



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



ПРИМЕНА РАДИОАКТИВНИХ МЕТОДА У ГЕОМОРФОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА ТИТЕЛСКОГ БРЕГА

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ментори:
проф. др Миливој Б. Гаврилов
доц. др Софија Форкапић

Кандидат:
Кристина С. Калкан

Нови Сад, 2021. године



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



ПРИМЕНА РАДИОАКТИВНИХ МЕТОДА У ГЕОМОРФОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА ТИТЕЛСКОГ БРЕГА

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Ментори:
проф. др Миливој Б. Гаврилов
доц. др Софија Форкапић

Кандидат:
Кристина С. Калкан

Нови Сад, 2021. године

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА¹

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Кристина Калкан
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција)	проф. др Миливој Б. Гаврилов, редовни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, проф. др Софија Форкапић, научни сарадник, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду.
Наслов рада:	Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега
Језик публикације (писмо):	Српски (_____ - _____) или (навести ћирилица или латиница) _____ ћирилица _____
Физички опис рада:	Унети број: Страница _____ 165_ (са прилозима 230) _____ Поглавља _____ 11 _____ Референци _____ 237 _____ Табела _____ 28 _____ Слика _____ 95 _____ Графикона _____ / _____ Прилога _____ 28 _____
Научна област:	Географија
Ужа научна област (научна дисциплина):	Геоморфологија
Кључне речи / предметна одредница:	¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb _{ex} , Тителски лесни плато, јаруга, радиоактивност, ерозија земљишта, гамаспектрометрија, гранулација, масена магнетна суспензибилност, дневне падавине, Гавриловићев метод, модел потенцијала ерозије, конверзиони модели
Резиме на језику рада:	Висока стопа ерозије земљишта све више скреће пажњу научних међународних заједница услед свог убрзаног карактера последичног дејства удружених природних и антропогених фактора. Бројна ограничења традиционалних метода и модела, допринели су развијању алтернативних метода и модела за истраживање ерозивних процеса земљишта, од којих радионуклиди попут ¹³⁷ Cs и ²¹⁰ Pb _{ex} имају предност као тренутно најпрецизније методе. Предмет истраживања ове докторске дисертације је примена радиоактивне метода у површинским слојевима земљишта за прецизно одређивање интензитета ерозије земљишта на подручју одабране јаруге код локалитета Лесна пирамида на Тителском лесном платоу. Неки од задатака дисертације односе се на дефинисање године доминантне депозиције радиоцезијума из атмосфере на простору Војводине неопходне за имплементацију у моделе конверзије за

¹ Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штапане и електронске верзије и о личним подацима;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају на факултету у штапаном и електронском облику и не кориче се са тезом.

	<p>прорачун годишњих брзина губитака земљишта, валидација референтне тачке применом Гавриловићевог метода, испитивање зависности вертикалне дистрибуције радиоцезијума спрам вертикалне дистрибуције масене магнетне суцептибилности и гранулације земљишта.</p> <p>Циљеви овог истраживања односе се на унапређивање постојећих модела испитивања ерозије и доприносу бољем познавању тренда одвијања промена геоморфолошких процеса испитаног терена.</p>
Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	05.09. 2018.
Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	<p>Председник: проф. др Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ, Природно-математички факултет, Нови Сад,</p> <p>Члан: проф. др Кристина Бикит-Шредер, доцент, Природно-математички факултет, Нови Сад,</p> <p>Члан: проф. др Душан Мрђа, редовни професор, Природно-математички факултет, Нови Сад,</p> <p>Члан: проф. др Радислав Тошић, редовни професор, Природно-математички факултет, Бања Лука,</p> <p>Ментор: проф. др Миливој Б. Гаврилов, редовни професор, Природно-математички факултет, Нови Сад,</p> <p>Ментор: проф. др Софија Форкапић, доцент, Природно-математички факултет, Нови Сад.</p>
Напомена:	-

**UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OR CENTER**

KEY WORD DOCUMENTATION²

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Kristina Kalkan
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	Ph. D. Milivoj B. Gavrilov, Full Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Ph. D. Sofija Forkapić, Assistant Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad.
Thesis title:	Application of radioactive methods in geomorphological research of Titelski breg
Language of text (script):	Serbian language (_____) or (cyrillic or latin script) _____ cyrillic _____ language
Physical description:	Number of: Pages _____ 165_(230) _____ Chapters _____ 11 _____ References _____ 237 _____ Tables _____ 28 _____ Illustrations _____ 95 _____ Graphs _____/_____ _____ Appendices _____ 28 _____
Scientific field:	Geography
Scientific subfield (scientific discipline):	Geomorphology
Subject, Key words:	¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb _{ex} , Titel loess plateau, gully, radioactivity, soil erosion, gamma spectrometry, granulation, mass magnetic susceptibility, daily precipitation, Gavrilović model, conversion models.
Abstract in English language:	The high rate of soil erosion is increasingly attracting the attention of the scientific international community due to its accelerated nature of the consequent action of combined natural and anthropogenic factors. Numerous limitations of traditional methods and models have contributed to the development of alternative methods and models for the study of erosive soil processes, of which radionuclides such as ¹³⁷ Cs and ²¹⁰ Pb _{ex} have the advantage as currently the most accurate methods. The subject of research of this doctoral dissertation is the application of radioactive methods in surface layers of soil for precise determination of soil erosion intensity in the area of a selected gully system near the geo-locality Lesna pyramid on the Titelski loess plateau. Some of the dissertation tasks are related to defining the year of dominant deposition of radiocaesium from the atmosphere in the Vojvodina region necessary for implementation in conversion models for calculation of annual

² The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5b – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at the faculty and are not included into the printed thesis.

	<p>soil loss rates, validation of reference point using Gavrilovic model, examination of dependence of the vertical distribution of radiocaesium on the vertical distribution of mass magnetic susceptibility and grain size of soil samples.</p> <p>The goals of this research are to improve the existing models of erosion testing and to contribute to a better knowledge of the trend of changes in the geomorphological processes of the examined terrain.</p>
Accepted on Scientific Board on:	05.09.2018.
Defended: (Filled by the faculty service)	
Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	<p>President: Ph. D. Slobodan B. Marković, Full Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad,</p> <p>Member: Ph. D. Kristina Bikit-Šreder, Assistant Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad,</p> <p>Member: Ph. D. Dušan Mrđa, Full Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad,</p> <p>Member: Ph. D. Radislav Tošić, Full Professor, Faculty of Sciences, University of Banja Luka.</p> <p>Member: Ph. D. Milivoj B. Gavrilov, Full Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad,</p> <p>Member: Ph. D. Sofija Forkapić, Assistant Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad.</p>
Note:	-

ПРЕДГОВОР

*„Вредност књиге треба мерити према ономе
што можете понети из ње“.*

James Bryce

Још на основним студијама географије моје интересовање доминантно је нагињало ка физичкој географији. Прекретницом на том путу сматрам лични „сусрет“ са методама апсолутног датирања стена. Након стицања одређеног знања имала сам потребу да се упустим у његову примену на нечему што још нико није урадио на нашим просторима или су такве студије оскудне. Спона физичке географије и нуклеарне физике је временом постала мој непресушни извор идеја и мотивације. Тако сам „открила“ радиоактивни цезијум. Један од разлога због којег сам се одлучила да пишем докторску дисертацију на ову тему је могућност да реконструишем његову депозицију на основу падавина и висинских ветрова на нашем прстору из времена када Југославија из одређеним политичких разлога није објавила те податке који су од велике важности за живот и здравље људи на овим просторима. Свакако, таква реконструкција би ми послужила као основна база помоћу које бих прорачунавала ерозију земљишта радиоцезијум методом. Довођење везе вертикалне дистрибуције концентрације активности ^{137}Cs и магнетне осетљивости и механичког састава земљишта помогла ми је да уочим одређене законитости у слојевима земљишта до 40 cm. И још свашта нешто. Из ове докторске дисертације проистекла су тренутно два рада у међународним чаописима са импакт фактором.

Међутим, квалитет дисертације не би ни приближно био овакав да нисам имала подршку својих професора, који су и уједно и чланови комисије за одбрану тезе. Највећу захвалност дугујем менторима доценту др Софији Форкапић и професору др Миливоју Б. Гаврилову.

Улазак у сферу нуклеарне физике био је прилично изазован. Велико стрпљење, доступност, разумевање, помоћ, похвале, критике од менторке доц. др Софије Форкапић биле су од велико значаја на путу да истрајем као млади научник. Уз њу сам проводила највише свог времена па сам на нашу сарадњу посебно поносна. Велика ми је част што је професорица била и ко-ментор на одбрани мог мастер рада из области радиоекологије. Истакла бих сјајне теренске и лабораторијске радове као и писање првих научних радова са њом. Памтим разне комичне ситуације са којима смо се сусретале при томе, касне ноћне сате исцрпног рада али и прославе када остваримо успех. Надам се да ће их бити још! Велику захвалност дугујем ментору Миливоју Б. Гаврилову на помоћи, стручним сугестијама, стрпљењу и саветима. Са менторима професорима др Софијом Форкапић, др Миливојем Гавриловим и др Слободаном Марковићем, условно трећим ментором на изради ове докторске дисертације, заволела сам науку, научила како се пишу научни радови.

Велико хвала професима др Душану Мрђи и др Кристини Бикит на несебичној помоћи, љубазности и сарадњи, потом професору др Радиславу Тошићу на подршци и доласку у Србију за помоћ и занимљиве консултације које су биле од великог значаја за разумевање ове проблематике. Велико хвала професору Слободану Марковићу и Растку Марковићу на указаној помоћи приликом узорковања земљишних профила, потом колегиници Милице Радаковић са којом је било задовољство делити радни простор и научне проблеме, као и Тијани Ђорђевић која ми је несебично помагала у решавању потешкоћа приликом рада у појединим софтверима. Велико и посебно хвала професору др Тину Лукићу, вероватно без којег се не бих бавила науком, који увек помагао кад је било најтеже, имао добронамерне савете и веровао у мене, колегиници и пријатељу др Марији Цимбаљевић, др Јану Хансману са Катедре за нуклеарну физику али и колегама и пријатељима са докторских студија, Милану Миловановићу са Природно-математичког факултета у Нишу, Николи Милентијевићу са Природно-математичког факултета из Приштине са привременим седиштем у Косовској Митровици, потом колеги Жељку Мравику са нуклеарног института „Винча“ из Београда и Николи Младеновићу са Географског факултета, Универзитета у Београду. Поједина мерења из дисертације спроведена су на Факултету техничких наука, Катедре за општу физику, па се овим путем захваљујем проф. др Селени Самарцић, проф. др Роберту Лакатошу и проф. др Александри Михаиловић.

Мишљења сам да се лепота бављења науком огледа се у сазревању критичког начина размишљања и стварању ширине у погледу на свет. Често је тај процес неизван и пун изазова, али исцрпан рад на својим идејама увек нађе пут до успеха.

За мене је искуство рада у Лабораторији за испитивање радиоактивности узорака и дозе јонизујућег и нејонизујућег зрачења на Департману за физику, ПМФ-а у Новом Саду било непроценљиво. Велико хвала што ми је омогућен рад и учење у њој.

Писање докторске дисертације је процес који је захтевао време, огроман труд, посвећеност и разумевање. Често сам на том путу имала много отежавајућих околности. Многи, мени важни људи, који су ми били животна инспирација су у међувремену нашли мир на неком другом, надам се бољем месту. На истрајност у писању докторске дисертације утицала је безусловна подршка моје породице, родбине, пријатеља, момка... Посебну захвалност дугујем својој мајци Магдолни, брату Бојану и једном посебном бићу, па ову дисертацију посвећујем њима и свом покојном оцу Слободану.

У Новом Саду, 2021. године



010011010110111101101101
0100000101101110�
110001110101.

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	3
2. ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ОПИС ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА	7
2.1 КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗЕМЉОРАДЊЕ НА ТИТЕЛСКОМ ЛЕСНОМ ПЛАТОУ	15
3. ЕРОЗИЈА ЗЕМЉИШТА И КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ.....	16
3.1 ТИПОВИ ЕРОЗИЈЕ НА ТИТЕЛСКОМ ЛЕСНОМ ПЛАТОУ	16
3.2 ИСТОРИЈАТ ИСТРАЖИВАЊА ЕРОЗИЈЕ НА ТИТЕЛСКОМ ЛЕСНОМ ПЛАТОУ	18
3.3 РАДИОАКТИВНОСТ ЗЕМЉИШТА	19
3.4 КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ ЗА ПРОЦЕНУ СТОПЕ ЕРОЗИЈЕ И АКУМУЛАЦИЈЕ ЗЕМЉИШТА	26
3.4.1 ¹³⁷ Cs КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ ЗА ОБРАДИВО ЗЕМЉИШТЕ	27
3.4.2 ¹³⁷ Cs КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ ЗА НЕОБРАЂЕНО ЗЕМЉИШТЕ	34
3.4.3. ²¹⁰ Pb _{ex} КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ	36
3.4.4. ⁷ Be КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ	37
4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА	38
4.1 УЗОРКОВАЊЕ ЗЕМЉИШНИХ ПРОФИЛА И ПРИПРЕМА УЗОРАКА	38
4.2 ЛАБОРАТОРИЈСКЕ АНАЛИЗЕ	40
4.2.1. КОМПОНЕНТЕ ГАМА СПЕКТРА	44
4.2.2 ОДРЕЂИВАЊЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДА У УЗОРЦИМА ЗЕМЉИШТА	46
4.3 МАГНЕТНА СУСЦЕПТИБИЛНОСТ	51
4.4 ГРАНУЛАЦИЈА ЗЕМЉИШТА	55
5. ДИСТРИБУЦИЈА ПАДАВИНА И ПОВРШИНСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ ¹³⁷Cs У ВОЈВОДИНИ НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА	59
5.1 ПОРЕКЛО НУКЛЕАРНИХ ИНФЛУЕНАТА НА ПРОСТОРУ СРБИЈЕ (ВОЈВОДИНЕ)	60
5.2 ИСПИТИВАНО ПОДРУЧЈЕ	63
5.3 ОПИС ИСТРАЖИВАЊА	64
5.4 АНАЛИЗА И ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА КОЛИЧИНА ПАДАВИНА У ВОЈВОДИНИ НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА	66
5.5 КОРЕЛАЦИЈЕ ИЗМЕЂУ ПОВРШИНСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ ¹³⁷Cs И КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА У ВОЈВОДИНИ НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА	75

5.6 РЕГИОНАЛИЗАЦИЈА ПОДРУЧЈА ВОЈВОДИНЕ НА ОСНОВУ ПОВРШИНСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ ^{137}Cs И КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА	77
5.7 ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА И ЗАКЉУЧЦИ	83
6. ИСТРАЖИВАЊА ЕРОЗИЈЕ ЗЕМЉИШТА ТИТЕЛСКОГ ЛЕСНОГ ПЛАТОА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ^{137}Cs И $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$	85
6.1 ЕРОЗИЈА ЗЕМЉИШТА КАО ХАЗАРД	85
6.2 ОПИС И ОДАБИР ЛОКАЛИТЕТА ИСТРАЖИВАЊА	89
6.3 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА	96
6.4 ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	111
7. ПОРЕЂЕЊЕ РЕЗУЛТАТА СА МЕТОДОМ ПОТЕНЦИЈАЛА ЕРОЗИЈЕ – ГАВРИЛОВИЋЕВИМ МЕТОДОМ	113
7.1 ДОДАТНО УЗОРКОВАЊЕ ЗЕМЉИШНИХ ПРОФИЛА	113
7.2 ВЕРТИКАЛНЕ ДИСТРИБУЦИЈЕ ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ И МАГНЕТНЕ СУСЦЕПТИБИЛНОСТИ У НОВИМ ЗЕМЉИШНИМ ПРОФИЛИМА	116
7.3 ГАВРИЛОВИЋЕВ МЕТОД	130
7.4 КВАНТИФИКАЦИЈА РЕЗУЛТАТА ПРИМЕНОМ ГАВРИЛОВИЋЕВЕ МЕТОДЕ	131
7.5 РЕЗУЛТАТИ	135
7.6 КОМПАРАЦИЈА РЕЗУЛТАТА НУКЛЕАРНЕ МЕТОДЕ СА РЕЗУЛТАТИМА ГАВРИЛОВИЋЕВЕ МЕТОДЕ	137
7.7 ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	139
8. ЗАКЉУЧАК	142
9. БИОГРАФИЈА	146
10. ЛИТЕРАТУРА	149
11. ПРИЛОЗИ	166

1. УВОД

Висока стопа ерозије земљишта све више скреће пажњу научних међународних заједница услед свог убрзаног карактера последичног дејства удружених природних и антропогених фактора.

Традиционалне технике и бројни теоријски, емпиријски и математички модели развијени за процену ерозије земљишта, попут најпознатијих USLE (Универзална једначина губитка тла) и RUSLE (Ревидирана универзална једначина губитка тла), немају потпуну научну веродостојност због ограничене симплификације на различитим поднебљима (Foster, 1991). Такође, они дају само податке о стопи ерозије и акумулације, а при том не дају информацију о просторној и временској карактеристици ерозије и често се сусрећу са проблемом недостатка података. Управо због оваквих ограничења традиционалних метода и модела, развијени су алтернативни методи и модели, комплементарни традиционалним, од којих су методе са испитивањем наталожених радионуклида имају предност као најпрецизније методе (Zapata, 2003).

Управо је предмет истраживања ове докторске дисертације примена радиоактивних метода, конкретно испитивања цезијума, ^{137}Cs и олова, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у површинским слојевима земљишта за прецизно одређивање интензитета ерозије земљишта на Тителском лесном платоу (даље ТЛП) (Zeeden et al., 2007) у Војводини, Република Србија, код локалитета Лесна прамида (Вукиров, 1976). Овај плато представља јединствену лесну зараван, на којој се упркос малим димензијама, јављају најразличитији облици рељефа. Највећи део ТЛП покривају оранице, међутим на његовим стрмим одсечима утицај човека је још увек веома мали, тако да се на том простору очувала аутохтона степска вегетација и девичанска иницијална земљишта. Изразити процеси ерозије на падинама ТЛП су још увек готово потпуно неистражени. Познавање одвијања геоморфолошких процеса је још увек у великој мери непознато, пре свега због изостанка примене савремених квантитативних метода за истраживање рељефа. Добро проучене морфолошке особине и атрактивност овог микрооблика и његовог залеђа биле су од пресудног значаја за избор локалитета истраживања.

^{137}Cs је вештачки радионуclid са периодом полураспада од 30,05 година (Laboratoire National Henri Becquerel, 2008). Он је доспео у атмосферу као фисиони продукт нуклеарних акцидената и нуклеарних проба (International Atomic Energy Agency, 2006). У зависности од географске ширине, процењује се да се услед тестирања нуклеарног оружја површинска контаминација овим радионуклидом креће у опсегу од 160 Bq m^{-2} до 3200 Bq m^{-2} на глобалном нивоу (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1969). Укупан износ ослобођеног ^{137}Cs на простору Европе од почетка 1980-их процењен је на 20 PBq (Cort et al., 1998).

Ослобађање ^{137}Cs након Чернобилског акцидента процењен је на 85 PBq , од којих је 70 PBq депоновано на Северној хемисфери (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000). Његова дистрибуција је хетерогеног карактера што је детерминисано присуством или одсуством падавина током кретања радиоактивног облака. ^{137}Cs због релативно дугог периода полураспада је најистраженији антропогени радионуклид, па је први примењен као радионуклид трасер у проучавањима ерозије земљишта (IAEA 2014; Mabit et al., 2008; Ritchie and McHenry, 1990). Његова важна особина је та што приликом депоновања на површину земљишта има способност да се брзо и лако

апсорбује за најфиније честице земљишта (Martinez et al., 2010). Неколико истраживања су спроведена како би се проучиле особине апсорпције ^{137}Cs на честицама земљишта (Cornell, 1993; Voigt and Fesenko, 2009). Дошло се до закључка да сорпција ^{137}Cs за честице земљишта има велику корелацију са појединим физичко-хемијским карактеристикама земљишта попут садржаја глине, рН вредности, садржаја органске материје, редокс потенцијалом и присуством калијума (Smolders et al., 1997). Концентрација ^{137}Cs у земљишту мења се само искључиво спонтаним радиоактивним распадом и миграционим процесима у земљишту, што га чини корисним трагачем за испитивање начина редистрибуције земљишта и квантификовање вредности годишњих губитака земљишта (Hancock et al., 2014). Примена ^{137}Cs за испитивање ерозије и акумулације земљишта заснована је на упоређивању површинске активности ^{137}Cs на индивидуалним локацијама узорковања (на којима је дошло до ерозије или акумулације земљишта) са вредностима референтне површинске активности ^{137}Cs (стабилно место које није изложено процесима ерозије или акумулације земљишта). Случај у коме је измерена површинска активност за индивидуалне локације узорковања мања од вредности референтне површинске активности указује на ерозију земљишта - одношења земљишног материјала, док обрнут случај указује на акумулацију земљишта - таложење земљишног материјала. Оваква једноставна поређења дају увид само у квалитативне информације о просторној дистрибуцији ерозије и акумулације земљишта.

Квантитативни увид о интензитету ерозије добија се применом одговарајућих конверзионих модела (Petrović, 2017). Употреба падавинских радионуклида или радионуклида који се таложе из атмосфере, посебно ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у истраживању интензитета ерозије земљишта, наишла је на широку примену последњих година (Mabit et al., 2008; Ritchie and Ritchie, 2008; Zapata, 2003). Од посебног значаја њихове примене је могућност ретроспекције, тј. процене просечне брзине којом се земљиште редистрибуирало у прошлости и то само једним узорковањем испитиваног терена, без потребе за инсталацијом мерне опреме и дуготрајним мерењима. Суштински, поменути радионуклиди дају најпогоднија решења за утврђивање стопе прерасподеле земљишта у поређењу са традиционалним методама. Имајући у виду различито порекло у атмосфери и сличне периоде полураспада за ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, ова две комплементарне методе дају различите информације о ерозији земљишта у зависности од дужине периода који се посматра. Примера ради, ^{137}Cs се употребљава за добијање информација о просечној стопи ерозије земљишта последњих 50-ак година, а $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ за добијање просечне стопе ерозије земљишта у последњих 100 година (Walling and He, 1999).

У другом поглављу докторске дисертације дат је приказ ТЛП кроз опис географског положаја са физичко-географским карактеристикама подручја. Императив за успешну примену методе радиоцезијума је постојање некултивисаног земљишта за селекцију референтне тачке. Како је предмет истраживања ове дисертације прорачун брзине ерозивних процеса на некултивисаном земљишту, било је потребно утврдити проценат заступљености таквих површина у односу на проценат обрадивих површина на платоу кроз опис карактеристика земљорадње као доминантне гране пољопривреде међу становништвом Тителског брега.

Како је доминантни ерозивни агенс на ТЛП вода, односно падавине, у наредном поглављу (поглавље три) дат је теоретски осврт на процес плувијалне и пролувијалне ерозије као најзаступљенијих типова ерозије на платоу. Ово поглавље обухвата историјат истраживања ерозије на ТЛП у коме је представљена библиографија значајнијих радова који се баве овом проблематиком претражујући међународне и домаће цитатне базе. Кроз теоретски приказ особине радиоактивности земљишта, скренута је пажња на радионуклиде који имају највећу примену у истраживању ерозивних процеса: ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ и ^7Be уз

детаљан приказ свих досадашњих развијених модела конверзије инвентара ових радионуклида у вредности годишњих брзина губитака земљишта.

У четвртој поглављу дисертације реконструисана је депозиција радиоактивних падавина у првим данима непосредно након Чернобилског акцидента (1986. године) на простору Војводине - северне покрајине Републике Србије. Дистрибуција дневних падавина доведена је у везу са постојећом базом података о испитивању концентрације активности радиоцезијума у површинском слоју земљишта на истом простору током 2001. године. Један од циљева обог истраживања имало је за циљ да установи годину доминантог таложења радиоцезијума из атмосфере и интензитет његове просторне депозиције према појединим кишним периодима за потребе прилагођавања конверзионих модела за прорачун брзине ерозивних процеса у условима који важе за наше подручје.

У петом поглављу дисертације истражене су потенцијалне корелације између дистрибуција дневних падавина и површинске депозиције ^{137}Cs у Војводини након Чернобилског акцидента. У истраживањима ерозије методом радиоцезијума на подручју Србије и у региону централне Европе и источне Европе постоји дилема да ли је Чернобилски акцидент главни извор антропогених радионуклида у површинским слојевима земљишта или су доминанти извори пореклом из периода нуклеарних тестирања. Главна разлика између осталих извора радиоцезијума у животној средини, као што су нуклеарна тестирања педесетих и шездесетих година 20. века, и нуклеарних акцидента лежи у локалном карактеру контаминације што доводи до велике зависности од метеоролошких параметара у времену после акцидента, као што су локалне падавине и ветрови. Према публикованим подацима, средња вредност површинске контаминације радиоцезијумом на просторима Социјалистичке Федеративне Републике Југославије (даље бивше Југославије) након акцидента у Чернобилу је била неколико пута већа него процењена контаминација настала услед тестирања нуклеарног оружја у периоду од 1945. године до 1963. године. Главни циљ ове етапе у изради докторске дисертације је био доказати ово тврђење истраживањем могућих корелација између просторне расподеле падавина у периоду од априла 1986. године до децембра 1987. године и доступних података за садржај радиоцезијума у површинским слојевима земљишта у годинама након Чернобилског акцидента, пошто за период пре 1986. године не постоје подаци о концентрацији цезијума у земљишту за овај регион.

У шестом поглављу представљени су прелиминарни резултати истраживања ерозије земљишта ТЛП. У овом истраживању коришћена је гама-спектрометријска анализа садржаја радиоцезијума, ^{137}Cs и неподржаног олова, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у узорцима вертикалних земљишних профила за квантификацију ерозивних процеса. Дуж комплексног система јаруга код геолокалитета Лесна пирамида, у југоисточном делу платоа у близини реке Тисе узето је 8 репрезентативних вертикалних профила земљишта код којих је у слојевима дебљине 1 cm испитан садржај радионуклида. Брзине ерозија земљишта су процењене коришћењем два конверзиона модела: (1) модел вертикалне дистрибуције, PDM (*profile distribution model*) и (2) дифузиони и миграциони модел, DMM (*diffusion and migration model*) за необрађивано земљиште. Поред квантификације годишњих вредности губитака земљишта, детаљно су испитане физичке карактеристике земљишта, као што су гранулометријски састав и магнетна суцептибилност слојева земљишта у циљу испитивања постојања евентуалних корелација са вертикалним дистрибуцијама радиоцезијума у датим слојевима.

Резултати овог истраживања су валидовани кроз поређење са резултатима Гавриловићеве методе (Gavrilović, 1988) или методом потенцијала ерозије (ЕПМ), емпиријског модела оптималног за примену на нашим просторима у оквиру седмог поглавља дисертације. Пре компарације добијених вредности за брзину ерозије

испитиваног геолокалитета са Гавриловићевом методом, извршено је додатно узорковање земљишних профила у циљу потврде референтне тачке, као и потраге за депозицијом земљишног наноса. У циљу провере утицаја селектованих топографских параметара на величину годишњих брзина ерозије, испитиване су њихове међусобне корелације.

Резултати ове докторске дисертације на примеру једног микролокалитета су јединствени за локалитет ТЛП у чему се огледа њихова значајност и оправданост. Добијени закључци унапређују постојеће моделе испитивања ерозије и доприносе бољем познавању тренда одвијања промена геоморфолошких процеса испитаног терена.

2. ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ОПИС ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

ТЛП је јединствена геоморфолошка целина која се налази на ушћу Тисе у Дунав на крајњем југоисточном делу Бачке (Војводина, Србија) (слика 2.1 - А и Б). Ово елипсасто лесно острво просечне релативне висине од 50 m у односу на алувијалне равни Тисе и Дунава протеже се између насеља Мошорин (на NW), Тител (на SE), Лок (на S) и Вилово (на SW). Према најновијим истраживањима Марковића и сарадника (Zeeden et al., 2007; Гаудењи, 2009;) површина ТЛП износи 79,5 km² (слика 2.1 - Б).



Слика 2.1. Географски положај ТЛП на упрошћеној геоморфолошкој карти Војводине (А) (Marković et al., 2005, измењено) и 3D приказ ТЛП из правца Титела (Б).

Настанак и еволуција ТЛП може се подвести под три карактеристична стадијума: језерско-барски стадијум ¹током којег су формиране хетерогене лесоидне серије основе (Marković et al., 2007) почевши од позног плиоцена до средњег плеистоцена; стадијум стварања лесно-палеоземљишних секвенци дебљине од 35 m до 55 m, одвојених са 5 главних педокомплекса створених за време последњих 5 глацијалних и интерглацијалних циклуса током средњег плеистоцена и кроз читав холоцен (оквирно 600.000 година) (Marković et al., 2005; Marković et al., 2007; Гаудењи, 2009) и стадијум усецања лесних тераса (старије Тителске терасе и млађе Лочке терасе) (слика 2.2).

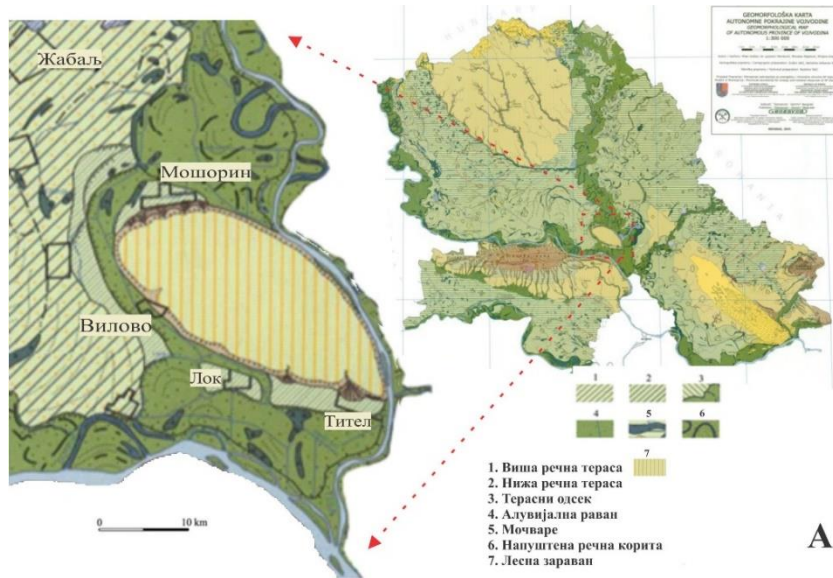
Према шеми одвијања палеогеографских процеса на територији Војводине (Марковић, 1999., Буторац и сар., 2011), може се закључити да у грађи ТЛП и његовог непосредног окружења учествују седименти квартарне старости (слика 2.2). Лесни хоризонти представљају прашинасте наносе које су снажни глацијални ветрови депоновали у периглацијалним областима. Акумулација леса је прекидана у условима топле и влажне

¹Ови седименти у себи садрже фосиле шкољке *Corbicula fluminalis* као представнике речно-барске фазе.

интергласијалне климе, када су формирана фосилна земљишта (Марковић, 1999, Буторац и сар., 2011).

На основу подударности лесних профила код Титела и Старог Сланкамена, Халвач (1895) сматра да је ТЛП саставни део фрушкогорских лесних наслага које је Дунав пресекао на подручју Титела и Старог Сланкамена. Дунав је текао даље према северу, преко насеља Вилово и Мошорин, заобилазећи плато, али је постепено развијао бројне притоке који су се пробиле на југозапад платоа преко којих се постепено формирао данашњи ток Дунава, док је река Тиса еродирала северни, источни и југоисточни део платоа. Ласкарев (1951) је заступао мишљење да је Дунав тек током холоцена почео да тече између ТЛП и Сремске лесне заравни (Marković et al., 2011), користећи расед код Старог Сланкамена (Marković et al., 2011). Koščal et al., (2005) у тумачу за геоморфолошку карту Војводине, подржавајући Ласкарево мишљење, наводе да се период „пробијања Дунава“ између Сремске лесне заравни и Тителског лесног платоа догодио на крају атлантске фазе током холоцена (Гаудењи, 2009).

Суштинска особеност Тителског брега (ТЛП) потиче како из моћности лесно палео-земљишних секвенци на малом простору, тако и разноврсности његових морфолошких облика. Анализом геоморфолошке карте Војводине (Koščal et al., 2005), могуће је издвојити неколико генетских типова мезорељефа на Тителском лесном платоу и његовог непосредног окружења (слика 2.2 - Б):



<p>Флувијалне рељефне форме</p> <ul style="list-style-type: none"> • виша речна тераса покривена лесом, • нижа речна тераса, • алувијална равна, • мочваре. 	<p>Еолске рељефне форме</p> <ul style="list-style-type: none"> • лесна зараван 	<p>Делувијално-пролувијалне рељефне форме</p> <ul style="list-style-type: none"> • терасни одсек 	Б
<p>Флувијалне рељефне форме</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ерозивни: долине, viseће долине, провалије, лесне пирамиде. • Акумулативни: плавине. 	<p>Псеудокрашке рељефне форме</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ерозивни: вртаче, пећине • Акумулативни: лесне луткице. 	<p>Пролувијалне рељефне форме</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ерозивни: бразде, јаруге, поличнице. • Акумулативни: одроње, плећа. 	

Слика 2.2. Геоморфолошка карта Војводине (А) са макрорељефним формама у непосредној близини Тителског лесног платоа (Б) и мезорељефним формама на ТЛП (В) (Koščal et al. 2005 - измењено).

Узајамним утицајем физичких ерозивних агенаса (воде и ветра) и хемијског агенса (растварање калцијум-карбоната) створен је микрорељеф на површини платоа који генетски припада флувијалном, пролувијалном и псеудокрашком рељефу (слика 2.2 - В) (Davidović i sag., 2005).

Микрорељеф на Тителском лесном платоу је разноврснији на крајњим рубним деловима ТЛП и са генетског и са типолошког аспекта. Највеће рељефне форме чине долине (заправо, viseће долине). Њихово порекло је пост-лесно јер су стране долине формиране на лесу и пресецају оглињене зоне. Данас су те долине активне једино за време јаких и учесталих киша.

Постоје два морфолошка типа долина - прву групу чине дуже и шире долине са блажим падом према нижим морфолошким јединицама и имају усаглашеније уздужне профиле. Карактеристичне су за северозападну, западну, југозападну и јужну ивицу ТЛП. Већих су димензија, што је свакако један од разлога што су значајно измењене

антропогеним утицајем и оскудно су обрасле вегетацијом. У својим изворишним деловима немају долинско дно, али у доњим деловима корита према алувијалним равнима Дунава и Тисе усекле су долинско дно, а долинске стране су знатно проширене (какава је нпр. највећа долина на ТЛП - Бусија код Титела) (слика 2.5 - А).

Други тип представљају краће и уже долине са већим нагибом према алувијалној равни Тисе (смештеној на северном, североисточном, источном и југоисточном ободу платоа) са веома неусаглашеним уздужним профилима. Антропогени фактор у њиховом случају је минималан и густо су обрасле вегетацијом (трава, грмље, дрвеће), па су теже проходне у односу на претходно описане долине. У попречном пресеку имају облик слова V. У горњем делу долинске стране су уске, а у доњем шире. Разлика у дужинама ових поменутих група долина последица је нагиба ТЛП ка југозападу, због чега су долине у том делу издуженије, а са друге стране услед постепеног повлачења корита Тисе према истоку.

Крајња источна страна платоа нема алувијалну раван услед непосредне близине Тисе. Иако су све долине са преласком на топлију и влажнију климатску фазу под посебним процесима преображене у висеће, типичне висеће долине (чија је морфогенеза детаљно описана у шестом поглављу докторске дисертације) налазе се уз само корито Тисе (слика 2.5 - Б).

Кратке долине које се формирају на самој ивици ТЛП у почетку имају велику дубину у коју се стропоштава вода и врши јаку вертикалну ерозију. Тако настају провалије (Bukurov, 1976).

Ако се две долине у неком тренутку јако приближе једна другој у горњем, изворишном делу, интензивном флувио-плувијалном ерозијом доћи ће до стварања занимљиве морфолошке форме - лесне пирамиде (слика 2.3). Веће лесне пирамиде настале су срастањем међусобно блиских долина, а мање пирамиде настале су срастањем облика пролувијалне ерозије.



Слика 2.3. Изглед лесне пирамиде код Титела (фотографија: К. Калкан, јуни 2020. године).

Плавина представља акумулативни облик пролувијалне ерозије и настаје на завршном делу неке долине или неког већег пролувијалног ерозивног облика (слика 2.4). Највеће плавине на Тителском лесном платоу одговарају највећој долини усеченој у платоу (Бусија код Титела). У случају када су две (и више) веће долине близу једна другој, њихове

плавине ће се временом спојити. Таква сценарио се догодио са плавинама на којима је подигнуто насеље Мошорин приметног издуженог облика основе у правцу NW (Bukurov, 1976).



Слика 2.4. Пример плавине на којој је подигнуто насеље Мошорин (<https://pictame2.com/tag/titelskibreg/>)

Плавине су израђене су од хетерогеног материјала који се акумулира у облику косо нагнутих слојева где је сваки слој резултат једног високог воденог таласа или једног влажног периода. За сваки слој важи правило да се, почевши од краја долине, прво таложи већи материјал, а затим ситнији (Лазаревић и Тошић, 2013).

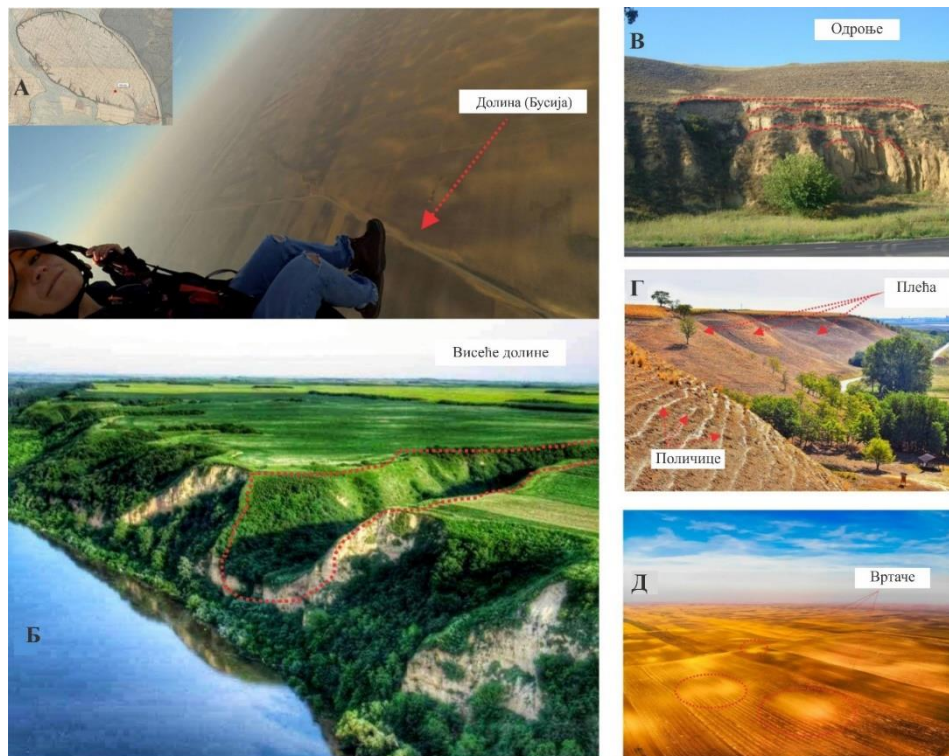
Лесне „пећине“ су ређе заступљени микрорељефни облици који се обично срећу на лесним одсецима. Претпоставља се да су морфолошки еквивалент урушеним долинама или вртачама насталим у класичним крашким тереним (Lukić et al., 2009). Благе стране лесне заравни, које су настале таложењем леса, називају се плећима и обрасле су травнатом вегетацијом (слика 2.5 - Г).

Вертикална капиларност лесних слојева, која се шири и умножава под утицајем падавина или под утицајем капиларности речне воде, омогућава вертикално цепање леса. Маса леса која је остала без равнотеже обрушава се када настају клизишта, односно одроње (слика 2.5 - В). Појава одроња карактеристична је у пролеће услед отапања снежног покривача. Резултат одроња су вертикални одсеци карактеристични за источни и североисточни део платоа. На сличан начин настаје микрорељефни члан који се добро уочава на благим падинама платоа (плећа) често се могу уочити паралелни хоризонтални жљебови. Њихова генеза је неоспорно повезана са атмосферском водом, која доводи до стварања и проширавања пукотина (дужине од 10 cm до 20 cm и око 50 cm дубине) дуж којих се одвијањем физичко-хемијских процеса, терен постепено обрушава услед губитка равнотежног положаја. Овако настају поличице (слика 2.5 - Г) (Davidović i sar., 2005).

Ерозивни облици пролувијалне ерозије представљени су браздама и јаругама. Бразде су дубоке и широке у просеку од 10 cm до 20 cm. У случају обрадивог земљишта, бразде имају сезонски карактер јер се уништавају орањем, док на деградираним травнатим површинама теже преласку у еволутивно напреднију форму. То је пре својственије браздама на нагибима са оскудном вегетацијом. Јаруге су највећи облици линеарне,

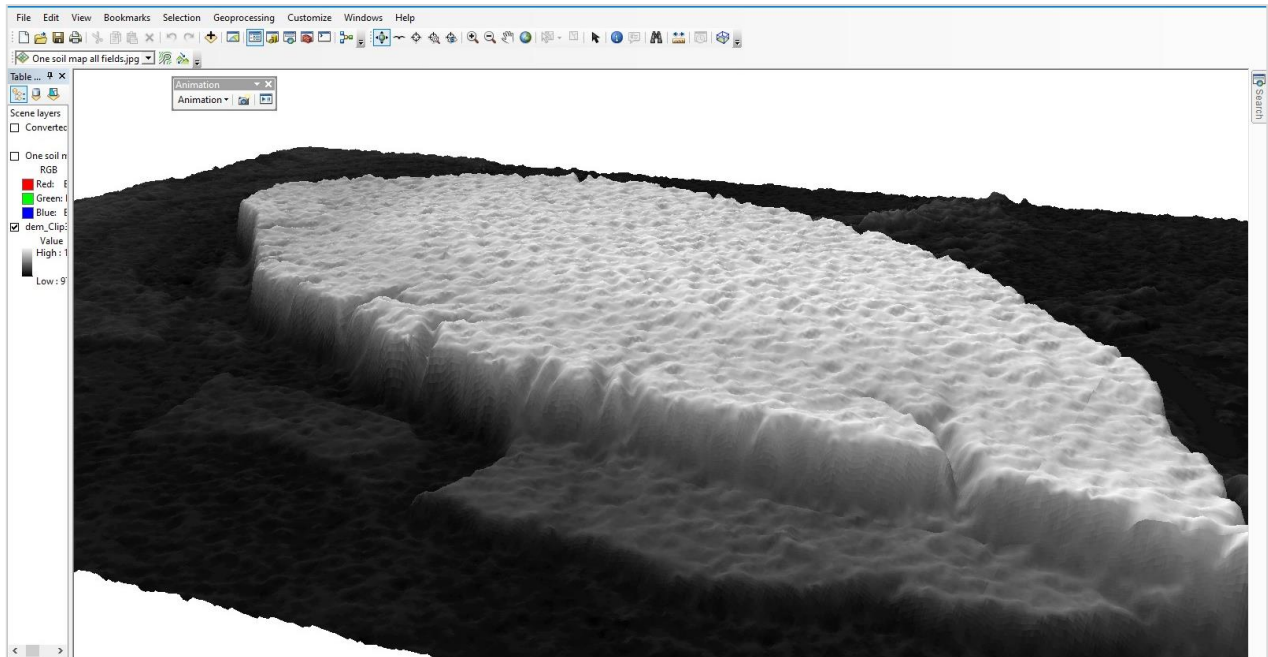
пролувијалне ерозије (Тошић, 2012). Посебна врста јаруга настала за потребе транспорта и антропогено веома измењена (често асфалтирана) називају се сурдуци. Највећи сурдуци налазе се на северозападној ивици платоа у околини Мошорина: Велики сурдук, Свињаревића сурдук, Змијски сурдук, Краљев сурдук, Возаревића сурдук и Рупарића сурдук (Вукurov, 1976).

За разлику од ерозивних облика на маргиналним деловима платоа, унутрашња површина платоа има прилично једноличну засупљеност рељефних чланова (Marković et al., 2005). Филтрирањем атмосферске воде кроз лес, долази до растварања калцијум-карбоната и његовог таложења у дубљим деловима леса. Растварањем креча, зрна леса постају мања, а шупљине се повећавају. Тако се лес обрушава и стварају депресије (лесне вртаче) (слика 2.5 - Д). Ако се калцијум-карбонат концентрише око неке честице, створиће се лесна луткица (Вукurov, 1976). Поред хемијског процеса, депресије су узроковане и физичким процесима - под утицајем падавина, дебљина тла се смањује на странама и повећава на дну. Центри удубљења представљају подручја акумулације еродираниог материјала (с обзиром да вода не може проћи кроз глину - она почиње да врши ерозију на бочним странама удубљења и на тај начин их проширује (Вукurov, 1976; Marković et al., 2005). Утицај еолске ерозије највероватније је објашњење преференцијалне оријентације лесних вртача у правцу и издуженост у правцу северозапад-југоисток. Њихова дужина варира између 50 m и 320 m. Дубина лесних вртача достиже и до четири метара (Marković et al., 2005).



Слика 2.5. Пример долине снимљене из ваздуха параглајдинг туром на ТЛП (А) (<https://mapire.eu/en/>), висеће долине (Б), одроње (С) (http://www.putokaz.me/images/PREDLOZI_TURA/17_Specijalni_rezervat_prirode_Titelski_breg_Ba%20C4%8Dka_Srbija/15085482_649040835278629_1748121078311625365_n.jpg), поличице (Д) (<https://www.dotkomsite.com/wp-content/uploads/2018/03/verica-varga-lok-11.jpg>) и вртаче (Е).

Лесне вртаче на површини платоа и viseће долине на његовим ивицама представљају најдоминантније рељефне форме ТЛП (слика 2.6).



Слика 2.6. Висински модел Тителског лесног платоа $12\text{ m} \times 12\text{ m}$ са доминантним микрорељефним јединицама - вртачама и долинама генерисане у *ArcScene 10.2.1* програму (<https://support.esri.com/en/download/7680>).

Посебни облици на Тителском лесном патоу настали су комбинацијом флувијалне и псеудокрашке ерозије, а односе се на постепено регресивно срастање долина са лесним вртачама са наиласком влажније фазе. Постојање изражених удубљења у уздужном профилу долина је доказ да је флувијална ерозија однела лес и хумусни слој, чиме је ефекат псеудокрашке ерозије накнадно омогућен (Вукеров, 1976).

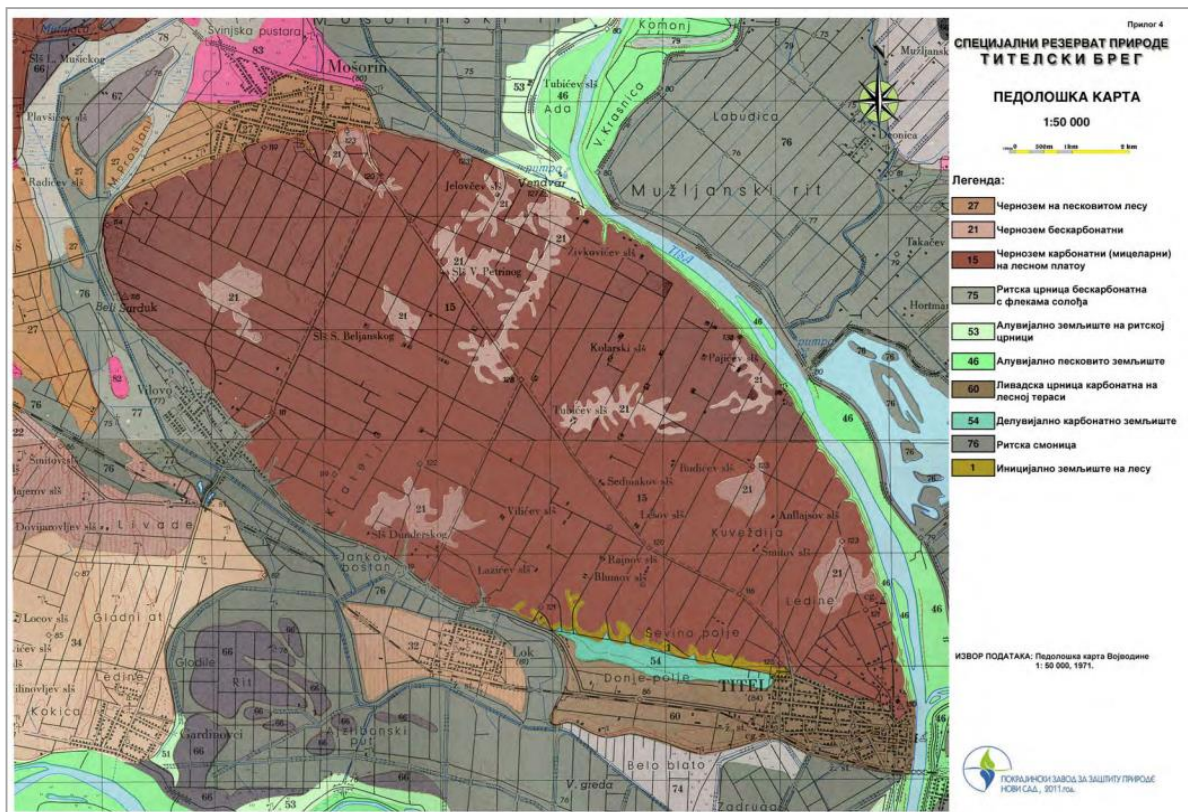
Локација платоа у међуречју Тисе и Дунава доприноси ублажавању климатских екстрема у условима умереноконтиненталне климе. Просечна количина падавина је 602 mm. Падавински минимум карактеристичан је за октобар (33 mm), а максимум у јуну месецу (82 mm). Лети кише падају обично у виду пљускова када велики део испари. Крајем пролећа и почетком лета има довољно падавина што је значајно за развитак вегетације. Средња годишња температура ваздуха износи $10,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Најтоплији месец је јул са средњом месечном температуром око $21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а најхладнији јануар са средњом температуром од $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На самом ТЛП не постоје површински водени токови, а зона прве издани се налази на дубини од 75 m до 95 m те практично нема утицај на вегетацију. У подножју платоа постоји неколико извора - извор Водице код Лока и извор Водице код Мошорина. У непосредном окружењу платоа налазе се Виловачка језера (јаме) чије су басене направиле поплавне воде из 1985. године (Буторац и сар., 2011) а које су данас преображени у рибаке.

Миљковић (1971) и Живковић и коаутори (1972), сматрају да су на ТЛП заступљена два основна типа земљишта: иницијално земљиште на лесу и чернозему, док на тителској лесној тераси местимично има ливадске црнице карбонатне и уз саму обалу Тисе, алувијално земљиште (слика 2.7). На основу приложене карте (слика 2.7), могуће је

издвојити следеће типове земљишта на ТЛП: Иницијално земљиште од свега неколико центиметара моћности се једва разликује од матичног супстрата (леса) и јавља се на стрмим теренима захваћеним ерозијом. По механичком саставу је иловача или глиновита иловача са 14-16 % креча.

- Чернозем карбонатни (мицеларни) на лесном платоу је доминантан тип земљишта на Тителском лесно платоу. Развијен је на типском лесу, само у односу на њега има већи удео глине. По механичком саставу је иловача или лака иловача. Одликује га мрвичасто-грудвичаста и ситнозрна структура. Типична хемјска особина овог чернозема је карбонатност од саме површине.
- Чернозем еродирани карактеристичан је за макрорелефне форме на платоу којег одликује мањи проценат хумуса услед ерозивних дејстава па је светлије боје. По механичком саставу је иловача или песковита иловача која је у површинском слоју ситногрудвичасте, а у доњем делу зрнасте структуре.
- Чернозем бескарбонатни је карактеристичан за ободни део платоа у којима је због сливања воде мицеларни чернозем знатно испран.
- Чернозем карбонатни заруђени је прва фаза деградације чернозема мицеларног констатован на јужним, осунчаним падинама платоа развијен у виду флека. По механичком саставу је карбонатна иловача или глиновита иловача и одликује се већем уделу песка.
- Ливадска црница карбонатна заступљена је на Тителској лесној тераси, ситногрудвичасте и мрвичасте структуре, указује на близину подземних вода.
- Алувијална земљишта обухватају само уски појас уз реку Тису настао повременим плављењем речне воде - при бржем надирању воде таложе се крупније фракције (песак), а при споријем фракције глине и органског муља (Буторац и сар., 2011).



Слика 2.7. Педолошка карта Тителског лесног платоа и његовог непосредног окружења (Буторац и сар., 2011).

2.1 КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗЕМЉОРАДЊЕ НА ТИТЕЛСКОМ ЛЕСНОМ ПЛАТОУ

Пре исушивања алувијалне равни и изградње насипа, сточарство је било главно занимање становништва Тителског брега, нарочито овчарство. Земљорадња је била заступљена само на брегу. Са исушивањем ритова и знатним досељавањем становништва са укидањем Војне границе крајем 19. века долази до постепене преоријентације становништва на земљорадњу, да би данас у 21. веку она постала основно занимње становништва Тителског брега (Буторац и сар., 2011).

Жита се доминантно гаје на платоу, од чега око 60 % удела отпада на производњу кукуруза и пшенице. На другом месту је индустријско биље, од којих се највише гаје шећерна репа, сунцокрет и соја (док су у мањем проценту заступљени сирак, јечам и конопља). На трећем месту је сточна храна преоријентисана највише на детелину луцерку. Следеће према заступљености је повртарство - највећи део поврћа сконцентрисан у алувијалној равни и најбоље успевају на тзв сливцима. Ту се гаји се бостан, парадајз, кромпир, купус, лук, патлиџан, пасуљ, паприка и друго. На блажим странама платоа гаје се винова лоза којих највише има код Титела, а воћарство је новијег датума (<https://map.onesoil.ai/2018>). У табели 2.1 представљена је површинска у [ha] и процентуална заступљеност типичних култура узагајних на платоу за 2018. годину (<https://map.onesoil.ai/2018>).

Табела 2.1. Типичне пољопривредне културе узгајане на ТЛП.

Пољопр. култура	Кукуруз	Репа	Сунцокрет	Пшеница	Соја	Детелина	Остало
Површина [ha]	3.620,4	1.670,0	1.190,5	1.093,4	260,0	65,3	50,0
%	46,0	21,0	15,0	14,0	3,3	0,8	0,7

(Извор: <https://map.onesoil.ai/2018>).

