magnetic enhancement and iron oxides in the upper Luochuan loess–paleosol sequence, Chinese Loess Plateau. *Soil Science Society of America Journal* 71, 1570–1578.
- Vandenbergh, J., An, Z., Nugteren G., Lu, H., Huissteden, K. V. 1997. New absolute time scale for Quaternary climate in the Chinese Loess region by grain size analysis. *Geology* 25, 35–38.
- Vandenbergh, J. 2013. Grain size of fine-grained windblown sediment: A powerful proxy for process identification. *Earth-Science Reviews* 121, 18–30.
- Velichko, A. A., Catto, N., Kononov Yu, M., Morozova, T. D., Novenko, E. Y., Panin, P. G., Ryskov Ya, G., Semenov, V. V., Timireva, S. N., Titov, V. V., Teskov, A. S. 2009. Progressively colder, drier interglacials in southern Russia through the Quaternary: evidence from the Sea of Azov region. *Quaternary International* 198, 204–219.
- Verosub, K. L., Fine, P., Singer, M. J. 1993. Pedogenesis and paleoclimate: interpretation of the magnetic susceptibility record of Chinese loess–paleosol sequence. *Geology* 21, 1011–1114.
- Vidić, N. J., Lobnik, F. 1997. Rates of soil development of the chronosequence in the Ljubljana Basin, Slovenia. *Geoderma* 76, 35–64.
- Vidić, N. J., Singer, M. J., Verosub, K. L., 2004. Duration dependence of magnetic susceptibility enhancement in the Chinese loess-paleosols of the past 620 ky. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 211, 271–288.

- Viscarra Rossel, R. A., Minasny, B., Roudier, P., McBratney, A. B. 2006. Colour space models for soil science. *Geoderma* 133, 320-337.
- Westland, S., Ripamonti, C. 2004. *Computational Colour Science using MATLAB*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester: 1-207.
- Wilks, D. S. 2006. Statistical methods in the atmospheric sciences. *International Geophysics Series*, 91, 630.
- Winspear, N. R., Pye, K. 1995. Textural, geochemical and mineralogical evidence for the origin of Peoria Loess in central and southern Nebraska, USA. *Earth Surface Processes and Landforms* 20, 735-745.
- Wright, J. S., Smith, B. J., Whalley, W. B. 1998. Mechanisms of loess sized quartz silt production and their relative effectiveness: laboratory simulations. *Geomorphology* 23, 15–34.
- Wright, J. S. 2001. “Desert” loess versus “glacial” loess: quartz silt formation, source areas and sediment pathways in the formation of loess deposits. *Geomorphology* 36, 231–256.
- Yang, S. L., Fang, X. M., Li, J. J., An, Z. S., Chen, S. Y., Fukusawa, H. 2001. Transformation functions of soil color and climate. *Science in China (Series D)* 44, 218-226.
- Yang, X. Q., Li, H. M., Zhou, Y. Z. 2002. Magnetic susceptibility oscillation and unstable climate events of core NS-93-5 from South China Sea. *Marine Geology and Quaternary Geology* 22, 31–36.
- Yang, S. L., Ding, Z. L. 2003. Color reflectance of Chinese loess and its implications for climate gradient changes during the last two glacial–interglacial cycles. *Geophysical Research Letters* 30, 2058. doi:10.1029/2003GL018346.
- Yin, Q. Z., Guo, Z. T. 2008. Strong summer monsoon during the cool MIS-13. *Climate of the Past* 4, 29–34.
- Zech, M., Buggle, B., Leiber, K., Marković, S., Glaser, B., Hambach, U., Huwe, B., Stevens, T., Sümeği, P., Wiesenberg, G., Zöller, L. 2009. Reconstructing Quaternary vegetation history in the Carpathian Basin, SE Europe, using n-alkane biomarkers as molecular fossils: problems and possible solutions, potential and limitations. *Quaternary Science Journal* 58, 148-155.

Zech, M., Rass, S., Buggle, B., Löscher, M., Zöller, L. 2012. Reconstruction of the late Quaternary paleoenvironments of the Nussloch loess paleosol sequence, Germany, using n-alkane biomarkers. *Quaternary Research* 78, 226–235.