Површине платоа под засадима воћа, поврћа и винове лозе заузимају око 50 ha. Имајући у виду да је површина ТЛП 79,5 km², односно 7.950,0 ha (Буторац и сар., 2011) помоћу даљинске детекције израчуната је површина некултивисаног земљишта која износи 0,35 ha. Некултивисану површину претежно чине ивични делови платоа и изолована острва (хумке) са саобраћајницама у његовој унутрашњости. Податак о постојању некултивисаних површина на Тителском брегу је од круцијалне важности за успешну примену нуклеарних метода у истраживању брзине ерозивних процеса.

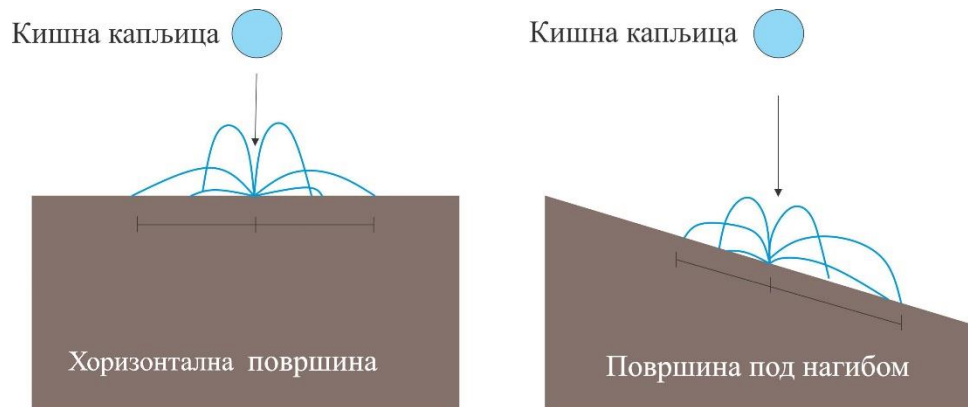
3. ЕРОЗИЈА ЗЕМЉИШТА И КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ

У овом поглављу докторске дисертације дат је теоретски преглед доминантних типова ерозије земљишта на ТЛП, уз преглед досадашњих истраживања поменутог платоа са аспекта ерозије земљишта. Потом су дате карактеристике радиоактивности земљишта са приказом свих тренутно развијенх модела конверзије за прорачун годишњих вредности губитака земљишта применом нуклеарне методе.

3.1 ТИПОВИ ЕРОЗИЈЕ НА ТИТЕЛСКОМ ЛЕСНОМ ПЛАТОУ

Ерозија земљишта у којој је главни агенс вода, последица је два доминантна механизма: физички рад кипних капи и површинског отицања које настаје услед засићења земљишта водом (Ellison, 1947).

Ерозија кишних капи на земљишту назива се плувијална ерозија и представља генетски чист и јасно издиференциран процес који траје док трају падавине. По престанку падавина процес плувијалне ерозије непосредно прелази у наредну еволутивну фазу водне ерозије - површинско или линијско отицање воде, односно процес пролувијалне ерозије. При том „бомбардовању“ земљишта, кишна кап изврши одређен рад на рачун смањења кинетичке енергије.² Кинетичка енергија кишних капи троши се на савлађивање трења, ако је подлога кохерентна или за уништавање кохезије тла и откидање честице. Енергија кишних капи може бити и до 100.000 пута већа од енергије површинског отицања и то при пљусковима, чак и на стрмим теренима (Vaezi et al., 2017).

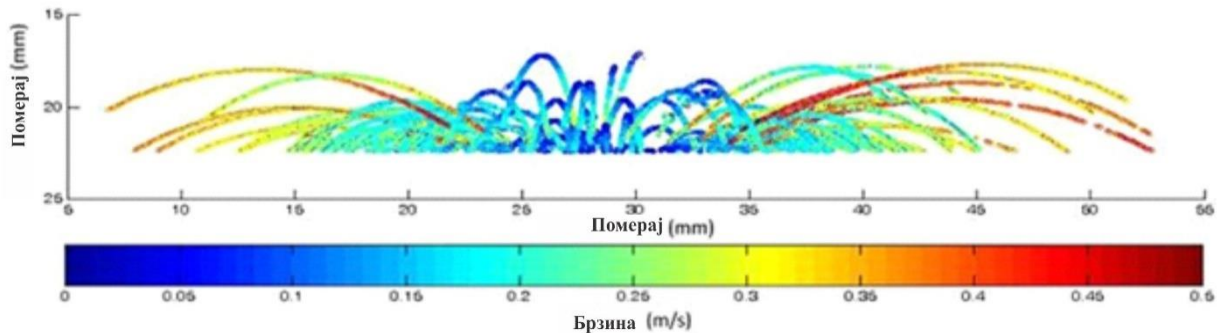


Путање откинутих честица земљишта

Слика 3.1. Путање честица земљишта приликом удара кишне капи исте енергије на различитој површини (Fernández-Raga et al., 2017, измењено).

² Највећа енергија којом кишна кап располаже има приликом удара о топографску површину, пошто тада најчешће има највећу брзину.

Брзина кишних капи зависи од њиховог пречника. Максималну брзину падања кишна кап достиже при удару о тло. При ветровитим условима брзина кишне капи може бити већа од њене гравитационе брзине. Брзина падања кишне капи више зависи од масе него од висине са које пада. Приликом удара честице о тло стварају се минијатурни кратери различитих димензија - од видљивих до микроскопских. Честице земљишта отргнуте од подлоге за време удара и распршивања од кишних капи, могу бити подигнуте до висине од преко 0,5 m па могу бити захваћене водом која површински отиче (Лазаревић и Тошић, 2013).



Слика 3.2. Брзина и прераспореда честица земље приликом удара кишне капи на заравњену површину (<http://community.dur.ac.uk/draem/index.php/soil-erosion-by-rain-splash/>, измењено).

Највећи значај на интензитет плувијалне ерозије има степен заштићености подлоге, односно начин искоришћавања површина. Тако је плувијална ерозија најинтензивнија на ораничним површинама, што је последица обраде земљишта и пораста заступљености малих честица и то највише у пролеће и у другој половини јесени, када си ораничне површине на нашим просторима скоро без икакве заштите.

После удара о топографску површину и губитка кинетичке енергије, атмосферској води остаје само потенцијална енергија. Под утицајем Земљине теже доћи ће до кретања воде, при чему ће она опет располагати одређеном кинетичком енергијом. Претварање потенцијалне у кинетичку енергију моћи ће да изврши само онај део воде који има услове да отиче - површински или подземно. Отицање атмосферске воде је у почетку неорганизовано и површинско. Површинско отицање после извесног растојања (пређеног пута од вододелнице) постепено прелази у концентрисано, линијско отицање, које располаже већом ерозивном енергијом (Лазаревић и Тошић, 2013). Концентрисана вода тече турбулентно постепено формирајући сасвим плитке браздице (слика 3.3 – лево) које се временом продубљују и проширују у зависности од масе воде и величине њеног микрослива (Vaezi et al., 2017), величини еродибилности површинског земљишта, нагиба и густине вегетације (Folliott et al., 2013).



Слика 3.3. Бразде настале линијским кретањем воде код геолокалотета Лесна пирамида (фотографија: К. Калкан, јуни 2020. године).

Бразде имају тенденцију еволуције у димензионално већи рељфни облик - јаруге (слика 3.3 - десно) кретањем земљишне масе (урушавањем повлатних слојева земљишта услед велике еродибилности подземних слојева, тунеловањем, цепањем глиновитог или заслањеног земљишта) или еволуцијом неких геоморфолошких јединица попут речних или ледничких долина (Bruce, 2006; 1999Carey, 2006). Јаруге су активне уколико су њене стране без вегетације, у супротном су неактивне (Gilley, 2005).

3.2 ИСТОРИЈАТ ИСТРАЖИВАЊА ЕРОЗИЈЕ НА ТИТЕЛСКОМ ЛЕСНОМ ПЛАТОУ

Анализирајући међународне и домаће цитатне базе (*Google Scholar* и *Sci index*) нису пронађени подаци да на подручју ТЛП о прорачунима ерозије земљишта методама које нису нуклеарне. Радови који су се бавили овом проблематиком на простору Војводине, односили су се на примену углавном емпиријских модела и изведене математичке формуле, па би резултати таквих студија могле бити грубо примењени и на ТЛП. Највећа пажња међу радовима посвећена је прорачунима ерозије земљишта под утицајем ветра на простору Војводине. Том приликом најчешће су употребљиване вредности изведеног климатског фактора (Savić et al., 2012; Savić and Letić, 2003a; Savić and Letić, 2003b; Savić, 2008; Baumgertel et al., 2019) и инструменталног мерења суспендованог материјала (Savić, 2005; Savić et al., 2004; Savić et al., 2002) на истраживаном локалитету, што чини укупно 8 претходно наведених радова.

Проценом ерозије земљишта на територији Србије (Југославије) заснована је на комбинацији емпиријског модела (скуп појединих метеоролошких, хидролошких и геоморфолошких фактора на неком простору) и теренских мерења транспорта седимената и мерењем интензитета засипања наносом неке акваторије (Petković et al., 1999; Pavlović et al., 2017).

Проблематиком ерозије земљишта у наводњаваним подручјима Војводине бавио се Пантелић (Pantelić, 1995) у својој докторској дисертацији. Он је посебно указао на значајно (натпросечно) одступање прорачунатих стопа губитака земљишта.

Применом падавинских индекса: Precipitation Concentration Index (PCI, Индекс концентрације падавина), Fournier Index (FI, Фоурниеров индекс) and Modified Fournier Index (MFI, Модификовани Фоурниеров индекс) у комбинацији са GIS (Geographic Information System) добијена су најугроженија подручја Војводине са аспекта падавина, као доминантног ерозивног агенса (Lukić et al., 2016; Lukić et al., 2019).

Применом Гавриловићеве методе су се бавили следећеи аутори: Lazarević (1985), Tadić i Šljuka (2018) и Kostadinov i sar. (2006).

Све преостале претражене публикације на тему ерозије земљишта у Војводини дају теоријски осврт на стање квалитета земљишта, ефекат климатских промена на ерозију земљишта, њену контролу, превенцију и заштиту (Google Scholar; Sci index).

3.3 РАДИОАКТИВНОСТ ЗЕМЉИШТА

Земљиште је материјал комплексне структуре која се може поделити на органску и неорганску (минералну) компоненту. Органска компонента обухвата хранљиве материје настале распадом биљне компоненте (хумус, корење или живи организми). Неорганска компонента, поред ваздуха и воде, се састоји и од минералних честица које су настале дробљењем и уситњавањем стена подлоге, или неким другим ерозивним деловањем.

Пошто у таквим стенама постоје одређене концентрације природних радиоактивних елемената, за очекивати је да се они нађу и у земљишту, и то у концентрацијама карактеристичним за врсте стена и тип земљишта. Ови радионуклиди су или космогеног (^3H , ^{14}C , ^7Be) или примордијалног (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra) порекла (Forkarić, 2014).

Уранијум

Уранијум је тешки метал из групе актинида са атомским бројем 92. Најчешће се јавља у облику два примодијална радионуклида - ^{238}U ($T_{1/2}=4,5\times 10^9$ година) који чини 99,27 % укупне заступљености уранијума на Земљи) и мање заступљени - ^{235}U ($T_{1/2}=7,0\times 10^8$ година), који чини око 0,72 % укупне заступљености уранијума на Земљи). Оба радионуклида имају своје радиоактивне низове који се завршавају неким стабилним изотопом (^{206}Pb у случају ^{238}U и ^{207}Pb у случају ^{235}U). Трећи примодијални радионуклид уранијума је ^{234}U ($T_{1/2}=2,4\times 10^5$ година), заступљености од 0,005 % на Земљи), а уједно је трећи члан распада ^{238}U низа па је овај радионуклид у приближној равнотежи са ^{238}U . Однос $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ временом расте услед бржег радиоактивног распада ^{235}U . Данас тај однос износи $137,5\pm 0,5$ (Cinelli et al., 2019). Енергије које се емитују гама зрацима распадом ^{238}U налазе се у опсегу од 0,0 MeV до 2,2 MeV. Детекција уранијума у гама спектру врши се индиректно, преко потомака његовог низа (Cinelli et al., 2019; National Research Council, 1999).

Уранијум се у земљиштима се најчешће јавља IV-валентни или VI-ванетни атом (Iurian, et al., 2015). Четворовалентни уранијум (^{238}U) гради хемијска једињења која су нерастворљива у води и слабо мобилна, па су сва једињења са њим позната као инертна. Оксидација органске материје или гвожђа обезбеђује IV-валентно стање, који се снажно везује за земљишне честице у стабилне комплексе (хидроксиде, хидрате флуорида, фосфате). Нерастворљив је у води и доминантан у земљиштима са високим садржајем влаге ($E_h < 200$ mV) (Findeiß and Schäffer, 2017).

Ако четворовалентни уранијум оксидише, прелази и шестовалентно стање (^{234}U) и сва једињења са њим су растворљива у води и лако мигрирају кроз средину посебно под утицајем испирања падавинама, па се његова концентрација временом повећава у речно-морским системима. Карактеристичан је за ваздушаста земљишта. Овај уранијум има биолошки значај јер као мобилан бива апсорбован од стране биљака било процесом јонске измене или у форми комплексних једињења. Акумулација овог уранијума може бити последица ерозивних процеса јер су ти процеси довели до постепених стварања лежишта уранијумових руда у току последњих 2-3 милијарде година (Ђурић и Поповић, 2001; Findeiß and Schäffer, 2017).

Према неким истраживачима, миграција уранијума је већа у песковитим земљиштима у поређењу са иловастим, што указује на већи афинитет радионуклида ка ситнијим честицама земљишта (Iurian et al., 2015). Студија Sheppard and Evenden (1987) која се бавила испитивањем понашања уранијума у земљишту указују да је везивање уранијума у земљишту већа са високим капацитетом размене катјона, а покретљивост уранијума је последица присуства карбоната. На ниским вредностима рН ($\text{pH} < 6$), уранијум има малу склоност ка везивању за земљишни матрикс, док у опсегу 5-7 рН има максималну вредност сорпције и опет опада са повећавањем рН због повећања броја негативно наелектрисаних јона на површинама минерала.

Велики садржај органске материје исто ће повећати мобилност уранијума у земљишту, али истовремено смањивање мобилности могуће је услед везивања путем јонске размене. Зато се уранијум највише очекује у базним земљиштима, са високим садржајем неорганског угљеника и ниском катјонском разменом, виским садржајем органске материје, садржаја глине, аморфног гвожђа и фосфата (Iurian et al., 2015).

Kovacheva и сар. (2014а) су се бавили утицајем временских стања на мобилност уранијума у земљишту. Према њеним тврдњама нагло повећање температуре ваздуха фаворизује повећање мобилности уранијума у замрзнутом земљишту, док редистрибуција уранијума у черноземима се појављује за време топлих и влажних периода у случају сувих земљишта. Микроорганизми из земљишта такође могу да утичу на мобилност уранијума кроз везивање, бактерије које редукују сулфате и гвожђе могу смањити или наталожити уранијум са редокс потенцијалом од 100 mV у условима високе влаге (Iurian et al., 2015). Апсорпција уранијума од стране биљака је генерално већа у поређењу са апсорпцијом торијума и нижа у поређењу са радијумом (Cinelli et al., 2019).

Торијум

Торијум је такође метал из реда актинида са атомским бројем 90. Познато је око 26 изотопа торијума, од којих 12 има већи период полуживота од једне секунде, док три изотопа имају период полуживота већи од годину дана: ^{232}Th , ^{230}Th и ^{229}Th . Торијум-234 и торијум-230 су потомци радиоактивног низа уранијум-238. Има већу концентрацију у Земљиној кори у односу на уранијум и до три пута (Fernandes, 2017). Торијум-234 је директни потомак уранијума-238 са периодом полураспада од 24 дана и брзо достиже секуларну равнотежу па је добар је индикатор активности концентрације претка. У уранијум-238 низу најзначајнији је Th-230. Торијум-229 је продукт вештачког уранијум-233 веома мале заступљености у природи. Торијум-232 је родоначелник је сопственог радиоактивног низа и његово учешће у заступљености природног торијума је приближно 100 % ($T_{1/2}=1,405 \times 10^{10}$ година). Завршава се стабилним ^{208}Pb . Често се јавља удружен са ретким земљаним елементима (Ce, Y, La, Zr). Енергија коју емитује ^{232}Th приликом распада је у опсегу већем од 2,615 MeV.

Како ^{232}Th није гама емитер, његова анализа се врши индиректно преко потомака (Cinelli et al., 2019).

Четворовалентни торијум је нерастворљив у води и реактивнији од уранијума али такође инертан. У условима киселог земљишт (труљења органских материје) растворљивост његових оксида и хидроксида расте, посебно уколико је земљиште богато карбонатима, сулфатима и органском материјом (Findeiß and Schäffer, 2017; Fernandes, 2017). Торијум се највише апсорбује за минерале глине, оксиде и органску материју на 6,5 рН вредности земљишта. Већина земљишта апсорбују и задржавају торијум, мада је према Ванденховој и сарадницима (Vandenhove et al., 2009) установљено је да је геометријска средина торијума ниска у песковитим и органским земљиштима и висока у иловастим (Iurian et al., 2015).

Радијум

Радијум је земноалкални метал атомског броја 88 који има 30 нестабилних изотопа од којих се 4 могу наћи у природи као потомци три радиоактивна низа: ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{224}Ra и ^{223}Ra . Доминантан је ^{226}Ra који је нерастворљив у води у форми сулфата, карбоната и хромата, док је у форми бромида, нитрита и хидроксида растворљив у води. Обично је његова активност концентрације у земљишту већа од родоначелника уранијума-238, а самим тим и директног претка торијума-232 јер је далеко мобилнији. Радијум је на самој површини земљишта мобилнији него у дубини и тамо је његова концентрација готова увек већа услед антропогеног фактора (примена фосфатних ђубрива) (IAEA, 2014; Sam, 1993; National Research Council, 1999).

Радијум се појављује увек као дво-валентни катјон. Углавном се налази у већим концентрацијама у органским и глиновитим земљиштима, (обично припојен за минерале глине, у раствору силицијумске киселине, мангановим оксидима и органској материји) док га у песковитом нема. Органска материја и глина показали су се као кључни фактори који доприносе сорпцији радијума у земљишту, иако органска материја апсорбије 10 пута више радијума у поређењу са глином. Доступни подаци показују да се радијум на рН>7 најјаче везује за глину и минералне оксиде (Iurian et al., 2015).

Калијум

Калијум је алкални метал атомског броја 39 (са оксидационим бројем +1) и има три природна изотопа: ^{39}K (93,25 % укупне заступљености), ^{41}K (6,73 % укупне заступљености), који су стабилни и дугоживећи ($T_{1/2}=1,248$ година) радиоактивни ^{40}K (0,01 % укупне заступљености) који је самим тим и нестабилан. Калијум је главни састојак органског земљишта, односно доминантан минерални сегмент, а у вези са матичним супстратом од којег је земљиште настало. Најчешће се калијумови катјони везују за минерале глине. У гама спектру, ^{40}K се јавља као једна линија и једноставна је за читавање (Cinelli et al., 2019). У обрадивом земљишту често је у великој корелацији са радијумом, јер су главни састојци фосфатних ђубрива (Khater and AL-Sewaidan, 2008). Калијум је карактеристичан за органска земљишта, док га у песковитим готово и нема. Његова активност концентрације је у складу са типом земљишта, па се на основу гама линије за калијум може лако установити тип земљишта на неком простору (Mendes et al., 2016; Afari-Sefa et al., 2004).

Поред терестријалних природних радионуклида који су присутни од настанка Земље и који су доминантно груписани у три природна радиоактивна низа: уранијумски,

торијумски и актинијумски, у земљишту се могу наћи и произведени (антропогени радионуклиди) који настају људском производњом као фисиони продукти у нуклеарним електранама. Продукти нуклеарног горива одређеним механизмима доспевају у животну средину. Конкретно, у земљиште доспевају доминантно падавинама (Cinelli et al., 2019).

При регуларном режиму рада ових електрана у животну средину се испуштају мале количине које се таложе из атмосфере и задржавају у површинским слојевима земљишта. У случају акцидента ови радионуклиди (најчешће ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr и ^{131}I) се испуштају у високим концентрацијама у атмосферу и водотокове путем којих се брзо транспортују и редистрибуирају што доводи до контаминације земљишта и на великим удаљеностима од епицентра катастрофе. Дугоживећи радионуклиди ^{90}Sr и ^{94}Pu у земљишту се детектују компликованим радиохемијским методама пошто не емитују гама-зраке (Cinelli et al., 2019). За разлику од њих други антропогени радионуклиди су гама емитери и могу се одредити гама-спектрометријском методом попут: ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{106}Ru , ^{125}Sb и ^{144}Ce који се већином задржавају веома кратко у земљишту након депозиције (осим ^{137}Cs са релативно дугим периодом полу-живота од 30,05 година).

Шездесетих година 20. века услед интензивних проба нуклеарног наоружања., нарочито на Северној хемисфери, према подацима UNSCEAR-а из 1982. године (UNSCEAR, 1982) у стратосферу је испуштено око $9,6 \times 10^{17}$ Bq, што је изазвало глобалну контаминацију животне средине радионуклидима као што су цезијум, ^{137}Cs , и стронцијум, ^{90}Sr . До 80-тих година концентрације ових фисионих продуката су ниске. Међутим од нуклеарне катастрофе у Чернобилу (26. април 1986. године) када је испуштено око $3,8 \times 10^{16}$ Bq радиоцезијума, концентрације фисионих продуката постају знатно више. У екосистему наше државе и на подручју Војводине у узорцима земљишта и седимента још увек се детектује ^{137}Cs који се у периоду након овог акцидента наталожио из атмосфере. Пошто је хемијско понашање овог радионуклида слично понашању калијума, биљке га лако могу усвајати, чиме он доспева и у ланце исхране копнених и водених екосистема (Forkarić, 2014)

^{137}Cs је вештачки радионуклид који је гама-емитер са интензивном линијом на 661,7 keV. Према резултатима бројних студија, више од 75 % укупне активности ^{137}Cs у различитим земљиштима сконцентрисан је у првих 15 cm, било да се ради о обрађеном или необрађеном земљишту (Maina et al., 2018). У земљиштима која нису култивисана показало се да концентрација активности ^{137}Cs експоненцијално опада са дубином (Fuajter et al., 2017). Када се процењују брзине ерозије помоћу ^{137}Cs методе, измерене вредности инвентара ^{137}Cs (укупне концентрације активности у земљишном профилу) узорака упоређује се са референтним вредностима које су измерене на непоремећеном земљишту у непосредној близини испитиваног подручја без јаког утицаја ерозије или акумулације. Ако је укупна активност ^{137}Cs мања од референтног инвентара, узорак земљишта указује на ерозију. У супротном случају, веће укупне активности ^{137}Cs у поређењу са референтним инвентаром подразумевају акумулацију земљишта. Специфични модели математичке конверзије омогућавају извођење квантитативних процена брзине ерозивних процеса на основу поређења њихових инвентара радиоцезијума (IAEA, 2014). Вертикалне криве расподеле ^{137}Cs у земљишту указују на историјат процеса ерозије/депозиције и сваки слој земљишта у којем постоји радиоцезијум могуће је датирати и одредити период депозиције, односно порекло овог радионуклида (Maina et al., 2018).

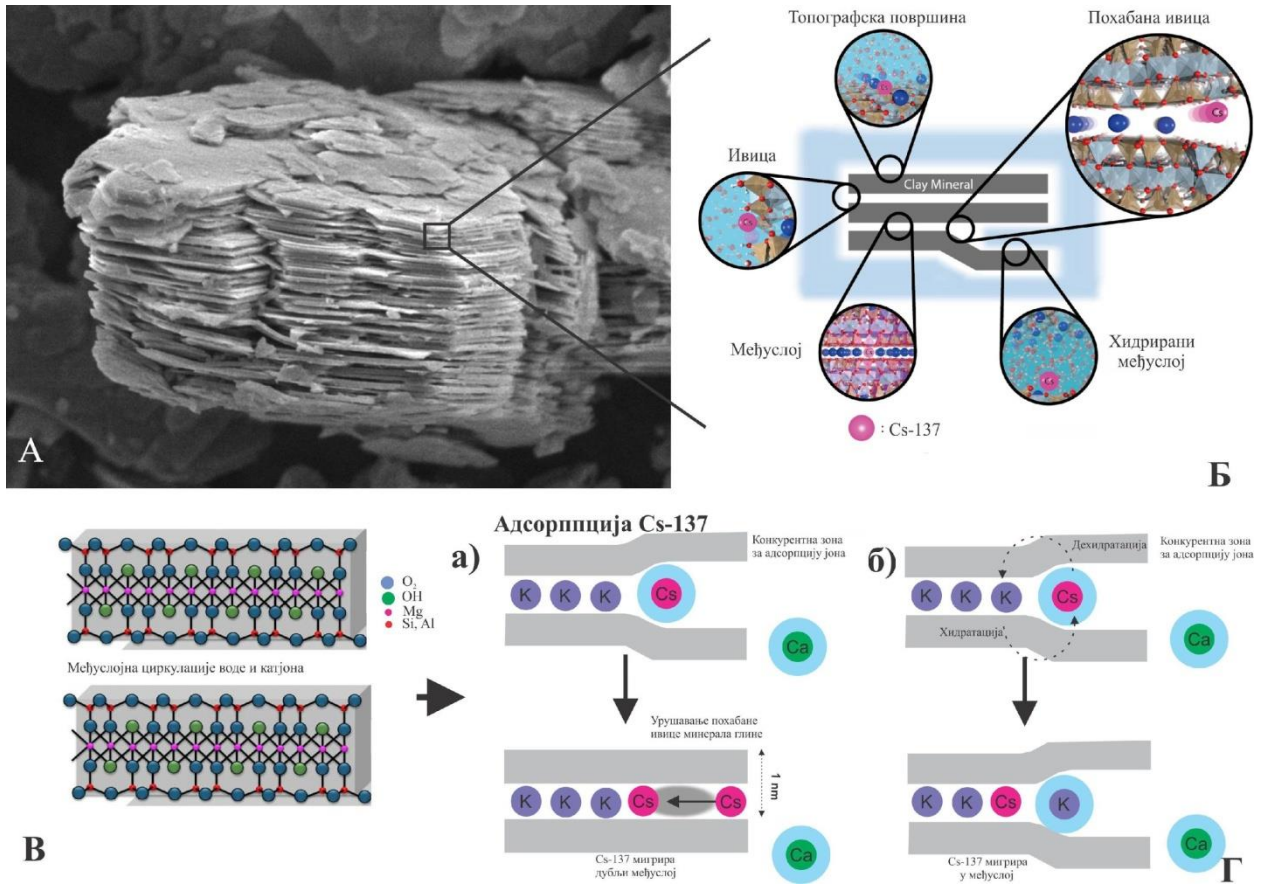
^{137}Cs је ослобођен у атмосферу као фисиони продукт нуклеарним тестирањима и нуклеарним акцидентима (Iurian et al., 2014). Нуклеарним тестирањима ^{137}Cs бива избачен у стратосферу при чему се глобалном циркулацијом транспортује ветровима и депонује падавинама на топографску површину. Глобална депозиција ^{137}Cs у периоду од 1950-их до 1970-их година прошлог века, достиже максимумом депозиције 1963. године на северној

хемисфери и нешто касније на јужној хемисфери. Након забране нуклеарног тестирања након Споразума о забрани тестирања (енг. *Test Ban Treaty*) 1963. године, концентрације радиоцезијума опадају, изузев периода од 1971. године до 1974. године када је спроведено нуклеарно тестирање у земљама које нису потписале споразум (IAEA, 2014).

Поред антропогених радионуклида који се таложе из атмосфере, у земљишту могу бити заступљени и природни радионуклиди који се таложе из атмосфере, геогеног или космичког порекла (табела 3.1). Олово ^{210}Pb (период полу-распада од 22,3 године) је природни радионуклид који потиче из уранијумовог радиоактивног низа (^{238}U). Олово је потомак гасовитог ^{222}Rn (период полу-распада 3,8 дана), који настаје распадом радијума ^{226}Ra (период полу-распада од 1.622 година). ^{226}Ra је природно заступљен у свим земљиштима и стенама и одговоран је за продукцију ^{210}Pb у земљишту. Та компонента ^{210}Pb ће бити у равнотежи са претком ^{226}Ra због чега се та компонента назива подржано олово. Међутим, радон као гас дифузијом кроз земљиште еманира у атмосферу, где ће се сукцесивно распадати до релативно дугоживећег олова ^{210}Pb . Ова компонента ^{210}Pb није у равнотежи са ^{226}Ra , и накнадно ће бити наталожена на топографску површину као „неподржано“ олово ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) или „олово у вишку“ (енг. *excess*). Као ^{137}Cs , и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ се брзо везује за честице земљишта. Облик криве расподеле $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ по дубини земљишног профила и у случају обрађеног и непоремећеног земљишта је генерално слична дистрибуцији ^{137}Cs . Накнадна просторна редистрибуција $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ унутар земљишног профила такође је слична понашању ^{137}Cs . За разлику од ^{137}Cs , депозиција $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ је константна на непоремећеним локацијама са минималним дејством ерозивних процеса (Shi et al., 2012).

Таложењем из атмосфере ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ доспевају у површински слој земљишта где се постепено везују за финије честице (доминантно на минерале глине) (Fujiwara, 2010) катјонском разменом. Везивање (адсорпција) поменутих радионуклида на минерале глине могуће је остварити на неколико начина. Конкретно, ^{137}Cs може бити повратно адсорбован на горњој површини минерала и његовим ивицама или неповратно адсорбован на похабане ивице минерала (клинаста зона између нерастегљивих и хидратисаних међуслојева) као и у међуслоју. Механизми адсорпције, миграције и неповратне фиксације радиоцезијума на минералу глине може имати два исхода. У првом исходу долази до дезорганизације, урушавања похабане ивице од стране радиоцезијума када је миграција радиоцезијума у дубље слојеве је омогућена (слика 3.4 - А). У другом исходу, услед разлика у енергији хидратације јона K^+ и Cs^+ - ако K^+ има већу енергију хидратације у односу на радиоцезијум, постојећи радиоцезијум апсорбован на похабане ивице минерала глине се дехидратише у корист K^+ који се налази у близини радиоцезијума.

Овај феномен хидратације/дехидратације омогућава промену положаја (супституције) између дехидрираног Cs^+ и хидрираног K^+ . Cs^+ је стога неповратно фиксиран у слоју (слика 3.4 - Б). Dumat и Staunton (1999) су проучавали смањену адсорпцију цезијума на глиненим минералима узроковане разним хумусним супстанцама и открили су да су места на похабаним ивицама погођена присуством хумусних супстанци апсорбују мање цезијума (Larsson, 2008).



Слика 3.4. Механизми поврљатне и неповратне адсорпције радиоцезијума на минералу глине (микроскопски снимак минерала глине - А (<https://phys.org/news/2017-11-clay-mineral-earth-mantle.html>); места потенцијалне апсорпције радиоцезијума на минералима глине - Б (https://rdreview.jaea.go.jp/review_en/2018/e2018_1_18.html); Структура минерала глине - В(<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA17598>, миграција радиоцезијума - Г(https://www.mdpi.com/materials/materials-12-01399/article_deploy/html/images/materials-12-01399-g007.png).

Табела 3.1. Компаративна анализа неких особина ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ и ^7Be .

Радионуклид	^{137}Cs	$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$	^7Be
Елемент	Алкални метал	Прелазни метал	Земно-алкални метал
Порекло	Вештачко	Природно геогено	Природно космичко
Полу-живот	30,2 година	22,3 година	53 дана
Покрива период	од 1954.	Више од 100 година	Покрива кратак период - сезону кише
Период депозиције	Почетак 1954. - врхунац 1963.	Константна депозиција	Константна депозиција
Карактеристике активности концентрације	Висока на северној хемисфери	Непознато	Висока у умереним географским ширинама
Скала примене	Парцела - слив	Парцела - слив	Парцела, падина
Вертикална дистрибуција:			
(1) обрађено земљиште	Униформна	Униформна	Униформна
(2) непоремећено земљишт	Експоненцијално опада	Експоненцијално опада	Експоненцијално опада
Утицај орања	Могућ	Могућ	Могућ
Временска скала процену ерозије	за На годишњем нивоу	На годишњем нивоу	Дневно, месечно
Захтева аналитички метод	GS ³	GS, LSC ⁴ , AS ⁵	GS

(Извор: Walling et al., 2014; Mabit et al. 2017).

³ GS = гама-спектрометријска метода - захтева HPGe детектор широкогосега енергија.

⁴ LSC = метода течног сцинтилационог бројања.

⁵ AS = Алфа спектрометрија; индиректно мерење преко ^{210}Po .

3.4 КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ ЗА ПРОЦЕНУ СТОПЕ ЕРОЗИЈЕ И АКУМУЛАЦИЈЕ ЗЕМЉИШТА

Значајне доприносе у глобалном проучавању ерозије земљишта применом методе радиоцеизијума дали су следећи аутори: Ritchie and McHenry (1990), Campbell et al., (1982), Elliott et al. (1990); Loughran et al. (1988), Wallbrink and Murray (1993), de Jong et al. (1983), Kachanocki (1993), Pennock et al., (1995), Walling and Bradley (1988), Walling and He (1999a, 1999b) и Walling and Quine (1991). Такође, важне доприносе у промовисању и усавршавању технике кроз пројектне имплементације дала је IAEA (Zapata, 2003). Највећу примену радиоцеизијум је нашао у студијама на обрадивом земљишту, односно проучавањима површинске ерозије (тзв. *sheet erosion*).

Студије примене радиоцеизијума у истраживањима ерозије ветром су најмање заступљене (Zapata, 2003). У доминантно ветровитим условима животне средине где нема површинског отицања услед дефицита падавина, ова техника може да се примени за квантификацију брзине ерозије земљишта/седимената. Међутим у овом случају, отежавајућа околност је одабир референтне тачке услед интензивног процеса редистрибуције земљишта/седимената.

Након мерења земљишних узорака гама-спектрометријском методом, коцентрације активности радионуклида унутар земљишног профила обично се изражава у масеној активности ($Bq\ kg^{-1}$) или површинској активности ($Bq\ m^{-2}$). Следећи корак у квантификацији брзине ерозивних процеса огледа се у превођењу укупних површинских активности земљишних профила у $t\ ha^{-1}\ ug^{-1}$ (тонама по хектару на годишњем нивоу) применом адекватног конверзионог модела. Приликом одабира конкретног радионуклида, моделирање је могуће извршити Walling-овим програмом (Guzmán et al., 2013).

Сваки конверзиони модел има своје специфичности па је у оквиру овог поглавља докторске дисертације дат преглед свих конверзионих модела којим се укупне површинске активности (тзв. *инвентари*) ^{137}Cs , $^{210}Pb_{ex}$ или 7Be неког узорка, превде у вредности брзине ерозије или акумулације у случају обрадивог или необрадивог земљишта.

Поређењем индивидуалних инвентара са инвентаром локалног референтног профила добија се квалитативни податак о интензитету ерозивних процеса. Квантитативно одређивање просторне дистрибуције брзине ерозије земљишта, односно акумулације, могуће је применом адекватног конверзионог модела. У наредној табели дат је приказ модела у зависности од врсте радионуклида заступљеног у обрадивом и необрадивом земљишту.

Табела 3.2. Конверзиони модели за култивисано и некултивисано земљиште.

Радионуклид	Обрадиво земљиште	Необрадиво земљиште
^{137}Cs	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Пропорционални модел ▪ Поједностављен модел масене равнотеже ▪ Модел масене равнотеже ▪ Модел масене равнотеже са карактером орања 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Модел дистрибуције профила ▪ Дифузиони и миграциони модел
$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Модел масене равнотеже ▪ Модел масене равнотеже са карактером орања 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Дифузиони и миграцион модел
^7Be	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Модел дистрибуције профила 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Модел дистрибуције профила

(Извор: Walling and He, 2001).

3.4.1 ^{137}Cs КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ ЗА ОБРАДИВО ЗЕМЉИШТЕ

3.4.1.1. Пропорционални модел (PDM). Најједноставнији је за примену и заснива се на претпоставци да се целокупна падавинска депозиција ^{137}Cs налази у зони орања обрадивог земљишта и да је губитак земљишта директно пропорционалан редукацији инвентара ^{137}Cs (ако је половина депозиције ^{137}Cs однешена, укупан губитак земљишта у зони орања износи 50 %). Модел се може представити следећом једначином:

$$Y = 10 \frac{BdX}{100TP}, \quad (3.4.1.1)$$

где су:

Y - средњи годишњи губитак земљишта [$\text{t ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$];

d - дубина орања или култивационог слоја [m];

B - густина слоја [kg m^{-3}];

X - проценат редукације у укупном инвентару ^{137}Cs ;

T - време које је протекло од депозиције ^{137}Cs или почетка култивације [yr];

A_{ref} - референтни инвентар ^{137}Cs [Bq m^{-2}];

A - укупни инвентар ^{137}Cs на узоркованом земљишном профилу [Bq m^{-2}];

P - фактор корекције на величину честице.

Основна претпоставка овог модела је да концентрација радиоцезијума у еродираном седименту остаје константна, непроменљива током времена. Тако се и концентрација ^{137}Cs депонованог седимента у зонама акумулације може сматрати константном. У случајевима када је инвентар ^{137}Cs у неком узоркованом земљишном

профилу већи него у случају референтног профила A_{ref} , годишњи губитак земљишта се рачуна по следећем обрасцу:

$$Y' = 10 \frac{BdX'}{100TP'} \quad (3.4.2)$$

где су сада,

X' - проценат повећања у укупном ^{137}Cs инвентару (дефинисан као $(A-A_{ref})/A_{ref} \cdot 100$);

P' - фактор корекције на величину честице.:

Пропорционални модел захтева само информације о дубини орања поред вредности инвентара ^{137}Cs за тачке узорковања и локалног референтног инвентара, па је стога једноставна примена овог модела. Међутим, основни недостатак модела је што је могуће преценити/потценити вредност брзине ерозије/акумулације на неком делу топографске површине. Падавинска депозиција ^{137}C одвија се неколико година. Део те депозиције заиста остане на површини земљишта пре него што се измеша у оранични слој. Али део те депозиције бива однешен ерозијом пре него што дође до мешања са ораничним слојем, због чега овај модел углавном даје нереалне вредности редистрибуције земљишта. Да би се уклонили неки недостаци пропорционалног модела уведен је *модел масене равнотеже*.

3.4.1.2. Поједностављени модел масене равнотеже (Модел масене равнотеже I) (МВМ I). Да би се превазишли недостаци једноставног пропорционалног модела, овај модел претпоставља да се тотална депозиција ^{137}Cs десила 1963. године уместо да се депозиција дешава у току дужег периода времена (од средине 50-тих до средине 70-тих година). У оригиналној форми овај модел не узима у обзир ефекат величине честица земљишта, иако је корекциони фактор P и даље укључен у рачун. Претпостављајући да је брзина ерозије R [$\text{m m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$] константна, укупан инвентар ^{137}Cs (A [Bq m^{-2}]) за годину t [yr] може се изразити према обрасцу:

$$A(t) = A_{ref} \left(1 - P \frac{R}{d}\right)^{t-1963} \quad (3.4.3)$$

где све наведене величине имају претходно наведено значење.

На основу израчунатог инвентара цезијума за неки узорак, поступак пребацивања у брзину ерозије је следећи:

$$Y = \frac{10dB}{P} \left[1 - \left(1 - \frac{X}{100}\right)^{\frac{1}{t-1963}}\right] \quad (3.4.4)$$

где су:

A_{ref} - референтни инвентар [Bq m^{-2}];

Y - годишња брзина губитка земљишта [$\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$];

D - дубина орања – култивисани слој [m];

B - специфична густина земљишта [kg m^{-3}];

X - проценат редукције укупног инвентара (дефинисан као $(A_{ref}-A)/A_{ref} \times 100$);

P - фактор корекције на величину честица

На месту депозиције $A(t) > A_{ref}$ и под претпоставком да је брзина депозиције константна R' [$\text{kg m}^{-2} \text{yr}^{-1}$], брзина депозиције седимента се може израчунати на основу разлике инвентара у односу на референтни инвентар и концентрације радиоцезијума у депонованом седименту $Cd(t')$ према обрасцу:

$$R' = \frac{A_{ex}}{\int_{t_0}^t C_d(t') e^{-\lambda(t-t')} dt'}, \quad (3.4.5)$$

где су:

$A_{ex}(t)$ - вишак у инвентару ^{137}Cs за тачку узорковања у односу на референтни инвентар у години t и изражава се у [Bq m^{-2}];

$Cd(t')$ - концентрација наталоженог ^{137}Cs у години t' [Bq kg^{-1}];

λ - константа распада за ^{137}Cs [yr^{-1}];

P' - фактор корекције на величину честица.

Генерално, концентрација радиоцезијума у депонованом седименту се може одредити као отежана средња вредност концентрације радиоцезијума седимента који је мобилисан са вишег терена, те се брзина акумулације може представити као:

$$C_d(t') = \frac{1}{\int_S R dS} \int_S P' C_e(t') R dS, \quad (3.4.6)$$

где је:

S [m^2] је површина вишег терена са ког се мобилише седимент;

$C_e(t')$ [Bq kg^{-1}] је концентрација ^{137}Cs у седименту мобилисаном из зоне ерозије, а која се може одредити једначином:

$$C_e(t') = \frac{I(t')}{R} P \gamma (1 - e^{-R/H}) + P \frac{A(t')}{d}, \quad (3.4.7)$$

где је $A_{ref}(t) = A_{ref}$.

Предности и недостаци: Основна предност модела је та што узима у обзир прогресивну редукцију концентрације радиоцезијума у земљишту унутар слоја орања услед

уношења земљишта са занемарљивим садржајем цезијума из слојева испод оригиналне дубине орања, што је извесно побољшање пропорционалног модела. Такође је једноставан за прорачун и захтева познавање само дубине обрадивог слоја земљишта. Међутим, овај модел не узима у обзир могућност одношења свеже наталоженог радиоцезијума пре утицаја ерозије са обрадивог слоја земљишта. Такође, година доминантне депозиције радиоцезијума у 1963. години је упитна за различите делове света.

3.4.1.3. Модел масене равнотеже II (МВМ 2) је нешто напреднији модел у одосу на претходни јер разматра временску зависност депозиције радиоцезијума као и могућност одношења свеже депонованог радиоцезијума под утицајем ерозије пре сједињавања са обрадивим земљиштем унутар слоја орања. Промена унутар укупног инвентара радиоцезијума током времена $A(t)$ за места ерозије рачуна се по следећој формули:

$$\frac{dA(t)}{dt} = (1 - \Gamma)I(t) - \left(\lambda + P \frac{R}{d}\right) A(t), \quad (3.4.8)$$

где је:

$A(t)$ - кумулативна активност ^{137}Cs по јединици површине [Bq m^{-2}];

R - брзина ерозије [$\text{kg m}^{-2} \text{yr}^{-1}$];

D - кумулативна масена дубина која представља просечну дубину орања [kg m^{-2}];

λ - константа распада за ^{137}Cs [yr^{-1}];

$I(t)$ - годишњи депозициони флуks ^{137}Cs [$\text{Bq m}^{-2} \text{yr}^{-1}$];

Γ - проценат свеже наталоженог ^{137}Cs уклоњен ерозијом пре мешања у слој орања;

P - фактор корекције на величину честица.

Ако се претпостави првобитна експоненцијална расподела ^{137}Cs у површинском слоју земљишта, вредност параметра Γ може се изразити према (He and Walling, 1997) као:

$$\Gamma = P\gamma(1 - e^{-R/H}), \quad (3.4.9)$$

где је:

γ - проценат годишњег наноса ^{137}Cs који је подложен уклањању ерозијом,

H - релаксациона масена дубина почетне расподеле свежег ^{137}Cs у површинском слоју земљишта [kg m^{-2}].

Ако је t_0 [yr] година почетка култивације, на основу горе наведених формула, укупан инвентар ^{137}Cs $A(t)$ у години t може бити представљен као:

$$A(t) = A(t_0)e^{-\left(\frac{PR}{d} + \lambda\right)(t-t_0)} + \int_{t_0}^t \left(1 - P\gamma\left(1 - e^{-\frac{R}{H}}\right)\right) I(t')e^{-(PRd+\lambda)(t-t')} dt', \quad (3.4.10)$$

где је $A(t_0)$ [Вq m⁻²] инвентар ¹³⁷Cs у години t_0 [yr]:

$$A(t_0) = \int_{1954}^{t_0} I(t')e^{-\lambda(t'-t_0)} dt', \quad (3.4.11)$$

Брзина ерозије R може се израчунати преко формуле за израчунавање $A(t)$, уколико су познате вредности свих релевантних параметара и депозициони флуks ¹³⁷Cs. Концентрација ¹³⁷Cs мобилисаног седимента $C_e(t')$ изражава се као:

$$C_e(t') = \frac{I(t')}{R} P\gamma\left(1 - e^{-\frac{R}{H}}\right) + P \frac{A(t')}{d}, \quad (3.4.12)$$

За места акумулације ($A(t) > A_{ref}$), под претпоставком да је вишаку ¹³⁷Cs инвентару A_{ex} [Вq m⁻²] (који се дефинише као разлика укупног инвентара $A(t)$ од директно наталоженог локалног инвентара A_{ref} настао због додатне депозиције ¹³⁷Cs, вишак инвентара ¹³⁷Cs се може изразити као:

$$A_{ex} = \int_{t_0}^t R' C_d(t') - \lambda(t - t') dt', \quad (3.4.13)$$

где је:

R' - брзина депозиције [kg m⁻² yr⁻¹],

$C_d(t')$ - концентрација ¹³⁷Cs наталоженог седимента [Вq kg⁻¹],

$C_d(t')$ ће указати на мешање седимената и придодате концентрације ¹³⁷Cs мобилисаног седимента из еродирујућих подручја која конвергирају ка датој тачки акумулације. $C_d(t')$ у основи садржи две компоненте, од којих је прва повезана са уклањањем свеже наталоженог ¹³⁷Cs, а друга са ерозијом акумулираног ¹³⁷Cs ускладиштеног у слоју орања. Опет, $C_d(t')$ се може проценити из концентрације ¹³⁷Cs седимента мобилисаног из еродирујућих виших подручја S :

$$C_d(t') = \frac{1}{\int_S R dS} \int_S P' C_e(t') R dS, \quad (3.4.14)$$

што даје средњу брзину депозиције земљишта R' :

$$R' = \frac{A_{ex}}{\int_{t_0}^t C_d(t') e^{-\lambda(t-t')} dt'} \quad (3.4.15)$$

Предности и недостаци: Основна предност овог модела је та што узима у обзир и временску варијацију наноса радиоцезијума и почетну дистрибуцију свежег радиоцезијума на у површинском слоју земљишта. Резултати овог модела дају реалистичнију слику у односу на поједностављен модел масене равнотеже. Међутим, информације о дубини ораног слоја, релаксационој масеној дубини H и параметру γ су неопходне како би се овај модел применио.

3.4.1.4. Модел масене равнотеже који укључује померање земљишта услед орања (Модел масене равнотеже III) (МВМ 3). Претходно описани модели масене равнотеже не узимају у обзир редистрибуцију земљишта услед орања и редистрибуцију садржаног ^{137}Cs што има велики утицај посебно ако се користе мерења ^{137}Cs да би се процениле брзине ерозије услед деловања воде. Ако би се овај ефекат квантификовао и узео у обзир, преостала компонента редистрибуције би се односила на утицај ерозије водом.

Ефекат орања на редистрибуцију земљишта може се представити флуksom низводног седимента F_Q [$\text{kg m}^{-1} \text{ yr}^{-1}$] као:

$$F_e = \phi \sin \beta, \quad (3.4.16)$$

где је:

β ($^\circ$) - угао нагиба и

ϕ - константа специфична за испитивано место [$\text{kg m}^{-1} \text{ yr}^{-1}$].

Ако се линија тока низ падину подели у неколико одељака и сваки одељак апроксимира правом линијом, тада се за сваки i -ти одељак (посматрано са врха брда) укупна редистрибуција земљишта произведена орањем R_t [$\text{kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$] може изразити као:

$$R_t = \frac{F_{e,out} - F_{e,in}}{L_i} = \frac{\phi(\sin \beta_i - \sin \beta_{i-1})}{L_i} = R_{t,out} - R_{t,in}, \quad (3.4.17)$$

где је L_i (m) дужина падине за сваки i -ти сегменат, $R_{t,out}$ [$\text{kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$] и $R_{t,in}$ [$\text{kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$] се дефинишу као:

$$R_{t,out} = \phi \sin \frac{\beta_i}{L_i}, \quad (3.4.18)$$

$$R_{t,in} = \phi \sin \frac{\beta_{i-1}}{L_i}$$

За тачку под утицајем водене ерозије (чија је брзина ерозије R_w [$\text{kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$]), варијације у укупном ^{137}Cs инвентару $A(t)$ [Bq m^{-2}] са временом t могу изразити као:

$$\frac{dA(t)}{dt} = (1 - \Gamma)I(t) + R_{t,in}C_{t,in}(t) - R_{t,out}C_{t,out}(t) - R_wC_{w,out}(t) - \lambda A(t), \quad (3.4.19)$$

где су $C_{t,in}$, $C_{t,out}$ и $C_{w,out}$ [Bq kg^{-1}] концентрације ^{137}Cs у седиментукоје су повезане са уносом услед орања, изношењем услед орања и изношењем услед воде, респективно. Укупна брзина ерозије R [$\text{kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$] тада износи:

$$R = R_{t,out}R_{t,in} + R_w, \quad (3.4.20)$$

За тачку акумулације под утицајем воде (брзина депозиције R'_w [$\text{kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$]), варијација у укупном ^{137}Cs инвентару са временом може се изразити као:

$$\frac{dA(t)}{dt} = I(t) + R_{t,in}C_{t,in}(t) - R_{t,out}C_{t,out}(t) - R'_wC_{w,in}(t) - \lambda A(t), \quad (3.4.21)$$

где је $C_{w,in}$ [Bq kg^{-1}] концентрација ^{137}Cs уноса седимента из депозиције под утицајем воде. Укупна брзина ерозије R тада износи:

$$R = R_{t,out}R_{t,in} - R'_w, \quad (3.4.22)$$

Концентрација ^{137}Cs у земљишту унутар слоја орања $C_s(t')$ [Bq kg^{-1}] изражава се релацијама:

$$C_{s(t')} = \frac{A(t')}{d},$$

$$C_{s(t')} = \frac{1}{d[A(t') - \frac{|R|}{d} \int_{t_0}^{t-1} A(t'')e^{-\lambda t''} dt'']}, \quad (3.4.23)$$

за места укупне ерозије и укупне депозиције, респективно, где је $|R|$ ($R < 0$) укупна брзина ерозије. Везе између C_s , $C_{t,in}$ и $C_{t,out}$ су:

$$C_{t,in}(t') = C_{t,out}(t') = C_s(t'),$$

$$C_{w,out}(t') = PC_S(t') + \frac{I(t')}{R_w} P\gamma \left(1 - e^{-\frac{R_w}{H}t'}\right), \quad (3.4.24)$$

док се концентрација ^{137}Cs у водом направљеним наносима $C_{win}(t')$ [Bq kg^{-1}] може изразити као:

$$C_{w,in}(t') = \frac{1}{\int_S R dS} \int_S P' C_{w,out}(t') R dS, \quad (3.4.25)$$

За дату тачку, брзина ерозије/депозиције услед орања ($R_{t_{out}}-R_{t_{in}}$) се може израчунати на основу једначине 3.4.17, док се укупна брзина ерозије ($R>0$) или брзина депозиције (R) добија решавањем следећих једначина: 3.4.19, 3.4.20, 3.4.24 и 3.4.25.

Предности и недостаци: овакав модел масене равнотеже представља значајно побољшање претходна два модела јер узима у обзир и кретање земљишта услед орања. Резултати добијени овим моделом су најближи реалности за обрађивано земљиште. Међутим овај модел захтева додатно познавање параметара и додатна израчунавања.

3.4.2 ^{137}Cs КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ ЗА НЕОБРАЂЕНО ЗЕМЉИШТЕ

3.4.2.1. Модел дистрибуције профила (PDM) - У случају необрађеног земљишта, вертикална дистрибуција ^{137}Cs у земљишном профилу значајно се разликује од оне у обрађеним земљиштима, где се ^{137}Cs меша у обрадивом слоју услед орања. У случају необрадивог земљишта, вертикална расподела концентрација активности ^{137}Cs експоненцијално опада са дубином и ова појава се може изразити следећом једначином:

$$A'(x) = A_{ref} \left(1 - e^{-\frac{x}{h_0}}\right), \quad (3.4.27)$$

где је:

$A'(x)$ - количина ^{137}Cs изнад слоја x [Bq m^{-2}];

A_{ref} - референтни инвентар ^{137}Cs [Bq m^{-2}];

x - дубина од површине земљишта [kg m^{-2}];

h_0 - коефицијент облика профила [kg m^{-2}].

Ако се претпостави да се таложење ^{137}Cs из атмосфере догодило 1963. године и да је вертикална дистрибуција ^{137}Cs у земљишном профилу независна од времена, брзина ерозије Y за посматрану локацију са ерозијом (укупни ^{137}Cs инвентар A_u [Bq m^{-2}] мањи од референтног инвентара A_{ref} [Bq m^{-2}]) се може проценити као:

$$Y = \frac{10}{(t-1963)p} \ln \left(1 - \frac{x}{100}\right) h_0, \quad (3.4.28)$$

где је:

Y - годишња брзина ерозије земљишта [$t \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$];

t - година прикупљања узорака [yr];

X - проценат редукције ^{137}Cs у укупном инвентару у односу на референтну вредност (дефинисаног као $(A_{ref}-A_u)/A_{ref} \cdot 100$);

A_u - укупни измерени инвентар ^{137}Cs за узорковани профил [Bq m^{-2}].

За место акумулације, брзина депозиције R' може се проценити на основу вишка у ^{137}Cs инвентару $A_x(t)$ [Bq m^{-2}] (који се дефинише као $A_u - A_{ref}$) и концентрације активности ^{137}Cs акумулираног седимента C_d :

$$R' = \frac{A_{ex}}{\int_{t_0}^t C_d e^{-\lambda(t-t')} dt'} = \frac{A_u - A_{ref}}{\frac{P'}{\int_S R dS} \int_S A_{ref} (1 - e^{-\frac{R}{h_0}}) dS}, \quad (3.4.29)$$

Предности и недостаци: Модел облика профила је једноставан и лак за употребу. Међутим, заснован је на бројним поједностављењима и не узима у разматрање временски зависно понашање наталоженог ^{137}Cs и промену вертикалне дистрибуције ^{137}Cs у земљишном профилу након таложења из атмосфере. Сходно томе, могуће је проценити брзину ерозије земљишта овим моделом.