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.

Zeeden, C., Hark, M., Hambach, U., Marković, S. B., Zöller, L. 2007. Depressions on the Titel loess Plateau: Form – Pattern – Genesis. *Geographica Pannonica* 11, 4-8.

Zhou L. P., Oldfield F., Wintle A. G., Robinson S. G., Wang J. T. 1990. Partly pedogenic origin of magnetic variations in Chinese loess. *Nature* 346, 737–739.

Zhu, R., Deng, C., Jackson, M. J. A. 2001. Magnetic investigation along a NW-SE transect of the Chinese Loess Plateau and its implications. *Physics and Chemistry of the Earth, Part A* 26, 867-872.

<http://www.bartington.com/ms3.html>

<http://www.konicaminolta.eu/>

БИОГРАФИЈА



Тин Лукић је рођен 07.04.1984. у Новом Саду. Основну школу „Коста Трифковић” и гимназију „Лаза Костић” завршио је у Новом Саду. Дипломирао је 2009. године и током основних студија остварио је просек од 9,41. Током 2010. године уписује мастер студије смер: мастер професор географије. Мастер студије у трајању од две године завршио је убрзано (две године за једну) при чему је његов просек током студирања износио 9,87. Током мастер студија, био је добитник престижне националне стипендије Фонда за младе таленте, Министарства омладине и спорта Републике Србије за 1000 најбољих студената (школска 2009/10). Након успешно завршених мастер студија уписује докторске студије на Департману за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ у Новом Саду, смер: доктор геонаука-географија, при чему је у року од две године студија (од предвиђеног обима од три студијске године) положио све испите предвиђене наставним планом и програмом (просечна оцена положених испита и реализације студијског истраживачког рада: 10,0) и извршио пријаву теме докторске дисертације.

Почео је да ради на Департману за географију, туризам и хотелијерство у марту 2011. године када је изабран у звање истраживача-сарадника. Од летњег семестра 2011. године укључен је у извођење наставе на Департману у оквиру студијских програма „професор географије”, „професор двопредметне наставе”, „менаџер у туризму, хотелијерству, ловном туризму и гастрономији”, на новоформираном смеру мастер студија: „дипломирани географ-геоинформатичар и геоеколог” као и на смеру: „еколог” на Департману за биологију и екологију. Такође, током школске 2010/11, 2011/12, 2012/13. и 2013/14. у процесу евалуације

извођења наставе, од стране студената био је оцењен високом оценом која је износила 9,21. Од децембра 2012. запослен је на матичном Департману у својству асистента.

Тренутно на основним академским студијама држи вежбе из предмета: Увод у географију, Климатологија и педологија, Природне-основе туризма, Медицинска географија, Потамологија и регулација речно-каналских система, Школе у природи, а на дипломским академским студијама-мастер предмете: Примена дидактичких принципа у настави географије. Такође, је активно укључен у истраживачке пројекте Катедре за Физичку географију, неформално од 2004. године, а формално од јануара 2011. године у оквиру научно-истраживачког пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја бр. 176020 под називом: „*Трансформације геопростора Србије - прошлост, савремени проблеми и предлози решења*”.

Област истраживања MSc Тина Лукића је физичка географија са посебним освртом на геоморфологију, истраживање лесно-палеоземљишних секвенци, заштиту и конзервацију геонаслеђа, природне катастрофе и климатске промене. Аутор је и коаутор на тринаест научних радова категорије M21, M22 и M23, публикованих у међународним часописима са SCI листе. Аутор је и коаутор на још десет радова категоризације M51 и M53. Има преко 40 саопштења у виду сепарата или радова штампаних у целини са међународних и домаћих научних скупова (M34, M33 и M63), коаутор је на монографској библиографској публикацији (M43), био је уредник лексикографске јединице у научној публикацији националног значаја (M47), рецензент је у неколико међународних научних часописа и технички уредник међународног научног часописа *Geographica Pannonica*. Члан је Групе за истраживање леса, LAPER-a (Laboratory for paleoenvironmental reconstruction), PAGES-a (Past Global Changes) и EGU-a (European Geosciences Union).