3.4.2.2. Дифузиони и миграциони модел (DMM). Претходно описани модел вертикалне расподеле радиоцезијума даје приближне вредности брзине ерозивних процеса у случају необрађеног земљишта. Далеко реалнији приступ ерозивним процесима даје модел који узима у обзир миграцију ^{137}Cs дуж вертикалног профила земљишта током времена (Walling and He, 1997). Овај модел карактеришу две променљиве: ефективни коефицијент дифузије D и брзина миграције V .

Наиме, често се дешава да се максимална концентрација у вертикалном профилу необрађивог земљишта ^{137}Cs налази у слојевима испод површине земљишта. Варијација концентрације ^{137}Cs на самој површини земљишта у зависности од времена $C_u(t)$ [Bq kg^{-1}] може се изразити као:

$$C_u(t) \approx \frac{I(t)}{H} + \frac{I(t') e^{-\frac{R}{H}}}{\sqrt{D\pi(t-t')}} e^{-V \frac{2(t-t')}{4D} - \lambda(t-t')} dt', \quad (3.4.30)$$

где су:

$C_u(t)$ - варијација концентрације ^{137}Cs на самој површини земљишта у зависности од времена;

D - коефицијент дифузије [$\text{kg}^2 \text{ m}^{-4} \text{ yr}^{-1}$];

V - опадајућа брзина миграције ^{137}Cs у земљишном профилу [$\text{kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$].

За тачку ерозије, ако се линијска ерозија узима као доминантан процес, брзина ерозије R се може проценити из редукције ^{137}Cs инвентара $A_{Is}(t)$ [Bq m^{-2}] ($A_{Is}=A_{ref}-A_u$) и функције концентрације ^{137}Cs на самој површини земљишта:

$$\int_0^t PRC_u(t')e^{-\lambda(t-t')}dt' = A_{Is}(t), \quad (3.4.31)$$

За тачку депозиције, брзина депозиције земљишта R' се може израчунати на основу концентрације ^{137}Cs у депонованом седименту $C_d(t')$ и вишка у инвентару ^{137}Cs $A_{ex}(t)$ [Bq m^{-2}] ($A_{ex}=A_u - A_{ref}$) коришћењем следеће релације:

$$R' = \frac{A_{ex}}{\int_{t_0}^t C_d(t')e^{-\lambda(t-t')}dt'} = \frac{A_u - A_{ref}}{\int_{t_0}^t C_d(t')e^{-\lambda(t-t')}dt''} \quad (3.4.32)$$

где се $C_d(t')$ одређује на основу формуле:

$$C_d(t') = \frac{1}{\int_S R dS} \int_S P' PC_u(t') R dS, \quad (3.4.33)$$

Предности и ограничења: Модел дифузије и миграције узима у обзир понашање временски зависно понашање наталоженог радиоцезијума и његову накнадну редистрибуцију у профилу земљишта и стога представља побољшање модела дистрибуције профила. Међутим, за употребу овог модела потребно је више информација о понашању ^{137}Cs у непоремећеном земљишту.

3.4.3. $^{210}\text{Pb}_{ex}$ КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ

Вишак ^{210}Pb се дуго времена примењује за одређивање брзине седиментације у депозиционим срединама, као што су језера, плавине, итд (Walling and He, 2001). Примена берилијума ^7Be је такође заступљено у истраживању статуса седиментних профила, нарочито за процену недавне дистрибуције. Међутим примена $^{210}\text{Pb}_{ex}$ и ^7Be за прорачун брзине ерозије је још увек у стадијуму развоја и није тако добро успостављена као метода са радиоцезијумом. Понашање ова два радионуклида у различитим врстама педолошких покривача захтева додатна истраживања како би се постојећи модели модификовали и били релевантни и поуздани у прорачунима брзине ерозије. Тако је поступак прорачуна сличан уз неколико специфичних детаља који су наведени у даљем тексту. Депозиција олова има континуирани карактер, а његов период полу-распада (22,3 године) и порекло омогућавају истраживање ерозивних процеса у дужем временском периоду. До сада су развијена и адаптирана три модела за олово:

1. Модел масене равнотеже II за култивисано земљиште,
2. Модел масене равнотеже III са карактером орања за култивисано земљиште и
3. Дифузиони и миграциони модел за некултивисано земљиште.

Главне модификације у поређењу са одговарајућим моделима радиоцезијума су:

- период моделирања је продужен на период од 100 година уназад од датума узорковања. Модел претпоставља да је свака депозиција олова пре тог периода ирелевантна, јер теоријски само око 4 % оригиналне радиоактивности ће преостати након 100 година. Време узорковања није интегрисано у прорачуне и узима се у обзир само код тумачења резултата примењених конверзионих модела.
- Претпоставља се да је депозиција $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ и губитак услед радиоактивног распада процес у стању стабилне равнотеже и да ће референтни инвентар због тога остати исти током времена. Депозициони флуks $I_{(t)}$ се може извести из референтног инвентара A_{ref} користећи израз:

$$I_{(t)} = A_{\text{ref}} \ln(2) / 22.3 \quad (3.4.34)$$

- Различита константа радиоактивног распада.

3.4.4. ^{7}Be КОНВЕРЗИОНИ МОДЕЛИ

Берилијум има далеко краћи период-полураспада у поређењу са ^{137}Cs и ^{210}Pb , па је погодан трасер ерозије само за кратко-временске процесе редистрибуције земљишта. Вертикална миграција овог радионуклида у земљишту је мала, (у већини случајева < 2 cm), што је и очекивано због лимитираног времена за дубље продирање и дифузију. Тако у односу на радиоцезијум има нижу вредност фактор продирања < 8 . Берилијум није погодан за процену брзине ерозије у култивисаном земљишту услед интензивног мешања са дубљим слојевима, услед чега се концентрација берилијума разређује до те мере да је испод границе детекције. До сада је развијен само један конверзиони модел за берилијум:

Модел дистрибуције профила

- модификацијом PDM модела за ^{137}Cs тако што је период моделирања са декада промењен на појединачни догађај,
- годишњи спонтани распад радионуклида није више од значаја,
- примена много ниже вредности за фактор облика профила ($< 20 \text{ kg m}^{-2}$) и
- другачија константа радиоактивног распада (Walling and He, 2001).

4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

4.1 УЗОРКОВАЊЕ ЗЕМЉИШНИХ ПРОФИЛА И ПРИПРЕМА УЗОРАКА

Теренски рад је обухватао неколико етапа у периоду од 2017. године до 2020 године. Почетна идеја овог истраживања односила се на утврђивање односа између ерозивних процеса карактеристичних за необрадиво и обрадиво земљишта на Тителском платоу. За истраживање тих процеса на необрадивом земљишту одабране су висеће долине које нису под значајним антропогеним фактором. Једна од најбоље истражених је систем висећих долина код локалитета Лесна пирамида недалеко од насеља Тител (слика 3.3). Даљинском детекцијом платоа наменски су одабране потенцијалне референтне тачке за узорковање недалеко од поменутог локалитета на којима се узгајају три доминантне културе: кукуруз, пшеница и соја. Као допуна даљинском осматрању ТЛП у потрази за референтним тачкама, употребљена је и параглајдинг тура (слика 4.2 - А) чиме је примена методе радиоцезијума у прорачунима величине годишњих губитака земљишног покривача унапређена за аутора комплекснијом методом потраге за референтном тачком на Тителском лесном платоу.

Узимање узорака земљишних профила су извршена челичним корером произвођача Eijkelkamp Agrisearch Equipment B.V. (земља порекла Холандија), дужине цилиндра од 40,0 cm и пречником отвора од 5,3 cm (слика 4.1). У унутрашњости корера постављена је пластична фолија која одржава геометријску форму узорка (у облику цилиндра) и омогућава да се узорак пакује, складишти и по потреби замрзава (искључиво због накнадног лакшег сечења узорка) у ненарушеном стању (слика 4.1). У наведеном периоду од три године, узето је укупно 12 узорака, од којих је седам узорковано кроз бујичну долину код Лесне пирамиде, пет узорака у њеној непосредној близини на заравњеним површинама за потребе идентификације референтне тачке.



Слика 4.1. Корер за дубинско узорковање земљишта и изглед извађеног земљишног профила, (фотографија, К. Калкан, 2017).

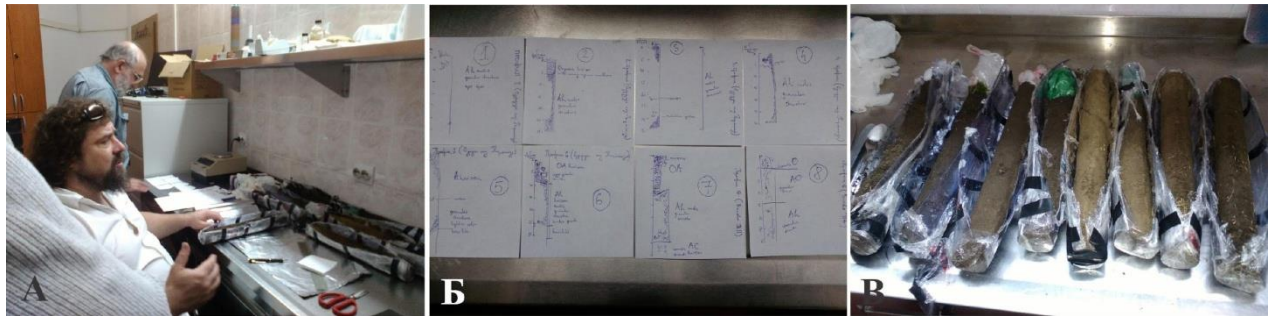
Непосредно пре узорковања земљишних профила на свакој локацији су одређене географске координате уређајем Oregon 700 произвођача Garmin (земља порекла САД) и измерена вредност јачине амбијенталног еквивалента дозе на површини земље која потиче од гама-емитера у земљишту и на висини од 1 m помоћу дозиметра Inspector Radiation Detector, мерног опсега од $0,01 \mu\text{Sv h}^{-1}$ (h јединица за време од једног сата/часа или 3.600 s) до $1,0 \text{ mSv h}^{-1}$ и комбинованом мерном несигурношћу од $\pm 20\%$. Приликом мерења дозе спољашњег гама зрачења узете су максималне вредности у периоду мерења од 5 минута (слика 4.2 - Б). Након узорковања и прикупљања основних информација о локацијама узорковања, уследило је снимање датих локалитета дроном марке DJI MAVIC PRO 2 на основу чијих снимака је генерисан дигитални елевациони модел терена применом програма *Pix4D Mapper 4.6.4* (<https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>) и модификацијом у *ArcMap 10.2.1* програму (слика 4.2 - Д).



Слика 4.2. Опсервација Тителског лесног платоа параглајдер туром (А), мерење јачине амбијенталног еквивалента дозе из површинског слоја земљишта (Б), одређивање географских координата локација узорковања (В) и снимање терена дроном (Г), (фотографија, К. Калкан 2017).

4.2 ЛАБОРАТОРИЈСКЕ АНАЛИЗЕ

Гама-спектрометријска анализа садржаја радионуклида у узорцима земљишта вршена је у Лабораторији за испитивање радиоактивности узорака и дозе јонизујућих и нејонизујућих зрачења на Департману за физику Природно-математичког факултета, Универзитета у Новом Саду. Након одмрзавања преузетих узорака, отпаковани земљишни профили су детаљно скицирани и описани након чега је уследило сечење узорака на слојеве земљишта.



Слика 4.3. Скицирање земљишних профила (А, Б и В), (фотографија, К. Калкан, 2017).

Иако је уобичајено да се у случају обрадивог земљишта узорак сече на слојеве дебљине од 5,0 cm до 10,0 cm, односно у случају референтне тачке на слојеве дебљине од 2,5 cm до 5,0 cm (Guzman et al., 2013), а како је ово јединствено истраживање ерозије земљишта радиоцезијум методом на ТЛП, сваки узорак је пажљиво сечен на слојеве дебљине од 1 cm за детаљнији приказ вертикалне дистрибуције радиоцезијума по земљишном профилу и довођења у везу потенцијалних фактора који таквој дистрибуцији доприносе (нпр. процентуална заступљеност појединих честица земљишта). Пошто су узорковани профили искључиво необрађеног земљишта, одлучено је да се профили секу на најмању могућу дебљину и због накнадног датирања слојева земљишта луминисцентном методом. Исечени слојеви земљишта су очишћени од каменчића, траве и корења биљака, расути у припремљеним алуминијумским кадицама (слика 4.4 - А и Б) и сушени у сушници за узорке из животне средине на 105 °C до константне масе (слика 4.4 - В). После сушења узорци су хомогенизовани спрашивањем помоћу авана и тучка (слика 4.4 - Г) и паковани у посуде за мерење цилиндричне геометрије 30×67 mm (слика 4.4 - Д). Како би се успоставила секуларна равнотежа у испитиваном радиоактивном низу ^{238}U потребно је херметички затворити узорке и сачекати временски интервал од око 10 радонових (^{222}Rn) периода полураспада пре почетка мерења, што износи око 30 дана (Mrđa, 2001). Како би се прецизно добила маса узорка свакој празној кутији је претходно измерена маса, а након пуњења и маса кутије са узорком (слика 4.4 - Ђ). Мерне посуде нису биле испуњене узорком до врха, те је прецизно измерена (нониусом) висина узорка у мерним посудама за сваки слој како би се узеле у обзир корекције на ефикасност детекције.



Слика 4.4. Припрема узорака за гама-спектрометрију: Сечење на слојеве од 1 cm (А), паковање у алумијумске кадице (Б), жарење у сушници (В), спрашивање узорака помоћу авана и тучка (Г), паковање узорка у мерне посуде (Д) и мерење масе узорака (Е), (фотографија, К. Калкан, 2017).

Садржај радионуклида у узорцима земљишта одређени су нискофонском гама-спектрометријом. Метода гама-спектрометрије се заснива на мерењу енергије гама зрака којег емитује радионуклид приликом радиоактивног распада, као и на одређивању броја фотона, односно укупне концентрације активности радионуклида у датом узорку (Mrđa, 2001). Сваки радионуклид приликом распада или деекситације побуђених нуклеарних стања емитује карактеристичну енергију (гама зраке) на основу које се он идентификује у гама спектру. Конкретно, емисијом гама-зрака језгро не мења ни редни ни масени број, већ само прелази из неког енергијски више у енергијски ниже стање при чему се емитују карактеристичне групе гама-зрака који служе за препознавање радионуклида. Оваква особина чини детекцију ^{137}Cs врло лаким јер он има само једну карактеристичну гама линију енергије од 661,7 keV.

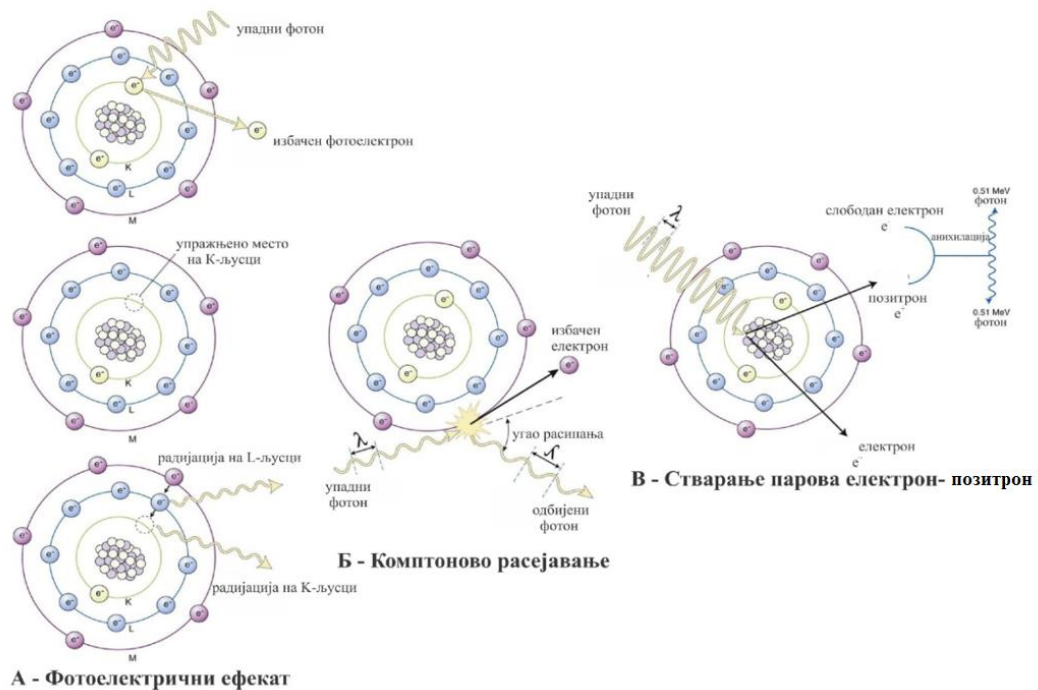
Међутим, гама-зраке и X-зраке није могуће директно мерити већ индиректно - преко интеракције са електронима средине кроз коју пролазе (медијум). Упадни гама зраци ће у медијуму изазвати процес ослобађања брзих електрона који ће у интеракцији апсорбовати целокупну или део енергије упадног гама-зрака (фотона) приликом чега ће бити избачен из кристала и краткотрајно бити слободан, а тако слободан и лако мерљив (Siegbahn, 1965). Три најважнија процеса путем којих гама фотони интерагују са материјом и у потпуности или делимично губе своју енергију су: фотоелектрични ефекат, Комптоново расејање и стварање парова електрон-позитрон (у случају да је енергија упадног фотона $> 1,022 \text{ MeV}$).

1. Фотоелектрични ефекат је појава да упадни гама зрак у потпуности преда своју енергију везаном електрону у атомском омотачу, који у овој интеракцији стекне довољну енергију да напусти атом. Због закона одржања импулса фотоелектрични ефекат је могућ само на везаном електрону. Вероватноћа за настајање фотоефекта је највећа за K електроне чија је енергија везивања у електронском омотачу највећа (5 пута већа од вероватноће за L електроне и око 20 пута већа од вероватноће за M електроне). Након што један електрон

бива избачен из атома његово упражњено место може бити попуњено електроном са виших орбитала. Том приликом се емитује електромагнетно зрачење (карактеристично X-зрачење за атоме материјала) које увек неизбежно прати процес фотоелектричног ефекта (слика 4.5 - А).

2. Комптоново расејавање је расејавање фотона на слободном електрону или на слабо везаном електрону чија је енергија везе много мања од енергије упадног фотона. Ефекат се карактерише чињеницом да упадни фотон губи енергију у низ сукцесивних, континуираних расејања. Електрон се избацује из омотача са кинетичком енергијом, док се енергија упадног фотона који се расејава под углом смањује за енергију коју је предао електрону. На основу закона одржања енергије и импулса за квантномеханичке честице добија се да енергија расејаног фотона зависи само од енергије упадног фотона и угла расејања фотона (слика 4.5 - Б).

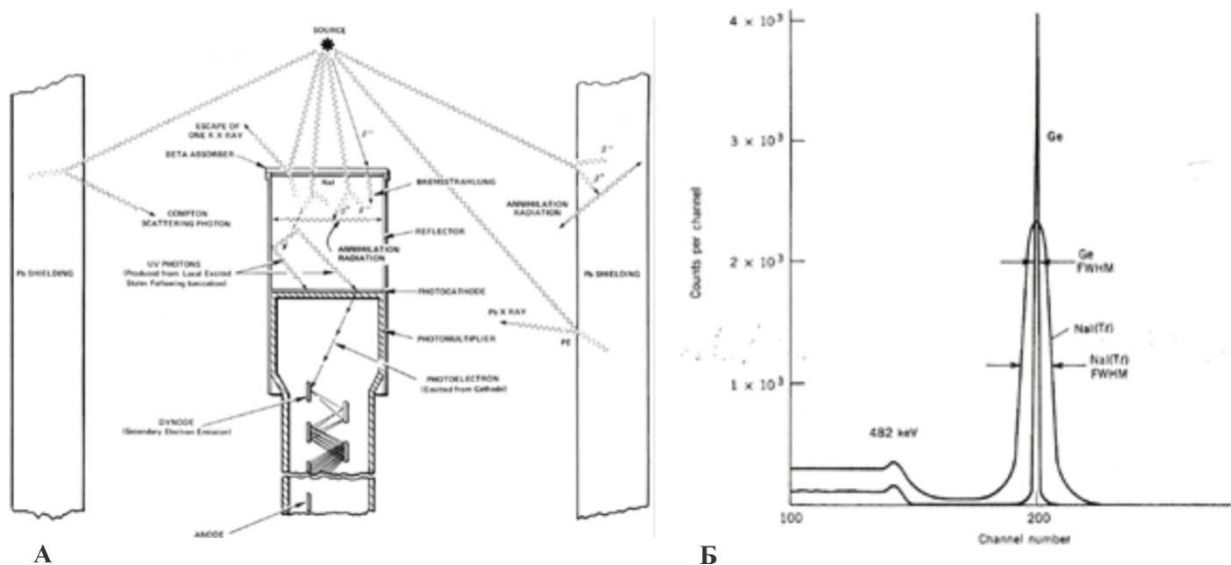
3. За стварање парова (електрон-позитрон), упадни фотон мора имати минималну енергију већу од енергије мировања ове две честице (1,022 MeV). Овакав фотон у Кулоновом пољу језгра креира пар електрон-позитрон и процес је доминантан за енергије фотона изнад 5,0 MeV. Позитрон се врло брзо анихилира са електроном у околини уз емисију два гама кванта од 0,511 MeV која се емитују у супротним правцима због закона о одржању импулса. Детектор региструје управо овај износ енергије (слика 4.5 - В) (<https://radiologykey.com/basic-radiation-protection-and-radiobiology-2/>).



Слика 4.5. Начини интеракције гама фотона са материјом: А – Фотоелектрични ефекат, Б – Комптоново расејавање и В – Стварање парова електрон-позитрон (<https://radiologykey.com/basic-radiation-protection-and-radiobiology-2/>).

Објекат у коме се дешава интеракција зрачења са материјом и као резултат добија сигнал или слика назива се детектор и на тај начин се региструје јонизујуће или неутронско зрачење и врши мерење релевантних особина тог зрачења. Да би детектор могао да идентификује упадне енергије зрачења, неопходно је да има медијум који само под

одређеним условима проводи струју. Такви медији су сцинтилациони детектори где се под дејством радиоактивног зрачења стварају фотони светлости или полупроводнички кристали где се стварају парови електрон-шупљина. Количина наелектрисања која настаје приликом депонавања енергије упадног зрачења у активној запремини детектора директно је пропорционална тој енергији и ствара напонски сигнал на радном отпорнику. Неодређеност са којом се мери енергија упадних гама кваната потиче од могућности да се покупи наелектрисање настало у интеракцији приликом детекције зрачења због чега полупроводнички детектори имају бољу енергетску резолуцију (способност детектора да раздвоји две блиске енергије фотонског зрачења у два пика која се не преклапају) у односу на сцинтилационе NaI детекторе, на пример (слика 4.6). Код ове врсте детектора настале сцинтилације избијају фотоелектроне на катоди који се у цеви фотомултипликатора мултиплицирају системом динода.



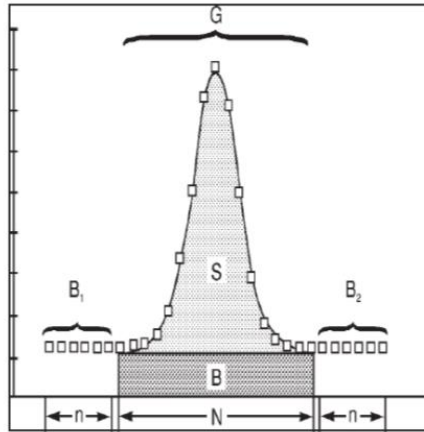
Слика 4.6. Структура типичног сцинтилационог NaI детектора са приказом интеракције гама радијације и конфигурације детектор-заштита (А) и поређење гама спектра ^{137}Cs снимљеног NaI(Tl) и Ge(Li) детектором (енергетска резолуција гама линије 662 keV на Ge(Li) износи FWHM око 1 keV (ширина линије на половини висине) а за NaI(Tl) FWHM износи око 40 keV (Б) (Leo, 1987).

Индуковано наелектрисање у детектору се уобичава у импулсе преко претпојачивача који је повезан на један од контаката чиме се ствара милivolтски (mV) сигнал чија је амплитуда пропорционална укупном наелектрисању. Друга компонента у систему нуклеарне модулларне електронике је појачавач. Појачавач преузима милivolтски сигнал из претпојачавача и знатно га увећава у волте (V) чиме се побољшава однос сигнал-шум (Zarata, 2003). Аналогно-дигитални конвертор мери максимум амплитуде аналогног улазног импулса (напон) из појачавача и претвара измерену вредност у дигитални број. Вишеканални анализатор разврстава дигиталне импулсе по одговарајућим адресама, односно каналима. Максимални број канала у спектру је обично 8,192 резолуције од 0,225 keV по каналу (Zarata, 2003). Излазни подаци приказују се у склопу софтверског пакета на рачунару (Mrđa, 2001). Енергетском калибрацијом канали се преводе у енергије чиме се добија енергетски спектар са гама линијама и на основу одброја у датим линијама одређује активност испитиваног радионуклида A .

$$A = \frac{S}{\varepsilon p_{\gamma} t m K_w}, \quad (4.2.1)$$

где је: p_γ принос линије, ε ефикасност детекције, t време мерења, m маса узорка и K_w коефицијент распада радионуклида од тренутка узорковања:

$$e = \frac{\ln 2 t_w}{T_{1/2}}$$



Слика 4.7. Одређивање одброја под гама линијом (ASTM E 181 – 10 : 2010 – Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides).

S је одброј под гама линијом и добија се одузимањем фона (*background*) од укупног одброја:

$$S = N - B$$

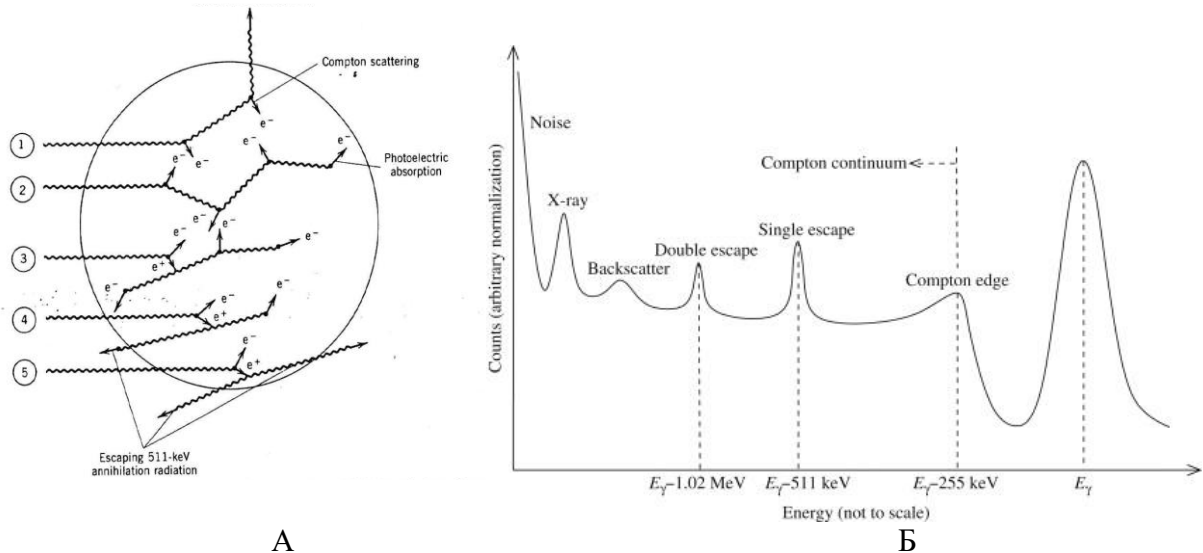
при чему статистичка неодређеност бројања догађаја износи: $\Delta S = \sqrt{N + B}$, (4.2.2)

4.2.1. КОМПОНЕНТЕ ГАМА СПЕКТРА

Најважнији део гама-спектра који омогућава најлакшу квантификацију активности неког радионуклида је врх тоталне апсорпције који настаје као резултат фотоелектричног ефекта слика 4.8 лево – процеси од 2-3.

Врх пуне енергије или „фотопик“ је у спектру представљен увек јединственом линијом карактеристичне енергије која одговара енергији упадног фотона E_γ .

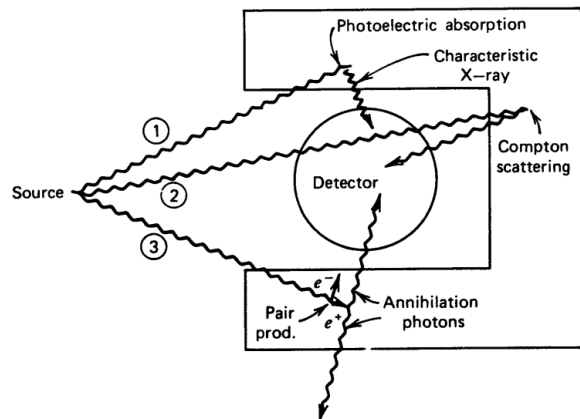
Комптоново расејање је у гама-спектру заступљено у виду Комптоновог континуума (Compton continuum) (слика 4.8 - десно) све до Комптонове ивице (Compton edge) која представља максималну енергију електрона одбијеног под углом од 180° . После ивице налази се зона вишеструких Комптонових догађаја (слика 4.10) у којој се региструју расејани карактеристични X-зраци настали фотоелектричним ефектом који су напустили активну запремину детектора. Енергија фотона се добија када се од енергије врха пуне енергије одузме енергија X-зрака.



Слика 4.8. Процеси интеракције упадног гама фотона са материјалом детектора: 1) фотоелектрични ефекат у комбинацији са Комптоновим расејањем фотоелектрона; 2) тотална апсорпција енергије упадног гама фотона путем фотоелектричног ефекта; 3) стварање пара електрон-позитрон; 4) стварање пара електрон-позитрон са једноструким расејавањем (Single escape) и 5) стварање пара електрон-позитрон са двоструким расејавањем (Double escape) (A) (Debertin and Helmer, 1988) и компоненте гама спектра моноенергетског упадног фотона (B) (Ahmed, 2015).

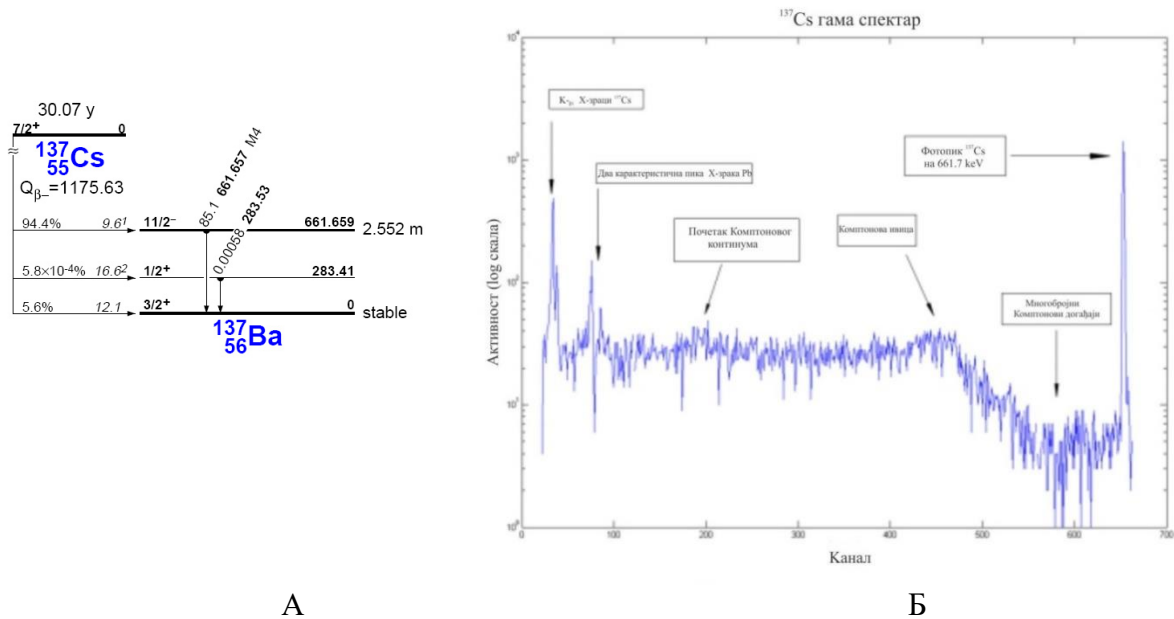
Анихилациони пик се налази на 511 keV и настаје позитронско-електронском анихилацијом у материјалу заштите и депоновањем енергије насталих фотона у детектору у виду фотоелектричног ефекта (слика 4.9). Уколико приликом анихилације један од новонасталих фотона напусти запремину детектора, а други се у потпуности апсорбује у виду фотоелектричног ефекта у спектру настаје *врх једноструког расејавања*, где се вредност енергије фотоелектричног ефекта умањује за износ од 511 keV (слика 4. 8 - десно (Single escape)). Уколико оба фотона напусте детектор, њихова енергија од 1.022 keV биће умањена од енергије пуног врха и налазиће се у делу спектра који се назива *врх двоструког расејавања* (слика 4. 8 - десно (Double escape)).

Слика 4.9. Ефекат материјала заштите око детектора: 1) карактеристично X зрачење материјала заштите (нпр. Pb); 2) расејање околине (*backscattering peak*) и 3) анихилациони пик (511 keV) (Leo, 1987).



Карактеристични X-зраци јављају се као продукт фотоелектричног ефекта, космичке радијације или распада самих радионуклида у детекторском систему (нпр. Рb из заштите детекторског система).

Позадинско расејање односи се на догађаје приликом Комптоновог расејања када се фотон са делимично умањеном енергијом напушта детектор и након Комптоновог расејања у материјалу заштите опет врати у материјал детектора и у интеракцији са електронима детектује (Pittauerova, 2013).



Слика 4.10. Шема распада ^{137}Cs (А) (Lederer and Shirley, 1978) и реалан спектар снимљен Ge детектором – са компонентама (Б) (Latif and Younus, 2014).

4.2.2 ОДРЕЂИВАЊЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДА У УЗОРЦИМА ЗЕМЉИШТА

Мерења земљишних узорака извршена су на два германијумска детектора високе спектралне резолуције.

Први је HPGe (High Purity Germanium Detector) типа GMX, произвођача ORTEC (слика 4.11 - Б), релативне ефикасности 32,4 % са проширеним распоном енергије од 10 keV до 3 MeV и активном запремином детектора од 155 cm³. Детектор је окружен пасивном заштитом од олова дебљине 12 cm која је у унутрашњости обложена слојем 3 mm бакра ради апсорпције флуоресцентних X зрака од олова.

GMX модел детектора (gamma-X) је коаксијални германијумски детектор дизајниран са спољашњим контактом n-типа, који садржи јонски имплантиран В са Ве прозором дебљине 0,5 mm велике транспаренције на кућишту детектора, тако да има много већу ефикасност на ниским енергијама и користи се за спектрометрију X-зрака и нискоенергијских гама-зрака (Forgaric, 2014).

Други HPGe детектор, интерне ознаке Б, има релативну ефикасност од 100 % проширеног распона енергије од 6 keV до 3 MeV произвођача Canberra USA, модел

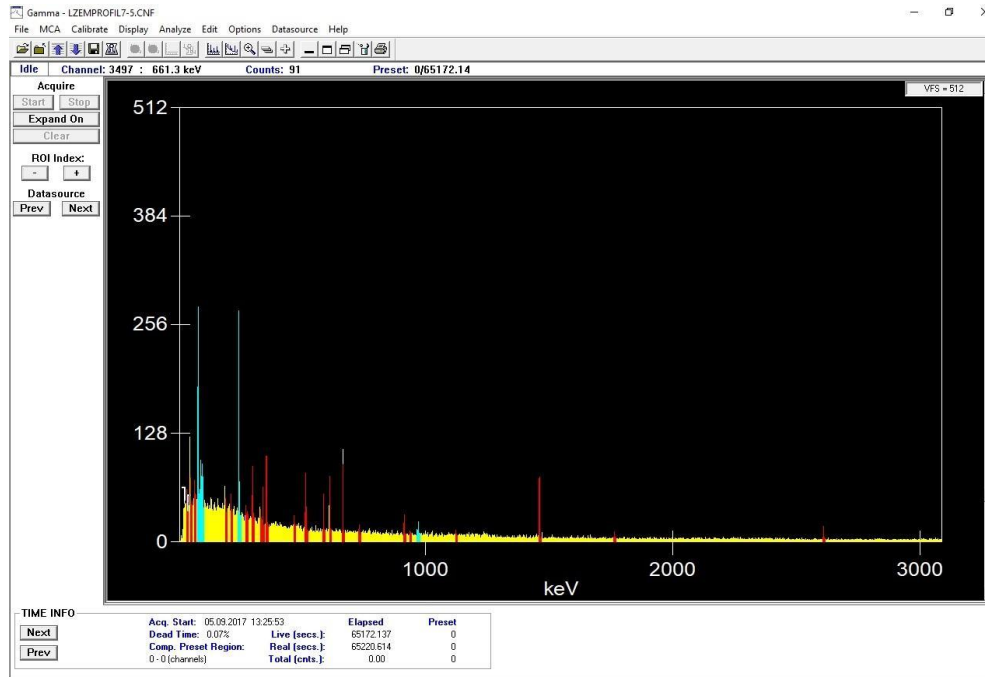
GX10021. То је ултра ниско-фонски германијумски детектор велике запремине и налази се у оригиналној заштити од олова дебљине 15 cm што одговара активној запремини детектора од 380 cm³.



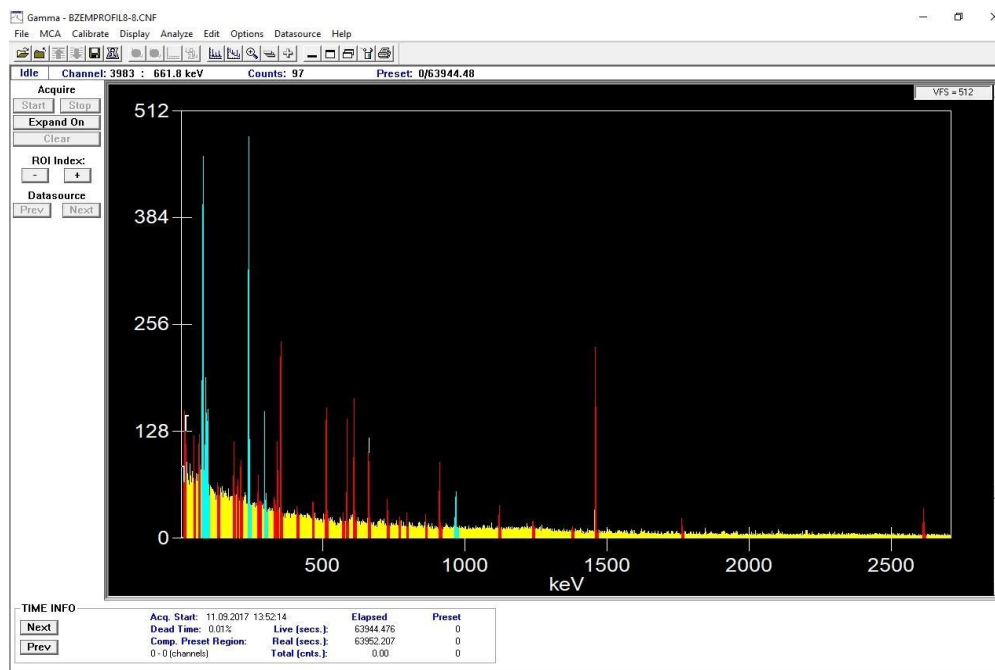
Слика 4.11. Гама-спектрометарски системи коришћени за одређивање садржаја радионуклида гама емитера: А) детектор Б - HPGe детектор типа GX10021, произвођача Canberra USA у фабричкој заштити од олова, Б) детектор L - HPGe детектор типа GMX, произвођача ORTEC, В) панорамски приказ лабораторије са детекторским системима у Лабораторији за испитивање радиоактивности узорка и дозе јонизујућег и нејонизујућег зрачења на Департману за физику, ПМФ-а у Новом Саду и Г) компоненте спектрометријског система (фотографија, К. Калкан, 2017).

Садржај радионуклида у узорцима земљишта из једног профила одређен је гамаспектрометријском методом на једном истом германијумском детектору ради смањења утицаја различите ефикасности детекције и минималне детектабилне активности на садржај цезијума по слојевима. Узорци (укупно 256 узорка земљишта у оквиру ових истраживања) су стајали херметички затворени око 30 дана пре мерења у циљу достизања секуларне равнотеже за утврђивање гама линија ²³⁸U. Припремљени узорак земљишта пакован у цилиндричну геометрију се у лабораторијским условима поставља у контактну геометрију на капу полупроводничког детектора, и снима се гама спектар узорка. Обрадом снимљеног спектра у одговарајућем софтверу врши се квалитативна и квантитативна анализа, односно на основу позиције фотопикова у гама спектру, одређује се који радионуклид је присутан у узорку, а на основу површине фотопикова одређује се концентрација активности радионуклида у узорку. Мерење узорка износило је типично око 80 ks (килосекунди). Калибрација детектора извршена је сертификованим референтним материјалом - смешом радионуклида гама емитера у матриксу смоле цилиндричне геометрије CZECH METROLOGY INSTITUTE Cert.No:9031-OL-540/13. Енергијска калибрација се изводи на основу спектра извора који емитује гама-зраке са прецизно познатим енергијама, на тај

начин што се ове енергије повезују са редним бројем канала којима одговарају положаји њихових центроида. Такође је битно да калибрационе енергије покривају цео интервал у коме се користи спектрометар (Mrđa, 2001). Гама спектри узорка земљишта су прикупљани и анализирани помоћу програма *GENIE 2000 Spectroscopy System Software*, произвођача Canberra USA. Све мерне несигурности су приказане на нивоу тачности 95 %. На сликама 4.12 и 4.13 представљени су гама спектри референтних профила (7 и 8) са маркираном гама-линијом ^{137}Cs на 661,7 keV.



Слика 4.12. Гама спектар земљишног профила 7 узоркованог у Вилову мерен на детектору *L*.



Слика 3.13. Гама спектар земљишног профила 8 узоркованог у Вилову мерен на детектору *B*.

Са достизањем равнотеже радиоактивног низа, активности свих радионуклида у низу су једнаке, па се концентрација активности предака може одредити мерењем интензитета гама линија било ког потомка. Нарушавање равнотеже услед геохемијских процеса дешава се код дугоживећих чланова низа (као што су ^{230}Th и ^{226}Ra у низу ^{238}U), или еманаацијом радона из узорака код гасовитог радона или торона, али се она поново успоставља херметизацијом узорка.

У распадима целог низа ^{238}U се емитује око 50 интензивнијих карактеристичних гама линија (слика 4.14), међутим мали је број линија које се емитују из чланова низа пре ^{226}Ra за које можемо претпоставити да су у равнотежи са ^{238}U (нпр. ^{234}Th и ^{234}Pa). Распад послерадонских чланова низа ^{238}U праћен је интензивним прелазима који су погодни за аналитичке сврхе: нпр. ^{214}Bi линије од 609,3 keV, 1.120,3 keV и 1.764,5 keV. Уколико је радон у узорку у равнотежи, мерени интензитети ових линија даје директну информацију о концентрацији активности ^{226}Ra (Mrđa, 2001).

У овом случају активност концентрације ^{238}U одређена је на основу гама линије од 63 keV потомка ^{234}Th . Имајући у виду појаву интерференције гама линије од 185,7 keV (из распада ^{235}U) и гама линије од 186,1 keV (из распада ^{226}Ra), концентрација активности ^{226}Ra одређена је преко радонових потомака анализом фотопикова ^{214}Pb (295,2 keV и 352,0 keV) и ^{214}Bi (609,3 keV).

Сличан образац детекције примењен је и за одређивање концентрације активности ^{232}Th на основу гама линија његових потомака: ^{212}Pb (238,6 keV) и ^{208}Tl (583,1 keV), као и ^{228}Ac (911,1 keV).

Концентрација активности ^{210}Pb је одређена на основу гама линије од 46,5 keV. С обзиром да је у случају ове ниско-енергијске гама линије изражена апсорпција унутар матрице узорка, ова апсорпција је коригована *ANGLE v.3.0* програмом (Jovanović et al., 1997) где је урачуната густина и елементарни садржај узорка. Концентрације активности неподржаног Pb ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) су добијене одузимањем концентрације активности ^{226}Ra од (подржаног ^{210}Pb) од укупне концентрације активности ^{210}Pb .

Слика 4.14. Листа интензивних гама-линија у уранијумско-радијумском низу (Forkarić, 2014, http://www.nuclide.org/DDEP_WG/Nuclides/U-238_tables.pdf).

Nuclide	Half-life	Major gamma radiation energies [keV] and intensities in %	
$^{238}\text{U}_{92}$	$4.51 \times 10^9 \text{ y}$		
α			
$^{234}\text{Th}_{90}$	24.1 d	63.3	4.49
β^-		92.6	5.16
$^{234\text{m}}\text{Pa}_{91}$	1.17 m	766.6	0.21
β^- [99.87 %] IT [0.13 %]		1001.4	0.59
$^{234\text{Pa}}_{91}$	6.75 h	131.2	20.0
β^-		226.8	11.4
		569.3	13.5
		882.0	28.0
		926.4	24.9
		946.0	12.0
$^{234}\text{U}_{92}$	$2.47 \times 10^5 \text{ y}$	53.2	0.12
α			
$^{230}\text{Th}_{90}$	$8.0 \times 10^4 \text{ y}$	67.7	0.38
α		143.9	0.05
$^{226}\text{Ra}_{88}$	1602 y	186.1	3.5
α			
$^{222}\text{Rn}_{86}$	3.823 d		
α			
$^{218}\text{Po}_{84}$	3.05 m		
α [99.98 %] β^- [0.02 %]			
$^{214}\text{Pb}_{82}$	26.8 m	241.9	7.46
β^-		295.2	19.20
		351.9	37.10
$^{214}\text{Bi}_{83}$	19.9 m	609.3	46.10
β^- [99.98 %] α [0.02 %]		768.4	4.88
		934.0	3.16
		1120.3	15.00
		1238.1	5.92
		1377.6	4.02
		1408.0	2.48
		1729.6	3.05
		1764.5	15.90
		2204.1	4.99
$^{214}\text{Po}_{84}$	164 μs	799.7	0.01
α			
$^{210}\text{Tl}_{81}$	1.3 m	296.0	79.16
β^-		795.0	98.95
		1160.0	12.37
		1210.0	16.82
		1310.0	20.78
$^{210}\text{Pb}_{82}$	22.3 y	46.5	4.05
β^-			
$^{210}\text{Bi}_{83}$	5.01 d		
β^- [~100 %] α [0.00013 %]			
$^{210}\text{Po}_{84}$	138.4 d	803.0	0.0011
α			
$^{206}\text{Tl}_{81}$	4.19 m		
β^-			
$^{206}\text{Pb}_{82}$	stable		

Након завршених мерења на детекторима, сви узорци су спаковани у пластичне кесице са механизмом како би се могли користити за даља мерења: мерења вредности магнетне суцептибилности и одређивање гранулације (слика 4.15 - Б).



Слика 4.15. Стартовање гама-спектрометријских мерења на детектору уз приказ интерфејса коришћеног софтверског пакета (А) и спаковани узорци након мерења (Б), (фотографија, К. Калкан, 2017).

4.3 МАГНЕТНА СУСЦЕПТИБИЛНОСТ

Магнетна суспендибилност је величина која се користи у одређивању јачине педогенезе, односно идентификацији фактора и процеса који томе доприносе. Крива расподеле магнетне суспендибилности добро кореспондира са (пот)хоризонтима у земљишту. Те особине се даље користе у мапирању педолошких карата, палеоклиматским истраживањима, истраживању ерозивних процеса и контаминацији земљишта тешким металима (Jiménez et al., 2018).

Три механизма су одговорна за стварање магнетних минерала у земљишту: присуство матице минерала (примарни извор), педогенеза или антропогени утицај (фабричко-индустријски фактор, ђубрење) као секундарним изворима (Rahimi et al., 2013, Ayoubi et al., 2012).

У вертикалном профилу земљишног профила, крајњи површински слој земљишта има већу вредност магнетне суспендибилности у односу на ниже слојеве (последичним утицајем секундарних извора магнетичних минерала). Утврђена је веза магнетне суспендибилности и ерозивних процеса, нагиба терена, текстуре земљишта, количине падавина (а у вези са повећаном оксидацијом минерала гвожђа) и удела минерала глине и органског угљеника (Ayoubi et al., 2012; Jiménez et al., 2018). Пошто и радиоцезијум показује сличне особине дистрибуције као и магнетна суспендибилност у карбонатном земљиштима, могуће је очекивати међусобне добре подударности њихових крива расподеле по дубини (Ayoubi et al., 2012). У оквиру ових истраживања смо желели да проверимо ову тврдњу.

Магнетна осетљивост је мера намагнетисаности материјала преузетог из земљишта, стена, прашине или седимената. Појава магнетизма последица је ротације електрона око атомског језгра или спина електрона око сопствене осе што ствара елементарне магнетне диполе или домене. Начин на који се магнетни диполи понашају под дејством спољашњег магнетног поља одређује величину момента магнетног поља. Постоје пет карактеристичних типова магнетизације.

Први тип је *феромагнетизам* који је својствен чистом, атомском гвожђу где је величина магнетног момента највећа јер су линије магнетног поља усмерене у истом правцу приликом изложености магнетном пољу. Међутим, чисто гвожђе је тешко пронаћи у

природи. Гвожђе се јавља у облику једињења (молекула, минерала, кристала). Када се такво једињење изложи магнетном пољу, елементарни магнетни диполи се усмеравају у правцу и смеру линија сила магнетног поља. По престанку дејства магнетног поља овакви материјали остају трајно намагнетисани. Најзначајнији представник је магнетит кога готово има у свакој стени или земљишту.

Нешто ниже вредности магнетне осетљивости својствене су *антиферромагнетизму*. За разлику од претходног, овде су магнетни моменти суседних атома међусобно антипаралелно орјентисани што може да се наруши загревањем. Најзначајнији представник ове групе је хематит. Индикатор присуства хематита је црвенкаста боја материјала. Антиферромагнети показују малу позитивну магнетну суцептибилност која достиже максимум до одређене температуре изнад које антиферромагнети постају парамагнети.

Мање вредности магнетне суцептибилности својствене су *парамагнетизму*. Магнетни моменти потичу од јона Mn и Fe чији се магнетни диполи делимично орјентишу уз присуство магнетног поља. Таква магнетизација својствена је минералима пирита и биотита.

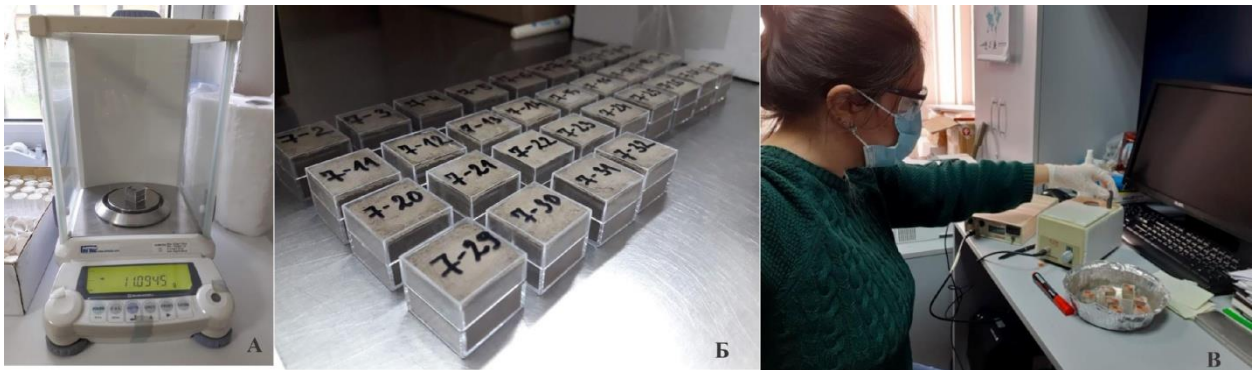
Најслабију категорију магнетизма по интензитету представља *дијамагнетизам*. Само уз присуство спољњег поља њихови електрони производе занемарљиве до негативне вредности магнетне суцептибилности услед индуковања супротно орјентисаног унутрашњег поља. Такву магнетизацију имају минерали кварца, калцијум-карбоната, органска материја, вода. Супстанца која у нормалним условима показује најјачи дијамагнетски ефекат је бизмут.

Из наведеног може се закључити да је магнетна суцептибилност мера односа сума свеукупне магнетизације и јачине поља, с тим да је утицај дијамагнетизма готово минималан или негативан.

За мерење магнетне осетљивости земљишних узорака коришћен је уређај MS2 произвођача Bartington (слика 4.18) на собној температури на Департману за географију, туризам и хотелијерство, Природно-математичког факултета у Новом Саду. Овај инструмент мери однос магнетизације [$A m^{-1}$] (ампер по метру) као одговор на магнетно поље приближно $80 A m^{-1}$ које ствара са електричним напајањем уређаја. Сви сензори мере магнетну суцептибилност у односу на ваздух који се користи да се калибрише мерење на почетну вредност. Пре самог мерења узорци земљишта су компресијски паковани у ненамагнетисане пластичне кутијице запремине $6,4 cm^3$ помоћу ненамагнетисане шипке, након чега је измерена маса тако хомогено и компактно спакованих узорака на прецизној аналитичкој ваги (очитавање на четири децимале) (слика 4.17 - А).



Слика 4.16. Припрема узорка за мерење магнетне суспектибилности, (фотографија, К. Калкан, 2020).



Слика 4.17. Процедура мерења магнетне суспектибилности: Мерење масе узорка (А), паковање у пластичне кутијице и шифровање (Б) и мерење магнетне осетљивости (В), (фотографија, К. Калкан, 2020).



Слика 4.18. Делови кућишта и сензора мерног инструмента MS2, Bartington, (фотографија, К. Калкан, 2020).

Поступак мерења започиње селекцијом јединице, опсега осетљивости сензор и селектора радне фреквенције. За мерења слабо магнетичних узорака одабере се осетљивији распон сензора од 0,10 kHz⁶ и нискофреквентно магнетно поље (од 0,46 kHz).

Узорак се постави у отвор сензора и ресетовањем уређаја тастером Z када се на дисплеју испишу нуле. Након звучног сигнала, притиском на тастер M уследиће мерење вредности магнетне суцептибилности за узорак до појаве другог звучног сигнала када се испишује одброј на дисплеју уређаја. Вредност на дисплеју назива се запреминска осетљивост (k). Вредности k на MS2 сензору имају SI скалу, која износи 10^{-5} .⁷

Дакле, поступак рада MS2 је следећи:

- стварање магнетног поља,
- детектовање магнетизације у узорку и
- одређивање односа или магнетне осетљивости узорка (Dearing, 1994).

Пожељно је вршити мерења у условима изолованим од радио-предајника велике снаге, тешких електричних машина, компјутера и друге електричне и магнетне опреме.

⁶Пожељно је поставите мерач у опсег 1,0 kHz за почетно мерење било ког узорка, да би се утврдила приближна вредност пре преласка на осетљивији опсег од 0,1 kHz. Ако је вредност узорка већа од 1.000, онда најзначајнија цифра неће бити видљива ако се мери у опсегу осетљивости од 0,1 kHz што доводи до очигледне бруто грешке у резултату (Dearing, 1994).

⁷Магнетно поље и магнетизација по јединици запремине имају исте јединице (Am^{-1}) у SI шеми па k нема јединицу – бездимензионална вредност (Dearing, 1994).

Сензор је калибрисан директно или индиректно на дијамагнетизам воде чија је густина $\rho=1 \text{ g cm}^{-3}$. Масени суцептибилитет воде износи $c_{\text{masa}} = -0.72 \times 10^{-6} \text{ CGS}$. У овом истраживању коришћен је прорачун специфичне масене суцептибилности χ_{lf} која се добија по обрасцу:

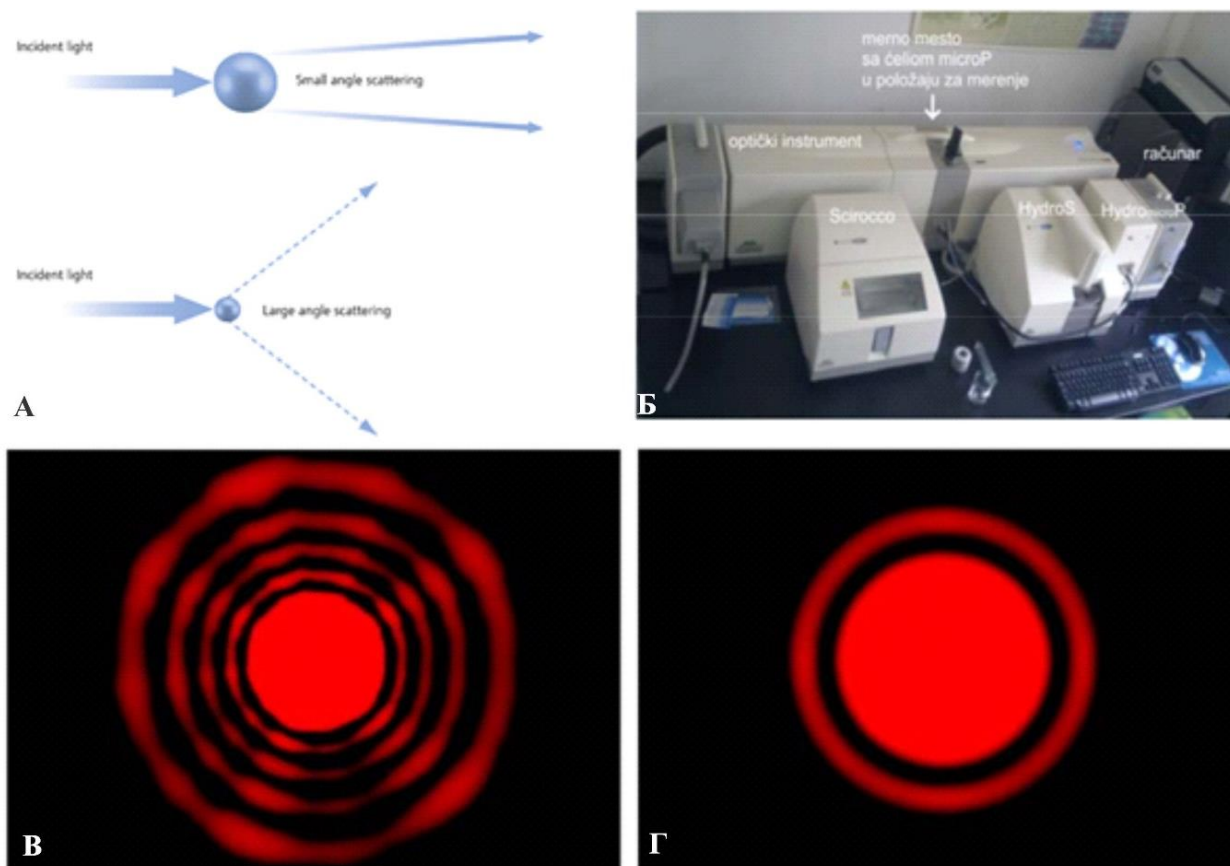
$$\chi_{lf} = k/\rho, \quad (4.3.1)$$

где је χ_{lf} масена магнетна суцептибилност ($\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$), k запреминска суцептибилност и ρ густина слоја (kg m^{-3}).

Резултати неких публикованих истраживања указују да је вредност χ_{lf} виша у необрађеном земљишту у односу на обрађено (Rahimi et al., 2013).

4.4 ГРАНУЛАЦИЈА ЗЕМЉИШТА

Завршна мерења узорака односила су се на утврђивање гранулометријског састава земљишних узорака помоћу Malvern Mastersizer 2000 анализатора величина честица у Лабораторији за физику, Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду. Овај уређај функционише по принципу ласерске дифракције светлости, тј. анализира просторну расподелу дифрактоване светлости у пољу честица сферног облика у функцији величине честица узорка који се испитује. Резултат анализе је релативна запреминска или површинска дистрибуција честица сферних облика по опсезима за задате класе гранулације (табела 4.1). Овим уређајем је могуће анализирати димензије честица у опсегу дијаметра од $0,02 \text{ }\mu\text{m}$ до $2.000,00 \text{ }\mu\text{m}$. Припремљен осушени и спрашени узорак поставља се на носач у уређају. Кроз узорак пролази фокусирани сноп светлости који се расејава под различитим карактеристичним угловима у простору (Stojanović et al., 2010).



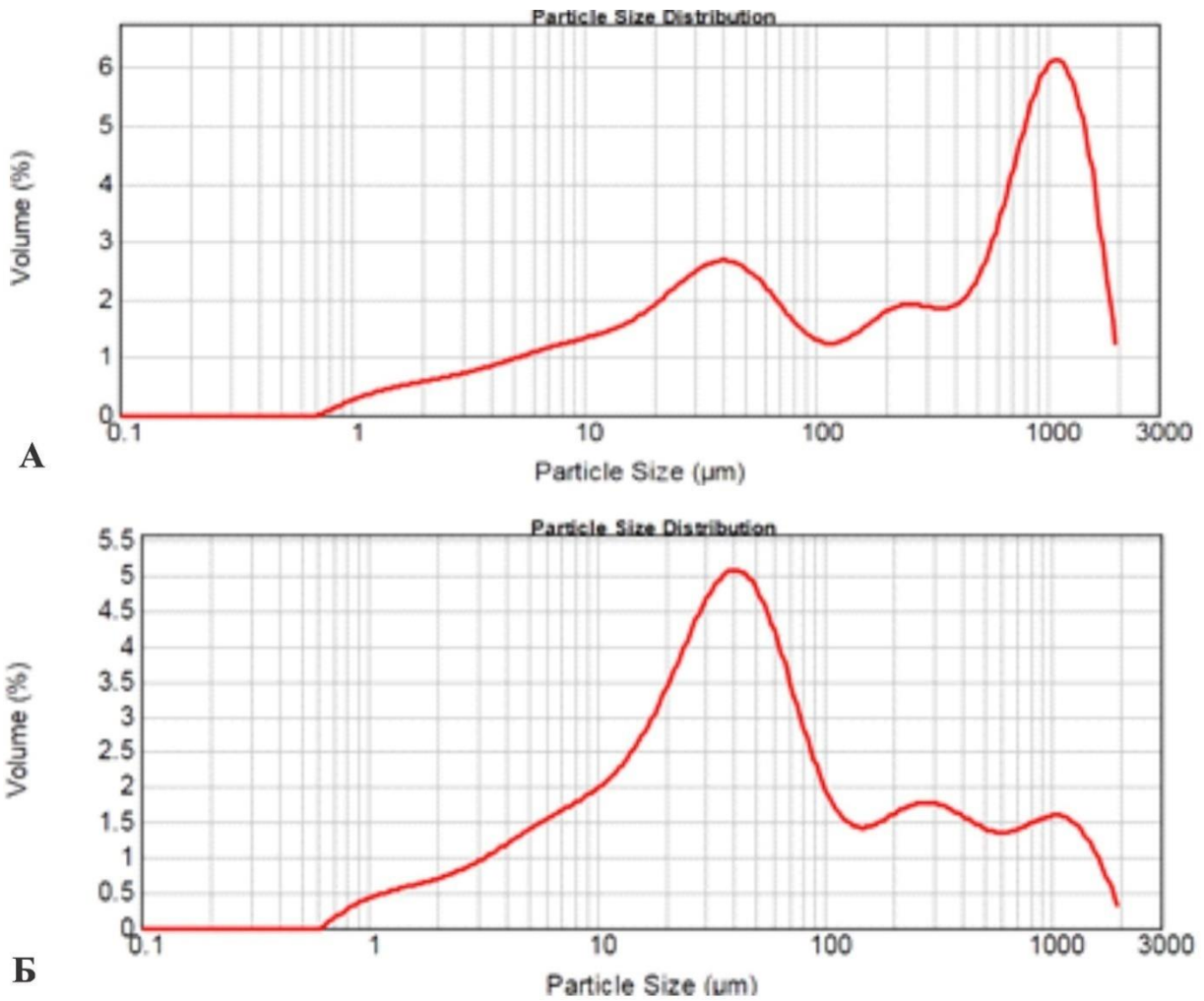
Слика 4.19. Принцип ласерске дифракције (А), шематски приказ апаратуре (Б) и увећан приказ слика ласерске дифракције (В) за ситније и крупније честице (Stojanović et al., 2010).

Табела 4. 1. Задате класе величина честица.

Врста честице:	Величина честице [μm]
Глина	<3,9
Прах	3,9-62,5
Фини песак	62,5-250,0
Средњезрни песак	250,0-500,0
Грубљи песак	500,0-2.000,0

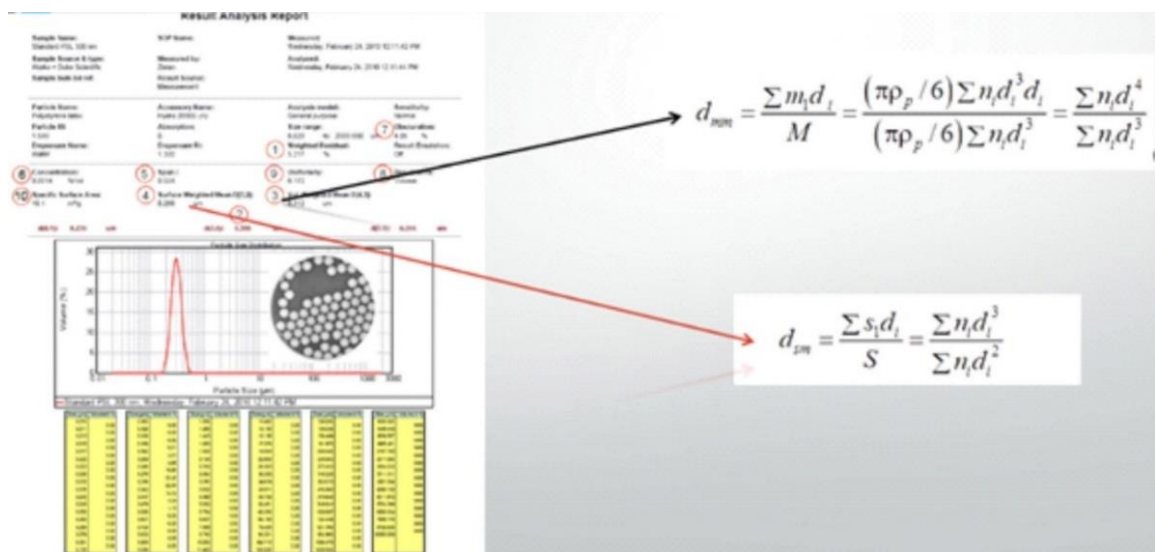
(Извор: <https://www.planetary.org/space-images/wentworth-1922-grain-size-classification-detailed-chart>)

На Слици 4.20 су приказане две типичне запреминске расподеле честица - прва померена ка крупнијој гранулацији и друга померена ка ситнозрној гранулацији.



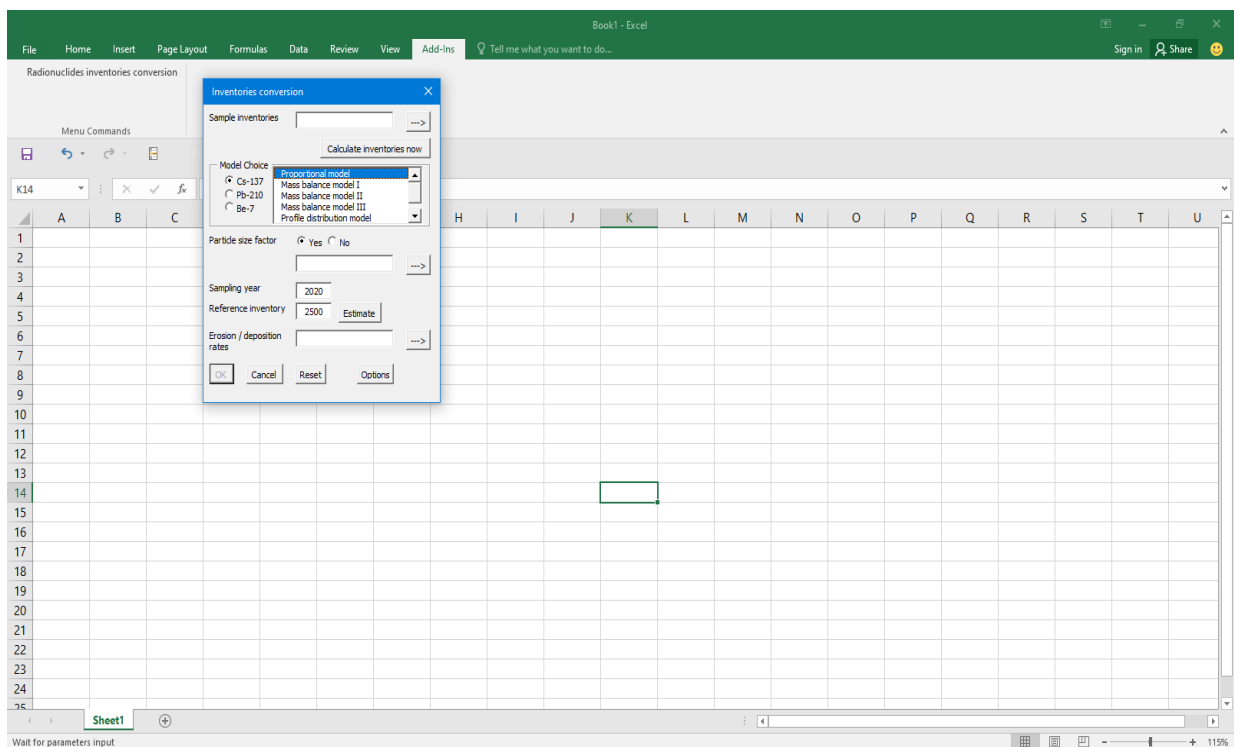
Слика 4.20. Типичне расподеле величина честица: померена ка крупнијој гранулатији (А) и ка ситнијој гранулатији (Б) у оригиналном извештају (Forkarić et al., 2018).

Пример извештаја са РС (Personal Computer) рачунара дат је слици 4.21.



Слика 4.21. Анализа извештаја анализе гранулатије узорка земљишта са проценом запремински и површински отежане средње гранулатије честица (Stojanović et al., 2010).

Поред поменутих програма који су интегрални део система мерења, за обраду резултата мерења у овој докторској дисертацији коришћени су програми *MS Excel 2016*, *SPSS* и *Origin labPro 2021*. За просторну визуелизацију коришћени су *Arc Map 2.1.0*, *QGIS 3.2.3* и *Google Earth Pro*, за прилагођавање ауторских слика коришћен је *Corel Draw X8*, а за генерисање снимака из дрона употребљен је програм *Pix4Dmapper 4.3.27*. За квантификацију инвентара ^{137}Cs у земљишним узорцима коришћен је *Walling-ов* програм. *Walling-ов* програм је има запажену традицију међу бројним експертима из ове проблематике широм света, а представља екстензију *MS Excel-a* (слика 4.22) - *Radionuclide Calculation*. Осмишљен је од стране Walling and He (2001) који су имплементирали све теоријске моделе за прорачун брзине ерозивних процеса у култивисаним и некултивисаним земљиштима за радиоцезијум, олово и берилијум (Walling et al., 2001).



Слика 4.22. Изглед Валингов програма, екстензије *Microsoft Excel* програма.

Програм функционише тако што се најпре унесу вредности укупног инвентара сваког узоркованог профила у одељак *Sample inventories*, а потом у одељку *Model Choice* селекује жељени радионуклид којег испитујемо као и одабрани модел који тај радионуклид подржава. Сваки модел захтева унос додатних података. Након дефинисања вредности параметара конкретног модела, потребно је унети податке за фактор величине честице (уколико он постоји), годину узорковања и вредност референтног инвентара одабраног радионуклида (захтева увид о маси појединачних слојева узорка, измерене концентрације активности радиоцезијума по слојевима и износ радиоцезијума у слоју изнад карактеристичне дубине), након чега се добијају вредности брзине ерозије (на коју упућује негативан предзнак), односно акумулације у јединици $\text{t ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ (тона по хектару на годишњем нивоу).

5. ДИСТРИБУЦИЈА ПАДАВИНА И ПОВРШИНСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ ^{137}Cs У ВОЈВОДИНИ НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА

У истраживањима ерозије методом радиоцезијума на подручју Србије и у региону Централне и Источне Европе постоји дилема да ли је Чернобилски акцидент главни извор антропогених радионуклида у површинским слојевима земљишта или њихово доминантно порекло датира из периода нуклеарних тестирања. Главна разлика између осталих извора радиоцезијума у животној средини, као што су нуклеарна тестирања педесетих и шездесетих година 20. века и нуклеарних акцидената лежи у локалном карактеру контаминације што доводи до велике зависности од метеоролошких параметара после акцидента, као што су локалне падавине и ветрови. Према публикованим подацима (Federal Committee for Labor, Health and Social Welfare, 1987), средња вредност површинске контаминације радиоцезијумом на просторима бивше Југославије након акцидента у Чернобилу је била неколико пута већа него процењена контаминација настала услед тестирања нуклеарног оружја у периоду 1945-1963. године. Главни циљ ове етапе у изради докторске дисертације је био доказати ово тврђење истраживањем могућих корелација између просторно-временске расподеле падавина у периоду од априла 1986. године до децембра 1987. године и доступних података за садржај радиоцезијума у површинским слојевима земљишта Војводине - северне покрајине Републике Србије у годинама након Чернобилске катастрофе, пошто за период пре 1986. године не постоје подаци о концентрацији цезијума у земљишту за овај регион.

За ово истраживање коришћене су две базе података. Прву базу чине подаци о радиоактивности земљишта у Војводини (Подаци радиоактивности земљишта Војводине). Ови подаци су преузети из Лабораторије за испитивање радиоактивности узорака и дозе јонизујућег и нејонизујућег зрачења, Департмана за физику на ПМФ-у у Новом Саду. Другу базу података чине метеоролошки подаци о падавинама које су осмотрене на територији Војводине у периоду од 26. априла 1986. године до краја 1987. године са 245 метеоролошких станица. Од укупно 245 падавинских станица у Војводини, од 164 до 244 станице је било одабрано за анализу података у зависности од различитих временских аспеката и валидације података.

Најбоља корелација између количине падавина и садржаја ^{137}Cs у површинским слојевима земљишта испитиваног подручја је добијена за два кишна периода од 2-5. маја и од 7-21. маја 1986. године. Применом кластер анализе, издвојено је неколико различитих просторних региона према депозицији радиоцезијума и количини падавина за поменуте кишне периоде. Ови резултати ће имати примену у истраживањима ерозије земљишта на локалном и регионалном нивоу.

5.1 ПОРЕКЛО НУКЛЕАРНИХ ИНФЛУЕНАТА НА ПРОСТОРУ СРБИЈЕ (ВОЈВОДИНЕ)

Нуклеарним тестирањима и акцидентима превасходно на северној хемисфери, радиоцезијум, ^{137}Cs , је избачен у атмосферу, одакле је постепено таложен доминантно путем падавина у животну средину (Ritchie and McHenry, 1990; Walling, 1998). Тестирања нуклеарног оружја су масовно спроведена у периоду од 1945-1963. године, док су најзначајнији нуклеарни акциденти глобалних размера били акциденти у Чернобилу (1986. године) и у Фукушими (2011. године) (Dercon et al., 2012; Milošević et al., 2013).

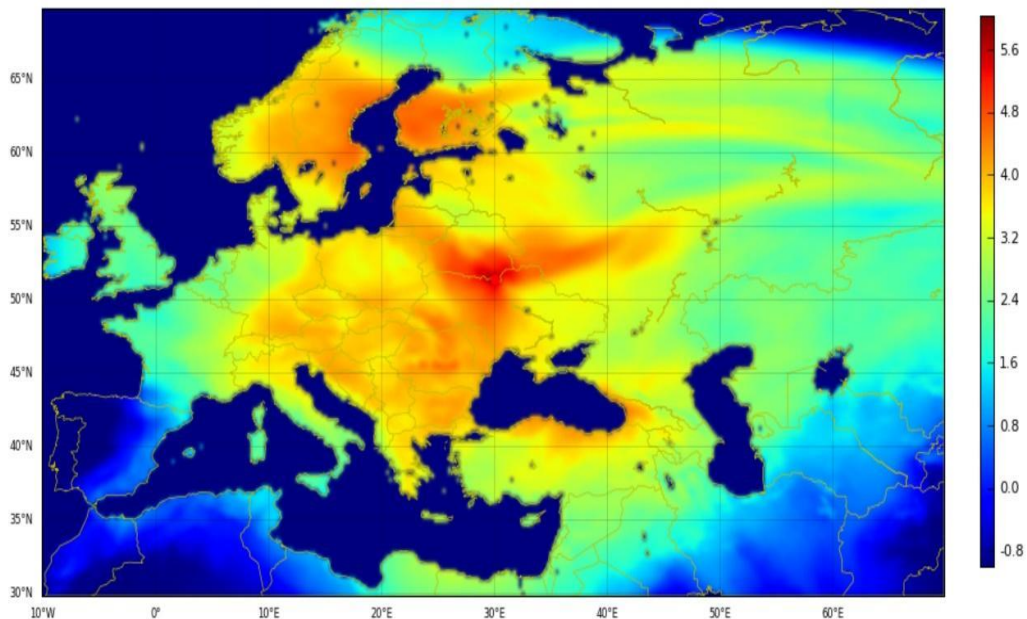
Нуклеарним тестирањима радиоактивни материјал стиже у горње слојеве тропосфере, где се задржава у просеку око месец дана или стратосферу, где остаје неколико месеци до годину дана. Након тога се постепено таложи на површину земље ношен ветровима и падавинама. У овом случају, дистрибуција радионуклида има глобални карактер са доминантном депозицијом из 1963. године (Walling, 1998). Укупна количина ^{137}Cs наталоженог на овај начин на простору Европе, непосредно пре Чернобилског акцидента, процењена је на око 20 PBq (Bergkvist and Ferm, 2000). Просторна дистрибуција радиоцезијума представљена је на слици 4.1. На основу интерполације вредности површинске депозиције ^{137}Cs , највећи део Србије налази се у опсегу од 2,5 kBq m⁻² до 3,0 kBq m⁻² површинске контаминације међу којем је и простор Војводине.



Слика 5.1. Површинска дистрибуција радиоцезијума пре Чернобилског акцидента из 1986. године (Bergkvist and Ferm, 2000, измењено).

Друго порекло радиоактивне контаминације животне средине су нуклеарни акциденти, који су се дешавали нарочито у Сједињеним Америчким Државама (САД) и на простору бившег Савез Совјетских Социјалистичких Република (СССР), сразмерно њиховом коришћењу нуклеарне енергије. Тако избачен радиоактивни материјал се обично задржава у приземним слојевима атмосфере. Конкретно, радиоактивни облак настао након несреће која је уништила нуклеарни реактор 4 у Чернобилу у априлу 1986. достигао је надморску висину од око 9.000 m, а максимална концентрација била је на висини од око 1.700 m (<http://www.dartmouth.edu/~cushman/courses/engs43/Chernobyl.pdf>). Депозиција ^{137}Cs је у овом случају имала локални/регионални карактер који је био у великој мери условљен ветром и падавинама у областима од интереса у то време (Fulajtar et al., 2017; Todorović et al., 2016), што је илустровано на слици 4.2.

Чернобилским акцидентом ослобођено је око 12×10^6 ТВq радиоактивних инфлуената у атмосферу (Hu et al., 2010; INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2006). Процењено је утврђено да је око 1.000-10.000 Вq m^{-2} површинског ^{137}Cs акумулирано на подручју Европе (Вогојевић et al., 2016). Зато је ИАЕА 2006. године прогласила Чернобилски акцидент за најопаснију нуклеарну катастрофу у историји човечанства. Еколошке и радиолошке последице изазване овим акцидентом премашиле су последице несреће у Фукушими (која се догодила 12. марта 2011. године) у скоро сваком аспекту. Иако је у акцидент нуклеарне електране у Фукушими обухватио чак 4 реактора, процењено је да је укупно ослобођено 520.000 ТВq радиоактивних инфлуената (Steinhauser et al., 2014). То је за ред величине мање од ослобођених радиоактивних контаминаната из Чернобилске нуклеарне електране. На ово упућују нивои контаминације животне средине, пројектовани број жртава изазваних зрачењем или морталитет од рака који је био већи након Чернобилске несреће у односу на догађај из Фукушиме (Steinhauser et al., 2014). Такође, бројне студије спроведене по избијању акцидента у Фукушими, засноване на гама-спектрометријским мерењима узорка из животне средине, показују да су ослобођени радиоактивни инфлуенти (^{131}I , ^{134}Cs , and ^{137}Cs) били без значајног утицаја на загађење атмосфере у Србији (Vikit et al., 2012; Todorović et al., 2016).



Слика 5.2. Површинска контаминација радиоцезијумом ($10 \log$ укупне површинске депозиције у Bq m^{-2}) на територији Европе 9. маја 1986. године (“<http://cerec.enpc.fr/fukushima/index.html>”).

Недељама након Чернобилске несреће, радиоактивни материјал могао се детектовати било где на Северној хемисфери, од чега су најконтаминираније области биле у Европи (Cort et al., 1998). Забележени метеоролошки подаци су примењени у интегрисаном EURAD моделу (*European Acid Depositional Model*) за истраживање транспорта радиоцезијума, његове суве и влажне депозиције изнад Европе (Hass et al., 1990). Депозиција радиоцезијума путем падавина у највећој мери погодила је неколико подручја: Финску и северне делове Шведске и Норвешке, алпски регион са северном Италијом и северном Југославијом, северне делове Грчке са процењеном средњом брзином депозиције у опегу од 20 kBq m^{-2} до 100 kBq m^{-2} (Evangelidou et al., 2016).

Према једино доступним подацима из 1986. године (Federal Committee for Labor, Health and Social Welfare, 1987) непосредно после акцидента, просечна вредност површинске ^{137}Cs контаминације бивше Југославије износила је 13.940 Bq m^{-2} (од чега је 766 Bq m^{-2} регистровано у зонама минималне контаминације до 83.400 Bq m^{-2} у зонама максималне контаминације. У периоду пре 1986. године детектоване су ниске вредности концентрације активности ^{137}Cs у ваздуху, које су се кретале од $10^{-6} \text{ Bq m}^{-3}$ до $10^{-5} \text{ Bq m}^{-3}$, пореклом искључиво из нуклеарних тестирања (Todorović et al., 2016). Изненадно повећање ^{137}Cs у ваздуху догодило се почетком маја 1986. године када су активности концентрације радиоцезијума у ваздуху достигле и до $1 \times 10^{-1} \text{ Bq m}^{-3}$ (10^5 пута више у поређењу са периодом пре 1986. године). Крајем 1986. године регистрован је пад у дневним концентрације активностима радиоцезијума у ваздуху до $1 \times 10^{-5} \text{ Bq m}^{-3}$ (Todorović et al., 2016). У периоду од 1988. године до 2015. године концентрације радиоцезијума у ваздуху је константно опадала, да би после 2015. године била испод прага детекције.

Један од циљева ове докторске дисертације је био да истражи регионализацију и порекло површинске контаминације радиоцезијумом на подручју Војводине у којој пољопривредно земљиште заузима око 84 % територије (Gavrilov et al., 2018). У те сврхе испитане су могуће корелације доступних података за садржај ^{137}Cs у површинским слојевима земљишта у Војводини и падавина у периоду од априла 1986. године до децембра 1987. године, непосредно након нуклеарне катастрофе у Чернобилу. Ове позитивне корелације би доказале претпоставку да је акцидент из 1986. године доминантан извор контаминације цезијумом на простору Војводине, што би оправдало исправност коришћења 1986. године у прорачунима за брзину ерозије земљишта методом радионуклида, конкретно радиоцезијумом и тиме побољшало и унапредило даља истраживања у региону. Резултати испитивања садржаја цезијума у површинском земљишту за период пре Чернобилске несреће нису доступни или не постоје за подручје Војводине. Такође, на основу литературе постоји индикација да 80 % површински везаног радиоцезијума у Европи потиче од аеросола из Чернобилске несреће, а остатак од нуклеарних тестирања и других извора (Petrović et al., 2013). На основу измерених вредности ^{137}Cs у узорцима лишјајева, маховина и траве у ловиштима пре и после акцидента у Чернобилу у суседној Босни и Херцеговини (Šarčević et al., 1989), закључено је да је након 1986. године дошло до значајног повећања ^{137}Cs у свим узорцима, посебно лишјајевима и маховинама. Такође, у свим узорцима регистрован је и изотоп ^{134}Cs , који је пре акцидента био испод границе детекције (Табела 5.1).

Табела 5.1. Упоредна анализа концентрације активности ^{137}Cs и ^{134}Cs у узорцима лишајева, маховина и траве за 1985. годину и 1987. годину у [Bq kg^{-1}].

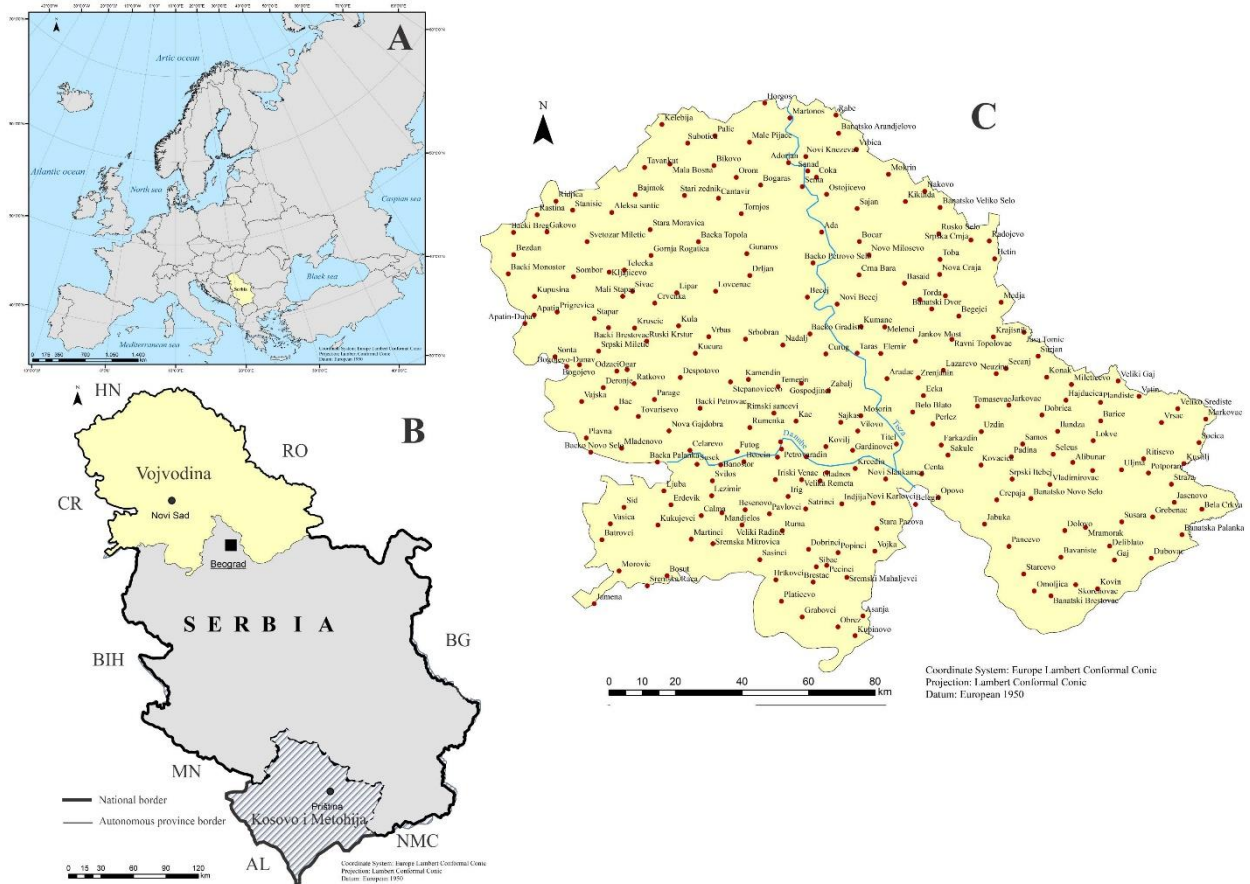
Узорак	1985. г ^{137}Cs		1987. г ^{134}Cs		1987. г ^{137}Cs		1985. г ^{137}Cs	1987. г ^{134}Cs	1987. г ^{137}Cs
	Лишај	Маховине	Лишај	Маховине	Лишај	Маховине	Трава	Трава	Трава
1	624	494	531	1.338	1.785	3.500	11	21	45
2	696	499	530	920	1.230	2.073	31	66	213
3	653	508	860	1.439	1.800	4.604	32	16	46
4	496	379	357	990	1.378	2.190	21	18	50
5	397	267	80	249	391	858	22	12	41

(Извор: Šarčević et al., 1989).

Поред резултата испитивања радиоактивности земљишта Војводине на 50 локација којима су обухваћене све геоморфолошке јединице и сви заступљени типови земљишта из 2001. године, прикупљени су и подаци о количини падавина са доступних падавинских станица у Војводини у близини места узорковања земљишта. За анализирање доступних података од интереса из више аспеката (као што су: прелази годишњих доба и годишње климатске промене) коришћене су следеће методе: дескриптивна статистика, кластер анализа, модел линеарне регресије и мултиваријантна анализа.

5.2 ИСПИТИВАНО ПОДРУЧЈЕ

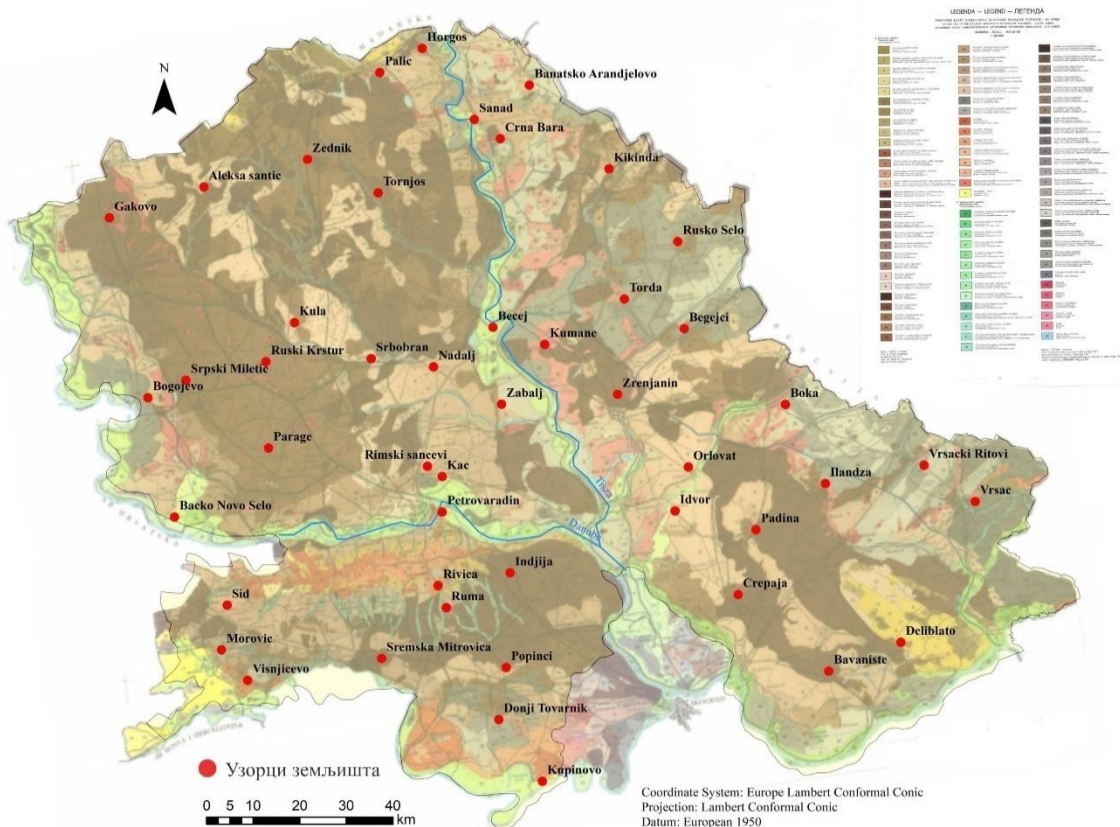
Војводина покрива 21.533 km^2 територије Републике Србије. Налази се у југоисточном делу Панонског басена (слика 5.3). У хипсометријском смислу, највећи део Војводине има низијски карактер. Рељефну униформност нарушавају две планине: Вршачке планине на југоистоку (са највишим врхом од 641 m надморске висине) и Фрушка Гора (са највишим врхом од 539 m надморске висине) у унутрашњости Војводине. Простор карактерише изражени пољопривредни карактер па је потреба за бољим разумевањем понашања падавина кључни фактор у овом сектору (Gavrilov et al., 2018; Тошић et al., 2014). Према последњем попису становништва из 2011. године (The Statistical Office of the Republic of Serbia, 2014), на подручју Аутономне покрајине Војводине регистровано је 1.931,809 становника (Census of Population, Households and Dwellings in the Republic of Serbia, 2011).



Слика 5.3. Географски положај Републике Србије на простору Европе (А), Аутономне покрајине Војводине у оквиру Републике Србије (В) и просторна дистрибуција падавинских станица на подручју Војводине (С).

5.3 ОПИС ИСТРАЖИВАЊА

Подаци о дневним падавинама за 245 станица у Војводини преузети су из Покрајинског метеоролошког годишњака (Meteorological Yearbook II, 2001). С обзиром да је потребно око годину дана да се ослобођена радиоактивност исталожи из атмосфере, распон истраживаног периода обухватио је и 1987. годину. Прикупљене дневне и месечне количине падавина из 1986. године и 1987. године анализирани су и класификовани у неколико карактеристичних падавинских интервала на основу важних датума за праћење трајекторије радиоактивног облака преко региона Војводине. Мониторинг радиоактивности земљишта и узорака из животне средине Војводине је спроводила Лабораторија за нуклеарну физику, Природно-математичког факултета у Новом Саду у неколико наврата: непосредно након Чернобилске несреће током 1986. године и 1987. године, као и 2001. године након НАТО (*North Atlantic Treaty Organization*) бомбардовања Савезне Републике Југославије (Vikić et al., 2005; Forkarić et al., 2017). Укупно 49 локација за узорковање земљишта (слика 5.4) је одабрано тако да све геоморфолошке целине буду заступљене (две планине, четири лесне заравни, три горње речне терасе, четири алувијалне равни и две пешчаре) (Koščal et al., 2005), као и сви типови земљишта у складу са геоморфолошком и педолошком картом Војводине (слика 5.4) (Живковић и сар., 1972; Hadžić et al., 2005).



Слика 5.4. Просторна дистрибуција одабраних локација за узорковање земљишта у Војводини у току 2001. године - (Живковић и сар., 1972, измењено).

Типови земљишта према IUSS (2014) класификацији којима припадају испитивани узорци су: чернозем, хумogleј, флувисол, псеудogleј, солоњец, камбисол, солончак и ареносол, међу којима је чернозем био најзаступљенији.

За потребе гама-спектрометријског испитивања садржаја радионуклида, узорци земљишта на свакој локацији су узети из површинског слоја (дубине до 20 cm) композитно са приближне површине 10×10 m. Након сушења и просејавања кроз сито отвора од 2 mm, узорци су хомогено паковани у пластичне посуде за мерење цилиндричне геометрије. Тако спаковани узорци се заптивају и стоје око 40 дана до успостављања равнотеже у радиоактивном низу ^{238}U . Мерења у лабораторијским условима се спроводе тако што се узорак поставља у контактну геометрију на HPGe полупроводнички детектор у оловној заштити, и снима се гама спектар узорка. Обрадом снимљеног спектра у одговарајућем софтверу (*Canberra Genie 2000*) врши се квалитативна и квантитативна анализа, односно на основу позиције фотопикова у гама спектру, одређује се који радионуклид је присутан у узорку, а на основу површине фотопикова одређује се концентрација активности радионуклида у узорку. Масе узорака кретале су се од 200 g до 300 g, а мерење узорака износило је типично око 80 ks (кило секунди). Калибрација ефикасности детекције и мерења контроле квалитета изведени су са сертификованим референтним материјалом у цилиндричној геометрији типа CBSS2, произвођача Чешки метролошки институт. Овај материјал је смеша радионуклида гама емитера у матриксу смоле цилиндричне геометрије познате активности. Гама спектри су прикупљени и анализирани помоћу софтвера који

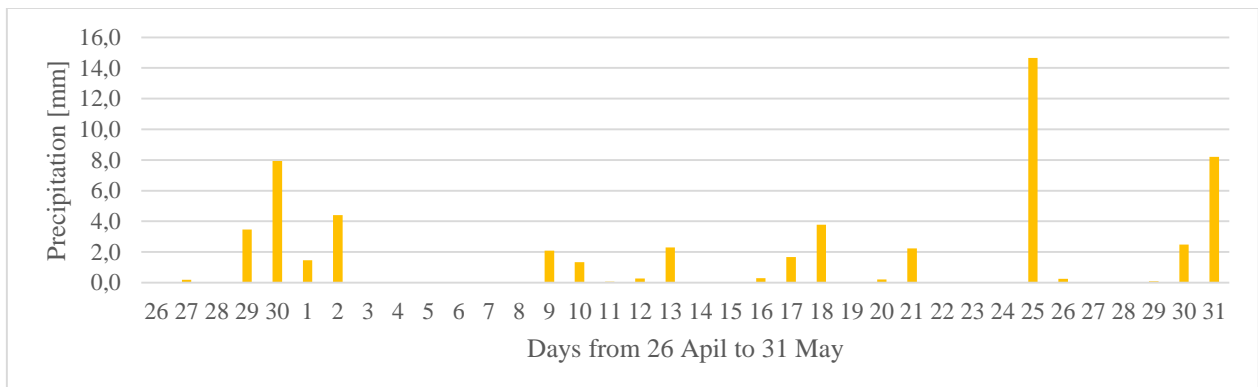
израчунава концентрацију активности радионуклида гама-емитора из свих истакнутих гама линија након одузимања позадинског зрачења

За испитивање потенцијалних корелација између селектованих променљивих (падавина и концентрације цезијума у земљишту) коришћене су статистичке методе: дескриптивна статистика, кластер анализа и вишеструка линеарна регресија. Пирсонов коефицијент линеарних корелација је рачунат како би се проценио однос између дистрибуције ^{137}Cs у земљишту и неколико независних променљивих (тј. количина падавина у одабраним карактеристичним кишним периодима). За просторну дистрибуцију и интерпретацију података примењена је Кригингова метода за предвиђање вредности регионализоване променљиве која се налази у простору на коначном броју локација (Kleijnen, 2017; Ryu et al., 2002). Кластер анализа рађена је коришћењем нехијерархијског теста (метода груписања центроида, енг. *K-means*) да би се класификовали подаци и изоловали региони падавинских станица са сличним карактеристикама падавина и таложењем радиоцезијума. Вишеструка линеарна регресија коришћена је да би се објаснио однос између концентрација активности ^{137}Cs у узорцима траве и земљишта детектованих у референтном периоду од 2. маја до 5. маја 1986. године са количином падавина за тај период, заједно са активношћу концентрације ^{137}Cs у узорцима земљишта из 2001. године на истим локацијама. Програми коришћени за анализу и обраду података су *SPSS Statistics 17.0* и *MS Excel 2016*, док је за визуелизацију података коришћен програм *ArcMap 10.2.1*.

5.4 АНАЛИЗА И ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА КОЛИЧИНА ПАДАВИНА У ВОЈВОДИНИ НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА

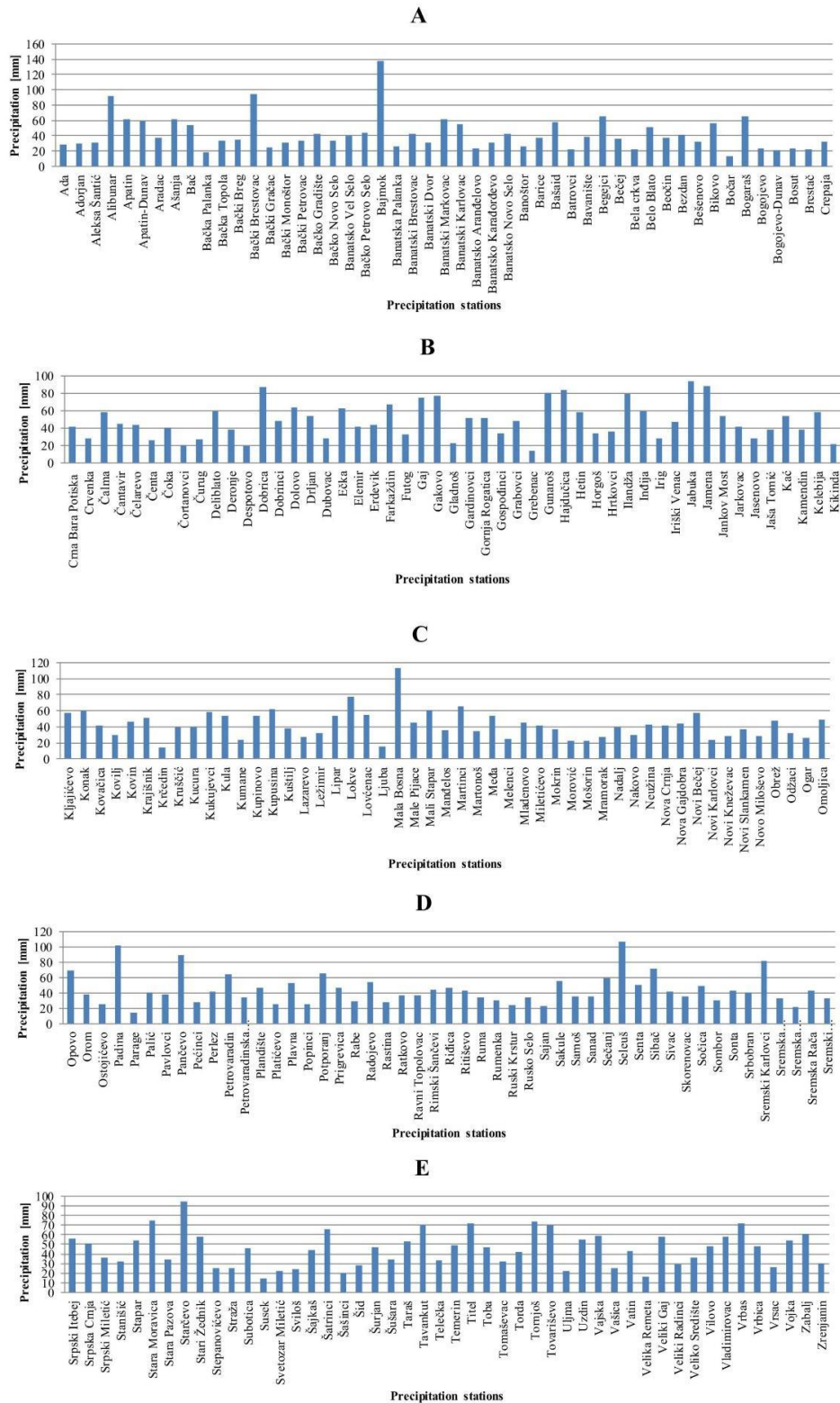
У анализираном периоду од 26. априла до 31. маја 1986. године, било је укупно 18 дана са падавинама. Просечна количина падавина у наведеном периоду са свих 145 станица износила је око 100 mm. Просечни распоред падавина од 26. априла до 31. маја 1986. године графички је приказан на слици 4.5 према којем је могуће издвојити 3 падавинска периода:

1. Од 29. априла до 2. маја пало је просечно око 17 mm падавина,
2. Од 25. маја до 31. маја просечно је пало око 26 mm падавина и
3. Од 9. маја до 21. маја просечно је пало око 14 mm падавина.



Слика 5.5. Просечне дневне количине падавина од 26. априла до 31. маја 1986. године (Kalkan et al., 2020).

Према бројним ауторима, радиоактивни облак се у Србији појавио 1. маја 1986. године али местимичне падавине нису имале радиоактиван карактер (Вогојевић et al., 2016; Gaydar and Nasvit, 2002; Hass et al., 1990; Todorović et al., 2016). Заправо, према неким ауторима, радиоактивни карактер падавина уследио је дан после, 2. маја (Bikit et al., 1987), односно према (Nesterenko et al., 2009), главни радиоактивни облак са контаминираним падавинама у Југославији се појавио у периоду 3-5. маја 1986. На основу објављених података о загађењу цезијумом у нашем региону радиоактивним падавинама непосредно након несреће у нуклеарној електрани „Лењин“ у Чернобиљу у мају 1986. године, најбоља корелација између радиоцезијума у земљишту и количине падавина добијена је за период од 2. маја до 5. маја 1986. године (Barišić i sar., 1987), на основу чега су за даље анализе одабране дневне падавине за период од 2. маја до 31. маја са 244 падавинске станице. Важно је напоменути да су узете у обзир и делимично попуњене базе података са падавинских станица (тзв. изворни подаци) (слика 5.6).

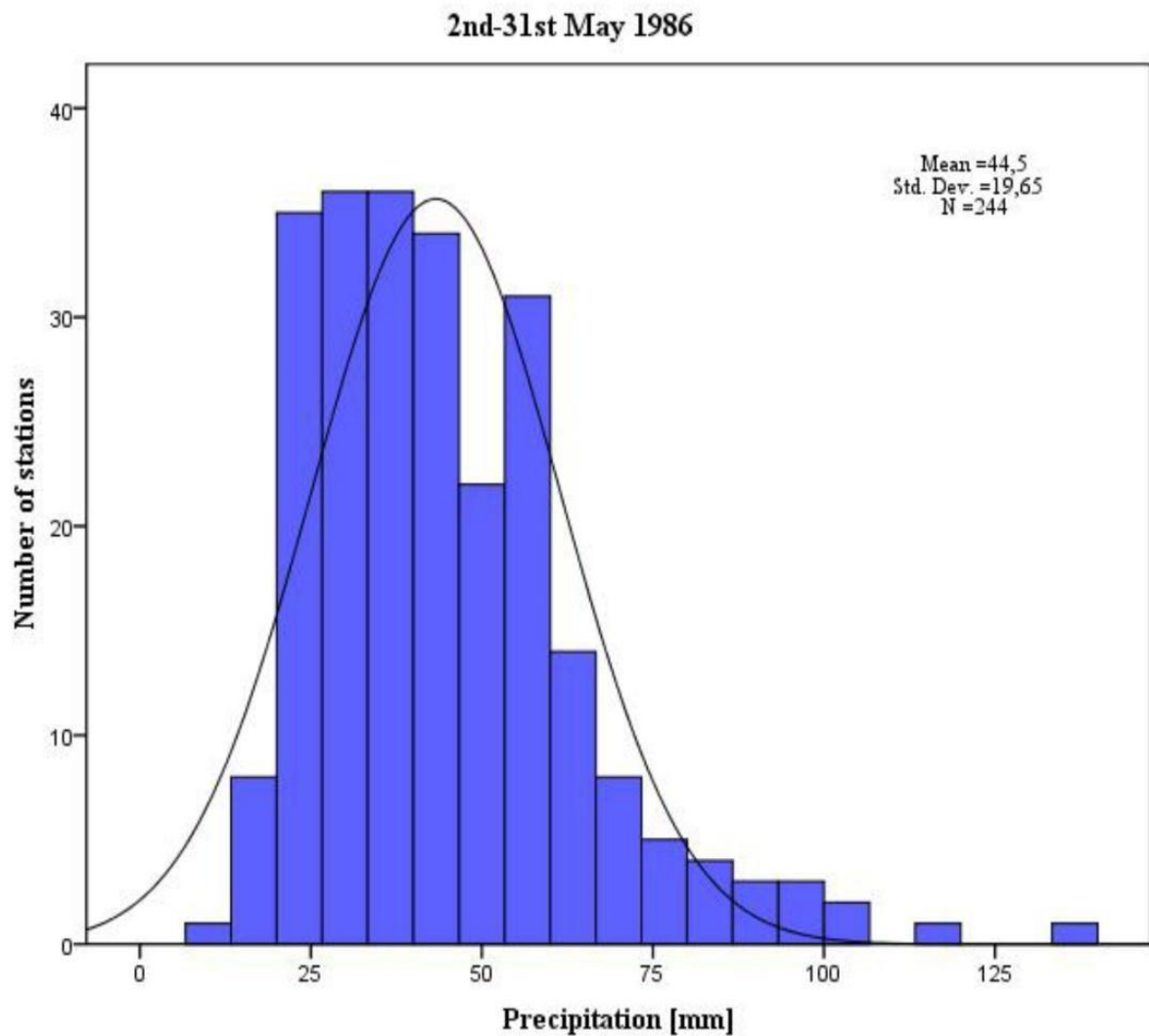


Слика 5.6. Распореда суме падавина у периоду од 2. маја до 31. маја 1986. године за сваку падавинску станицу у Војводини (Kalkan et al., 2020).