Тин Лукић је био и у организационим одборима следећих научних скупова (међународног и националног значаја):

- Организациони одбор међународног научног скупа „Loessfest'09”, који се одржао у организацији Катедре за физичку географију, Департмана за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад у периоду од 31. августа до 03. септембра 2009.
- Организациони одбор међународног научног скупа „Geotrends'10”, који се одржао у организацији Катедре за физичку географију, Департмана за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад у периоду од 24. до 26. јуна 2010.
- Учествовао је у организацији и реализацији међународног научног скупа „II КОНГРЕС ГЕОГРАФА СРБИЈЕ- на путу ка Европи/ 2nd Serbian Geographer's

Congress- Towards Europe” који се од 10. до 11. децембра 2010. године одржао на Природно-математичком факултету у Новом Саду.

- Учествовао је у организацији и реализацији међународног научног скупа „NATURAL HAZARDS - lessons from the past, prevention and prediction” који се 05. маја 2012. године одржао на Природно-математичком факултету, Департману за географију, туризам и хотелијерство у Новом Саду. Такође, био је један од уредника конференцијске књиге радова публикованих у виду сепарата.
- Учествовао је у организацији и реализацији међународног научног скупа „ED@80'- Loess in China and Europe” који се од 27. септембра до 30. септембра 2012. године одржао на Природно-математичком факултету, Департману за географију, туризам и хотелијерство у Новом Саду. Такође, био је један од уредника конференцијске књиге радова публикованих у виду сепарата.
- Учествовао је и у организацији међународног научног скупа „The Third Romanian-Bulgarian-Hungarian-Serbian Conference”, који се под покровитељством Департмана за географију, туризам и хотелијерство из Новог Сада и Географског факултета из Београда одржао на Сребрном језеру у периоду од 18. до 21. септембра 2014. Овом приликом био је и један од техничких уредника конференцијске књиге радова публикованих у виду сепарата.
- Био је један од руководилаца научне радионице „Играјмо се географије” на Фестивалу науке у Новом Саду, од 12. до 13. маја 2012. године на којем је извршена промоција Департмана за географију, туризам и хотелијерство.

Од страних језика одлично се служи енглеским. Положио је и основни ниво немачког језика.

Нови Сад, 04.02.2015.

Тин Лукић



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

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број: РБР	
Идентификациони број ИБР	
Тип документације: ТД	Монографска документација
Тип записа: ТЗ	Текстуални штампани материјал
Врста рада: БР	Докторска дисертација
Аутор: АУ	MSc Тин Лукић
Ментор: МН	Проф. др Слободан Б. Марковић
Наслов рада: НР	Боја лесно-палеоземљишних секвенци као показатељ палеоклиматских и палеоеколошких процеса
Језик публикације: ЈП	Српски (ћирилица)
Језик извода: ЈИ	Српски / Енглески
Земља публикавања: ЗП	Република Србија
Уже географско подручје: УГП	Војводина
Година: ГО	2015.
Издавач: ИЗ	Ауторски репринт
Место и адреса: МА	Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовића 3, 21000 Нови Сад, Србија
Физички опис рада: ФО	6 поглавља / 126 страница / 47 прилога / 5 карата / 5 табела
Научна област: НО	Географија
Научна дисциплина: НД	Физичка географија

Кључне речи:

боја, лесно-палеоземљишне секвенце, колориметријски показатељи, плеистоцен, Орловат, Дукатар, Војводина

ПО

УДК

Чува се:

У Библиотеци Департамента за географију, туризам и хотелијерство Природно-математичког Факултета у Новом Саду, Трг Доситеја Обрадовића 3, 21000 Нови Сад

ЧУ

Важна напомена:

нема

ВН

Извод:

ИЗ Лесно-палеоземљишне секвенце на простору Војводине (северна Србија) представљају најзначајније регионалне палеоклиматске и палеоеколошке архиве. Испитивана секвенца Орловат-циглана на Тамишком, као и Дукатар педокомплекс V-S5 на Тителском лесном платоу изграђени су од седимената квартарне старости, формираних током глобалних палеоклиматских промена које су се одиграле током горњег и средњег плеистоцена. Промена боје између леса и палеоземљишта представља једно од најважнијих визуелних обележја ових литолошких чланова. Такође, наведене промене у блиској су вези са степеном развоја земљишта. Најизраженије разлике у боји између леса и палеоземљишта базирани су на заступљености два феромагнетична минерала- хематита и гетита. Поменути гвожђевити минерали имају значајну заступљеност у земљиштима и носиоци су записа о климатским и еколошким променама. Земљишта која садрже само, или готово искључиво гетит имају жуту боју. Када је присутан хематит боја углавном постане црвенкаста, због чињенице да црвени хематит веома успешно маскира жути гетит. Детаљним теренским и лабораторијским истраживањима поменутих лесно-палеоземљишних секвенци добијене су колориметријске вредности и вредности стенског магнетизма презентоване у оквиру ове дисертације. Боја лесно-палеоземљишних седимената у влажном и сувом стању одређена је применом Манселовог каталога боја земљишта, а рефлексивност боја лесних и палеоземљишних узорака одређена је инструментално, помоћу тристимулусног колориметра. Колориметријске вредности дате су у СИЕ L^* , a^* , b^* колорном систему. Боје одређене у влажном и сувом стању (помоћу Манселовог каталога боја) коришћене су за израчунавање вредности рубификације и меланизације, параметара који представљају саставни део индекса развоја земљишта. Као алтернативни показатељ црвенила земљишта (рубификације) и промене у садржају хематита, послужио је индекс црвенила земљишта. Вредновање/рангирање црвенила земљишта извршено је за изразито рубификовано палеоземљиште V-S5 са профила Дукатар. Такође је извршено и мерење магнетног суцептибилитета који има широку примену у лесно-палеоземљишним студијама као показатељ интензитета педогенезе. Резултати истраживања представљени у овој студији указују на значај локалитета Орловат, као кључног палеоклиматског и палеоеколошког архива горњег плеистоцена на простору Баната (северна Србија), односно југоисточног дела Карпатског (Панонског) басена. Са друге стране, резултати колориметријско-магнетних истраживања на локалитету Дукатар (V-S5) указују да је испитивано палеоземљиште формирано током периода MIS 13-15 (479-640 ka), који се карактерише вишим температурама током летњих месеци и/ или дужим сушним периодима. На основу палеопедолошких интерпретација, добијених колориметријских вредности и вредности индекса развоја земљишта изложених у овој студији, може се констатовати да испитиване лесно-палеоземљишне секвенце указују на сукцесију еколошких услова који се крећу од семи-хумидно суптропских окружења (V-S5) до типичних степских окружења (V-S1). Компарација са другим евроазијским лесно-палеоземљишним записима указује на присутност сличног палеоклиматског тренда. Резултати ове дисертације јасно апострофирају значај примене колориметријских метода у интердисциплинарном приступу приликом процене присутности феромагнетика и одређивања стенског магнетизма лесно-палеоземљишних секвенци средњег и горњег плеистоцена у средњем делу басена Дунава. Такође, овакав приступ значајан је приликом истраживања климатских и еколошких услова и успостављања корелација са другим локалитетима на регионалном нивоу.

Датум прихватања теме од стране НН већа: 24.07.2012.

ДП

Датум одбране:

ДО

Чланови комисије:

КО

Председник: Др Миливој Б. Гаврилов, редовни професор ПМФ-а у Новом Саду
Члан (ментор): Др Слободан Б. Марковић, редовни професор ПМФ-а у Новом Саду
Члан: Др Млађен Јовановић, доцент ПМФ-а у Новом Саду
Члан: Др Биљана Басарин, доцент ПМФ-а у Новом Саду
Члан: Др Мишко Милановић, ванредни професор, Географски факултет у Београду

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:
ANO

Identification number:
INO

Document type: Monograph type
DT

Type of record: Printed text
TR

Contents code: PhD Thesis
CC

Author: MSc Tin Lukić
AU

Mentor: Prof. Slobodan B. Marković
MN

Title: Color of loess-paleosol sequences as an indicator of
paleoclimatic and paleoecological processes
TI