Током поменутог периода, укупна количина падавина забележена је на станицама Бајмок (137 mm), Селеуш (106 mm), Старчево (95 mm), Мала Босна (113 mm), Падина (102 mm) и Алибунар (232 mm). Дани са највишом вредношћу просечне количине падавина за

поменути период били су: 2. мај (4 mm), 9. мај (2 mm), 13. мај (2 mm), 17. мај (2 mm), 18. мај (4 mm), 21. мај (2 mm), 25. мај (15 mm - што је и дан са највећом вредношћу падавина на свим станицама) и 31. мај (8 mm).

Расподела падавина по укупном броју станица у Војводини за кишни период од 2. маја до 31. маја показује лог-нормалну расподелу (слика 5.7). У табели 5.2 дати су параметри за тестирање нормалности испитане дистрибуције количине падавина у датом периоду.



Слика 5.7. Лог-нормална расподела падавина на свим станицама у Војводини у периоду од 2. маја до 31. маја 1986. године (Kalkan et al., 2020).

Табела 5.2. Тестирање нормалности дистрибуције падавина за месец мај 1986. године (2-21. мај) Shapiro-Wilk тестом одабиром функције *Normality*⁸ у програму *Past 3.25* (Hammer, 2019).

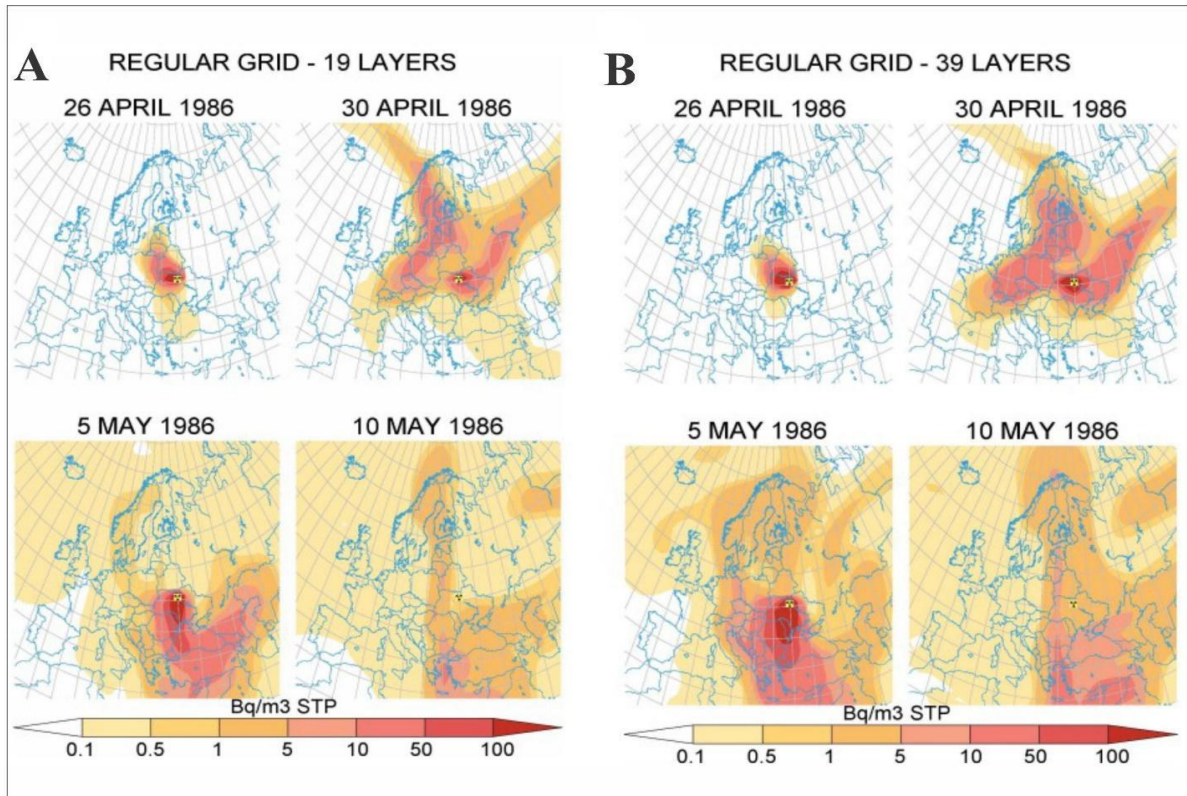
Број узорака	244
Shapiro-Wilk W	0,9251
⁹ p (normal)	9,051×10 ⁻¹⁰
Anderson-Darling A	3,847
p (normal)	1,3×10 ⁻⁹
p (Monte Carlo)	0,0001
Jarque-Bera JB	111,3
p (normal)	6,638×10 ⁻²⁵
p (Monte Carlo)	0,0001

Из приложеног графикана (слика 5.7) може се закључити да је расподела падавина у добром слагању са просечном количином падавина (44 mm) за тај период. Највећи број станица (195) забележио је падавине у интервалу од 20 mm до 60 mm. Даљом анализом расподеле падавина по станицама, издвојени дани са падавинама груписани су у *карактеристичне кишне периоде* према следећим критеријумима од интереса за истраживање:

1. Кишни период током 2. маја - када су се по први пут појавиле радиоактивне падавине у Војводини,
2. Кишни период од 2. маја до 5. маја 1986. године - што је према бројним ауторима (Barišić i sar., 1987; Тодоровић и сар., 2016) период максималног таложења ¹³⁷Cs на територији Србије,
3. Кишни период од 7. маја до 21. маја 1986. године - најдужи кишни период током маја исте године (слика 5.5),
4. Интегрални кишни период од 2. маја до 5. и од 7. маја до 21. маја 1986. године,
5. Кишни период од 2. маја до 10. маја 1986 године - период изложености најопаснијем радиоактивни облаку у бившој Југославији постојао је до 10. маја 1986. године, када се почео повлачити (слика 5.8),
6. Кишни период од 10. маја до 31. маја 1986. године - анализа кишног периода након постепеног повлачења радиоактивног облака и
7. Кишни период од 2. маја до 31. маја 1986. године - који је током маја обухватио све радиоактивне падавине.

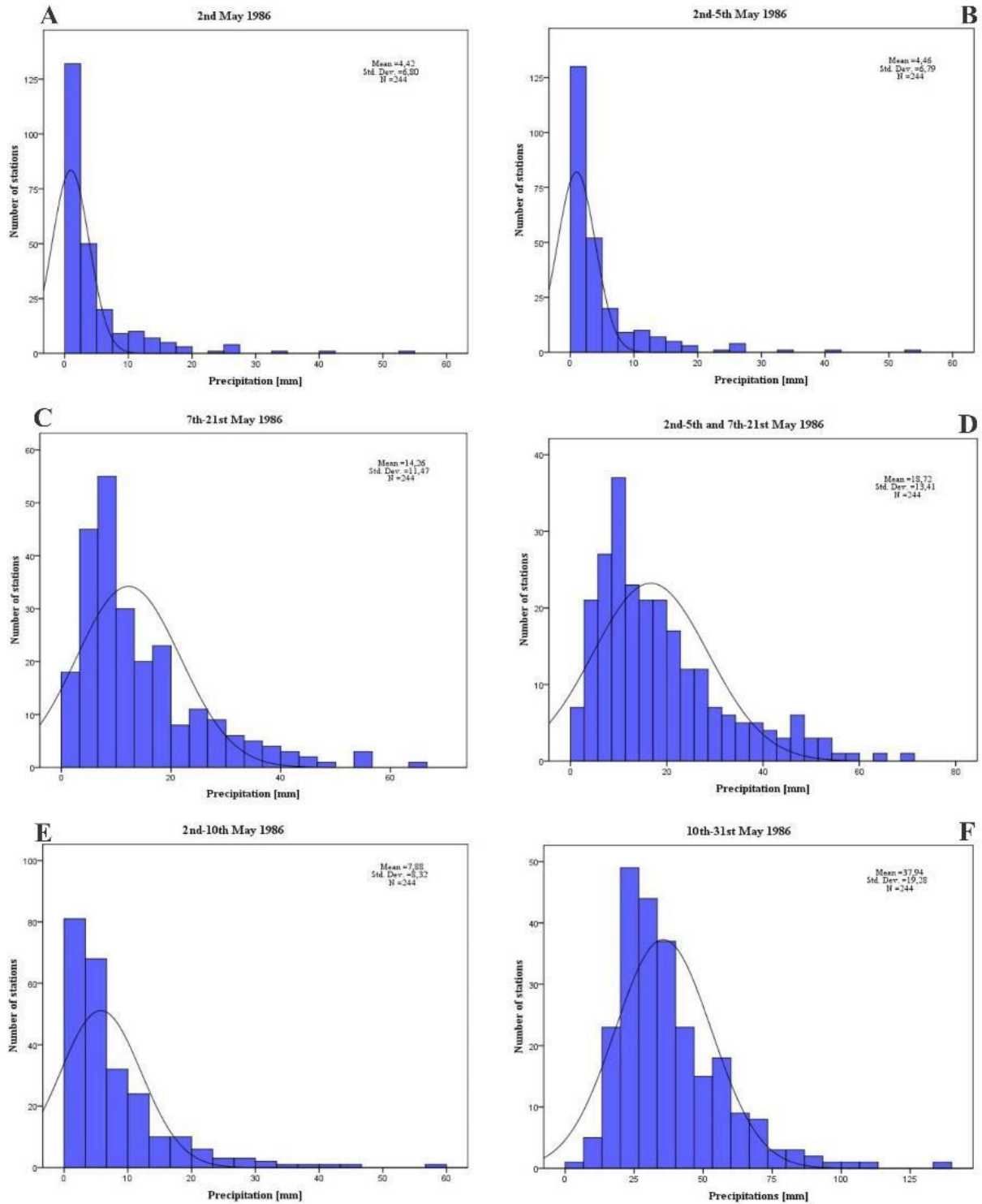
⁸ У програму *Past* се тестирање нормалности дистрибуције врши применом четири теста: Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors и Jarque-Bera тестом. Прва два теста се сматрају погоднијим за велике узорке, док су друга два дата као референтна теста (Hammer, 2019).

⁹ Уколико је вредност параметра *p* Shapiro-Wilk теста за велике узорке мања од 0,05, дистрибуција одступа од нормалности, тј. чланови дистрибуције се не расподељују по нормалној расподели око централне вредности. Тада дистрибуција чланова има лог-нормалну расподелу (<http://www.ffh.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2016/10/3.Raspodela-rezultata-merenja.pdf>).



Слика 5.8. Средње дневне концентрације активности ^{137}Cs у ваздуху (у Bq m^{-3} STP) након Чернобиљског акцидента (А) мрежа са 19 слојева и (В) мрежа са 39 слојева (Evangelidou et al., 2013).

Анализирајући расподелу падавина за преосталих шест кишних периода (слика 5.9), може се закључити да оне значајно не одступају од расподеле падавина за период од 2. маја до 31. маја 1986. године, јер и у случају преосталих 6 кишних периода, највећи број станица бележи ниске вредности падавина. Међутим, дистрибуција падавина у сваком наредном кишном периоду има тенденцију да се помера благо удесно, према вишим вредностима количина падавина, што указује на постојање екстремних вредности (такође лог-нормална расподела). Најкишовитији периоди (према количини падавина) били су 2. мај и период од 10. маја до 31. маја. У табели 5.3 дате су вредности коефицијента Shapiro-Wilk теста за тестирање нормалности дистрибуција падавина за карактеристичне кишне периоде.



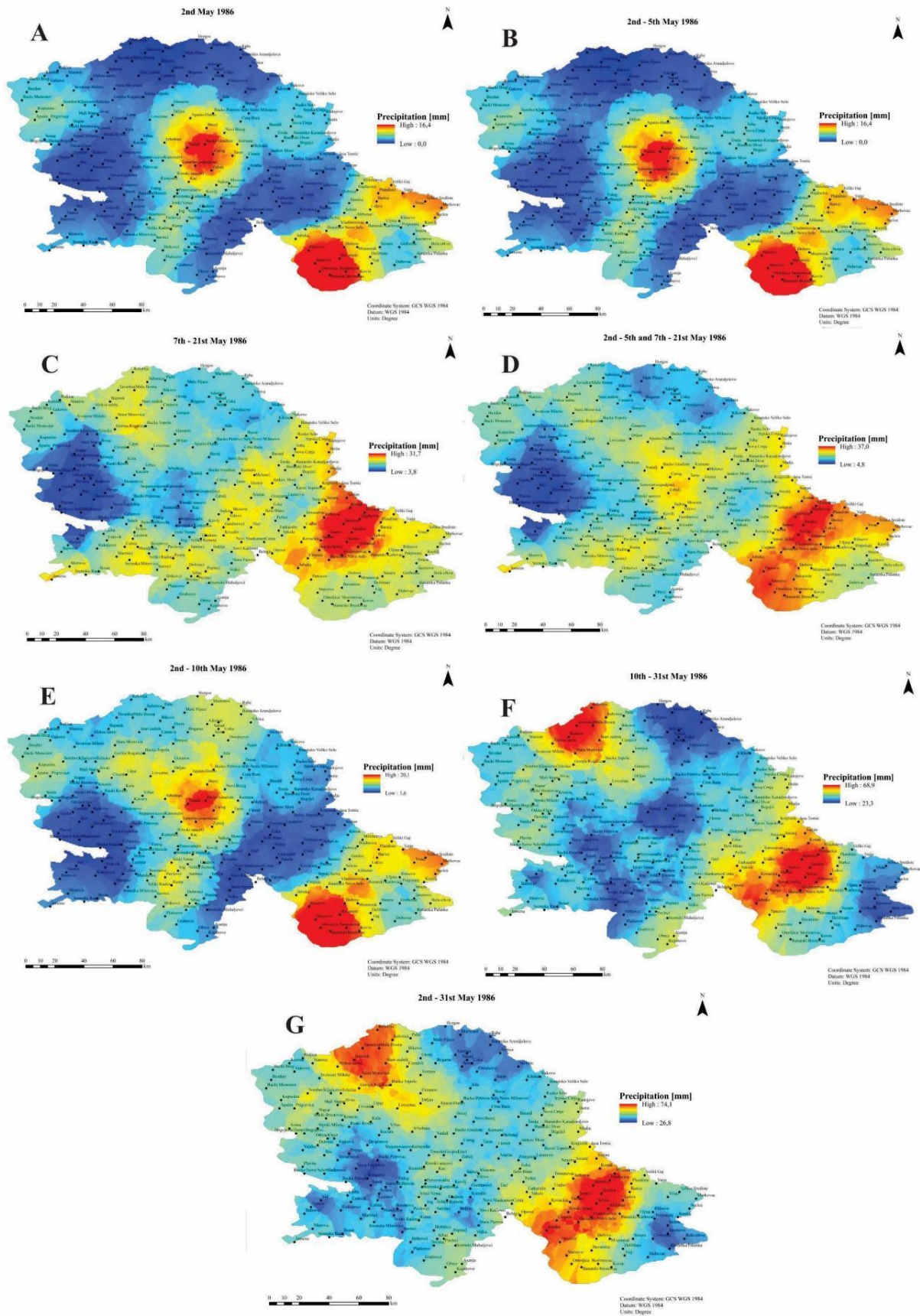
Слика 5.9. Дистрибуција падавина са свих станица у Војводини у периоду: 2. мај 1986 (А); од 2. маја до 5. маја 1986. године (В); од 7. маја до 21. маја 1986. године (С); од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године (Е) и од 10. маја до 31. маја 1986. године (F) (Kalkan et al., 2020).

Табела 5.3. Тестирање нормалности (Shapiro-Wilk *p-normal* value) дистрибуције падавина за карактеристичне кишне периоде.

Кишни период (244 станица)	Вредност коефицијента <i>p-normal</i> (Shapiro-Wilk тест)
2. мај	$1,449 \times 10^{-22}$
2-5. мај	$1,6 \times 10^{-22}$
7-21. мај	$9,118 \times 10^{-15}$
2-5. и 7-21. мај	$3,513 \times 10^{-12}$
2-10. мај	$5,248 \times 10^{-19}$
10-31. мај	$4,507 \times 10^{-12}$

На глобалном нивоу, несрећа у Чернобилу била је доминантан извор цезијума само у току 1986. године и 1987. године (Todorović et al., 2016), имајући у виду да је оптимално време потребно за самопречишћавање приземног слоја од радиоактивности услед нуклеарних несрећа неколико месеци до годину дана. Дакле, анализа расподеле падавина проширила се на остатак 1986. године као и на целу 1987. годину. Закључци у вези са депозицијом радиоцезијума у периоду после маја 1986. године (за преостале месеце 1986. године и 1987. године) нису поуздани на основу учесталости падавина. Из тог разлога су падавине после маја 1986. године са укупно 49 падавинских станица биле у корелацији са одговарајућим узорцима депозиције ^{137}Cs у земљишту из 2001. године. Добијени су углавном негативни коефицијенти корелације, осим јула ($r=0,09$) и децембра ($r=0,06$). У случају 1987. године, само у мају ($r=0,02$) и марту ($r=0,09$) добијени су позитивни коефицијенти корелације. Стога је фокус студије сведен искључиво на период маја 1986. године током којег је била доминантна површинска контаминација ^{137}Cs .

На слици 5.10 су приказане просторне дистрибуције падавина према одабраним кишним периодима током 1986. године добијене једноставном Кригинг методом интерполације. Кригинг је напредни геостатистички поступак који генерише процењену површину из дисперзног скупа тачака са z -вредностима (у овом случају падавине). Ова метода претпоставља да растојање између тачака узорковања одражава просторну корелацију која се може користити за објашњење површинских варијација прилагођавањем математичке функције на дати број тачака или свих тачака датог радијуса како би се одредила излазна вредност за сваку локацију. Кригинг обухвата истраживачку статистичку анализу података, моделирање вариограма, стварање површине и истраживање површине варијансе која предвиђа непознате вредности (<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>; Oliver and Webster, 1990). У ову анализу су укључене све падавинске станице са комплетним подацима о вредности падавина.



Слика 5.10. Просторна дистрибуција падавина током сваког анализираниог кишног периода за 1986. годину у Војводини (Kalkan et al., 2020).

5.5 КОРЕЛАЦИЈЕ ИЗМЕЂУ ПОВРШИНСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ ^{137}Cs И КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА У ВОЈВОДИНИ НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА

Резултати просторне депозиције ^{137}Cs у површинском земљишту у Војводини добијени током узорковања на 50 места током 2001. године (Forkarić et al., 2017), укупно 49 узорака, подвргнуто је корелационој анализи са падавинама у Војводини у различитим кишним периодима током маја 1986. године. Од свих расположивих падавинских станица изабрано је укупно 49 најближих станица местима узорковања земљишта. Ова анализа имала је за циљ да испита у којој су мери ови подаци корелирани и да ли количина падавина директно утиче на концентрацију активности ^{137}Cs у земљишту. Узимајући у обзир да је од несреће у Чернобилу до узорковања ^{137}Cs на обрадивим површинама Војводине прошло 15 година, током којих је цело подручје било изложено ерозивном утицају падавина и орању, претпостављено је да вредност Пирсоновог коефицијента корелације линеарне регресије r не може бити значајно висок као у студији (Barišić et al., 1987) која је рађена непосредно након акцидента и у којој је добијена вредност $r=0,6$. Иако се ^{137}Cs у земљишту везује за честице ситније гранулације, као што су глина и прах (Szerbin et al., 1999; Forkarić et al., 2017; Ritchie et al., 1990; Heim and Schwarzbauer, 2013; Korobova et al., 2008), због непостојања сувише различитих типова земљишта у Војводини (Живковић и сар., 1972), може се претпоставити да је сав радиоцезијум концентрисан у површинском слоју до 20 cm који је изложен орању. Вертикална дистрибуција радиоцезијума у таквим земљиштима има уноформни карактер што чини резултате ове студије релевантним.

Пирсонов коефицијент корелације линеарне регресије коришћен је за мерење корелације између вредности површинске депозиције ^{137}Cs у земљишту Војводине на једној страни и количини падавина у карактеристичном кишном периоду са друге стране или у облику:

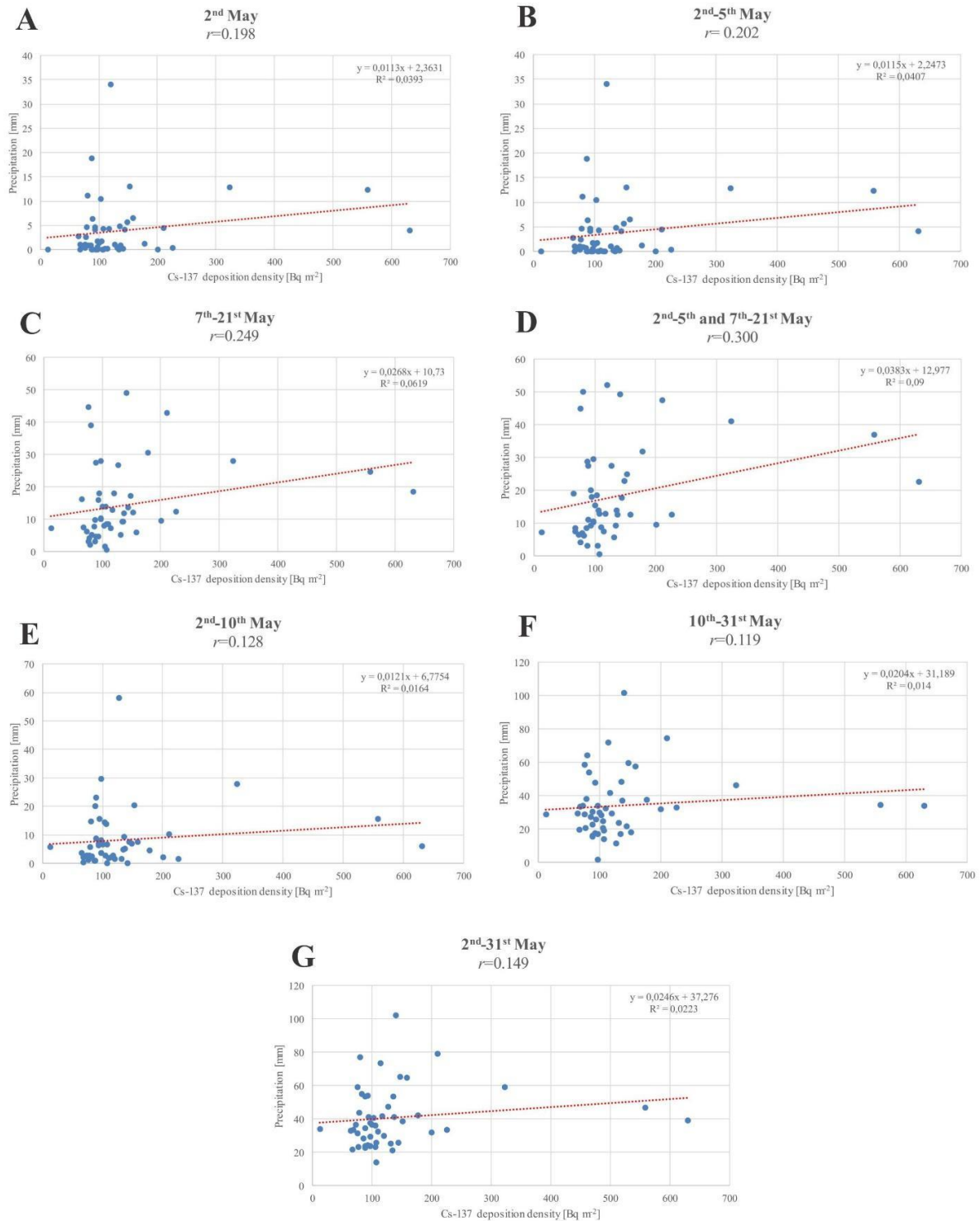
$$r_{x,y} = \frac{N \sum XY - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{[\sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (5.5.1)$$

где је X вредност падавина у [mm], Y је густина депозиције ^{137}Cs у земљишту изражена у [Bq m^{-2}], N је број парова (падавинске станице и одговарајуће локације узоркованог земљишта) и $r_{x,y}$ је коефицијент корелације. Студија је користила модел линеарне регресије:

$$Y = bX + a, \quad (5.5.2)$$

где су a и b константе.

Добијени резултати на основу релација (5.5.1) и (5.5.2) приказани су на слици 5.11.



Слика 5.11. Коefицијенти корелације добијени између густине депозиције ^{137}Cs и количине падавина за сваки кишни период током 1986. године (Kalkan et al., 2020).

Поступак проналажења највећег коefицијента корелације подразумевао је поређење сваког кишног периода са концентрацијом активности ^{137}Cs у земљишту (за 49 парова). У већини случајева добијени коefицијенти корелације су врло слаби или слаби. Најбоља

корелација је добијена за ^{137}Cs и кишни период од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године са $r=0,3$. Преостале вредности r дате су на слици 5.11 (А - Г).

Ови резултати испитивања могућих корелација указују на то да су ови кишни периоди најзначајнији за депозицију ^{137}Cs у Војводини, што се добро слаже са већ објављеним резултатима за регион Балканског полуострва (Barišić i sar., 1987) који се односе на временски период непосредно после Чернобилске несреће. Неки могући проблеми који утичу на малу вредност коефицијента корелације су: непотпуна база података о свим количинама падавина, затим период од око 20 година након несреће је довољно времена за прерасподелу ^{137}Cs , што све отежава упоређивање ових параметара. Чињеница је да је узорковање радиоцезијума извршено на обрадивом земљишту. Разлике у коришћењу пољопривредног или непољопривредног земљишта такође могу проузроковати одређена неслагања, заједно са чињеницом да нека земљишта са више садржаја глине имају већу тенденцију ка везивању ^{137}Cs од осталих земљишта. Такође, морају се узети у обзир преостали месеци 1986. године и 1987. године, током којих се испуштени радиоактивни отпад наставио таложити, али не у истој мери као у претходном периоду (мај 1986. године).

5.6 РЕГИОНАЛИЗАЦИЈА ПОДРУЧЈА ВОЈВОДИНЕ НА ОСНОВУ ПОВРШИНСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ ^{137}Cs И КОЛИЧИНЕ ПАДАВИНА НАКОН ЧЕРНОБИЉСКОГ АКЦИДЕНТА

Због најбоље корелације са ^{137}Cs у земљишту, највећа пажња у овој студији посвећена је кишном периоду од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године на основу којег је извршена регионализација Војводине према интензитету контаминације радиоцезијумом на основу поменуте две групе анализираних параметара (^{137}Cs у земљишту и падавина).

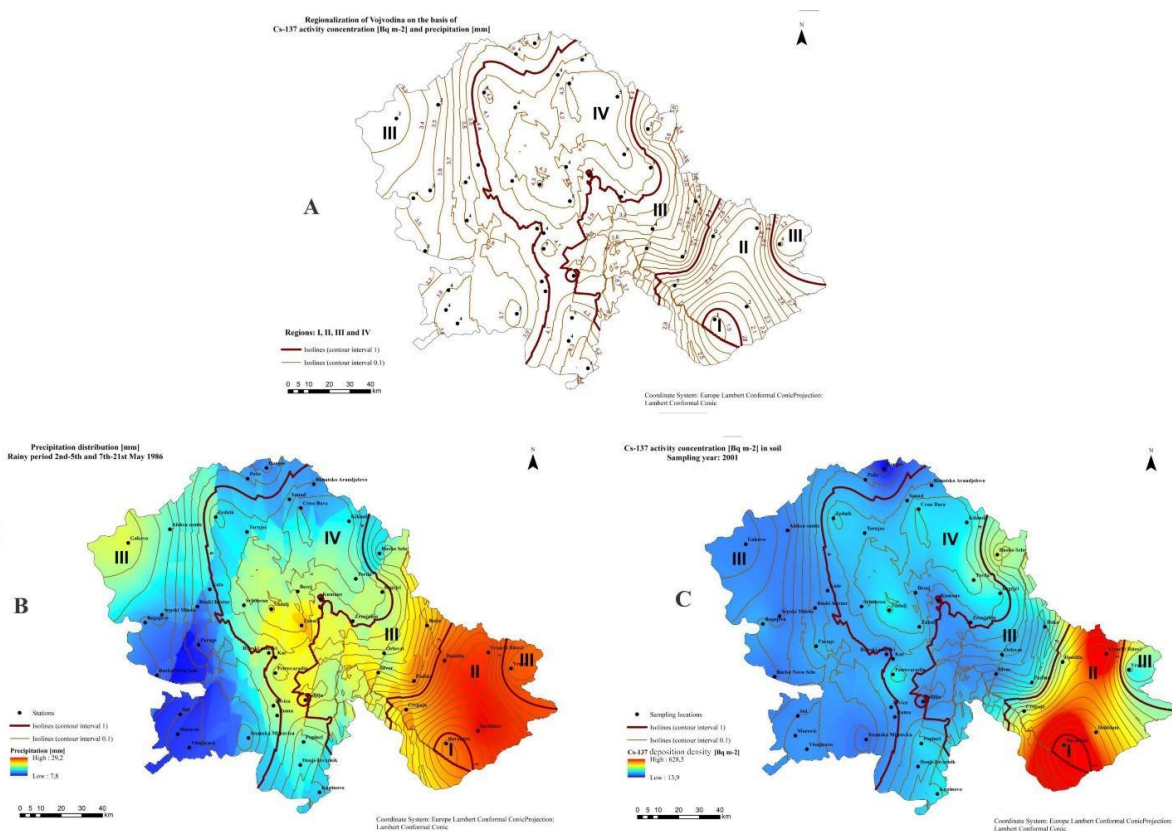
Кластер анализом у програму *SPSS*, постављено је 5 кластера као услов са опцијом *K-mean clustering*. *K-mean* је једна од најефикаснијих метода за груписање података, јер се од датог скупа од n -података, сваки кластер окарактерисан јединственом центроидом (средином) дели помоћу алгоритма *K-mean*. Елементи који припадају једном кластеру блиски су тежишту тог одређеног кластера и различити од елемената који припадају другом кластеру (<https://core.ac.uk/download/pdf/38099883.pdf>). У програму *ArcMap*, *Kriging* методом генерисана је карта просторне дистрибуције кластера (1-5). На основу ње генерисане су изолиније реда величине 1 (док су изолиније реда 0,1 генерисане као помоћне за боље праћење дистрибуције кластера). На тај начин су добијене границе између 4 региона. Изолинија вредности 5 није издвојена јер је програм препознаје као највишу вредност (5) од које почиње да рачуна и извлачи изолиније нижег ранга. Стога су чланови кластера 5 интегрисани у следећу хијерархијски нижу регију (регион 4) у којој су чланови 4 групе кластера претежно заступљени.

Четири региона обележена римским бројем (од I - IV) која су добијена кластер анализом два скупа података (падавине за кишни период од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја. и депозиције радиоцезијума у земљишту из 2001. године) наведена су у даљем тексту са укупним бројем и називима локација:

- Регион I (1 локација) - Баваниште - примио је убедљиво највећу количину ^{137}Cs и стога је издвојен као засебан регион.

- Регион II (4 локације) - Јужни Банат (јужно од реке Тамиш). Припадајућа насеља су: Црепаја, Иланца, Делиблато и Вршачки Ритови. Заједно са I регионом ово је најзагађеније подручје Војводине.
- Регион III (24 локације) - обухвата рубне делове Војводине, а у Јужном Банату подручје Вршачких планина и реке Тамиш. Припадајућа насеља су: Вршац, Бока, Падина, Идвор, Орловат, Руско Село, Инђија, Римски Шанчеви, Сремска Митровица, Ривица, Рума, Вишњићево, Моровић, Шид, Бачко Ново Село, Кула, Параге, Богојево, Српски Милетић, Руски Крстур, Алекса Шантић, Гаково, Палић и Хоргош. У овом региону је интензитет загађења сигурно најмањи у Војводини.
- Регион IV (20 локација) - централни део Војводине у смеру меридијана у сливовима Тисе, Криваје, Чика, Бегеја, реке Јегричке и крајњег југа Војводине у алувијалној равни реке Саве. Припадајућа насеља: Жедник, Торњош, Србобран, Надаљ, Каћ, Петроварадин, Попинци, Доњи Товарник, Купиново, Жабал, Бечеј, Кумане, Зрењанин, Маглић, Бегејци, Торда, Кикинда, Црна Бара, Санад и Банатско Аранђелово. После Јужног Баната, ово је следећи регион у погледу загађености радиоцеизијумом.

Регионализација Војводине помоћу вредности кластер анализе (табела 5.4) је приказана на слици 5.12 - А упоредо са дистрибуцијом падавина током период од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године (В) и просторном дистрибуцијом површинске дистрибуције ^{137}Cs у земљиштима Војводине током 2001. године (С).



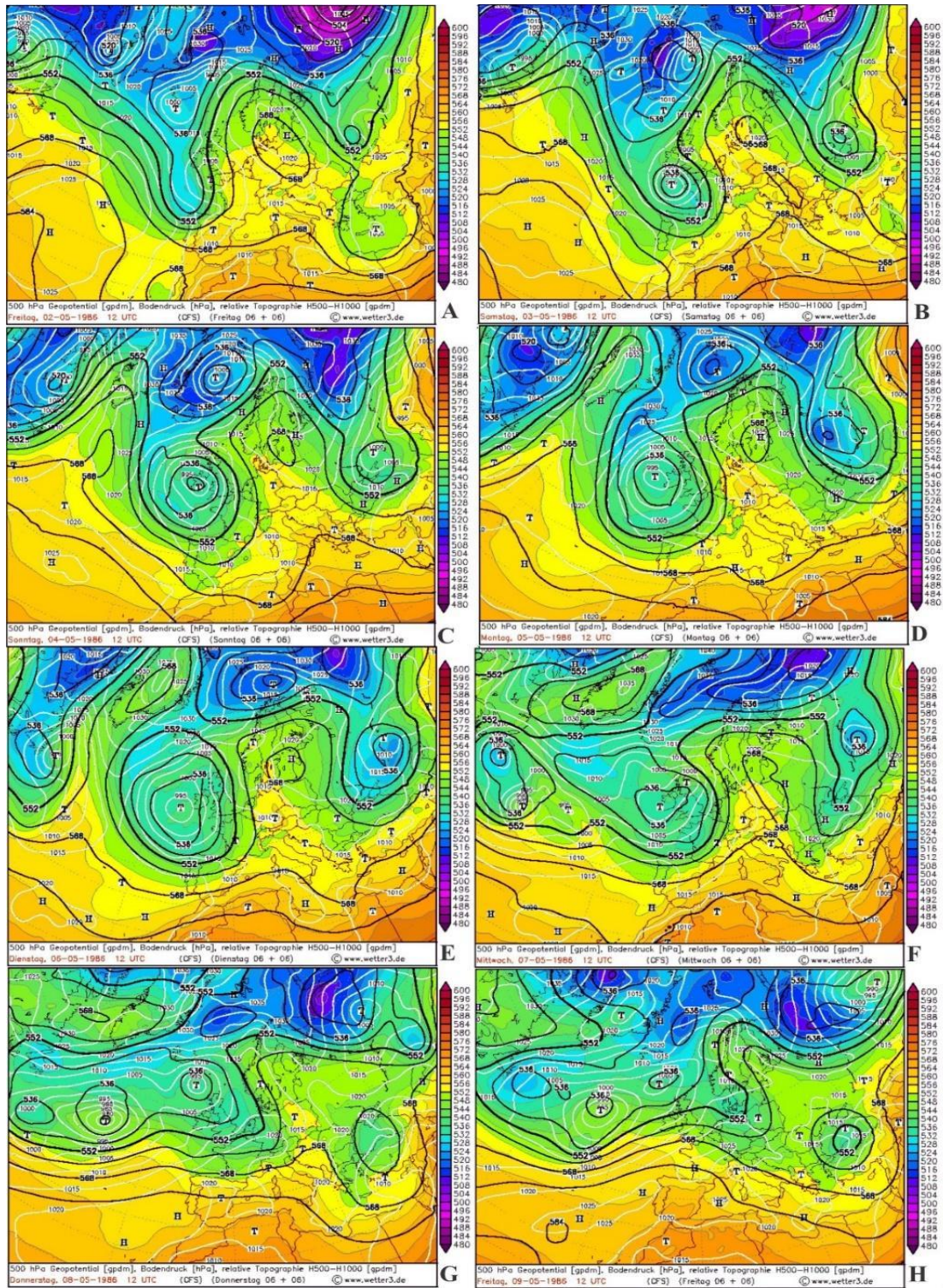
Слика 5.12. Регионализација Војводине помоћу кластер анализе (А); дистрибуција падавина током период од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године (В) и просторна дистрибуција површинске дистрибуције ^{137}Cs у земљиштима Војводине током 2001. године (С) (Kalkan et al., 2020).

Prec. station	Cluster	Region	¹³⁷ Cs [Bq m ⁻²]	Precipitation [mm]	Cluster members inside the region
Bavanište	1	I	630.7	22.53	2
Vršacki Ritovi	1	II	558.5	37	
Deliblato	2	II	323.4	41	4
Ilandža	2	II	211	47.4	
Crepaja	2	II	200.7	9.6	
Rusko Selo	2	III	225.9	12.7	
Maglić	3	III	65.4	19	11
Gakovo	3	III	80.3	50.1	
Indija	3	III	76.8	45	
Aleksa Šantić	3	III	76.8	4.2	
Bačko Novo Selo	3	III	68.8	7.4	
Horgoš	3	III	12.6	7.3	
Idvor	3	III	82.6	6.17	
Kumane	3	III	78	6.7	
Rimski Šančevi	3	III	79.1	6.9	
Sremska Mitrovica	3	III	67.7	8.5	
Srpski Miletić	3	III	73.4	6.6	
Kač	4	IV	92.9	20	20
Kula	4	III	89.5	27.5	
Palić	4	III	95.2	7.4	
Rivica	4	III	97.5	29.6	
Ruma	4	III	88.3	6	
Srbobran	4	IV	103.2	18.5	
Ban. Arandelovo	4	IV	97.5	10.4	
Bečej	4	IV	100.9	15.4	
Bogojevo	4	III	105.5	3.2	
Boka	4	III	118.1	12.9	
Donji Tovarnik	4	IV	107.8	12.9	
Morović	4	III	89.5	11.2	
Orlovat	4	III	110.1	8.8	
Parage	4	III	107.8	0.5	
Ruski Krstur	4	III	88.3	3.1	
Sanad	4	IV	106.7	13.9	
Šid	4	III	86	8.6	
Tornjoš	4	IV	114.7	7.4	
Višnjićevo	4	III	92.9	9.4	
Zrenjanin	4	IV	97.5	10.6	
Begejci	5	IV	147.9	22.9	12
Nadalj	5	IV	152.5	25	
Torda	5	IV	177.8	31.8	
Vršac	5	III	144.5	17.8	
.....	5	IV	127.3	27.6	
Padina	5	IV	141.1	49.3	
Zabalj	5	IV	120.4	52	
Crna Bara	5	IV	137.6	12.7	
Kikinda	5	IV	134.2	9.4	
Kupinovo	5	IV	136.5	14	
Petrovaradin	5	IV	158.3	12.5	
Popinci	5	IV	131.9	5.6	

Слика 5.13. Кластер анализа падавина у Војводини током кишног периода од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године (Kalkan et al., 2020).

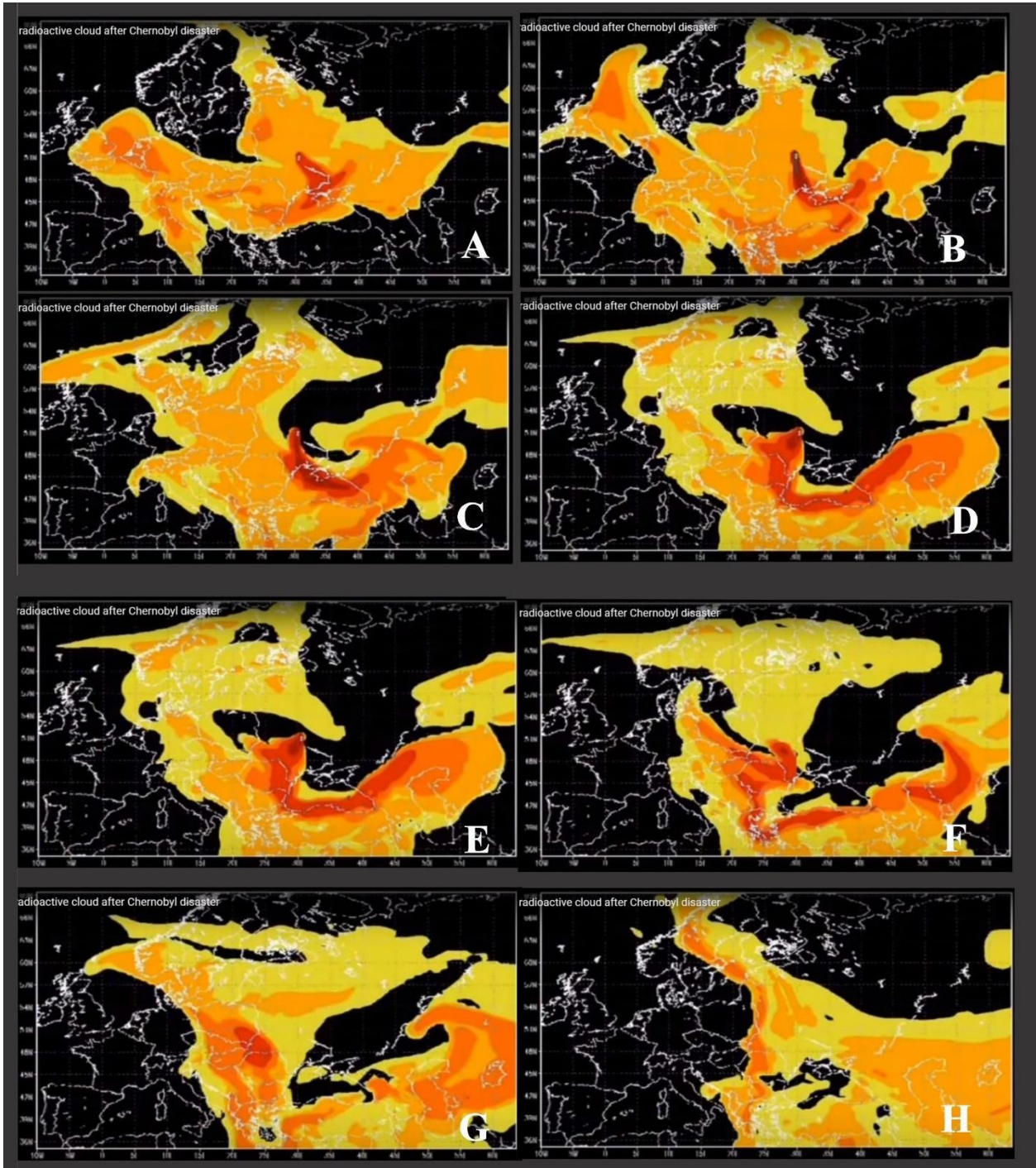
Иако депозиција ^{137}Cs претежно потиче од падавина, размотрен је и ефекат висинских ветрова који би у одређеној мери могли допринети транспорту и депозицији радиоцезијума. Правци висинских ветрова за Војводину реконструисани су на основу синоптичких карата Европе за период од 2. маја до 9. маја 1986. године немачке метеоролошке службе - (*Deutcher Wetterdienst, DWD*) и резултата симулације радиоактивног облака од стране француског Института за радио-заштиту и нуклеарну сигурност (*Institute de Radioprotection et de Surete Nucleaire, IRSN*) за исти период.

На Слици 5.13 је приказано 8 синоптичких карата, где свака карта приказује баричка поља на нивоу мора, на висини од 500 hPa и релативну топографију поља (500-1000) hPa за период од 2. маја до 9. маја, 1986. године свака 24 сата са почетком у 00 UTC (*Coordinated Unoversal Time*). Временске прилике у Европи могу се најједноставније описати као веома сложене за поменути период. Како су првенствено од значаја били временски услови на висини од 500 hPa, види се да постоје два дубока баричка поља (циклони), једно на западу, а друго на истоку Европе, док је снажни барички гребен (антициклон) обухватио централне делове континента, који се одржао готово током читавог посматраног периода. Важно је напоменути да је на регион Војводине највише утицао антициклон, где су превладавали слаби градијенти притиска. Применом геострофске апроксимације (Gavrilov, 1985) процене правца ветрова на основу изгледа баричког поља може се установити да су ветрови изнад Војводине били слабији него у другим деловима континента. То не значи да је подручје нашег истраживања било мање изложено загађивању, већ значи да су услови загађења били спорији (слика 5.8). Због општих услова, јак циклон у источној Европи апсорбовао је контаминацију са подлоге и пренео је на висину до 500 hPa. Одатле се висинским ветровима загађење ширило унаоколо. Део загађења који је доспео у зону слабијих ветрова у северној Србији присилно је спуштен на површину Војводине на два начина: (а) општом ниспоном циркулацијом (спуштањем ваздуха) на баричком гребену чијим је утицајем наш регион био изложен и (б) претходно описаним падавинама од 2. маја и 9. маја 1986. године (слика 5.14).



Слика 5.13. Синоптичке карте за Европу¹⁰ у периоду од 2. маја до 9. маја 1986. године (http://www1.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html?fbclid=IwAR0A_D5CuqH0hNXCK-BHt1e4-pG_114_DJ4vPZTRs9X71XGvHuJ4uHKVZKY)

¹⁰Беле изобаре представљају притисак на тлу (средњи ниво), црне изобаре представљају геопотенцијал од 500 mb (hPa), а легенда у боји са стране представља релативну топографију (разлику у висини изобарских површина 500 mb и 1.000 mb).



Слика 5.14. Трајекторије радиоактивног облака по данима (2-9. мај 1986. године) (<https://www.irsn.fr/EN/publications/thematic-safety/chernobyl/Pages/The-Chernobyl-Plume.aspx>).

5.7 ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА И ЗАКЉУЧЦИ

Завршна фаза овог истраживања односила се на упоређивање постојећих података о концентрацијама активности ^{137}Cs у узорцима животне средине прикупљених у периоду непосредно након Чернобилске катастрофе, током маја и јуна 1986. године. У питању су узорци траве и површинског слоја земљишта измерени гама-спектрометријски у Лабораторији за нуклеарну физику Природно-математичког факултета у Новом Саду (Vikit i sar., 1987). Главни проблем идеје о упоређивању ових података са резултатима претходно представљених кластер анализа и регионализације је врло мали број доступних локалитета мерења, као и датуми узорковања изван периода пресудног за формирање просторне расподеле ^{137}Cs на територији Војводине - кишног периода од 2. маја до 5. маја и од 7. до 21. маја 1986. године. Због тога су за поређење узети само узорци за период од 2. маја до 5. маја 1986. године. Да би подаци били упоредиви, одвојене су станице са расположивим подацима за период од 2. маја до 5. маја, а затим су узете њихове укупне вредности количине падавина. Упоредиво је било свега 5 станица (Суботица, Сомбор, Нови Сад, Рума и Вршац) које су и анализирале (табела 5.4).

Табела 5.4. Поређење максималних активности концентрације ^{137}Cs у узорцима траве и земљишта у референтном периоду од 2. маја до 5. маја 1986. године са укупном количином падавина за тај период и активности концентрације ^{137}Cs мереног у земљиштима Војводине током 2001. године на истим локацијама.

Локација узорковања	^{137}Cs у земљишту [Bq kg ⁻¹]	^{137}Cs у трави [Bq kg ⁻¹]	Количина падавина (1986. године) [mm]	^{137}Cs у земљишту (2001. године) [Bq kg ⁻¹]
Нови Сад	113±29	680±147	5	13,8±1,6
Вршац	244±60	1963±378	19	48,7±2,4
Сомбор	28±32	488±110	6	6,4±0,8
Рума	97±26	1291±272	0	7,7±0,9
Суботица	13±10	427±121	4	8,3±0,9

(Извор: Kalkan et al., 2020).

Вредности максималних концентрација активности ^{137}Cs у узорцима земљишта и траве из 1986. године и узорцима земљишта из 2001. године са истих локација корелиране су са укупним падавинама за исти период (табела 5.5). Све корелације су статистички значајне на нивоу значајности од 0,01.

Табела 5.5. Пирсонови коефицијенти корелације за анализиране променљиве.

2-5. мај 1986	¹³⁷ Cs у земљишту (1986) [Bq kg ⁻¹]	¹³⁷ Cs у трави (1986. година) [Bq kg ⁻¹]	Падавине (1986. година) [mm]	¹³⁷ Cs у земљишту (2001. година) [Bq kg ⁻¹]
¹³⁷ Cs у земљишту (1986. године) [Bq kg ⁻¹]	1,00	*	*	*
¹³⁷ Cs у трави (1986. године) [Bq kg ⁻¹]	0,92	1,00	*	*
Падавине (1986. године) [mm]	0,78	0,67	1,00	*
¹³⁷ Cs у земљишту (2001. године) [Bq kg ⁻¹]	0,92	0,84	0,95	1,00

(Извор: Kalkan et al., 2020).

На основу доброг слагања горе представљених просторних расподела на шта указују њихови коефицијенти корелације, може се закључити да је ово истраживање просторних расподела ¹³⁷Cs у земљишту Војводине и количина падавина из маја 1986. године дало статистички задовољавајуће корелације.

6. ИСТРАЖИВАЊА ЕРОЗИЈЕ ЗЕМЉИШТА ТИТЕЛСКОГ ЛЕСНОГ ПЛАТОА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ^{137}Cs И $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$

Деградиција¹¹ плодног земљишта процесом ерозије представља један од највећих глобалних проблема заштите животне средине и одрживог развоја у условима пораста светске популације. Потреба за брзом и прецизном оценом брзине ерозије и депозиције фаворизује у последње време примену алтернативних метода које се заснивају на техникама мерења радиоактивности земљишта за разлику од дуго-временских конвенционалних метода. У овом истраживању коришћена је гама-спектрометријска анализа садржаја радиоцезијума, ^{137}Cs и неподржаног олова, $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у узорцима вертикалних земљишних профила за квантификацију ерозивних процеса ТЛП на подручју Војводине. Дуж комплексног система јаруга код геолокалитета Лесна пирамида код Титела, у југоисточном делу ТЛП у близини реке Тисе узето је 8 репрезентативних вертикалних профила земљишта код којих је у слојевима дебљине 1 cm испитан садржај радионуклида. Брзине ерозија земљишта су процењене коришћењем два конверзиона модела: модел вертикалне дистрибуције, PDM (*profile distribution model*) и дифузиони и миграциони модел, DMM (*diffusion and migration model*) за необрађивано земљиште. Добијене вредности брзине ерозије земљишта употребом PDM су у опсегу од $-2,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ до $-2,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ и ове вредности су упоредиве са публикованим резултатима сличних студија (Michalik, 2017; Jurian et al., 2012; Petrović et al., 2016) у региону. Вертикалне дистрибуције природних радионуклида у земљишним профилима су такође дискутоване и упоређене са вертикалном дистрибуцијом $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ мерења. Употреба DMM за конвертовање активности $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у брзине редистрибуције земљишта показује нешто већу брзину ерозије у износу од $-3,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ са 98 % односом транспортованог седимента.

6.1 ЕРОЗИЈА ЗЕМЉИШТА КАО ХАЗАРД

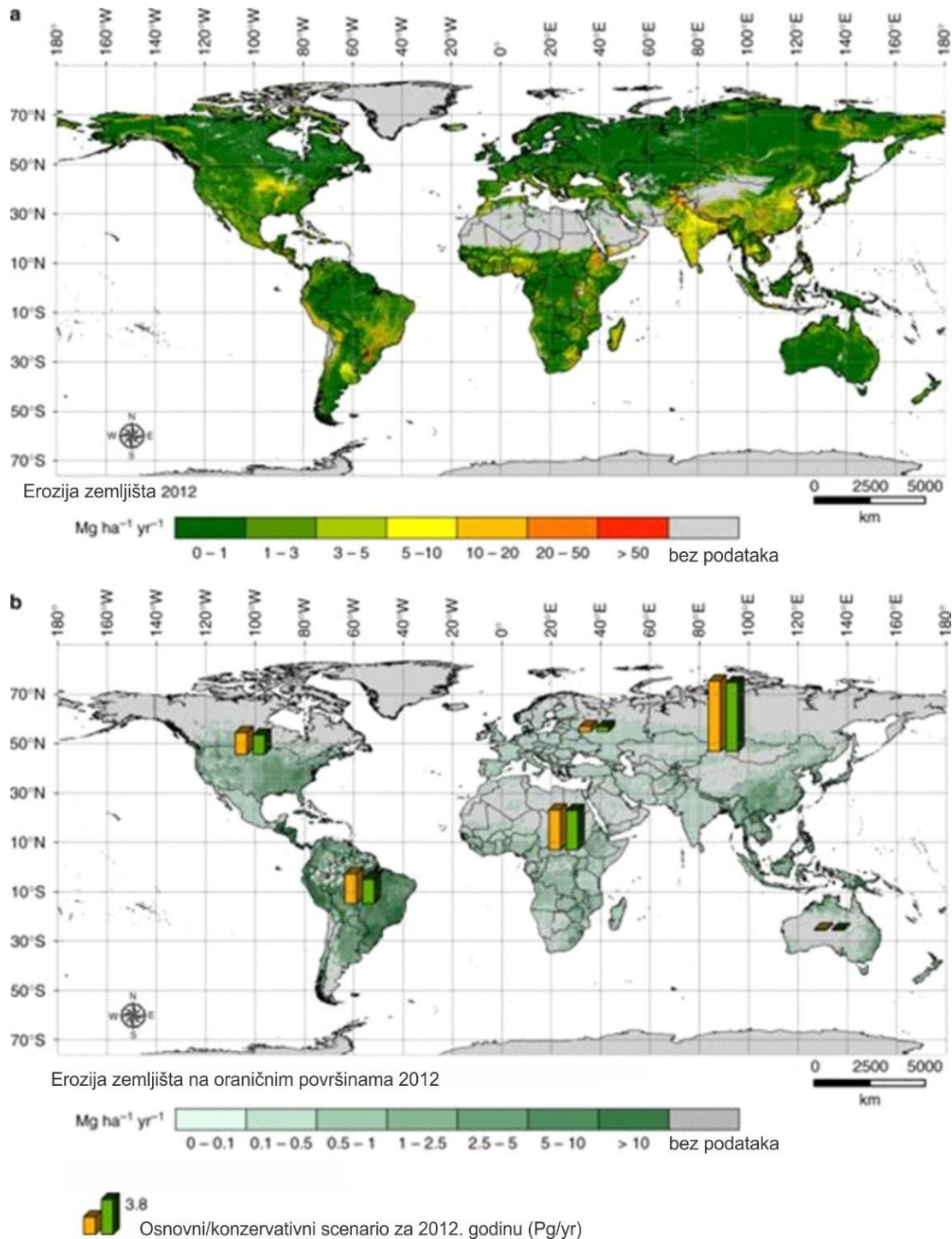
Ерозија земљишта је резултат узајамног деловања природних фактора (карактеристике топографије, климе, земљишта, врте покривености тла...) и антропогеног фактора. Годишњи губици земљишта и степен деградиције земљишта су у последњих неколико деценија у појединим деловима света значајно порасли као последица убрзане човекове активности и постали значајан проблем животне средине (Gosić et al., 2020).

Сваке године око 10 милиона ha обрадивог земљишта на глобалном нивоу се изгуби само ерозијом и то неколико пута брже него што је потребно за његово обнављање (Pimentel, 2006). Директне последице ерозије земљишта су редукована пољопривредна производња и пораст плављења у хидролошким системима услед интензивне седиментације (Walling and Quine, 1993). Тренутне брзине губитка земљишта су неодрживе и имају тенденцију вишеструког пораста у будућим околностима.

Према скорашњим истраживањима, око 80 % светског обрадивог земљишног фонда погођено је умереном до јаком ерозијом, док је 10 % погођено слабом до умереном ерозијом (Mabit et al., 2014). У студији Borgelli и сарадника (2017), вршена су процене просторних и временских утицаја на коришћење земљишта на глобалном нивоу применом RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) модела. Утврђено је да државе у развоју имају највеће

¹¹ У контексту погоршања квалитативних особина земљишта - нарушавању плодности, моћности, десертификацији и повећаној осетљивости на поплаве, климатске промене и убрзаног деловања од стране човека (Jie et al., 2002).

стоје ерозије земљишта у свету (слика 6.1 - А). У периоду од 2001. године до 2012. године дошло је до повећања брзине ерозије за 2,5 % услед промена у начину коришћења земљишта, односно до експанзије површина под обрадивим земљиштем. Са тим у вези, највеће промене у коришћењу земљишта предвиђају се у Субсахарској Африци, Јужној Америци и Југоисточној Азији. На слици 6.1 – Б представљени су годишњи губици земљишта за 2012. годину у свету на обрадивим површинама (Borrelli et al., 2017).



Слика 6.1. Просторне карактеристике ерозије земљишта на глобалном нивоу током 2012. године (250×250 m) (Borrelli et al., 2017, измењено).

Тренутни социјални и економски проблеми повезани са ерозијом и деградацијом земљишта створили су хитну потребу за добијањем тачних информација о величинама брзине ерозије пољопривредног земљишта ради унапређивања стратегија њиховог очувања. Традиционалне технике праћења брзине ерозије земљишта имају бројна ограничења у погледу репрезентативности података, временске и просторне резолуције, трошкова, дугорочних мерења са великим несигурностима (Guzman et al., 2013). Бројни конверзиони модели за прорачуне ерозије и акумулацију земљишта развијени су током последњих 50 година имали су за циљ да превазиђу поменута ограничења или да процене брзину ерозивних процеса у пределима где не постоје таква мерења, користећи расположиве параметре који се директно одражавају на њихову прецизност (IAEA, 1993). Такви су емпиријски и полуемпиријски модели (e.g. *Universal Soil Loss Equation, USLE, Erosion-Productivity Impact Calculator, EPIC, Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation, ANSWERS, Water Erosion Prediction Project, WEPP, Revised Universal Soil Loss Equation RUSLE, European Soil Erosion Model, EUROSEM*) различите сложености, створени су како би се узели у обзир просторни и временски образац променљивих као и однос између њих. Слично томе, резолуција и поузданост излазних података су у уској вези са резолуцијом и поузданошћу улазних података (Bihari and Deszo, 2011). Из ових разлога, потреба за новим методама за процену дугорочних и краткорочних брзина ерозије и акумулације земљишта довела је до развоја алтернативних приступа као што је употреба радионуклида који се таложе из атмосфере и везују за минерале глине и органску материју у земљишту, као што су фисиони продукт ^{137}Cs и природни радионуклид $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ који није у равнотежи са низом, налазе све већу примену за процену брзине ерозије и депозиције земљишта (Zapata, 2003; Mabit et al., 2017). Овакви радионуклиди су ослобођени и транспортовани у атмосфери и таложењем доспевају и адсорбују се у површинском слоју земљишта за финије честице катјонском разменом (глина и органска материја) (IAEA, 2014; Mabit et al., 2017; Maina et al., 2018), одакле се ерозијом редистрибуирају локално што даје могућност да се прецизно одреди ерозија/депозиција земљишта на годишњем нивоу. Концентрација радионуклида који су на овај начин доспели у земљиште опада са дужином јер њихова дифузија у дубље слојеве зависи од низа различитих процеса, као што су: распад ових радионуклида, механичко спирање водом или ветром, упијање од стране биљака - биотурбација, хемијски процеси и сл. (Krstić et al., 2004).

Због дугог периода полу-распада од 30,17 година и брзе и јаке сорпције на честицама земљишта, цезијум ^{137}Cs представља оптимални трасер ерозије. Такође детекција овог радионуклида гама-спектрометријском методом (на основу једне интензивне гама линије од 661,7 keV) у узорцима из животне средине је релативно брза и једноставна без потребе за компликованим хемијским припремама узорака (Bikit et al., 2005; Poreba and Bluszcz, 2009). Радиоцезијум ^{137}Cs , као фисиони продукт, постаје део глобалних атмосферских таложења од проба нуклеарног оружја са максималном депозицијом цезијума у 1963. години (Walling and Quine, 1993; Walling et al., 2003). За време ових тестирања ^{137}Cs доспева у стратосферу одакле се постепено таложи на целој Северној хемисфери и само делом на Јужној хемисфери (Fulajtar et al., 2017). За разлику од нуклеарних проба, радиоцезијум ослобођен за време нуклеарних акцидената има локални карактер и његова депозиција је снажно условљена метеоролошким приликама и падавинама (Poreba et al., 2003). Најбољи пример за ово тврђење је акцидент у Чернобилу (Hu et al., 2010), приликом којег је површинска контаминација имала нехомоген карактер и зависила од путања радиоактивних облака и падавина у конкретним областима у дато време протекло од акцидента (UNSCEAR, 1988). Према Атласу просторне дистрибуције резидуалних нивоа површинске депозиције цезијума из прве половине 1986. године непосредно пре самог акцидента у Чернобилу, средње вредности површинске контаминације цезијумом за подручје бивше Југославије су се кретале у опсегу од 2,5 kBq m⁻² до 3,0 kBq m⁻² (Cort et al., 1998).

Постојале су три фазе у кретању радиоактивног облака из Чернобила изнад Европе (Bogojević et al., 2016). Радионуклиди испуштени у атмосферу између 01. и 05. маја 1986. формирали су три радиоактивна облака која су се кретала јужно од Чернобила прелазећи преко бивше Југославије, Грчке и западне Турске, да би затим били скренути ветровима према Скандинавији. Упркос чињеници да највећи број студија широм света истиче нуклеарно тестирање као најважнији извор радиоцезијума у животној средини, средње вредности измерене површинске депозиције ^{137}Cs током 1986. након акцидента на просторима бивше Југославије (од $0,8 \text{ kBq m}^{-2}$ у зони минималне контаминације до 83 kBq m^{-2} у зони максималне контаминације) показују ипак да је таложење из атмосфере након Чернобилја дало велики допринос укупној депозицији ^{137}Cs у нашем региону (Nivoi radioaktivne kontaminacije čovekove sredine i ozračenost stanovništva Jugoslavije 1986. godine usled havarije nuklearne elektrane u Černobilju, 1987).

У алувијалном земљишту, радиоцезијум продире дубље у вертикалном профилу већином због високог садржаја воде, растреситог земљишта и веће заступљености ситније гранулометријске фракције (Ciszewski et al., 2008). Да би се превазишла ова ограничења ^{137}Cs методе, могуће је користити методу одређивања $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ као додатног алтернативног трејсера ерозије (Zapata, 2003; Walling et al., 2003). ^{210}Pb је природни радионуклид, потомак у радиоактивном низу ^{238}U настао распадом гасовитог радона ^{222}Rn , директног потомка радијума ^{226}Ra . Дифузијом радон напушта земљиште и доспева у атмосферу где се распада до ^{210}Pb чије накнадно таложење представља константну акумулацију овог радионуклида у површинском земљишту и седименту што доводи до нарушавања равнотеже са негасовитим претком ^{226}Ra . То је разлог зашто се ова наталожена компонента назива "неподржано" или "у вишку" олово. Период полу-распада ^{210}Pb од 22,26 година је такође упоредив са периодом полу-распада ^{137}Cs , али предност методе одређивања $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ је непостојање проблема у интерпретацији порекла депозиције (дилема између нуклеарних проба и нуклеарних акцидентата), пошто овај радионуклид није физиони продукт.

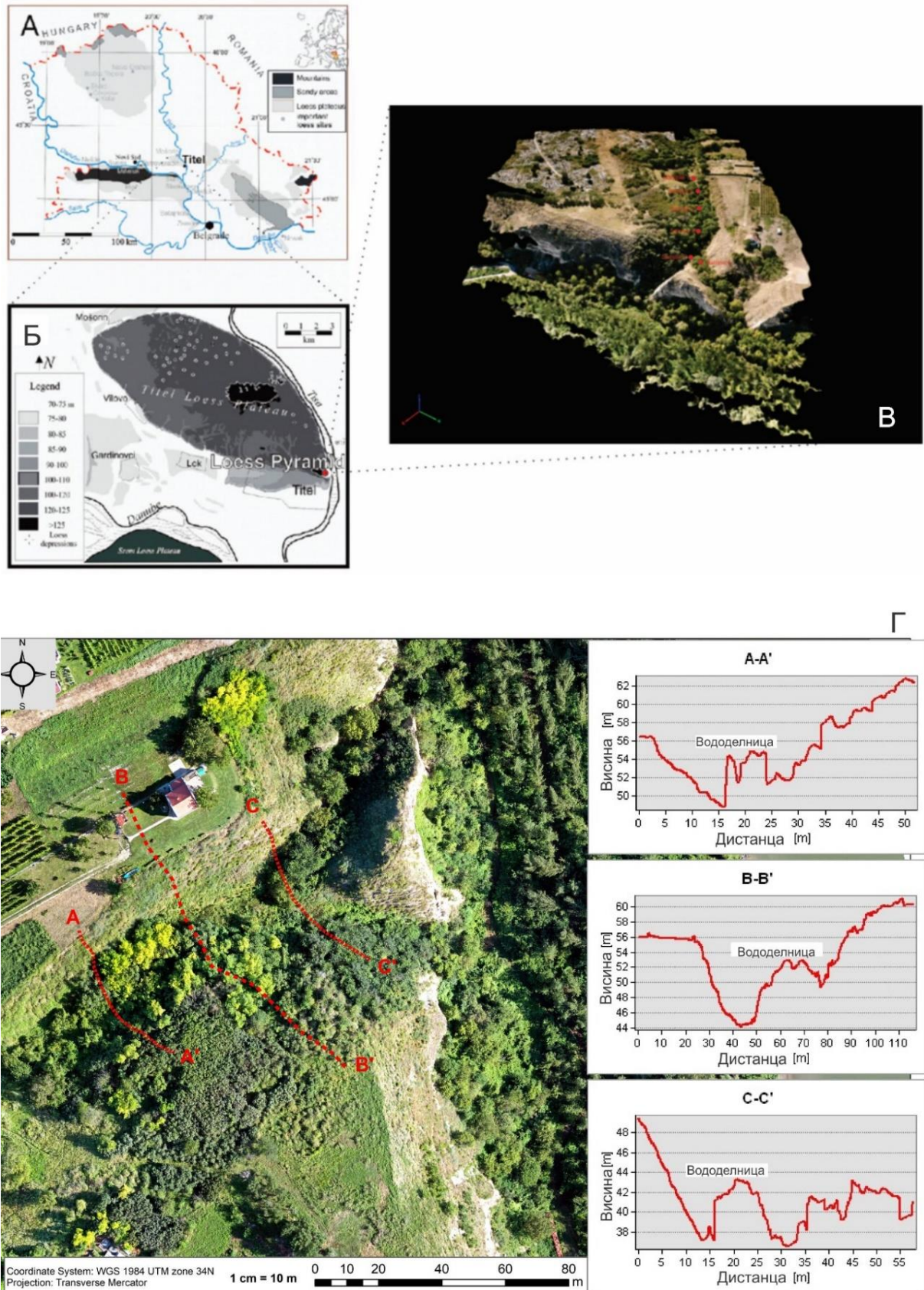
Главни циљ овог истраживања је примена ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ за квантификацију ерозивних процеса на примеру одабраних земљишних узорака у комплексном систему јаруга код геолокалитета Лесна пирамида код Титела (Vjelajac et al., 2015) у југоисточном делу Тителског лесног платоа. ТЛП представља палеоклиматски и палеоеколошки доказ о постојању последњих пет глацијалних и интерглацијалних циклуса који су се јавили током последњих 650.000 година (Marković et al., 2012). На основу ове али и других природних и друштвених карактеристика, Тителски плато је проглашен за Специјални резерват природе (Буторац и сар., 2011). Идеја овог истраживања је да се по први пут на овом простору који представља јединствену геоморфолошку целину истражују брзине ерозивних процеса на непоремећеном, необрађеном земљишту у циљу контроле и праћења губитака земљишта пролувијалном ерозијом. Иако је плато под интензивном пољопривредном активношћу, до сада нису рађене студије прецизне процене брзине ерозије и деградације земљишта платоа, нарочито не за јаруге као доминантног рељефног облика на његовим ивичним деловима.

Иако је метода радиоцезијума највећу примену нашла у студијама на обрадивом земљишту, применљива је и у случају усмереног кретања воде - у браздама и јаругама (Zapata, 2003). У свом иницијалном облику бразде у свом попречном профилу имају растресит слој земљишта који није потпуно однешен. Уколико су усечене на обрадивим површинама често су подвргнуте орању. У таквим условима оне временом постају зоне акумулације седимената јер се приликом орања постојећа пукотина у земљишту испуњавају новим земљиштем непосредног окружења. У случају јаруге (које не могу бити подвргнуте орању) у обрадивом земљишту мале моћности, радиоцезијум је обично у великом износу однешен када ова техника није препоручљива (осим у случајевима акумулационих зона у циљу праћења развоја конкретне јаруге). Могућност примене ^{137}Cs у јаругама необрадивог

земљишта је препоручљива уколико јаруга поседује земљиште за које се везао ^{137}Cs у површинском слоју за време нуклеарних акцидената (Zarata, 2003).

6.2 ОПИС И ОДАБИР ЛОКАЛИТЕТА ИСТРАЖИВАЊА

Некадашње долине, данас јаруге доминанти си рељефни микрооблици на ивици платоа. Јаруге на североисточној, источној и југоисточној страни платоа сачуване су у свом изворном облику, односно нису нарушене антропогеним утицајем колико су на јужним и западним деловима платоа. Зато су обрасле густом вегетацијом, веома неусаглашених профила корита, нарочито у свом доњем делу који се одсеком завршава према инундациној равни реке Тисе. Попречни профил корита има изглед латиничног слова V. Стране јаруге су у горњем делу јаруга развучене, док су у доњем прилично уске. Такве су управо две јаруге на 233 m северно од насеља Тител, код гео-локалитета Лесна пирамида (слика 6.2 - А, Б и В). Тај систем јаруга одабран је за истраживање ерозивних процеса. Ове две јаруге одвојене су релативно ниском вододелницом просечне ширине од 2 m (слика 6.2 - Г).



Слика 6.2. Географски положај Тителског лесног платоа на геоморфолошкој карти Војводине (А) и Б) (Marković, et al., 2005, измењено), подручје истраживања са узоркованим профилима (В) (Kalkan et al., 2020) и попречни пресек система јаруга са јасно израженом вододелницом (Г).

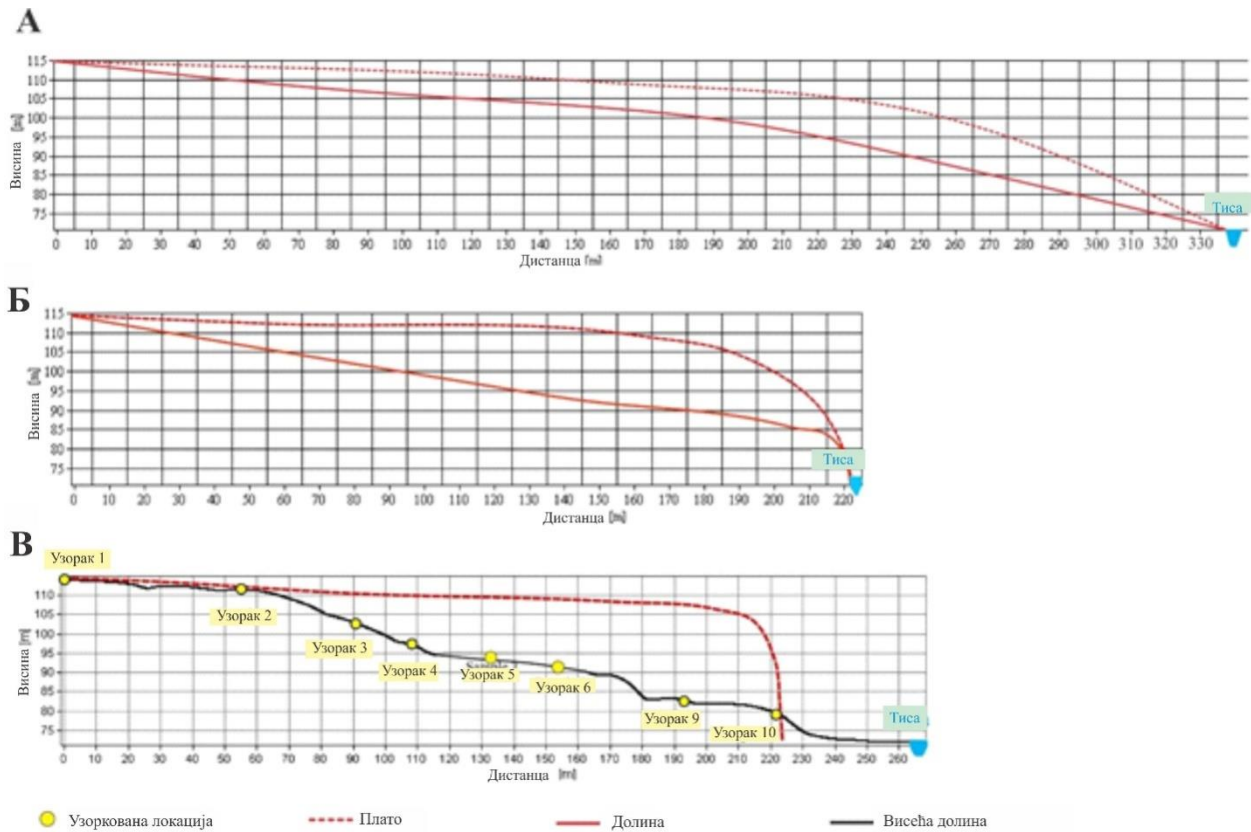
Овај систем јаруга, као и све јаруге Тителског лесног платоа настале су на исти начин током Холоцена. У првој фази еволуције истраживаних јаруга егзистирале су долине чији су доњи делови корита имали блажи пад према реци Тиси него је то случај данас (слика 6.3 - А). Са флукуацијом климе и преласком на влажнију и топлију фазу, ниво реке Тисе у почиње да расте, па је њено корито мигрирало према унутрашњости платоа, подсецајући га бочно.

Те две долине код гео-локалитета Лесна пирамида (слика 6.2 - В, Г) првобитно су биле притоке веће, прото долине оријентисане ка Тителској лесној тераси (према којој су оријентисане највеће долине (односно јаруге) у близини Титела. Са преласком на влажнију климатску фазу и порастом водостаја, Тиса је својом ерозијом уништила прото-долину и довела до промене у дренажи од југа према истоку. Тако су притоке бивше долине постале притоке реке Тисе (Marković et al., 2008; Marković et al., 2015). Како је процес флувијалне ерозије напредовао, ове две долине постајале су међусобно ближе, нарочито у чеоном, изворишном делу услед интензивног снижавања развођа између њих, продубљивања њиховог корита и регресивног усецања (Bukurov, 1976).

Услед дугорочне изложености вертикалној ерозији, корито Тисе је уравњено, а доњи део долине је нарушен утицајем бочне флувијалне ерозије (слика 6.3 - Б). Са постепеним снижавањем нивоа Тисе у последњој фази еволуције, корито Тисе се постепено повлачи према првобитној позицији. Са повлачењем воде настале су нове рељефне форме: висеће долине на месту где је долина нагло пресечена, а непосредно испод ње створена је мања алувијална равна - на месту некадашњег Тисиног корита. Ови рељефни облици задржани су све до данас (Marković et al., 2008; Marković et al., 2015) (слика 6.3 - С). Са преласком на сувљу, трећу фазу еволуције, ове висеће долине су фосилизоване јер у њима нема активних токова (изузев бујичних токова за време јаких киша) па су доминантно изложене утицају плувијалне и пролувијалне ерозије чиме су преображене у нови еволутивни рељефни облик - јаруге.

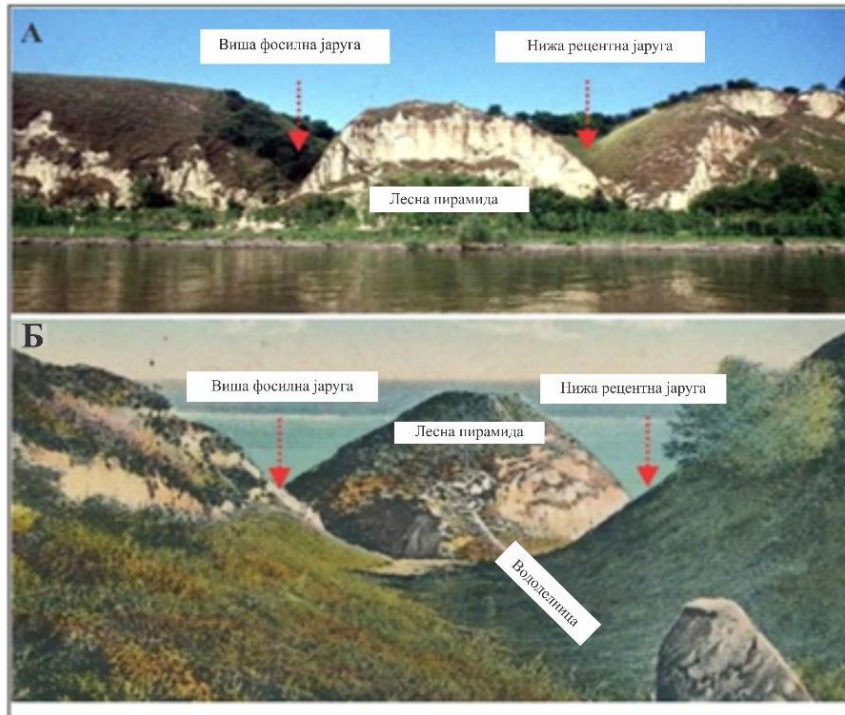
Са друге стране, на основу резултата геохемијске анализе (Buggle et al., 2011) утврђено је да лесна пирамида није резултат акумулационог дејства те две висеће долине што указује да није настала процесом растварања подземних слојева земљишта¹², већ да одувек постоји на том месту што иде у прилог оваквом сценарију еволуције.

¹² Бочном ерозијом воде долази до растварања мање отпорног земљишта испод повлатног, отпорнијег слоја земљишта на ерозију. Подсецањем мање отпорног земљишта испод повлатног слоја, долази до постепеног урушавања повлатног слоја земљишта при чему се долази до регресивног усецања зачеља будуће јаруге, а њени низводни делови корита представљају зону акумулације еродираних материјала. Са напредовањем урушавања повлатних слојева, градијент протока воде се повећава узрокујући бржи проток воде и (вертикално и бочно) ширење пукотина које се постепено развијају у корита јаруге. На месту препреке у низводном делу корита јаруге (акумулиран еродирани материјал) вода се рачва на мање токове (Morgan, 2005).



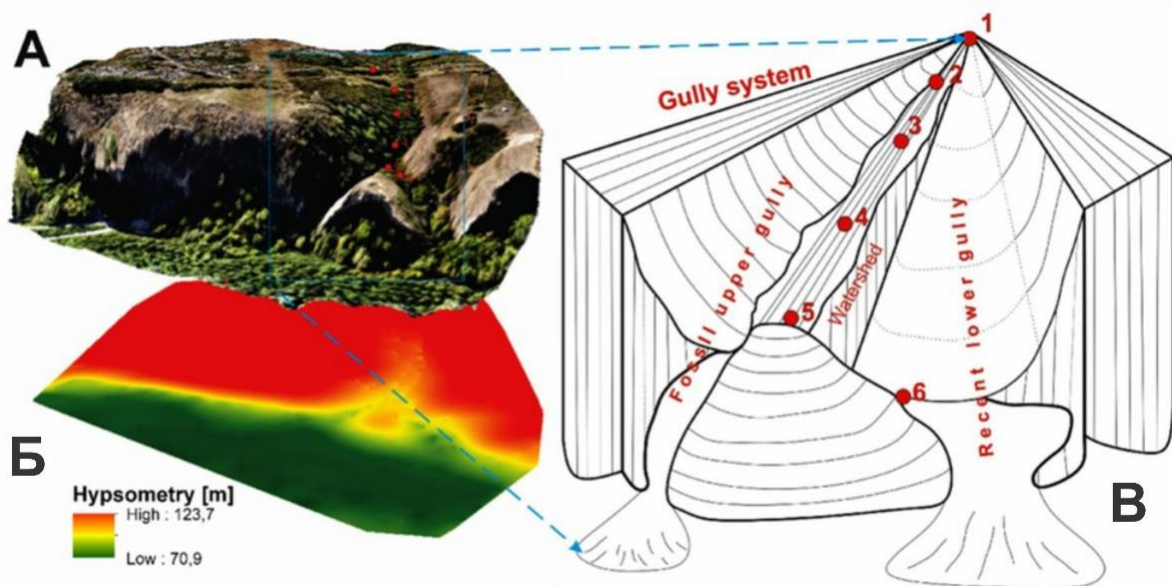
Слика 6.3. Шематски приказ еволуције висећих долина на Тителском лесном платоу: претпостављени изглед долине пре ерозије реке Тисе (А), редукција дужине долине ерозијом реке Тисе (Б) и савремени изглед долине (В).

У старијој литератури (Вукиров, 1976) ове две висеће долине именоване су као Северна и Јужна јаруга. На основу даљинског осматрања и теренског истраживања, дошло се до закључка да је северна јаруга и даље у процесу вертикалног усецања и има прилично неусаглашен уздужни профил, што није толико изражено у случају јужне јаруге. На основу ових карактеристика у новијој литератури употребљени су називи - рецентна нижа јаруга (северна јаруга) и фосилна виша јаруга (јужна јаруга) (слика 6.4 - А, Б). Између њих налази се вододелница просечне ширине око 2 m, која се постпено шири према Лесној пирамиди. Због јачег нагиба вододелнице, предвиђа се појава пиратерије. Зависно од конфигурације терена, једна од поменутих јаруга (долина) заузме читав басен друге јаруге (Вукиров, 1976; Вјелажас et al., 2015).



Слика 6.4. Геолокалитет Лесна пирамида - изглед са стране реке Тисе (А) (Вјелажас et al., 2015, измењено), изглед посматран са ТЛП (В).

Вододелница дужине од 180,0 m и доњи део рецентне ниже јаруге (северне јаруге) дужине од 74,4 m изабран је за узорковање земљишних профила. Укупна дужина нагиба кроз узорковане тачке износи 254,4 m. Пет земљишних профила узорковани су на вододелници и један профил у кориту поменуте јаруге (слика 6.5 - В).



Слика 6.5. Сателитски снимак истраживаног подручја (А) са дигиталним елевационим моделом (Б) и упрошћеним шематским приказом истраживаног система (В) (Kalkan et al., 2020).

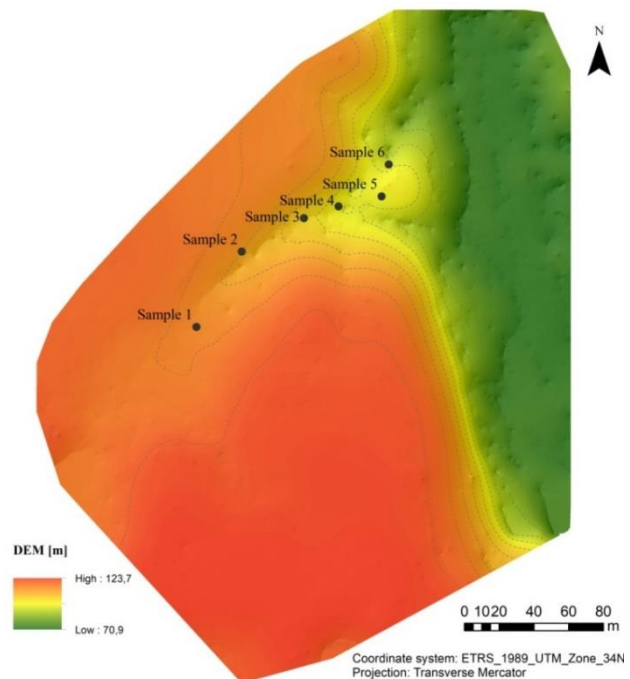
Основни подаци о локацијама са којих су узети земљишни профили (географска ширина, географска дужина, надморска висина и нагиб), као и врста биљног покривача представљена је у табели 6.1.

Табела 6.1. Основни подаци о локацијама узорковања земљишних профила.

Број профила	Гео. ширина [° N]	Гео. дужина [° E]	Надморска висина [m]	Нагиб [°]	Веgetација
1	45,21011	20,30824	118	7,20	Трава
2	45,21050	20,30857	116	5,82	Трава
3	45,21068	20,30902	112	19,75	Трава
4	45,21074	20,30927	107	20,10	Трава
5	45,21079	20,30959	102	13,11	Оскудна трава
6	45,21096	20,30964	101	32,97	Без вегетације
7	45,25142	20,15698	97	0,47	Трава
8	45,25157	20,15680	97	1,26	Трава

GPS координате локација, са којих су узети земљишни профили, су очитане помоћу уређаја Garmin Oregon 450. Дигитални висински модел истраживаног подручја добијен је помоћу софтвера *ArcMap 10.2.1* и приказан је на слици 6.6.

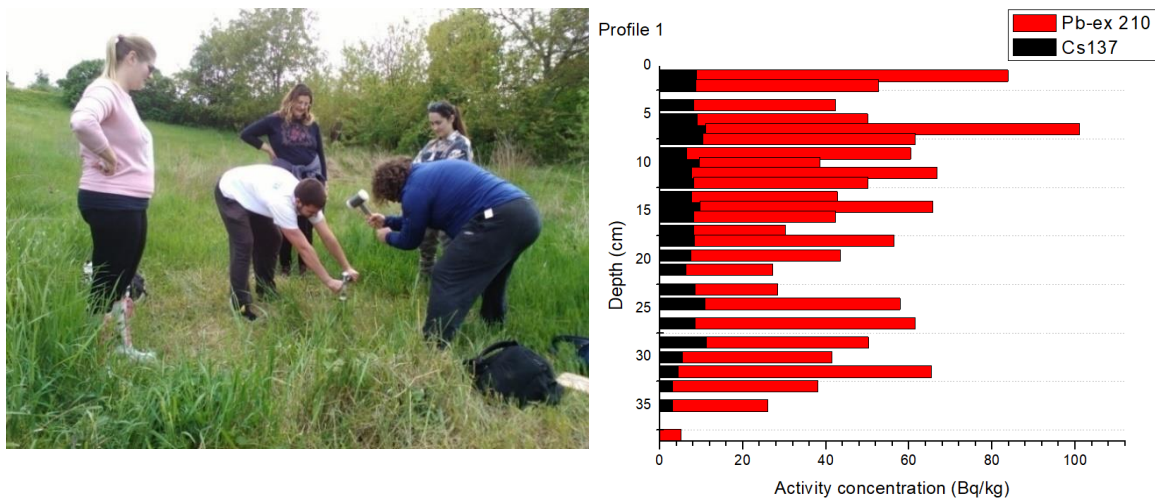
Слика 6.6. Дигитални висински модел испитиваног подручја јаруге са учртаним локацијама узорковања земљишних профила (Kalkan et al., 2020).



У сваком слоју узоркованог профила (дебљине 1 cm), измерена је магнетна суспектибилност и прецизно одређена густина земљишта што је било омогућено самом процедуром одређивања магнетне суспектибилности која подразумева хомогено компактно паковање земљишта из сваког слоја у пластичне контејнере константне запремине 6,4 cm³.

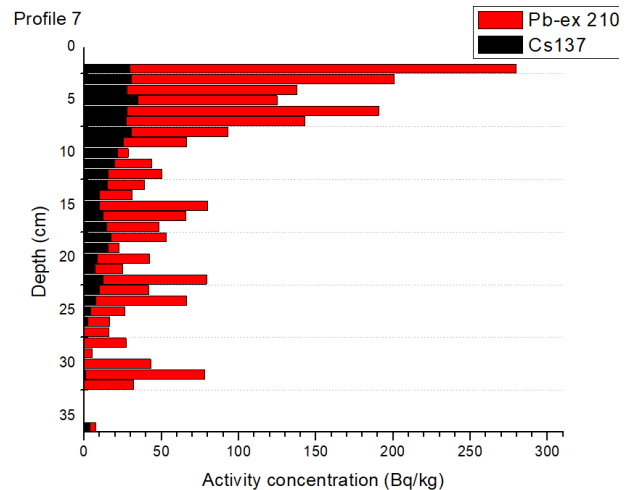
Мерењем масе тако припремљених узорака може се прецизно израчунати густина земљишта.

Земљишни профил бр. 1 налази се изван система јаруга и означен је као потенцијални референтни профил у првој фази истраживања пошто је узет са необрађиваног локалитета у непосредној близини истраживаног јаружастог система (слика 6.7 - лево).



Слика 6.7. Узорковање референтне тачке бр. 1 (лево) са вертикалним расподелама концентрације активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (десно).

Међутим, на основу измерених вредности концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у сваком слоју овог профила и према њиховој вертикалној дистрибуцији (слика 6.7 - десно), дошло се до закључка да крива расподеле не одговара теоријској, односно да конкретни земљишни профил указује на ерозију на основу компарације са инвентаром радиоцезијума осталих 5 профила, али и знатним нагибом у износу од $7,2^\circ$. Услед несигурности у добар одабир референтне тачке, истог дана, узоркована су још два потенцијална референтна профила необрађиваног земљишта на заравњеном терену у југозападном делу Тителског лесног платоа, у близини села Вилово (слика 6.8 - лево). Узорковање је извршено на ивичном, терасастом делу платоа обраслог травом. Иако су у зачељу обрадиве површине, сам ивични локалитет је према карактеру непоремећено земљиште. Добијени вертикални профили испитиваних радионуклида су више одговарали референтној тачки (слика 6.8 - десно).



Слика 6.8. Узорковање референтне тачке бр. 7 (лево) са вертикалним расподелама концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (десно).

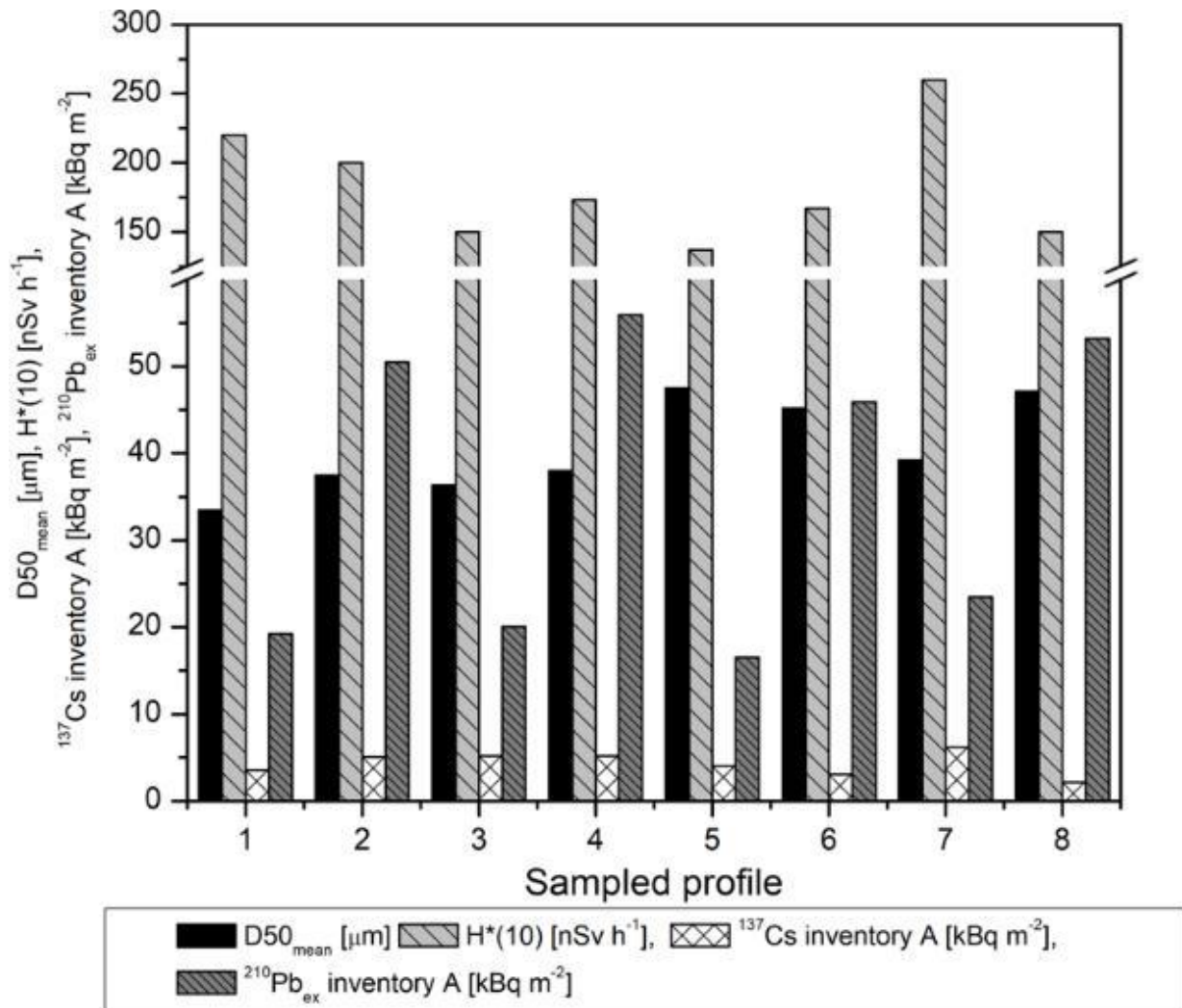
6.3 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Добијени резултати средњег пречника расподеле величине честица земљишта на 50 % у кумулативној расподели D_{50} (μm) са јачинама амбијенталног еквивалента доза $H^*(10)$ [$\mu\text{Sv h}^{-1}$] и резултатима ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ инвентара по сваком узоркованом профилу приказан је у табели 6.2 и слици 6.9.

Табела 6.2. Средња кумулативна дистрибуција величине честица земљишта D_{50} са максималном јачином амбијенталног еквивалента дозе у контактної геометрији са тлом $H^*(10)$ [$\mu\text{Sv h}^{-1}$] и резултатима инвентара ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ за сваки појединачни профил.

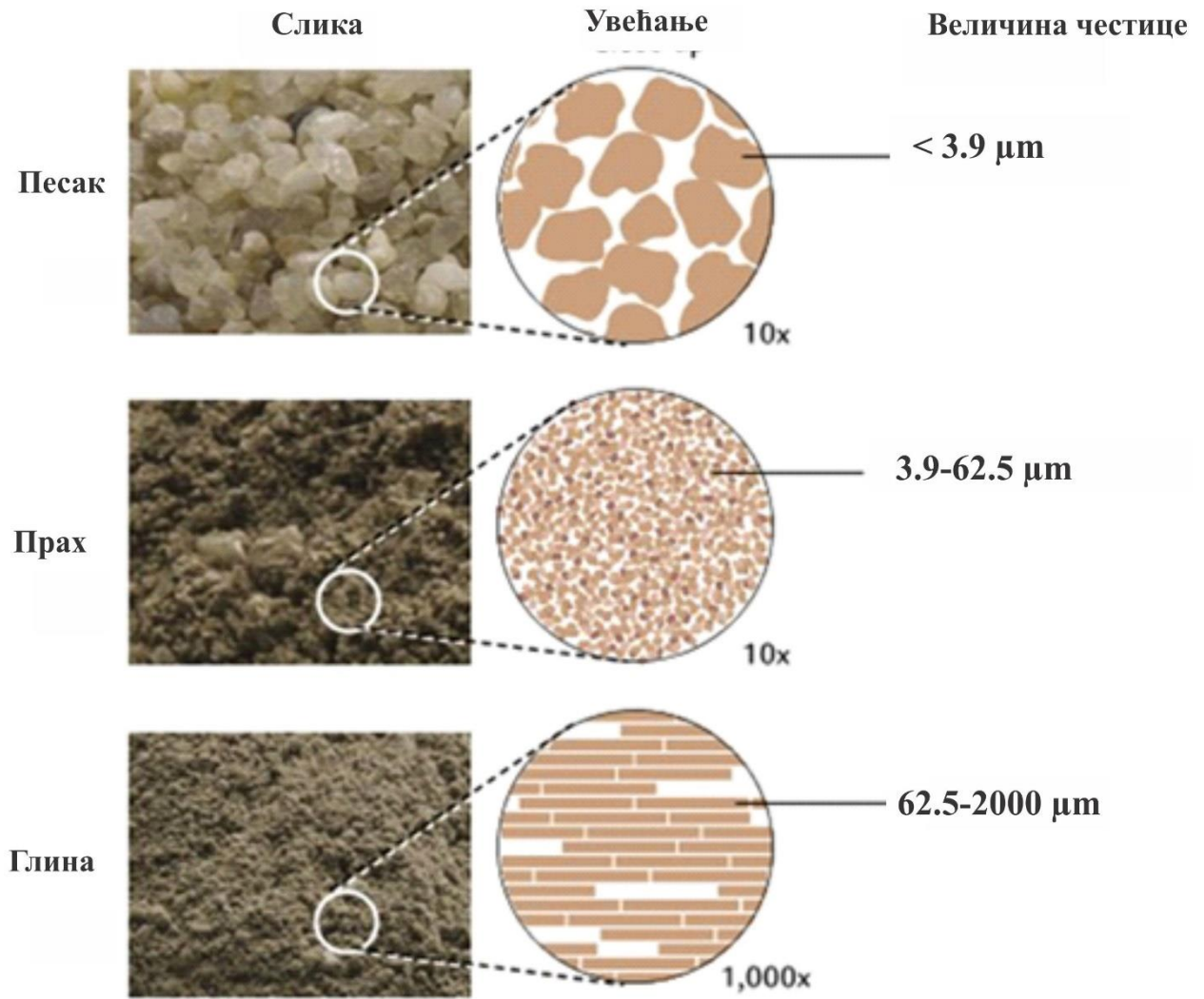
Број профила	D_{50} [μm]	$H^*(10)$ [$\mu\text{Sv h}^{-1}$]	^{137}Cs инвентар A [Bq m^{-2}]	$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ инвентар A [Bq m^{-2}]
1	33,46	0,220	3568	19209
2	37,52	0,200	5090	50484
3	36,34	0,150	5154	20068
4	38,01	0,173	5154	55960
5	47,51	0,137	4025	16520
6	45,24	0,167	3061	45948
7	39,22	0,260	6174	23475
8	47,12	0,150	2128	53234

(Извор: Kalkan et al., 2020).



Слика 6.9. Упоредни приказ средњих величина честица земљишта $D50_{mean}$ (μm), максималне јачине амбијенталног еквивалента дозе $H^*(10)$ (nSv h^{-1}) и инвентара ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{ex}$ (kBq m^{-2}) по узоркованим земљишним профилима (Kalkan et al., 2020).

Дистрибуција гранулометријске фракције испитаног земљишта извршена је на основу Вентвортове скале (USGS, 2006) на пет класа: глина ($<3,9 \mu\text{m}$), прах ($3,9-62,5 \mu\text{m}$), ситнозрни песак ($62,5-250,0 \mu\text{m}$), средњезрни песак ($250,0-500,0 \mu\text{m}$) и крупнозрни песак ($500,0-2.000,0 \mu\text{m}$). Резултати анализе величине честица земљишта за 35 насумично одабраних слојева земљишта из свих земљишних профила (табела 6.3) упућују на доминанто присуство праха и глине, а то су компоненте земљишта са малом способношћу резистенције ерозији земљишта.



Слика 6.10. Изглед фракције глине, праха и песка под микроскопом (http://www.bio.miami.edu/dana/330/330F19_8.html, измењено).

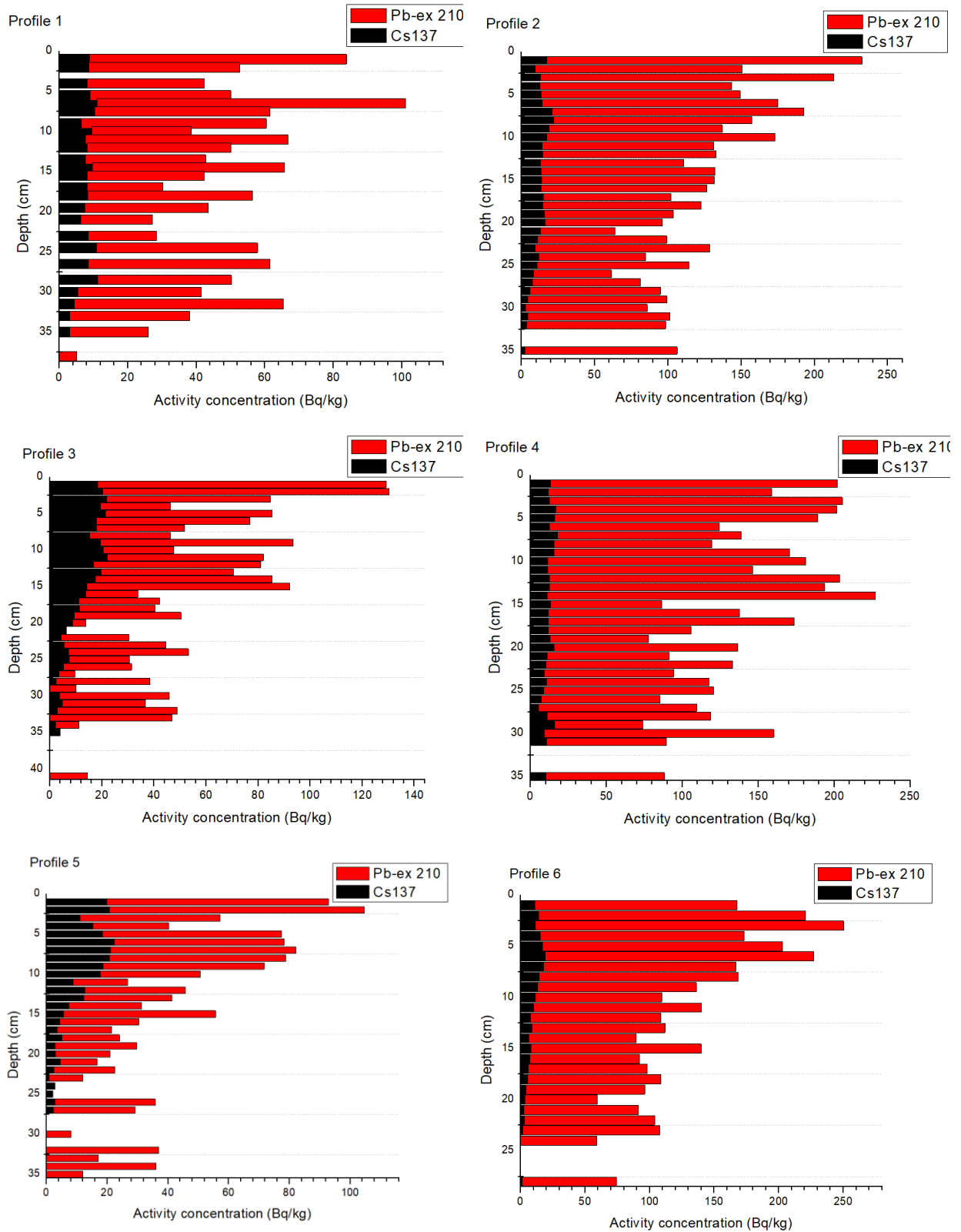
Табела 6.3. Резултати анализе гранулације земљишта по насумично одабраним слојевима земљишта са процентуалном заступљеношћу пет дефинисаних фракција.

Број профила	Дубина [cm]	Глина [%]	Праш [%]	Ситн. песак [%]	Средњ. песак [%]	Крупн. песак [%]	D50 [μm]
1	7	9,48	49,72	16,86	6,35	17,57	48,74
	18	16,92	63,13	15,83	4,03	0,14	26,54
	28	16,16	60,49	14,14	7,43	1,77	28,59
	35	14,77	61,18	16,58	6,29	1,22	29,97
2	4	6,38	59,07	19,93	8,51	6,16	41,78
	13	10,97	57,00	16,08	6,46	9,47	36,78
	18	12,58	57,73	17,75	8,14	3,78	34,81
	29	9,98	58,43	19,46	8,28	3,55	36,71
3	6	9,41	60,00	17,21	6,36	7,03	37,95
	15	9,62	61,34	14,84	7,28	6,96	35,13
	25	11,82	59,94	15,31	5,04	7,88	34,50
	34	10,31	56,81	15,41	5,47	10,55	37,79
4	6	9,87	61,34	18,63	7,80	2,67	36,78
	12	8,87	56,05	17,91	7,45	9,74	42,35
	23	12,30	59,68	14,79	4,23	9,02	34,51
	29	11,29	56,37	14,89	5,29	12,15	38,39
5	5	4,18	59,18	33,61	2,98	0,00	50,37
	14	5,86	57,12	33,36	6,65	0,00	50,25
	21	6,29	57,99	32,64	3,10	0,00	49,11
	32	8,89	60,02	25,03	2,78	0,30	40,29
6	3	5,14	58,03	24,64	7,24	4,92	47,64
	7	6,16	63,01	24,60	5,70	0,51	42,40
	13	7,40	58,52	22,12	8,26	5,17	44,22
	17	6,87	56,49	22,37	6,95	7,28	47,18
	22	7,66	58,63	22,77	6,29	4,62	44,44
	24	8,72	55,38	21,62	7,10	7,13	45,54
7	6	9,98	68,61	16,98	1,27	3,19	29,53
	15	8,23	50,65	13,40	16,46	10,18	46,70
	21	7,13	57,79	41,16	8,30	13,18	43,09
	27	7,24	62,18	9,06	7,24	14,27	36,83
	31	7,29	57,01	10,96	10,42	14,32	39,97
8	4	5,70	52,53	17,20	9,60	14,97	52,35
	9	5,81	50,68	16,24	15,17	12,09	49,66
	16	7,94	61,96	14,69	10,47	4,95	50,72
	30	6,38	50,59	13,68	17,52	11,85	35,77

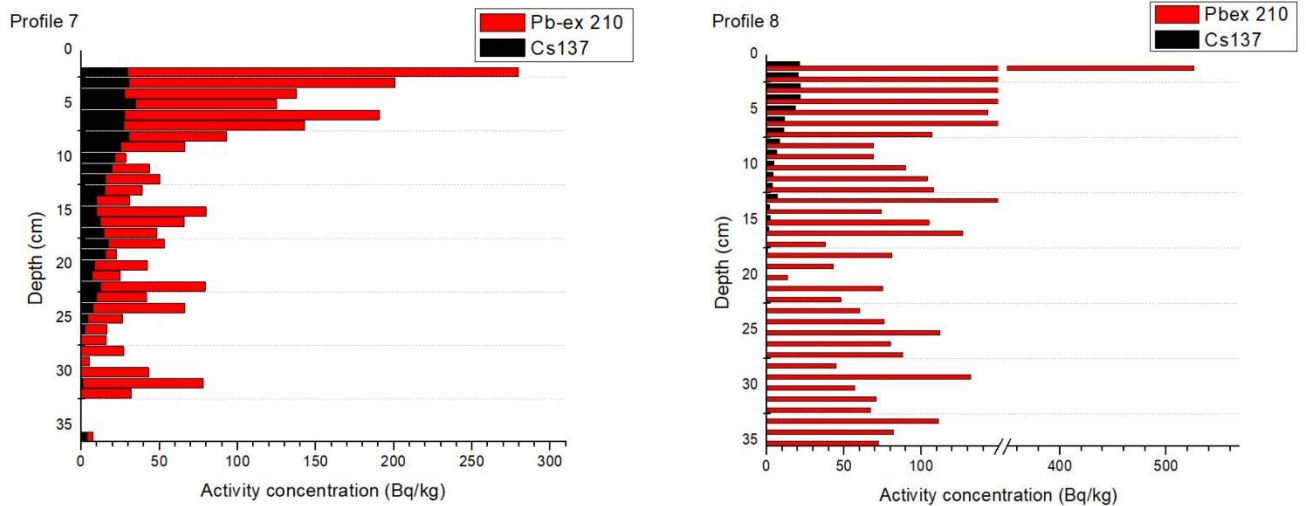
(Извор: Kalkan et al., 2020).

Анализом добијених резултата за гранулометријски састав земљишта по дубинским слојевима, може се уочити да проценат глиновитих честица расте са дубином у скоро свим профилима (изузев референтног профила 7). Таква дистрибуција глиновитих честица се одражава на вертикалну дистрибуцију ^{137}Cs и омогућава продирање цезијумових јона у

дубље слојеве земљишта. Вертикалне дистрибуције измерених концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ за свих 8 профила представљене су графички на сликама 6.11 и 6.12.