Language of text: Serbian (Cyrillic)
LT

Language of abstract: Serbian / English
LA

Country of publication: Republic of Serbia
CP

Locality of publication: Vojvodina
LP

Publication year: 2015.
PY

Publisher: Author's reprint
PU

Publication place: Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 3
21000 Novi Sad, Serbia
PP

Physical description: 6 chapters / 126 pages / 47 figures / 5 maps / 5 tables
PD

Scientific field: Geography
SF

Scientific discipline: Physical Geography
SD

Key words: color, loess-paleosol sequences, soil color indices,

UC

Holding data:

In the library of the Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3

HD

Note:

none

N

Abstract:

AB Loess-palaeosol sequences in Vojvodina (North Serbia) represent a significant terrestrial sedimentary archives of climate and environmental changes during Pleistocene. The investigated sequence Orlovat on Tamiš, and Dukatar pedocomplex V-S5 on Titel loess plateau are comprised of quaternary sediments, formed due to global paleoclimatic changes during the Late and Middle Pleistocene. Loess and intercalated paleosols are characterized by significantly different colors. Obvious changes in hues can be interpreted as a consequence of different climate conditions under which pedocomplexes were formed. Goethite and hematite are the main iron oxides in loess and paleosols that strongly influence color differences. Presence of the above mentioned ferrimagnetica represent proxy of climatic and ecological changes. Soils containing only, or almost exclusively, goethite are yellow. When hematite is present, the color usually becomes reddish because the red hematite is very effective in masking the yellow goethite. Sampling and laboratory investigations of the mentioned loess-paleosol sections provided rock magnetic and colorimetric perspective on the Late and Middle Plistocene climate presented in this study. Wet colors were determined using a Munsell soil color chart. Dry colors were observed using the same Munsell soil color notation. Then, the dry samples were ground using mortar and pestle and color reflectance of loess and paleosol samples was determined colorimetrically using a chromameter. Color values as determined by the chromameter are given in the CIE L^* , a^* , b^* color space. Wet and dry colors, determined by Munsell soil color chart were used for calculation of Rubification and Melanization Indices. The Rubification Index and Melanization Index represent common soil development indices. As an alternative proxy for soil reddening (rubification) and changes in the hematite content, the Redness Index was determined as well. The Redness Rating was calculated as average from moist and dry Munsell colors for strongly rubified pedocomplex V-S5 (Dukatar section). Rock magnetic measurements were carried out as well, since this parameter is generally applied as proxy for the exclusively pedogenetically formed fraction of ferrimagnetica (as shown in many loess-paleosol studies). The results presented in this study highlighted the importance of the Orlovat section as a key archive for the Late Pleistocene paleoclimate and paleoenvironment of the Banat region in Serbia, the southeastern part of the Carpathian (Pannonian) Basin. On the other hand, rock magnetic and colorimetric results of the Dukatar (V-S5) pedocomplex shows that investigated paleosol was formed during MIS 13-15 (479-640 ka), a period characterized by increase in summer temperature and/or duration of summer dryness. Due to paleopedological interpretations and measured colorimetric and soil development index values, it can be highlighted that investigated loess-paleosol sequences presented in this study indicate a succession of interglacial environmental changes from semi-humid subtropical environments (V-S5) towards landscapes with typical steppe soils (V-S1). Comparison with equivalent Eurasian loess-paleosol records indicate a similar paleoclimatic trend. This study points out the potential of a joined colorimetric or spectrometric analyses and rock magnetic analyses in paleoenvironmental investigations on loess-paleosol sequences and correlation establishment between other sections on regional level.

Accepted by Scientific Board on:

24th July 2012

Defended:

Thesis defend board:

President:

Milivoj B. Gavrilov, PhD, full professor at the Faculty of Sciences in Novi Sad

Member (Mentor):

Slobodan B. Marković, PhD, full professor at the Faculty of Sciences in Novi Sad

Member:

Mladen Jovanović, assistant professor at the Faculty of Sciences in Novi Sad

Member:

Biljana Basarin, PhD, assistant professor at the Faculty of Sciences in Novi Sad

Member:

Miško Milanović, PhD, associate professor at the Faculty in Geography in Belgrade