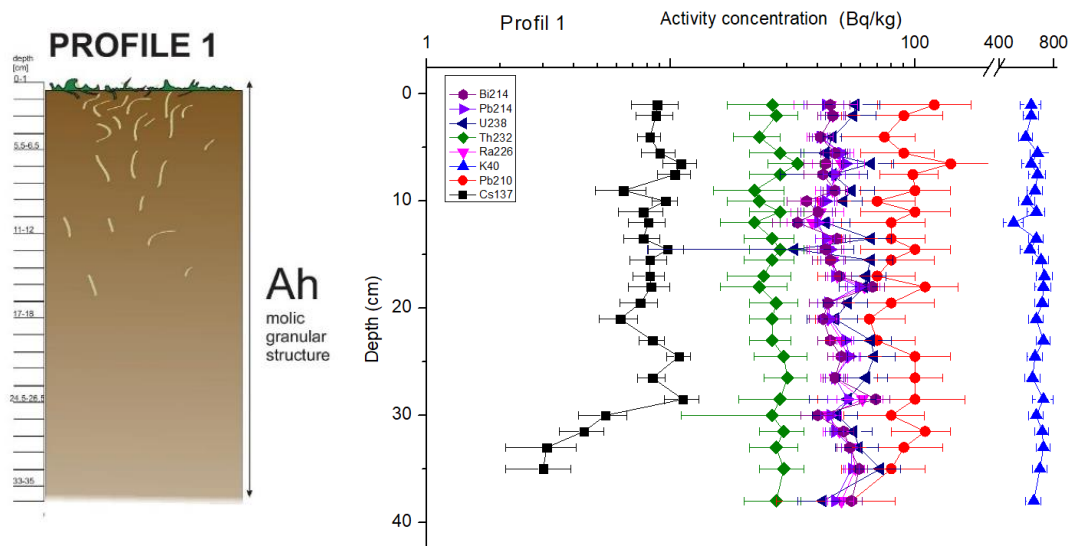
Слика 6.11. Вертикална дистрибуција радионуклида ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у земљишним профилима број 1, 2, 3, 4, 5 и 6 (Kalkan et al., 2020).



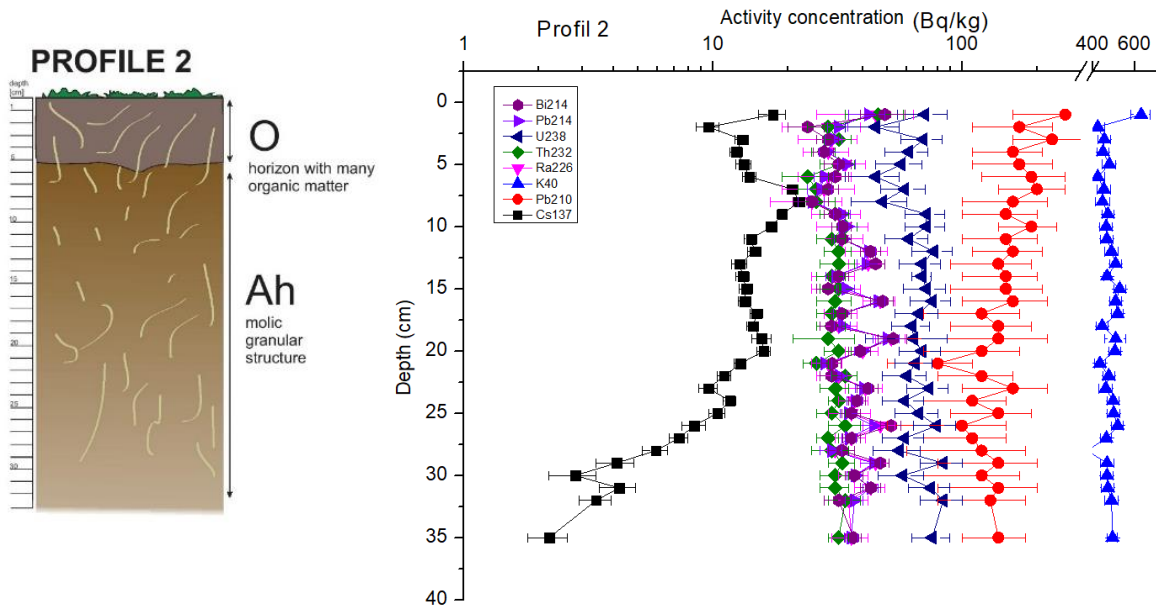
Слика 6.12. Вертикална дистрибуција радионуклида ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у земљишним профилима број 7 и 8 (Kalkan et al., 2020).

Од свих узорака, само узорак 4 показује атипичну вертикалну дистрибуцију активности концентрације ^{137}Cs .

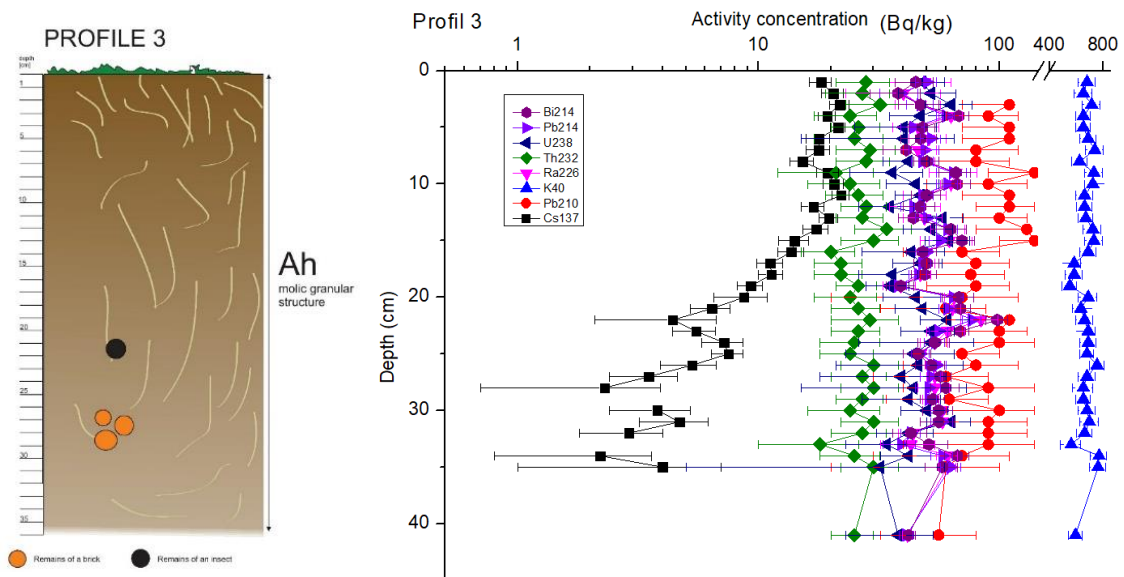
Земљишни хоризонти са вертикалним дистрибуцијама природних радионуклида (^{226}Ra , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{214}Bi , ^{214}Pb и ^{210}Pb) и цезијума, ^{137}Cs , који је антропогеног порекла приказани су упоредо за сваки појединачни земљишни профила на сликама од 6.13 до 6.19.



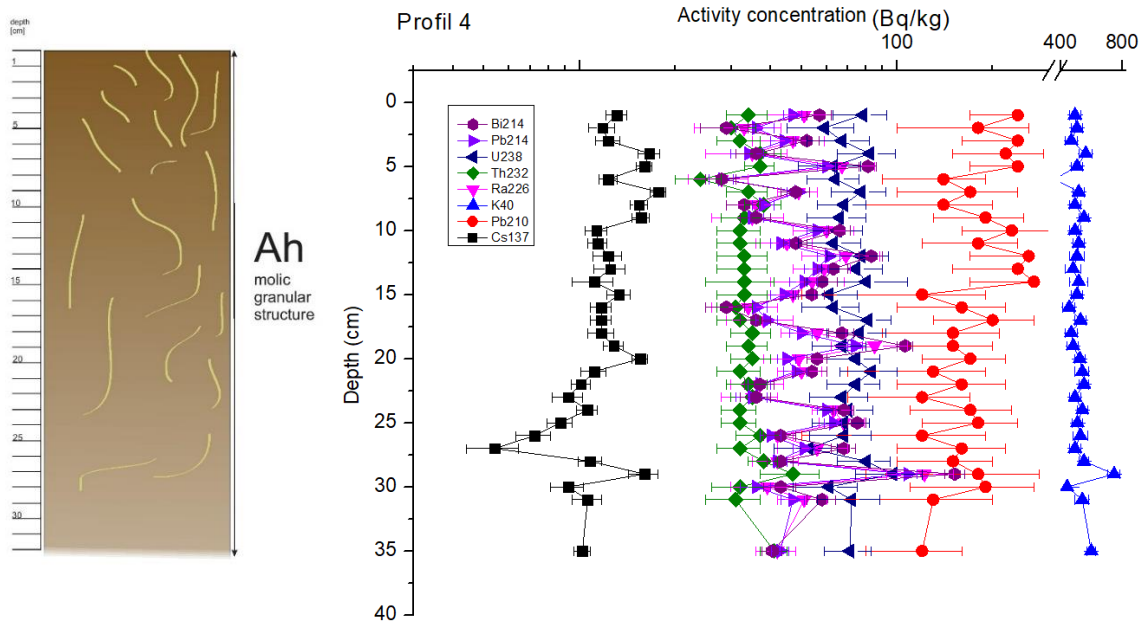
Слика 6.13. Земљишни хоризонт са вертикалном дистрибуцијом детектованих радионуклида гама емитера по слојевима дебљине 1 cm у земљишном профилу бр. 1 (Kalkan et al., 2020).



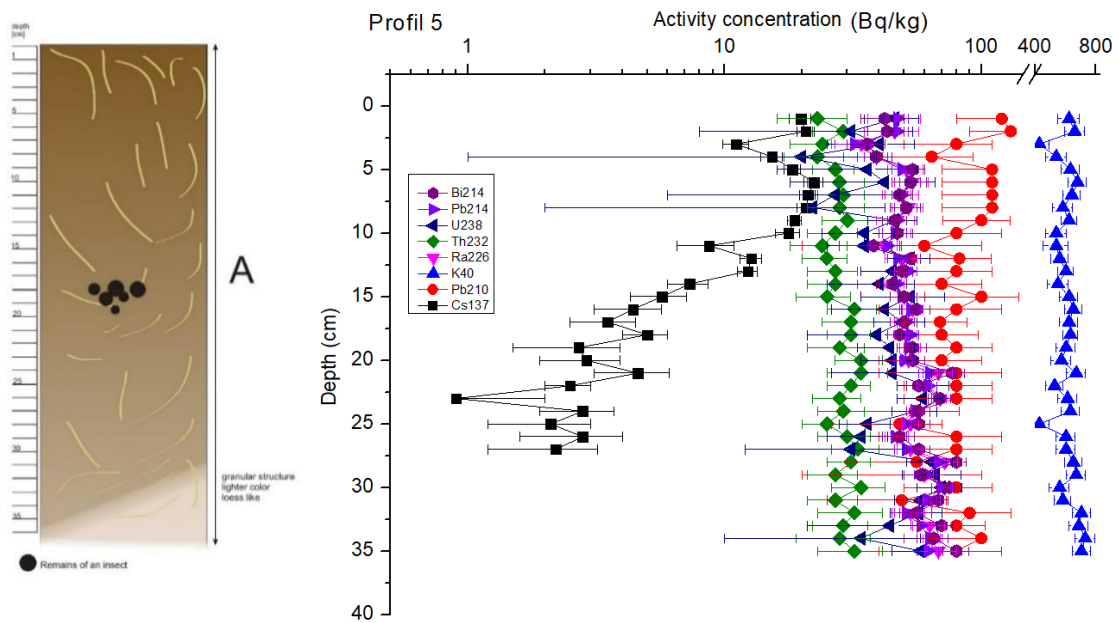
Слика 6.14. Земљишни хоризонт са вертикалном дистрибуцијом детектованих радионуклида гама емитера по слојевима дебљине 1 cm у земљишном профилу бр. 2 (Kalkan et al., 2020).



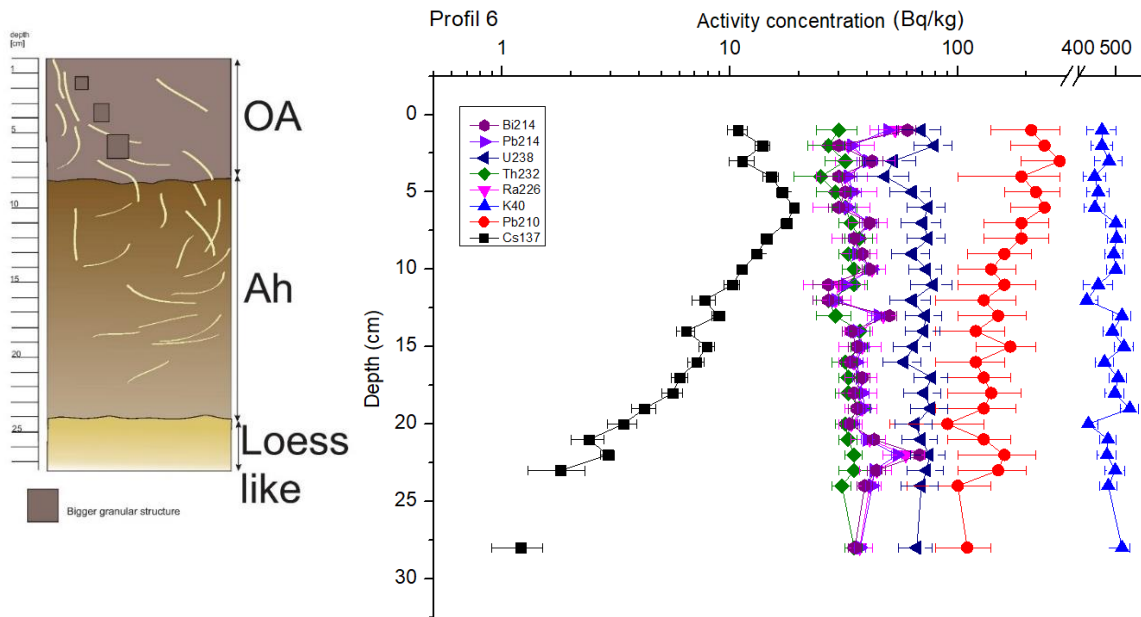
Слика 6.15. Земљишни хоризонт са вертикалном дистрибуцијом детектованих радионуклида гама емитера по слојевима дебљине 1 cm у земљишном профилу бр. 3 (Kalkan et al., 2020).



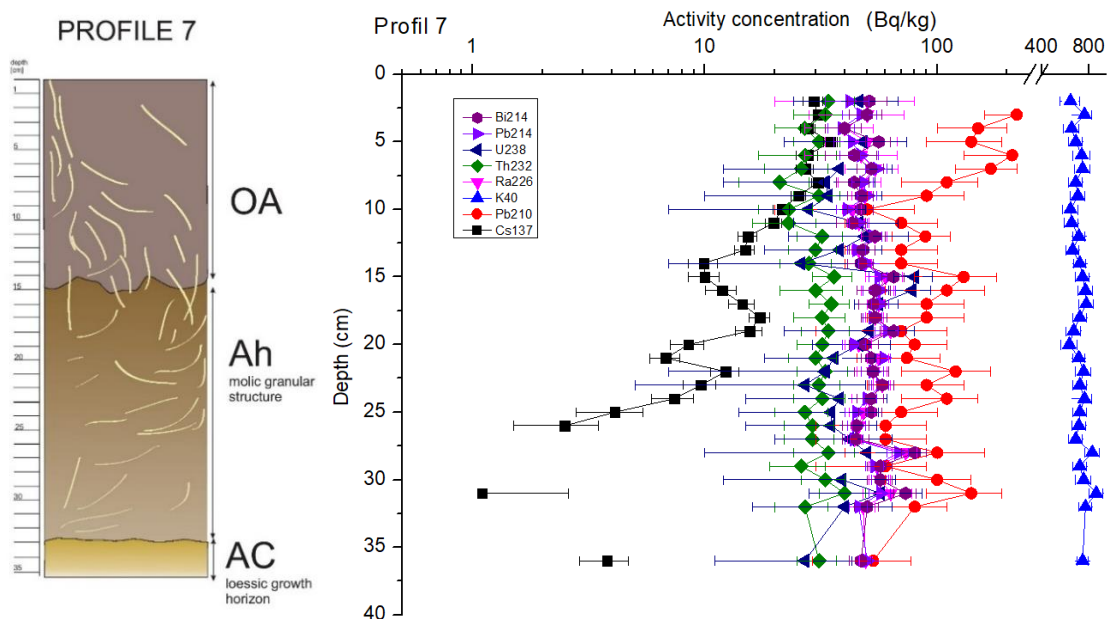
Слика 6.16. Земљишни хоризонт са вертикалном дистрибуцијом детектованих радионуклида гама емитера по слојевима дебљине 1 cm у земљишном профилу бр. 4 (Kalkan et al., 2020).



Слика 6.17. Земљишни хоризонт са вертикалном дистрибуцијом детектованих радионуклида гама емитера по слојевима дебљине 1 cm у земљишном профилу бр. 5 (Kalkan et al., 2020).



Слика 6.18. Земљишни хоризонт са вертикалном дистрибуцијом детектованих радионуклида гама емитера по слојевима дебљине 1 cm у земљишном профилу бр. 6 (Kalkan et al., 2020).



Слика 6.19. Земљишни хоризонт са вертикалном дистрибуцијом детектованих радионуклида гама емитера по слојевима дебљине 1 cm у земљишном профилу бр. 7 (Kalkan et al., 2020).

Сви земљишни профили узорковани су на чернозему карбонатном. Черноземи поседују два до три земљишна хоризонта: најтамнији А хоризонт који обично належе на нешто светлији, прелазни АС хоризонт који належе на матични супстрат С, лес. А хоризонт је минерални хоризонт (песак, прах, глина), али богат хумусом и калијумом па има веома добру структуру. Обично је прожет травом у извором стању, а одликује га зона корења. У зависности од процеса који се у њему догађају, А хоризонт може имати неколико ближих

одредница: p уколико је оран, h за хумусни хоризонт који упућује на плодност чернозема и x за биолошке творевине у њему. Матични супстрат С карактерише лесни, жућкасти хоризонт, без присуства органске материје. Уколико постоји, органски хоризонт, О хоризонт, налази се изнад А хоризонта, а представља слој распаднутих органских остатака. Одликује га тамно браон до црна боја. У њему се најчешће налази трава и ситно корење (FAO, 2006; <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/chernozem>).

Профил 1 је у целини Ah хоризонт, хумусно-минерални хоризонт, којег карактерише тамна боја, моћност и развијени структурни агрегати. У првих 10 cm хоризонта заступљени су остаци корења, а на самој површини свежа трава.

Профил 2 има два изражена хоризонта: О хоризонт (органски хоризонт) у зони првих 5 cm и Ah хоризонт у преосталом делу узорка од 5 cm па до краја узорка. У целини је прожет корењем уз присуство свеже траве у О хоризонту.

Профил 3 је попут првог профила у целини Ah хоризонт са примесама нечистоћа у виду остатака цигле и инсеката који су пронађени у зони од 20-30 cm. Цео узорак је прожет корењем и травом на врху.

Профил 4 има исту структуру попут профила 1 укупне дужине 32 cm, с тим да нема свеже траве на врху узорка, док је целоукупно прожет корењем.

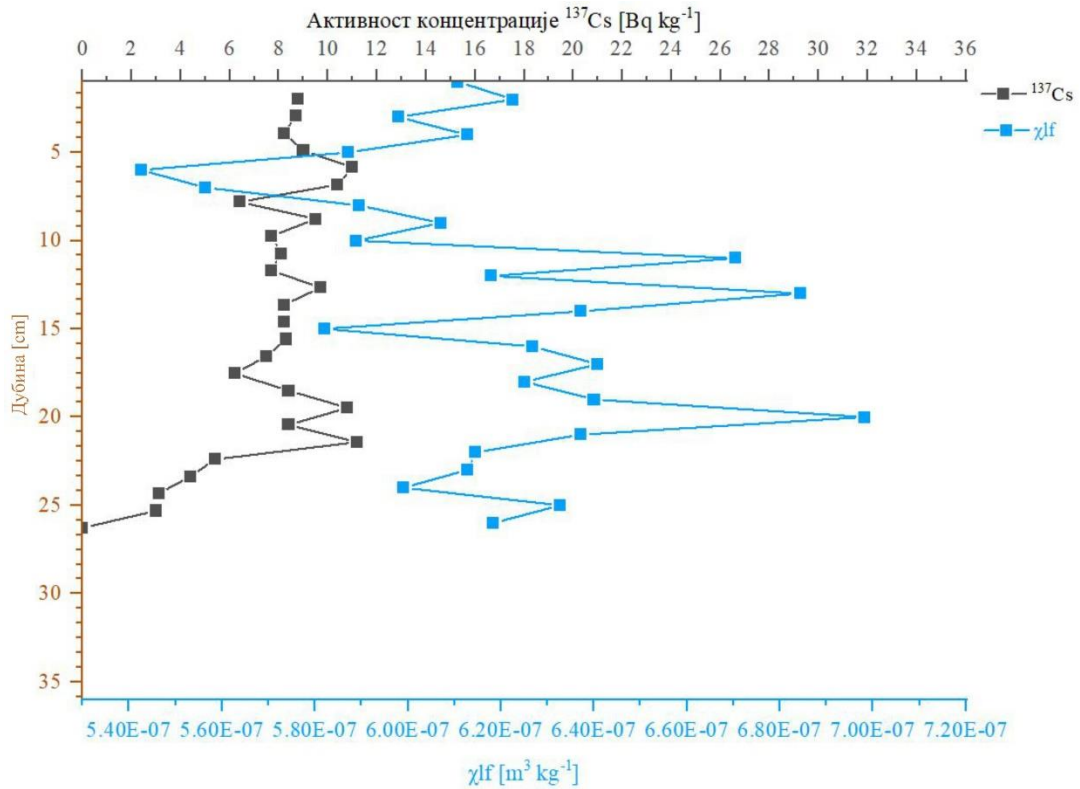
Профил 5 је типичан минерални хоризонт А стабилан органо-минерални комплекс и стабилне структуре. Без свеже траве на врху, прожет корењем. У зони од 20 cm дубине налазе се остаци инсеката. При самом дну профила појављује се нешто светлија боја попут леса грануларне структуре.

Профил 6 има изражена 3 хоризонта. На самом врху у зони до 8 cm налази се прелазни ОА хоризонт са траговима крупнијих агрегата. У зони од 8-25 cm налази се Ah хоризонт, а при дну хоризонт налик лесу, С хоризонт. Прожет је корењем, без траве на врху.

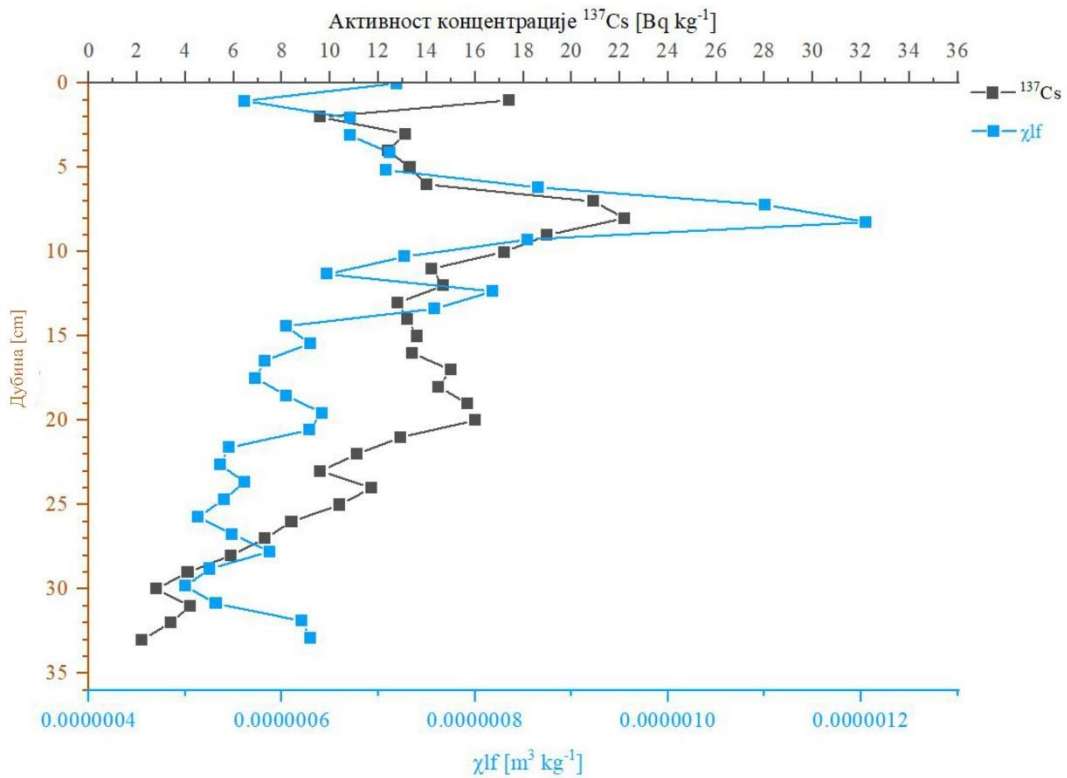
Профили 7 имаја моћнији О хоризонт, што је било и очекивано с обзиром да се налазе ван јаруга, односно на ивичном, терасастом проширењу платоа у области ораничних површина код Вилова. Издваја га и просуство АС хоризонта, односно прелазне зоне између земљишта (минералног хоризонта) и леса (матичног супстрата).

Концентрације активности природних радионуклида детектоване у свим земљишним профилима су у нормалној равнотежи са нивоима у животној средини и крећу се у следећим опсезима: 25-85 Bq kg⁻¹ за ²²⁶Ra, 20-84 Bq kg⁻¹ за ²³⁸U, 18-47 Bq kg⁻¹ за ²³²Th и 372-920 Bq kg⁻¹ за ⁴⁰K. Гранулометријским мерењима је утврђено да је у испитиваним узорцима највише заступљен прах, а нешто мање је присутна и глина. Прах и глина садрже различите минерале са великом моћи адсорпције катјона и анјона, као што су смектит, илит, вермикулит, хлориди, као и оксиди и хидроксиди силицијума, алуминијума, гвожђа и мангана (Krstić et al., 2004). Присуство органске материје редукује моћ адсорпције анјона и утиче на мобилност радионуклида по дубини. Присуство органске материје у земљишту одражава се и на садржај ²²⁶Ra за кога је једино приметна варијација по слојевима која се добро слаже са објављеним радовима на ту тему (Krstić et al., 2004).

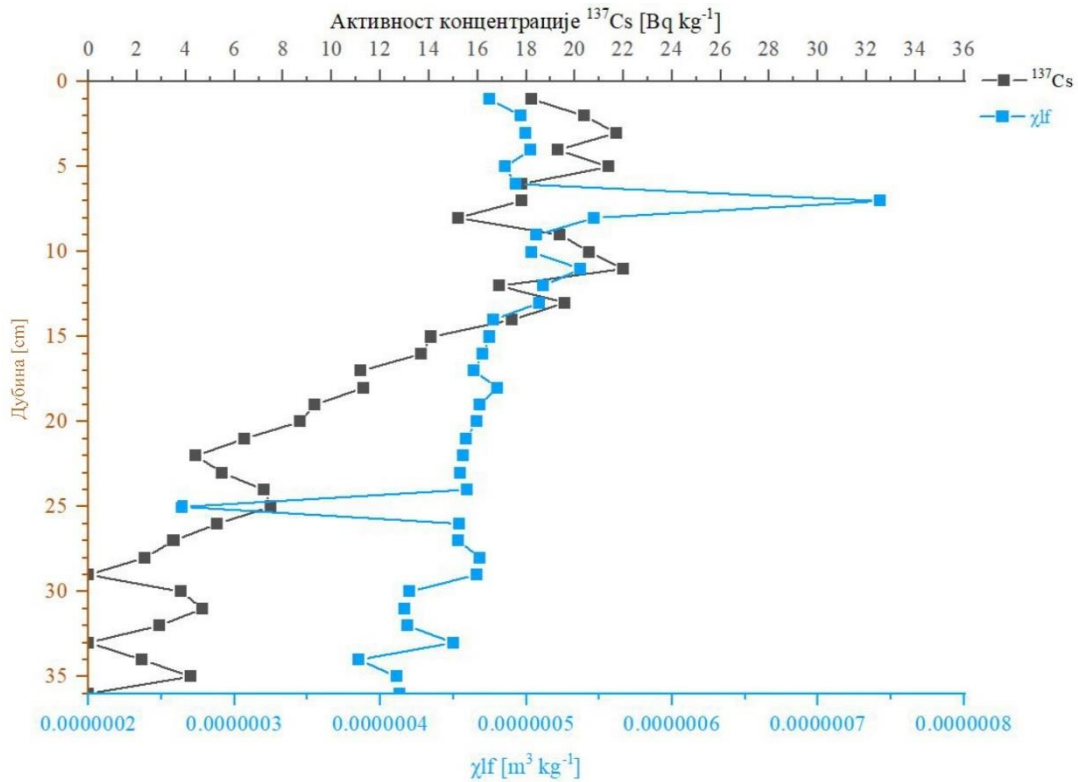
Ова тврдња се не може применити на вештачке радионуклиде ¹³⁷Cs и ²¹⁰Pb_{ex} који експоненцијално опадају са дубином (слике 6.9 и 6.10) што је типична карактеристика за радионуклиде исталожене из атмосфере. У циљу провере претпоставке да промена магнетне суцептибилности земљишта по дубини прати вертикалну расподелу цезијума, резултати одређивања масене магнетне осетљивости (χ/f) у нискофреквентом пољу за свих осам земљишних профила приказани су графички за све профиле у зависности од дубине упоредо са концентрацијама активности цезијума по слојевима на сликама 6.20 до 6.27.



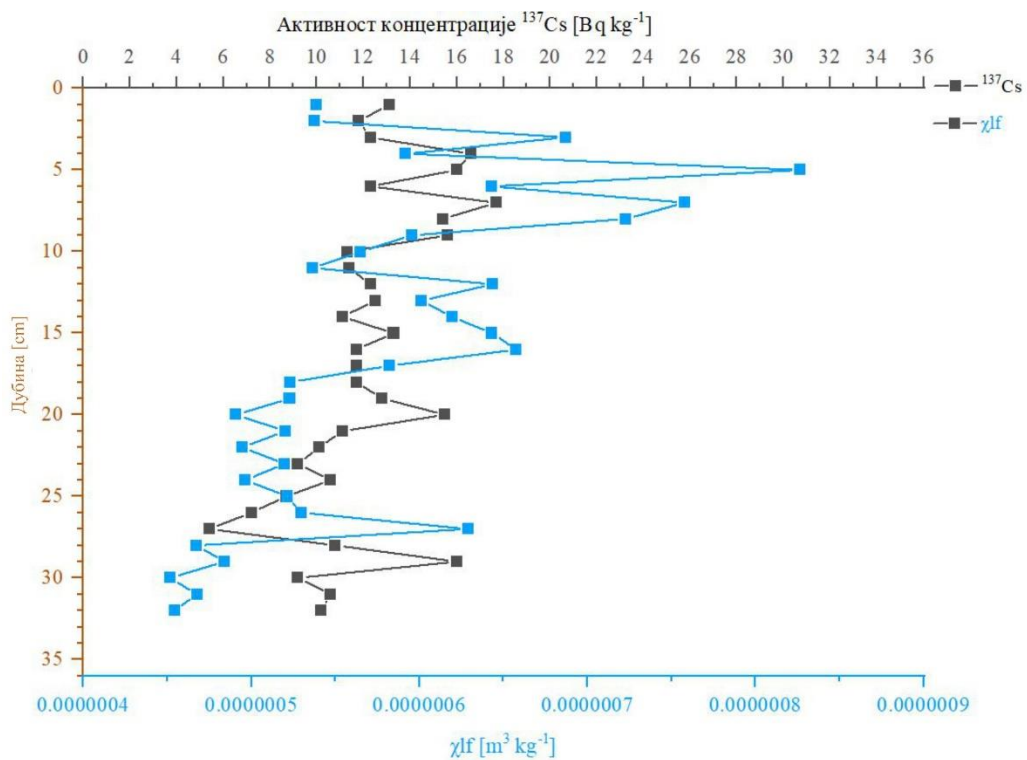
Слика 6.20. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 1 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .



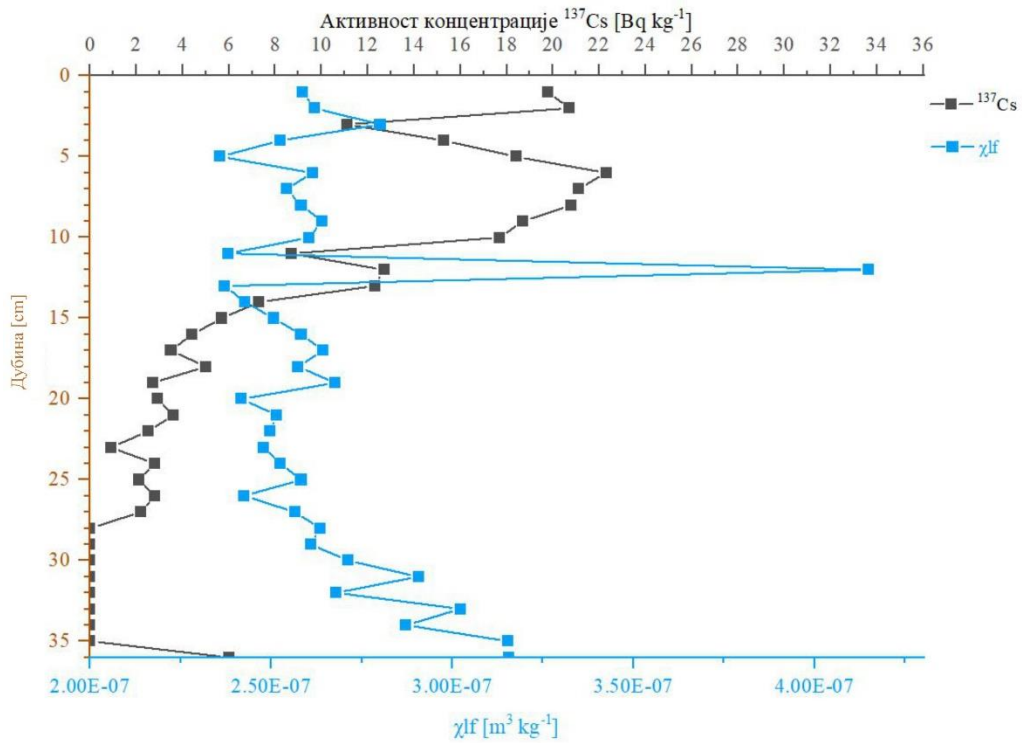
Слика 6.21. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 2 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .



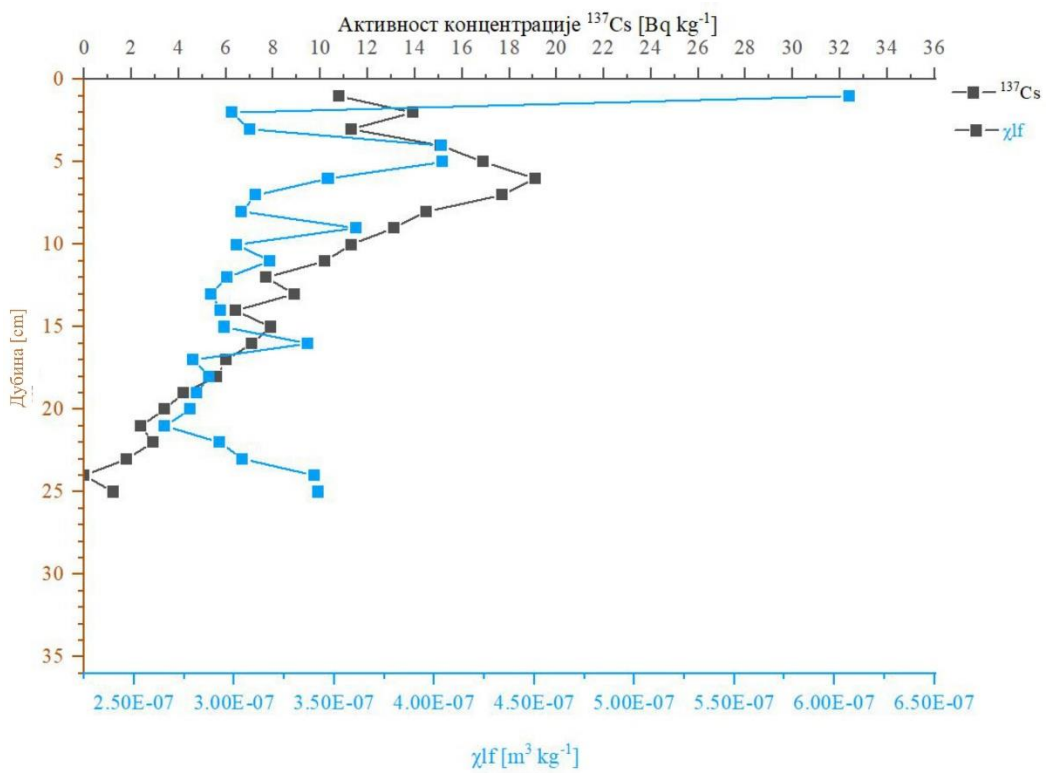
Слика 6.22. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 3 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .



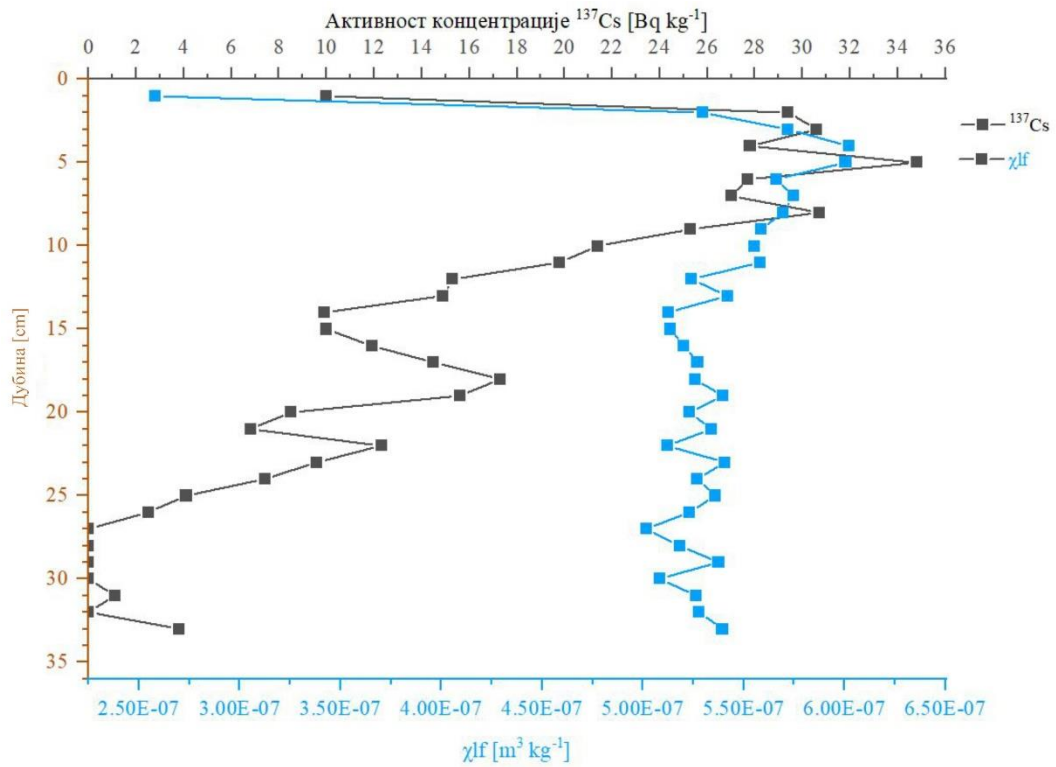
Слика 6.23. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 4 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .



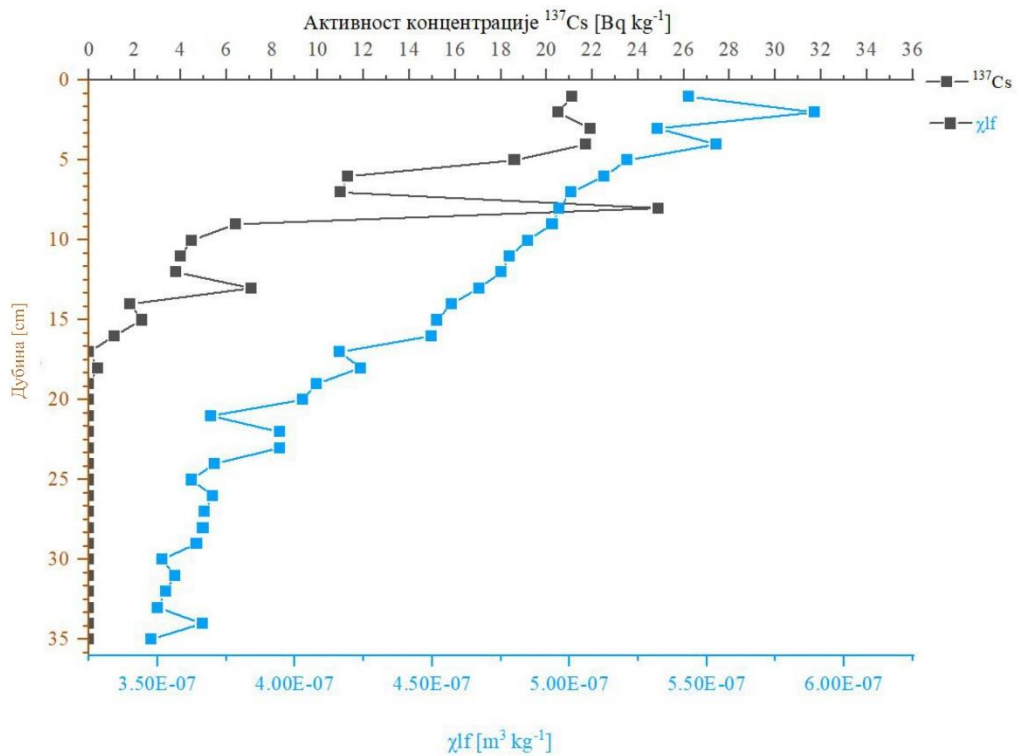
Слика 6.24. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 5 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .



Слика 6.25. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 6 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .



Слика 6.26. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 7 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .



Слика 6.27. Вертикална дистрибуција масене магнетне суспектибилности (χ_{lf}) у профилу 8 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрације активности ^{137}Cs .

Добијене сличности у расподелама могу се објаснити појавом да концентрација радионуклида, па и сама магнетна својства земљишта, варирају у зависности од садржаја глине и гранулације по дубини. Због тога су проверене корелације концентрација активности ^{137}Cs и ^{40}K , χ_{lf} и садржаја глине у испитаним слојевима земљишних узорака (табела 6.4). Најбоља корелација добијена је између садржаја глине у датом слоју и масене магнетне суцептибилности ($r=0,46$).

Глина која садржи минерале као што су смектит и вермикулит показује парамагнетна својства и има велику моћ адсорпције за цезијум (Yoshida, et al., 2015). Поред тога радионуклиди или тешки метали, који се таложе из атмосфере и који су доминантно присутни у површинском слоју земљишта, се могу везати за летећи pepeo или за аеросоле из индустријске емисије која често садржи значајне количине феромагнетних минерала (Shamsollah et al., 2014). Педогено стварање феромагнетних минерала може повећати магнетну осетљивост тла, што зависи од матичног материјала, климе, топографије терена и вегетације (Mullins, 1977). С обзиром да калцификована земљишта у истраживаном подручју имају низак магнетни потенцијал, измерена магнетна осетљивост приписана је педогеном стварању врло ситних магнетних честица (Dearing et al., 1985, Mokhtari Karchegani et al., 2011).

Табела 6.4. Корелације концентрација активности ^{137}Cs и ^{40}K , масене магнетне суцептибилности (χ_{lf}) и садржаја глине у испитаним слојевима земљишних узорака.

	Cs-137	K-40	χ_{lf}	Глина
Cs-137	1,00			
K-40	-0,09	1,00		
χ_{lf}	0,27	-0,01	1,00	
Глина	0,02	0,24	0,46	1,00

Годишње брзине ерозије/депозиције су израчунате на основу измерених инвентара ^{137}Cs коришћењем два конверзиона модела за необрадиво земљиште PDM и DMM која су описана у поглављу 3.

Коефицијент облика вертикалне дистрибуције за одабрани референтни профил 7 ($h_0=47,1 \text{ kg m}^{-2}$) узет је за прорачун годишњих брзина ерозија за сваку испитану локацију према PDM моделу. У табели 6.5 представљени су резултати брзине ерозивних процеса генерисаних у Excel-овом add-in програму (Walling and He, 1999) у ком није могуће мењати годину доминантне депозиције ^{137}Cs (програм узима годину максималне депозиције из нуклеарних проба 1963. године). Међутим, према следећој формули (6.3.1):

$$Y = \frac{10}{t-1986} \ln\left(1 - \frac{x}{100}\right) h_0, \quad (6.3.1)$$

где је $A'(x)$ количина ^{137}Cs изнад слоја x [Bq m^{-2}], A_{ref} референтни инвентар ^{137}Cs [Bq m^{-2}], x дубина од површине земљишта [kg m^{-2}] и h_0 - коефицијент облика профила [kg m^{-2}]. У овој формули измењена је година доминантне депозиције ^{137}Cs (узета 1986. година уместо 1963. године), након чега су упоређени резултати оба случаја истог модела (табела 6.5).

У циљу добијања реалистичнијих резултата, израчунате су брзине ерозивних процеса помоћу DMM, који за разлику од претходног модела узима у обзир напредне редистрибуције радиоцезијума. Допринос Чернобилског акцидента према бројним студијама процењен је на 80 % за наш регион (Michalik, 2017; Jurian et al., 2012; Petrović et

al., 2016). За релаксациону дубину H , коефицијент D и брзину миграције V , усвојене су вредности предложене од стране Walling и He (Walling and He, 1999).

У случају $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ методе, могуће је применити само DMM где је за референти профил одабран профил 8. Процењени резултати брзине прерасподеле земљишта показују добро слагање са резултатима добијеним ^{137}Cs методом за профиле 1 и 5, што указује на нешто већу нето ерозију од $-3,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ са 98 % односом транспортованог седимента.

Табела 6.5. Компарација процењених брзина ерозије земљишта применом различитих модела конверзије.

Профил	$Y [\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}]$			
	^{137}Cs метод			$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ метод
	PDM (1963)	PDM (1986)	DMM	DMM
1	-4,78	-8,26	-6,9	-7,9
2	-1,68	-2,87	-2,8	-0,6
3	-1,58	-2,68	-2,6	-7,6
4	-1,07	-1,80	-1,8	0,62
5	-3,73	-7,41	-5,6	-8,6
6	-6,12	-10,60	-8,4	-1,5
7	Референтни профили			
8				

(Извор: Kalkan et al., 2020).

6.4 ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Резултати прелиминарног истраживања брзине ерозије ^{137}Cs методом на геолокалитету Тителског лесног платоа дале су реалне вредности брзине ерозије/депозиције земљишта које су упоредиве са резултатима добијеним применом $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ методе за истраживано подручје. Разлике у вертикалним дистрибуцијама датих радионуклида, као и у вредностима њихових укупних инвентара по профилима могу се објаснити различитим пореклом и временском неусклађеношћу депозиције ова два радионуклида из атмосфере.

На већини испитаних тачака ерозија је доминантан процес, а претпоставља се да је права зона депозиције земљишта негде у кориту реке Тисе. Вредности годишњих брзина ерозије добијене ^{137}Cs конверзионим моделима за непоремећено земљиште крећу се у опсегу од $-1,58 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ до $-10,60 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ што указује на генерално ниску вредност ерозије.

Јаруге по правилу немају органске хоризонте у земљишту, јер су однешени дугим процесима флувијалне и пролувијалне ерозије. Међутим, код неких профила (број 2 и 6) уочени су органски хоризонти (слике 6.14 и 6.18). Постојање органских хоризоната може

се објаснити појавом да је са слабљењем интензитета падавина генерално присутан и процес површинског спирања земљишта са површине платоа (*sheet erosion*). Ови седименти углавном тада остају у јарузи, тако да она поред транспортне улоге има и улогу акумулације органске материје. Али, током јаких киша, јаруга је извор наноса које транспортује у инундациону раван реке Тисе. Ова чињеница отежава интерпретацију добијених резултата применом радиоактивних метода.

У сваком случају, ово истраживање је потврдило да су методе ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ апсолутно применљиве за испитивање ерозивних процеса на примеру јаружастог система на Тителском лесном платоу и да су добијени резултати конзистенти са студијама које се баве сличном проблематиком (Michalik, 2017; Jurian et al., 2012; Petrović et al., 2016). Коришћење више различитих модела конверзије, које многобројни аутори препоручују за процену ерозије на непо ремећеном земљишту, у комбинацији са анализом величина честица земљишта и других карактеристика земљишта дају објективније вредности брзине ерозивних процеса.

Наставак овог истраживања биће проширен на већи број узорака и детаљнији програм одабира референтног места. Планирана је примена Гавриловићевог метода за упоређивање и валидацију резултата добијених нуклеарним методама. Овај метод познат је у литератури (Тошић et al., 2012) и као модел потенцијала ерозије, ЕПМ (*Erosion Potential Model, EPM*) и користи бројне параметре попут падавина, климатских параметара, нагиба терена, начина коришћења земљишта и сл. па ће свакако бити занимљиво упоредити резултате.

Добијени резултати су у добром слагању са публикованим резултатима за наш регион. У докторској дисертацији Јелене Петровић (2017), прорачунате су средње вредности брзине ерозивних процеса необрађеног земљишта на два истраживана простора у долинама река Пчиње и Јужне Мораве применом радиоцеизијум методе, MODERN (*Modelling Deposition and Erosion rates with Radionuclides*) и USLE (*Universal Soil Loss Equation*) моделом и добијени су следећи резултати: $-12 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$; $-4,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$; $-11 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ и $-5,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ за PDM, DMM, MODERN и USLE моделе, редом.

У студији Драговић и сарадника (2019) представљени су прелиминарни резултати ерозије земљишта применом методе радиоцеизијума на локалитету Ђавоља Варош у југоисточној Србији. На пет узоркованих профила квантификована је стопа ерозије земљишта применом PDM и DM модела. Вредности ерозије крећу се у распону од $-5,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ до $-28,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ применом PD модела и $-2,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ до $-8,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ применом DM модела.

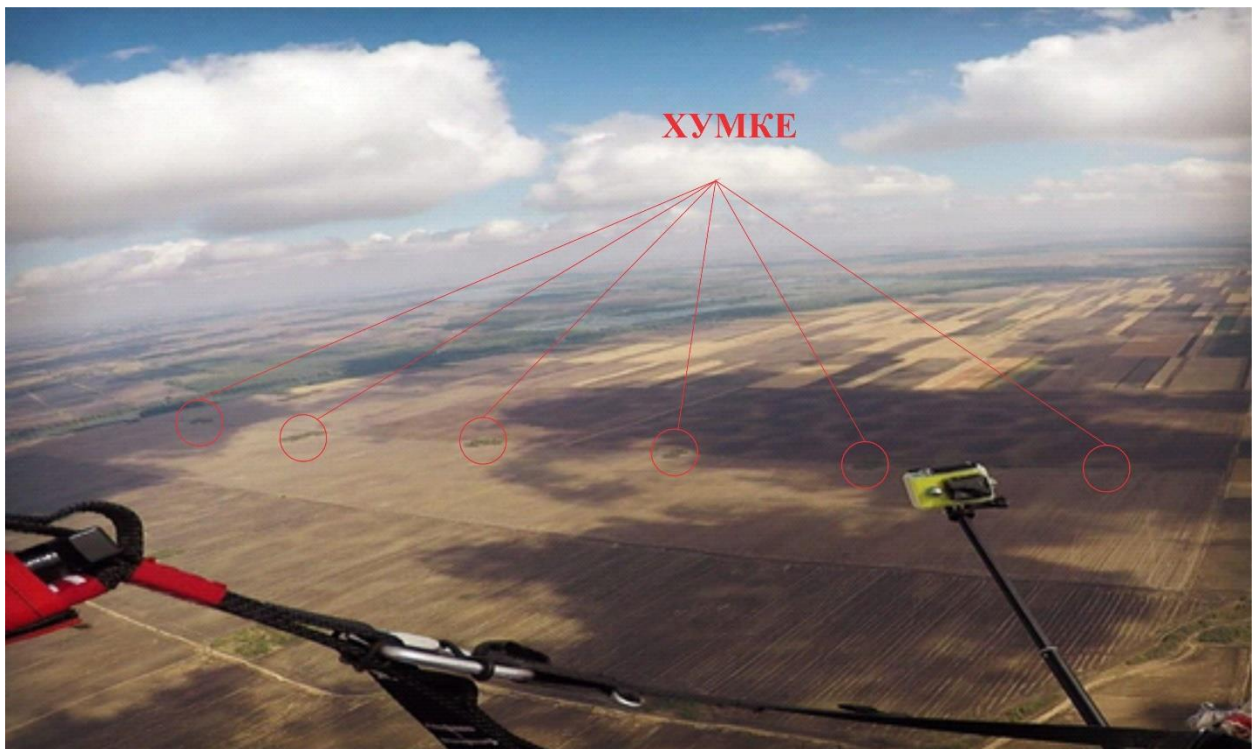
7. ПОРЕЂЕЊЕ РЕЗУЛТАТА СА МЕТОДОМ ПОТЕНЦИЈАЛА ЕРОЗИЈЕ – ГАВРИЛОВИЋЕВИМ МЕТОДОМ

Пре компарације добијених вредности за брзину ерозије испитиваног геолокалитета са Гавриловићевом методом, извршено је додатно узорковање земљишних профила у циљу потврде референтне тачке, као и потраге за депозицијом земљишног наноса.

7.1 ДОДАТНО УЗОРКОВАЊЕ ЗЕМЉИШНИХ ПРОФИЛА

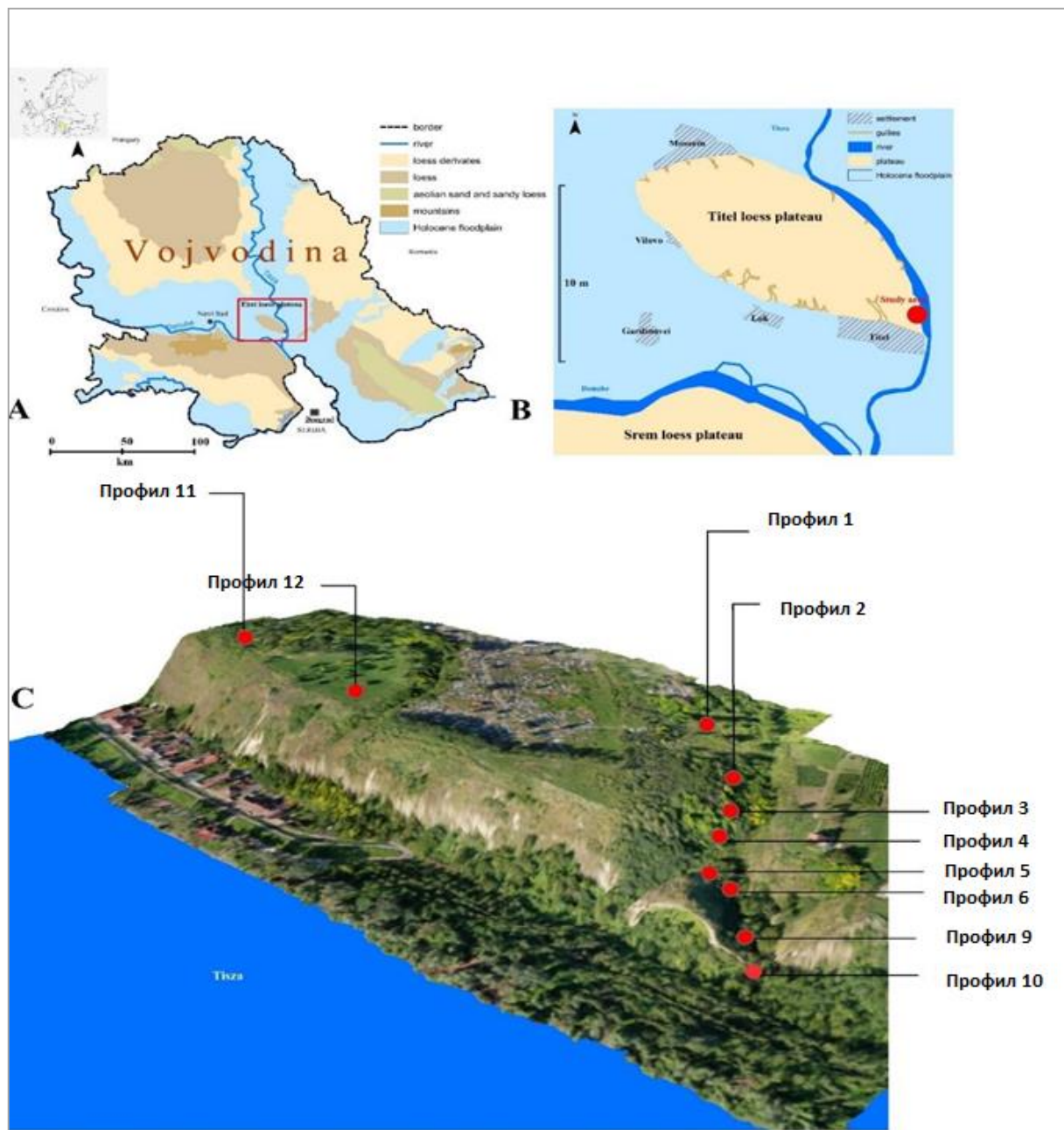
Узорковање са нових тачака извршено је у новембру 2018. године када су узета четири земљишна профила. Два профила су била у скопу истраживаног јаружастог система (земљишни профили 9 и 10) и два у близини истраживаног подручја од којих је профил 11 узет на минијатурном заравњеном узвишењу код археолошког локалитета Калварија, а други, профил 12, на оближњој пољани (слика 7.2 - В; слика 7.3 - Г).

Проблем приликом одабира референтне тачке представља доминација пољопривредног земљишта на површини ТЛП. Такође велику пажњу су привукле хумке на површини платоа, које су заправо остаци гробова из гвозденог доба (праисторије) који су стављени под заштиту државе (слика 7.1). Ипак, узорковање је спроведено на археолошком локалитету Калварија, у непосредној близини испитиване јаруге где нема евиденције о недавном обрађивању земљишта (слика 7.2 - В; слика 7.3 - В).



Слика 7.1. Снимак ТЛП из ваздуха са хумкама-гробницама из гвозденог доба која се називу као издвојена острва (фотографија К. Калкан, 2020 године).

Крајем осамдесетих година прошлог века простор Калварије је стављен под заштиту природе, услед открића ископина из гвозденог доба. То је указивало на предиспозицију да је земљиште непо ремећеног карактера од Чернобилског акцидента до данас. Подручје Калварије је уједно и највиши део ТЛП и износи 126,5 m надморске висине (Топографска карта 1:25.000, лист 4-1, Зрењанин, Војно-географски институт). Забрињавајућа околност је што је подручје скоро на самој ивици платоа са дрворедима у позадини (слика 7.3 - В). Из тог разлога одабран је простор ливадског карактера на приближно заравњеном простору подаље од ивице платоа (слика 7.3 - Г) у непосредној близини Калварије (по угледу на локацију у Вилову за коју је утврђен извештај о нагибу од $19,13^\circ$ у правцу северозапад-југоисток).



Слика 7.2. Географски положај ТЛП на геоморфолошкој карти Војводине (А, В) (Lehmkuhl et al., 2018) и подручје истраживања са уцртаним локацијама узорковања земљишних профила (С).

Табела 7.1 Основни подаци о локацијама узорковања земљишних профила 9, 10, 11 и 12.

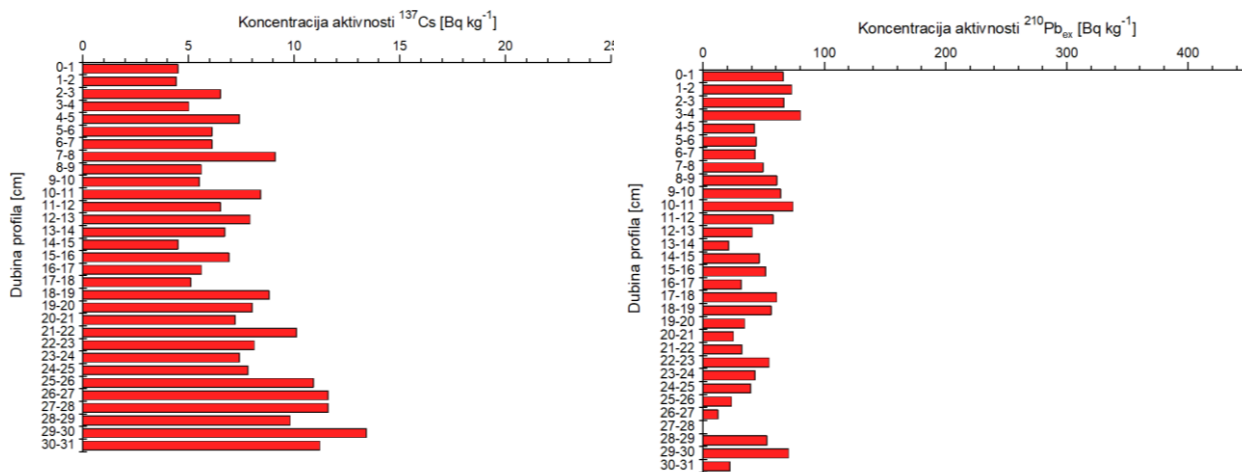
Број профила	Гео. ширина [° N]	Гео. дужина [° E]	Надморска висина [m]	$H^*(10)$ [$\mu\text{Sv h}^{-1}$] на 1 m висине	$H^*(10)$ [$\mu\text{Sv h}^{-1}$] у контакту са земљиштем	Вегетација
9	45,21	20,30	106	0,155	0,167	Мало траве
10	45,21	20,31	99	0,179	0,167	Бршљан
11	45,20	20,31	131	0,137	0,173	Трава
12	45,20	20,31	127	0,167	0,181	Трава



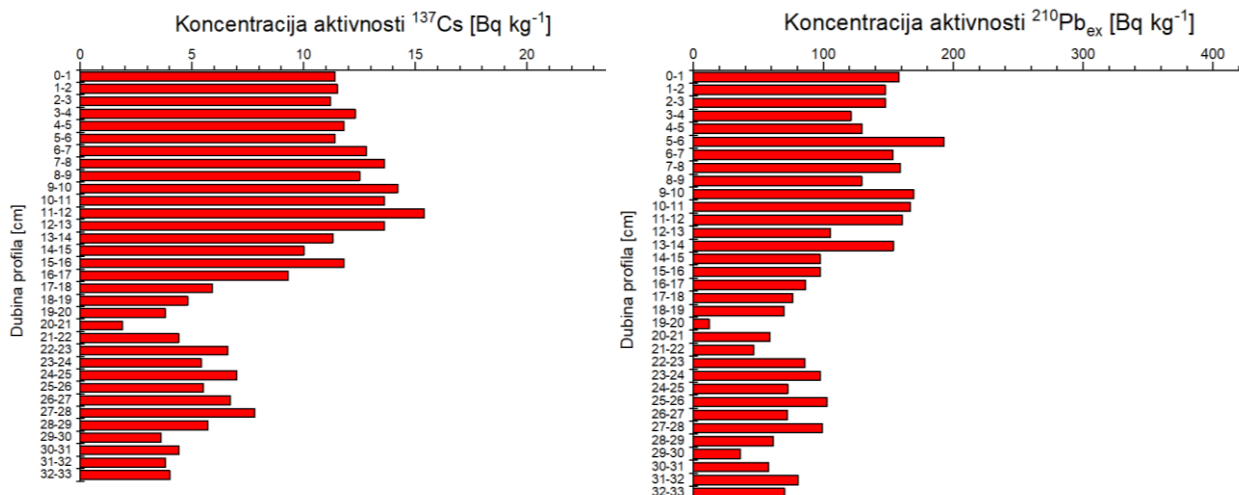
Слика 7.3. Локације нових узорака: профил 9 (А), профил 10 (Б), профил 11 (В) и профил 12 (Г) (фотографија: К. Калкан, 2020).

7.2 ВЕРТИКАЛНЕ ДИСТРИБУЦИЈЕ ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ И МАГНЕТНЕ СУСЦЕПТИБИЛНОСТИ У НОВИМ ЗЕМЉИШНИМ ПРОФИЛИМА

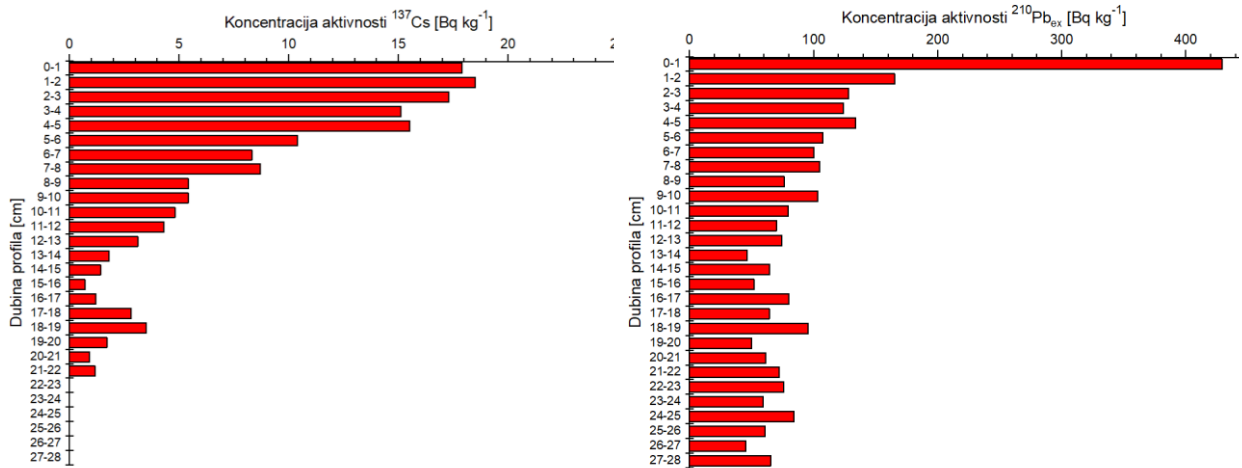
На основу извршених гама-спектрометријских анализа узетих земљишних профила са локација 9, 10, 11 и 12 добијене су вертикалне дистрибуције концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ које су приказане на сликама 7.4 - 7.7. За профил 9 добијени су најмањи инвентари радиоцезијума и неподржаног олова у поређењу са другим профилима, што јасно указује на ерозију као и облик вертикалних дистрибуција концентрација активности ових радионуклида (слика 7.4).



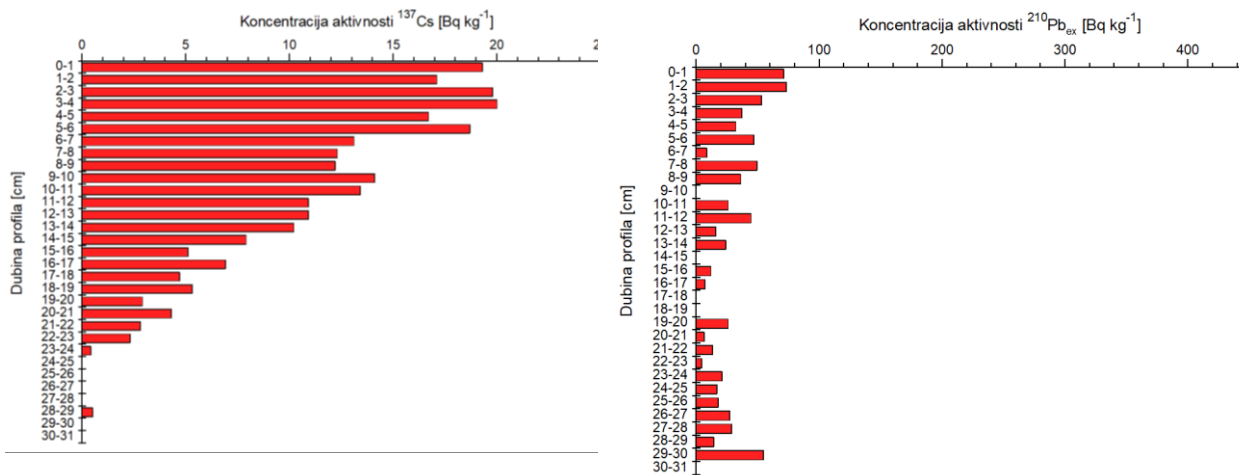
Слика 7.4. Вертикалне расподеле концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у профилу 9 (јаруга).



Слика 7.5. Вертикалне расподеле концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у профилу 10.



Слика 7.6. Вертикалне расподеле концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у профилу 11.



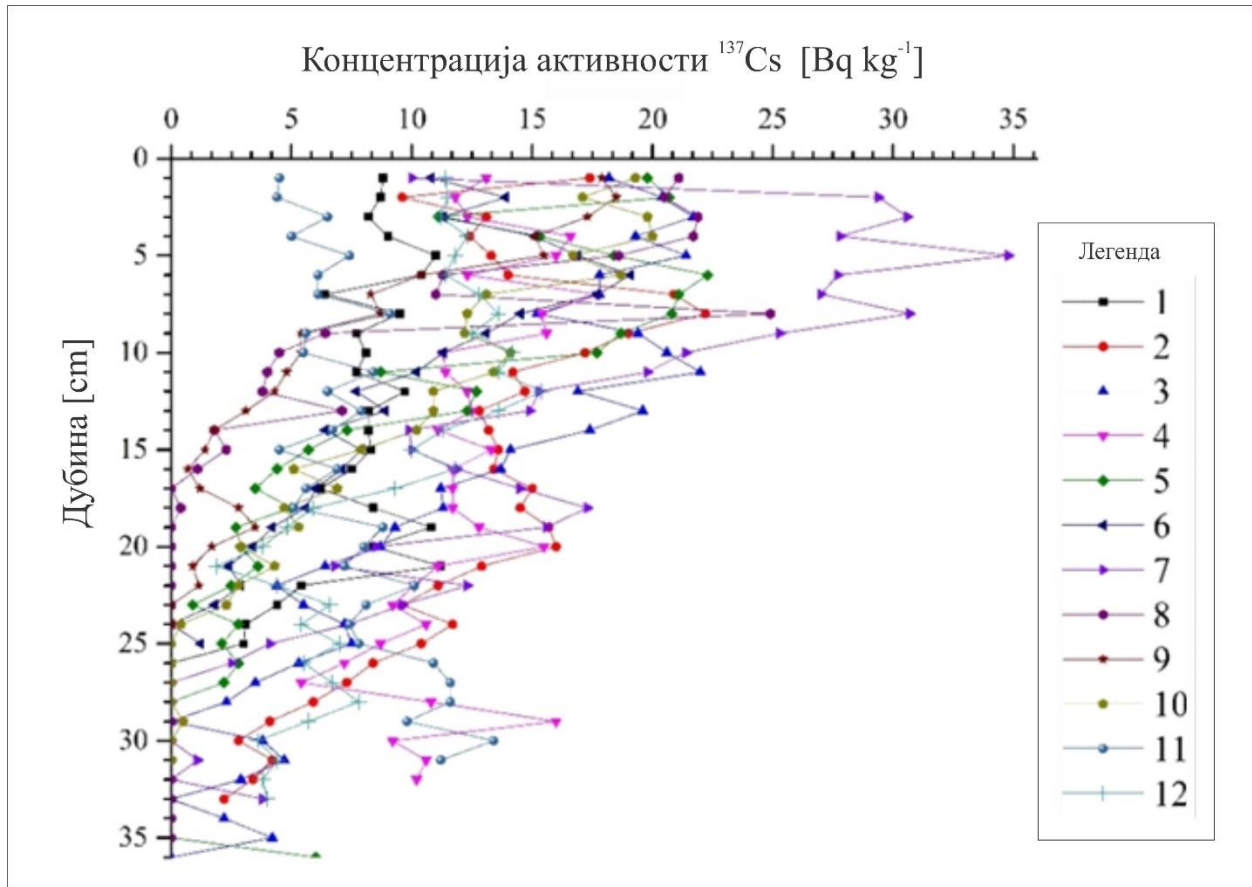
Слика 7.7. Вертикалне расподеле концентрација активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у профилу 12.

Профил 11 (Калварија) и профил 12 (пољана) такође немају типичну експоненцијалну расподелу радиоцезијума карактеристичну за необрађивано земљиште. Укупни инвентар профила 12 је већи од профила 11 што потврђује присуство ерозије на микролокалитету Калварије. Велико одступање у вертикалној дистрибуцији радиоцезијума и неподжаног олова у профилу 12 (пољана) се може објаснити само чињеницом да је земљиште наношено са неког другог локалитета. Због тога ове две тачке ипак нису узете за референтне тачке. Из расподеле укупних инвентара испитиваних профила може се уочити да су ове две тачке под дејством ерозије (слика 7.8).

На основу поређења вертикалних дубинских дистрибуција радиоцезијума у свим испитаним земљишним профилима (слика 7.9) и вредности укупних инвентара, тачка 7 одабрана је за референту локацију.

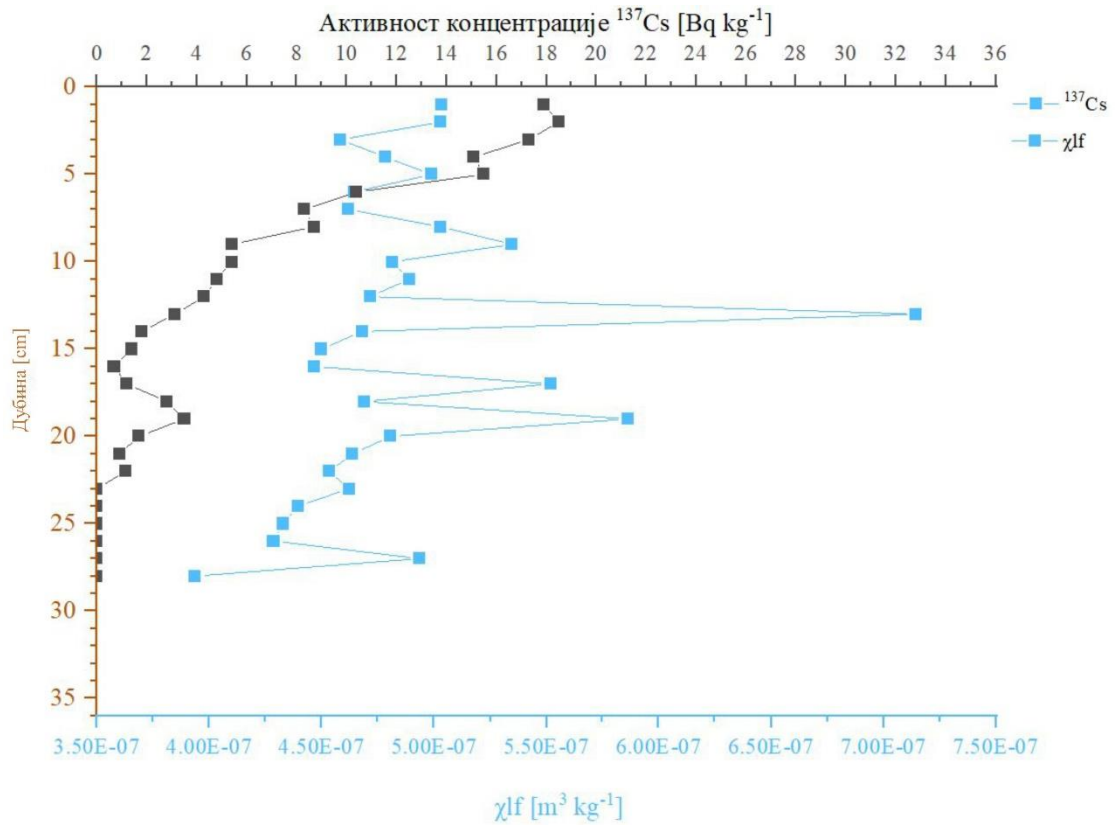


Слика 7.8. Расподела укупних инвентара ^{137}Cs (горњи панел) и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (средњи панел) у испитаним земљишним профилима са топографским профилем истраживаног подручја (доњи панел).

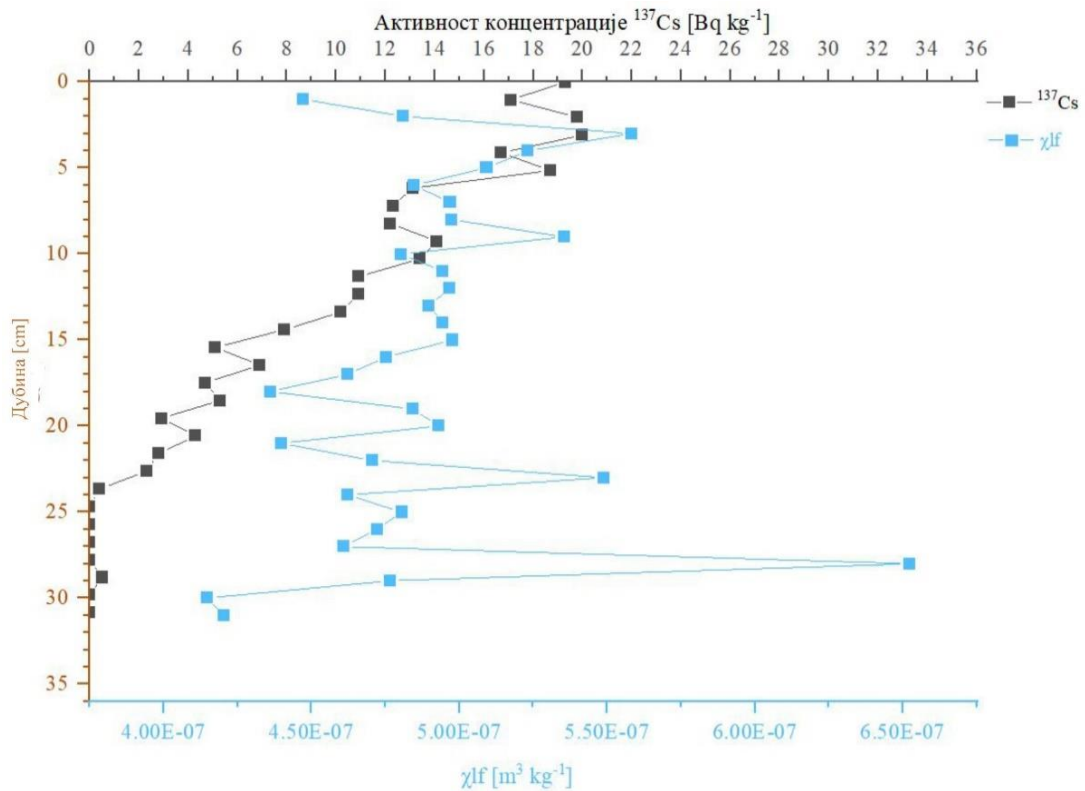


Слика 7.9. Вертикалне дистрибуције ^{137}Cs за свих дванаест земљишних профила.

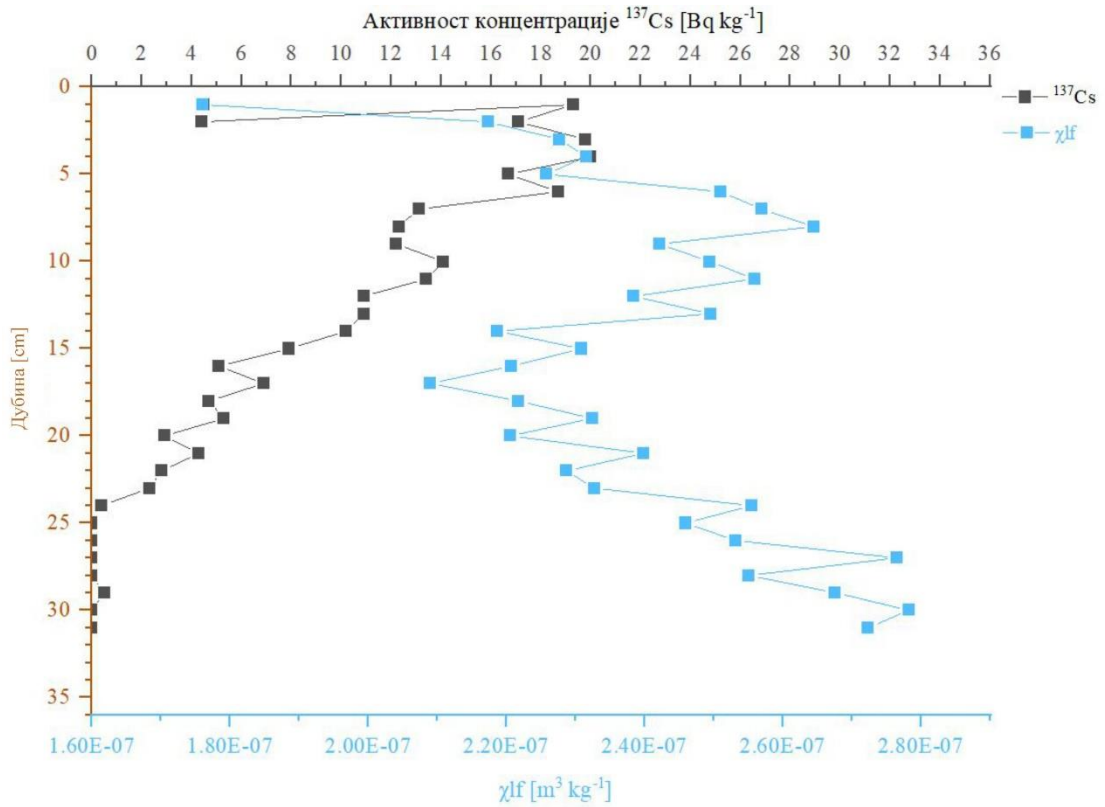
Резултати одређивања масене магнетне суцептибилности у нискофреквентом пољу за четири нова земљишна профила приказани су графички у зависности од дубине упоредо са концентрацијама активности цезијума по слојевима на сликама од 7.10 до 7.13. Ове упореде расподеле поново указују на позитивну корелацију магнетне осетљивости и глине за коју је доминантно везан радиоцезијум, што није случај код профила 11 и 12 где се вероватно не ради о истој педогенези по слојевима јер магнетна осетљивост расте у дубини око 30 cm (слике 7.12 и 7.13)



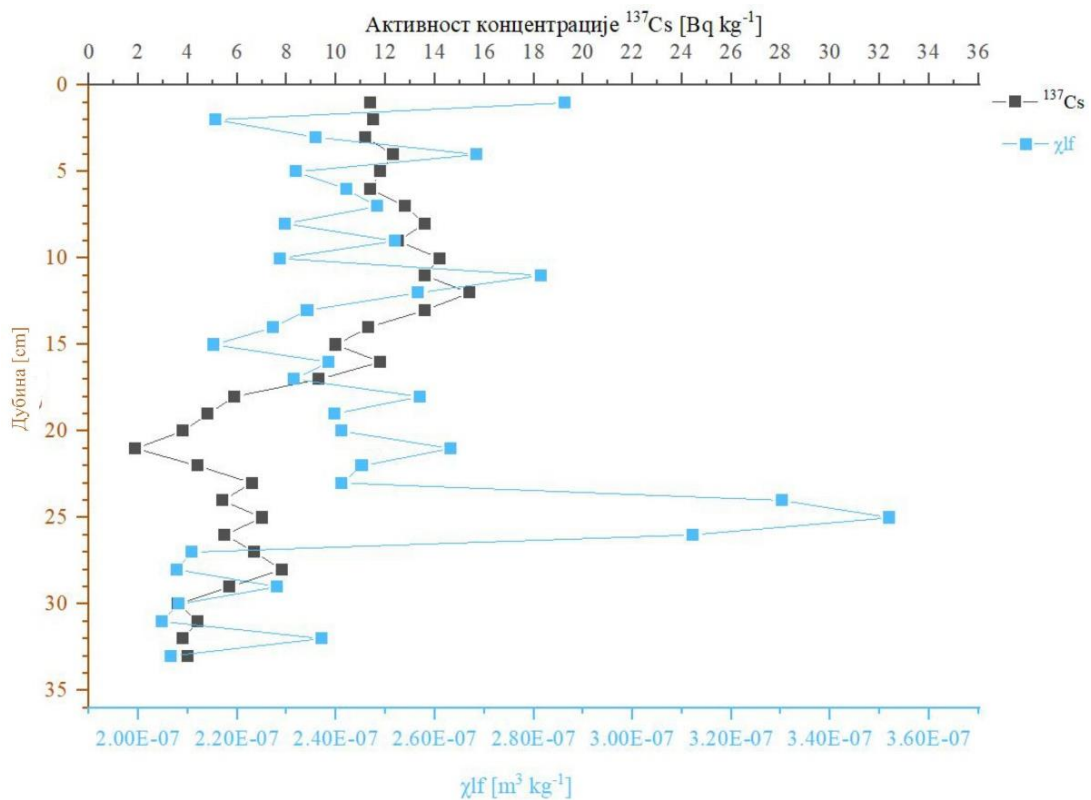
Слика 7.10.Вертикална дистрибуција χ_{lf} у профилу 9 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрација ативности ^{137}Cs .



Слика 7.11.Вертикална дистрибуција χ_{lf} у профилу 10 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрација ативности ^{137}Cs .



Слика 7.12.Вертикална дистрибуција χ_{lf} у профилу 11 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрација ативности ^{137}Cs .



Слика 7.13.Вертикална дистрибуција χ_{lf} у профилу 12 у поређењу са одговарајућом дистрибуцијом концентрација ативности ^{137}Cs .

Табела 7.2. Резултати прорачуна инвентара и брзине ерозије земљишта применом ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ методе уз употребу различитих конверзионих модела.

Профил	Y [t ha ⁻¹ yr ⁻¹]			
	^{137}Cs метода			$^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ метода
	PDM (1963)	DMM	PDM (1986)	DMM
1	-5,11	-3,90	-8,89	-7,90
2	-1,80	-1,60	-3,13	-0,60
3	-1,68	-1,50	-2,92	-7,60
4	-1,15	-1,00	-2,00	0,62
5	-3,99	-3,20	-6,94	-8,60
6	-6,54	-4,70	-11,38	-1,50
7	РЕФЕРЕНТНИ ПРОФИЛИ			
8				
9	-3,95	-3,10	-6,87	-6,70
10	-3,08	-2,50	-5,36	0,12
11	-9,27	-6,00	-16,13	-2,50
12	-4,54	-3,50	-7,90	-10,2

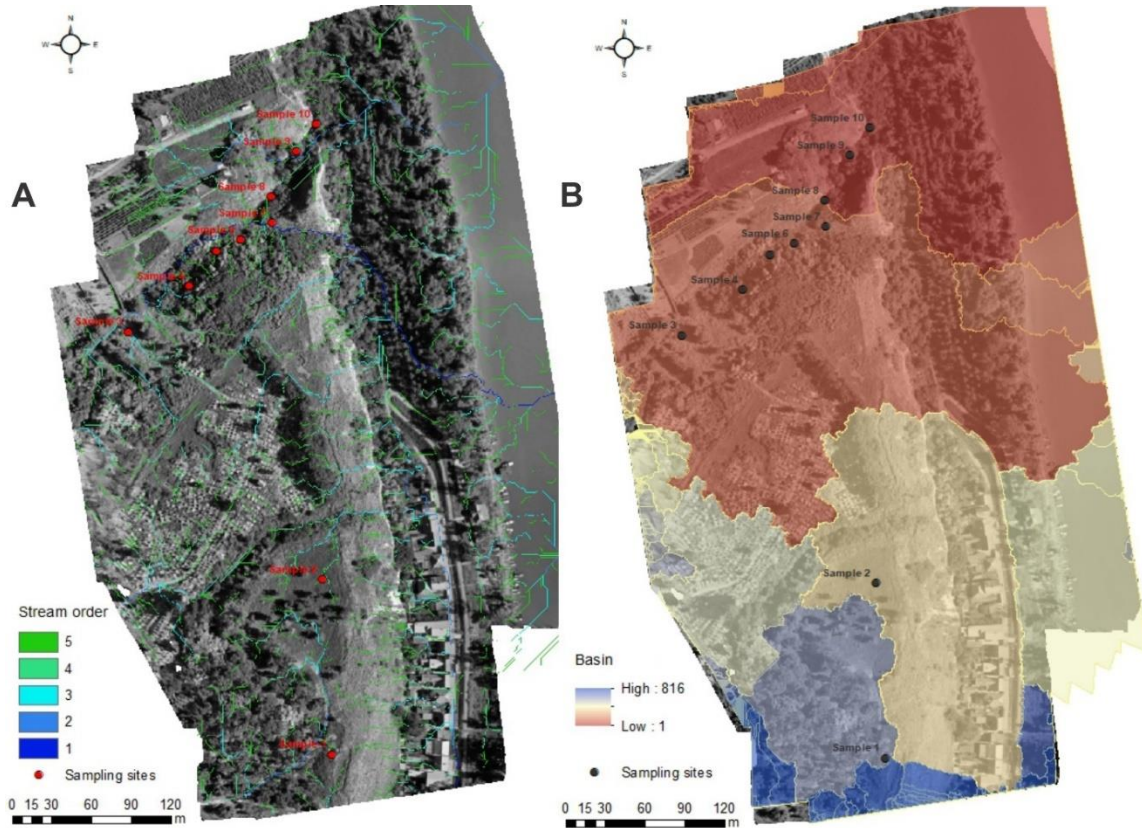
На основу резултата из табеле 7.2 може се закључити да је ерозија доминантна у свим профилима тла¹³. Упркос горе наведеним разликама у инвентарима ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, може се видети да су добијене вредности годишњих губитака земљишта применом радиоцезијум методе упоредиви са резултатима студија спроведених у сличним окружењима - јаругама на лесним платоима у Кини (Zhang et al., 1989; Zhang et al., 1994), што упућује на реалну слику стања ерозивних процеса земљишта на истраживаном простору ТЛП.

Теоретски посматрано, нагиб топографске површине и карактер покривености површинског слоја земљишта вегетацијом једни су од кључних фактора величине интензитета ерозије (тј. акумулације) - већи нагиб и оскудна покривеност површинског слоја земљишта показују највећу брзину ерозије (Morgan, 2005). Међутим, у овом случају се показало да карактер вегетационог покривача има значајан модификујући ефекат на интензитет ерозије код свих три случаја. Ако се занемаре остали фактори који доприносе величини ерозионог процеса (падавине, карактеристике закривљености терена итд.) и фокусира се на вегетацију и нагиб, може се закључити да је већа брзина ерозије добијена код профила са оскудном вегетацијом. Сви примењени модели конверзије издвајају профил 11 са највећим интензитетом ерозије, док профили 3 и 4 бележе најмању вредност ерозије. Ерозија је доминирала и на локалитету плавине - профил 10.

Подручје студије обухвата површину одводњавања од 137.497,0 m². Да би се истражили и разумели ерозивни процеси за свако место узорковања, пожељно је размотрити расподелу и потенцијални ефекат бујичних токова на њихов интензитет. Расподелом бујичних токова може се објаснити зашто локације узорковања 1, 5, 6, 9, 10, 11

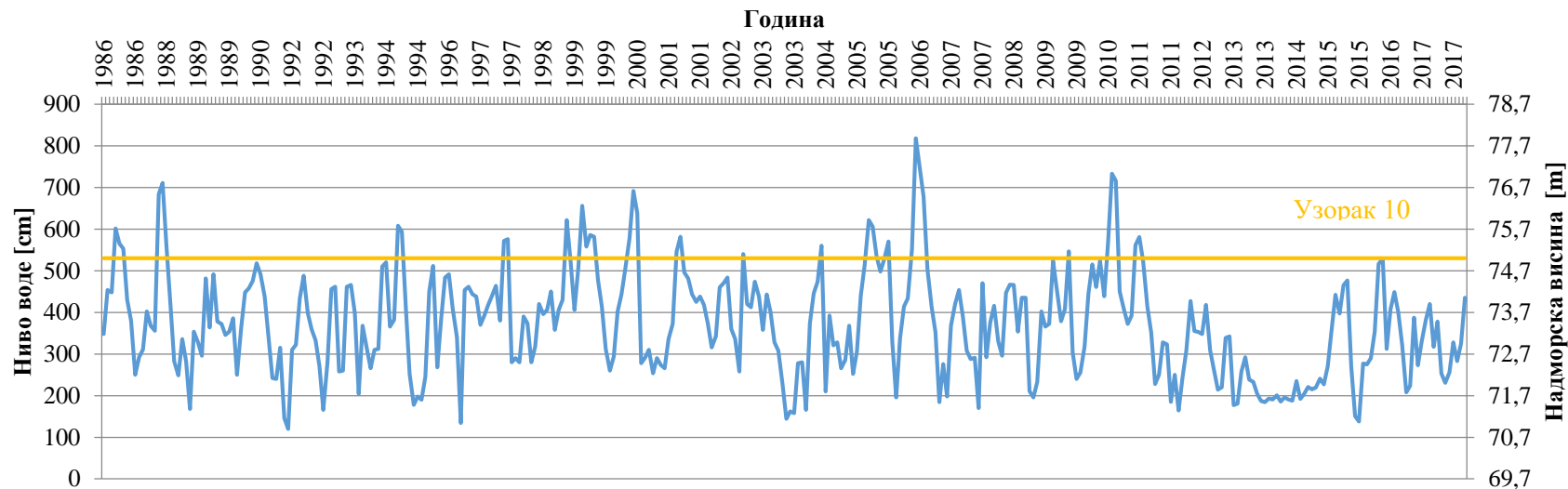
¹³ Негативан предзнак уз бројну вредност из табеле 7.2 указује на доминантан процес ерозије, док позитивна вредност указује на доминантан процес акумулације.

и 12 имају већу стопу ерозије од осталих. То је зато што се ове локације налазе се у близини бујичних токова првог и другог реда, док се локације осталих узорака 2, 3 и 4, налазе у близини бујичних токова четвртог и петог реда, који имају најмање ерозивни ефекат због конфигурације терена и густине и типа вегетационог покривача, па нису у стању да развију веће дужине бујичних токова (слика 7.14 - А).



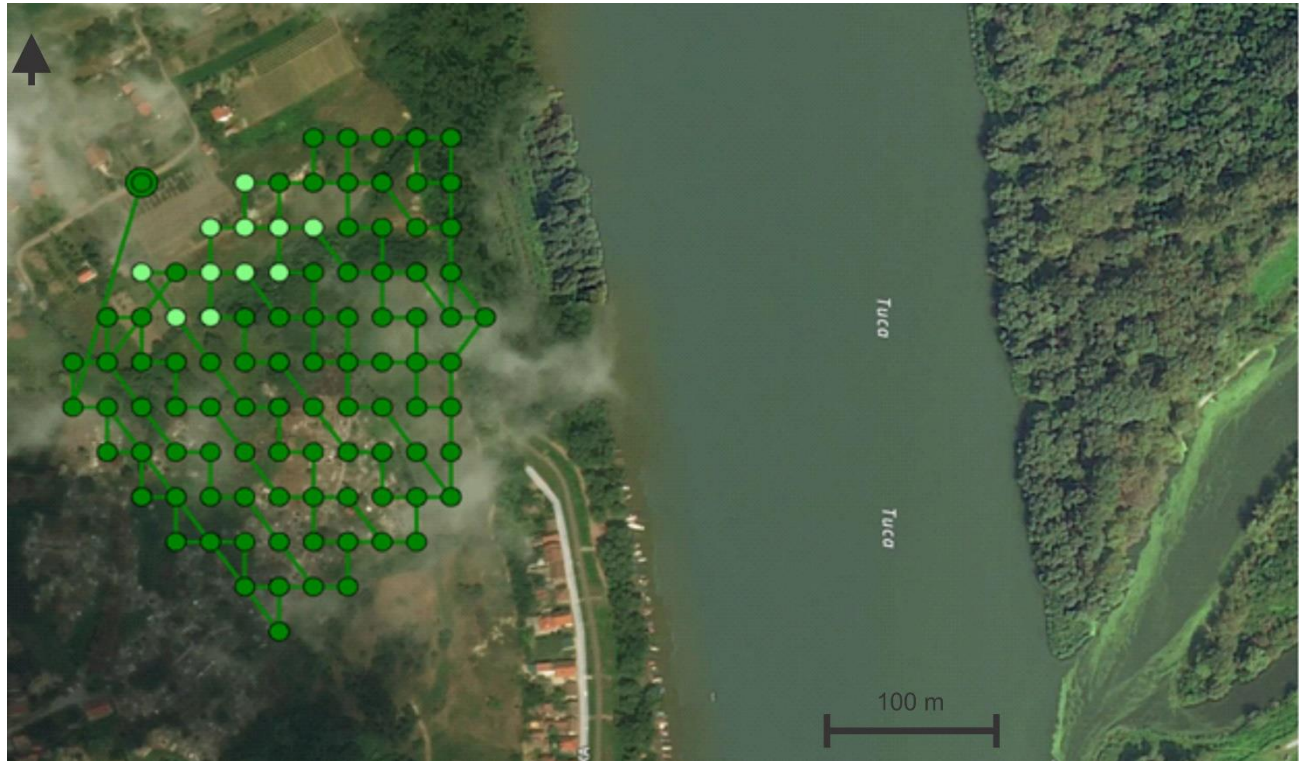
Слика 7.14. Карта дистрибуције бујичних токова (А) са припадајућим сливовима (Б) у размери 1:50.000.

Подаци који се односе на прорачун ерозивног процеса за узорак 10 су изненађујући. Овај профил земљишта узоркован је на типичном акумулативном морфолошком облику - алувијалној лепези или плавини обраслој бршљаном. Очекивало се да ће вредност за израчунавање брзине ерозије радиоцезијумом бити позитивна што би указало на акумулацију. Међутим, испоставило се да је у питању ерозија, али не толико интензивна. Ако се боље анализира његова вертикална дистрибуција (слика 7.5), може се уочити прилично уједначена концентрација радиоцезијума по слојевима. То указује на то да су горњи слојеви били подложни интензивној редистрибуцији цезијума. Улогу у томе може имати бршљан који својим коренским системом и апсорпцијом може довести до смањења цезијума. Такође, на само 5 m од инундационе равни Тисе, засађен је дрворед као заштитни појас према реци (антропогени утицај). Стога је могуће дискутовати утицај човека на редистрибуцију цезијума. Најреалистичнију слику могућег сценарија даје кретање месечног максималног водостаја Тисе у периоду од 1986. године до 2017. године. На основу водостаја је могуће идентификовати број и трајање периода плављења ове локације од реке Тисе (слика 7.15), што је имало утицаја на прерасподелу ^{137}Cs заједно са вертикалним профилем.



Слика 7.15.Максималне дневне флукуације нивоа Тисе код Титела у периоду од 1986. године до 2017. године (РХМЗ, 1986-2017) представљене плавом линијом у односу на надморску висину земљишног профила 10 представљене наранџастом линијом.

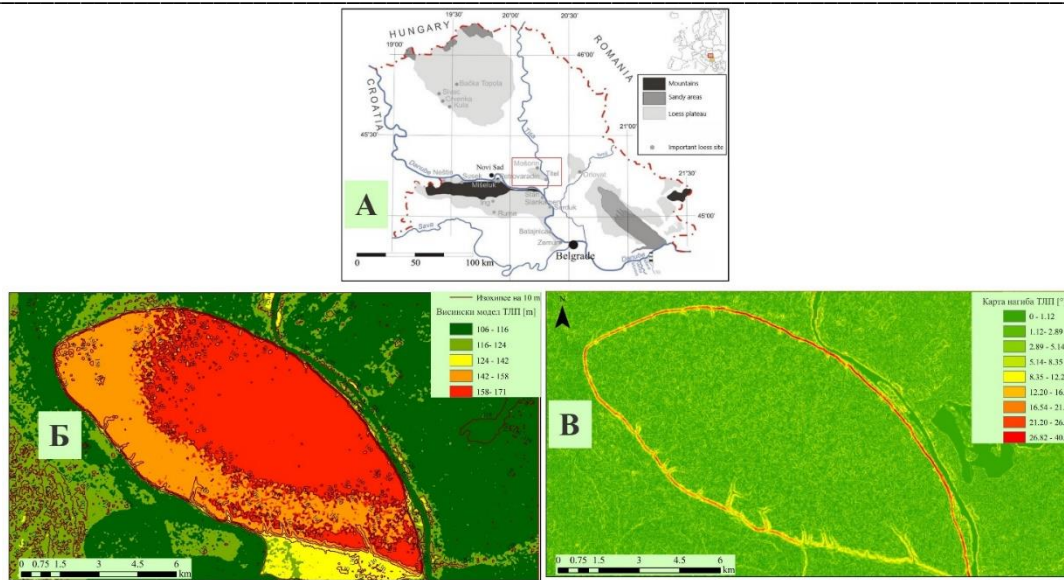
На основу ортофото слике 7.16 намеће се закључак да је место акумулације материјала у кориту реке Тисе, које је даље изложено ерозивном дејству водене матице. У овом случају могуће је закључити да је недостатак истинске акумулационе зоне одлика свих viseћих долина дуж читавог источне и југоисточне ивице платоа уз обалу реке Тисе.



Слика 7.16. Ортофото снимак потенцијалне зоне акумулације седимената из јаруге преузет приликом обраде фотографија из дрона у програму *Pix4DMapper*.

Корелационом анализом су испитани фактори који потенцијално утичу на врсту и интензитет ерозивних процеса на свакој истраживаној локацији. Анализа је обухватила величину нагиба, профилну и планарну закривљеност и вредност *NDVI* (*Normalize Difference Vegetation Index*)

Угао нагиба значајно утиче на ерозију степеном и дужином пада. Међутим, у пракси се дешава да и поред значајног нагиба интензитет ерозије нема очекивано велику вредност уколико је падина густо покривена вегетацијом. Просторни расподел појединих категорија нагиба за подручје Тителског лесног платоу у резолуцији 25×25 m приказани су на карти 7.17 са које су очитане вредности за експерименталне локације узорковања чији су резултати приказани у табели 7.3.



Слика 7.17. Геоморфолошка карта Војводине (Perić et al., 2020) (А), карта дигиталног висинског модела (Б) и карта нагиба (В) ТЛП 25×25 m. Карте Б и В су добијене у програму *ArcMap 10.2.1*.

Према студији Liu et al. (2001), на мањим нагибима отицање се успорава па је присутан извесан процес таложења и инфилтрације на њима, у супротном случају на већим нагибима, више је заступљено спирање и одношење материјала што се слаже са резултатима Liu и сарадника (2001) (Liu et al., 2001).

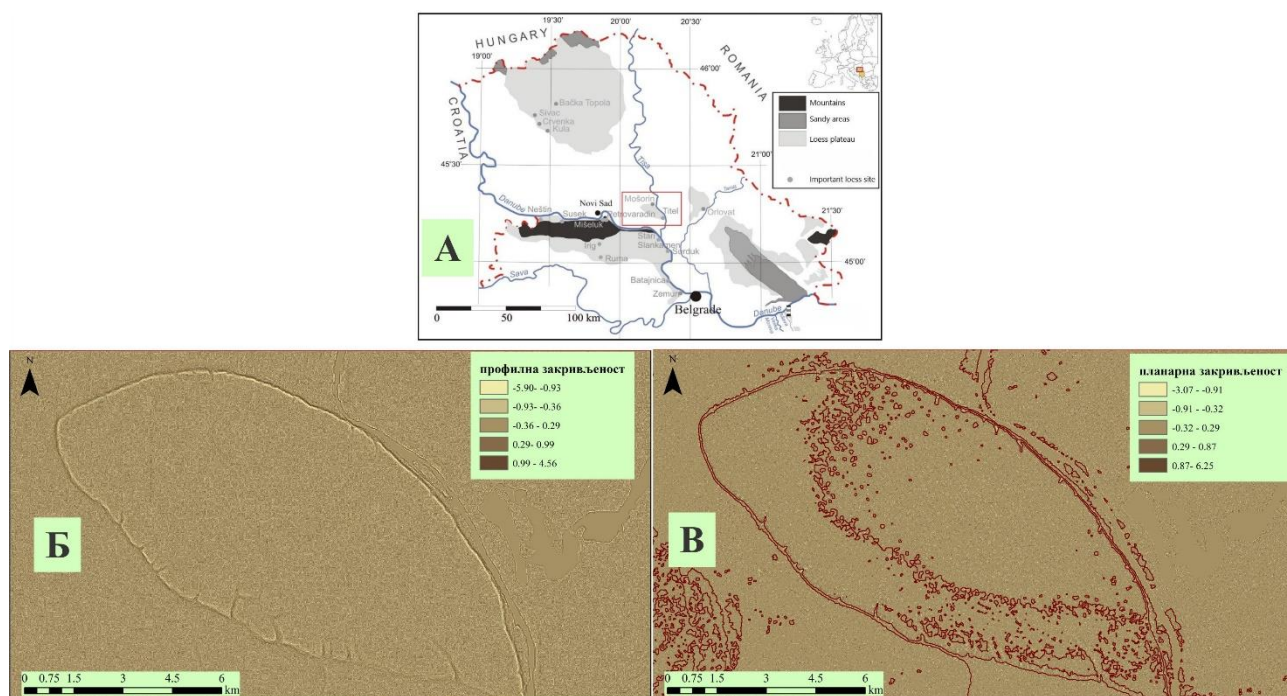
Табела 7.3. Вредности нагиба за сваки узорковани профил.

Узорак	Надморска висина [m]	Нагиб [°]	Нагиб [%]
1	160	2,56	4,47
2	160	5,11	8,94
3	156	9,66	17,02
4	153	12,77	22,66
5	149	13,17	23,40
6	148	12,96	23,01
9	142	17,01	30,59
10	138	17,23	31,01
11	158	21,04	38,47
12	166	12,40	21,99

Карактеристика закривљености падине могу у великој мери помоћи око тумачења ерозивних процеса. У пракси се најчепће употребљавају две врсте закривљености:

- *Профилна закривљеност* (ПРЗ) која има негативне вредности када је падина конвексна и када су доминантни ерозивни процеси, а позитивне у случају конкавне падине када су доминантни акумулациони процеси. Вредности нуле указују на терен у коме су подједнако заступљени и ерозија и акумулација.
- *Планарна закривљеност* (ПЛЗ) има позитивне вредности када је падина конвексна на којима је доминантан ерозивни процес, док су негативне вредности показатељи конкавности падине и акумулативног процеса.

Резултати профилне и планарне закривљености представљене су графички и табеларно (слика 7.18 и табела 7.4).



Слика 7.18. Геоморфолошке карте Војводине (Perić et al., 2020) (A), карта уздужног профила падине (Б) и карта попречног порфила падине (В). Карте Б и В су добијене у програму *ArcMap 10.2.1*.

Дакле, конвексне падине иницирају дисперзију површинске воде чиме иницирају површинску и линијску ерозију (вододелница). Терени конкавних падине иницирају концентрацију односно акумулацију, односно формирање плавина. На удубљеној падини градијент се смањује низ падину (Тошић, 2012). Тамо где се нагиб смањује, вода успорава и тежи да таложи седименте (нпр. на доњим деловима падине). Истовремено, како се успорава проток, вода има већу могућност да се инфилтрира у земљиште. На конвексној падини градијент се повећава и отицање тежи убрзању док тече надолу (<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm>;

<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/understanding-curvature-rasters/>;
http://www.et-st.com/et_surface/userguide/Raster/ETG_RasterCurvature.htm).

Табела 7.4. Одређивање ерозивних порцеса на основу теренске закривљености (25 m x 25 m).

Узорак	ПРЗ	Тип закривљености	Ерозивни процес	ПЛЗ	Тип закривљености	Ерозивни процес
1	0,64	Конкавно	Акумулација	-0,64	Конкавно	Акумулација
2	0,64	Конкавно	Акумулација	-0,0	Конкавно	Акумулација
3	-1,16	Конвексно	Ерозија	-0,16	Конкавно	Акумулација
4	0,89	Конкавно	Акумулација	-1,02	Конкавно	Акумулација
5	-0,55	Конвексно	Ерозија	0,08	Конвексно	Ерозија
6	-0,64	Конвексно	Ерозија	-0,0	Конкавно	Акумулација
9	-0,42	Конвексно	Ерозија	-0,0	Конкавно	Акумулација
10	1,28	Конкавно	Акумулација	0,21	Конвексно	Ерозија
11	-1,23	Конвексно	Ерозија	0,04	Конвексно	Ерозија
12	-1,92	Конвексно	Ерозија	1,28	Конвексно	Ерозија

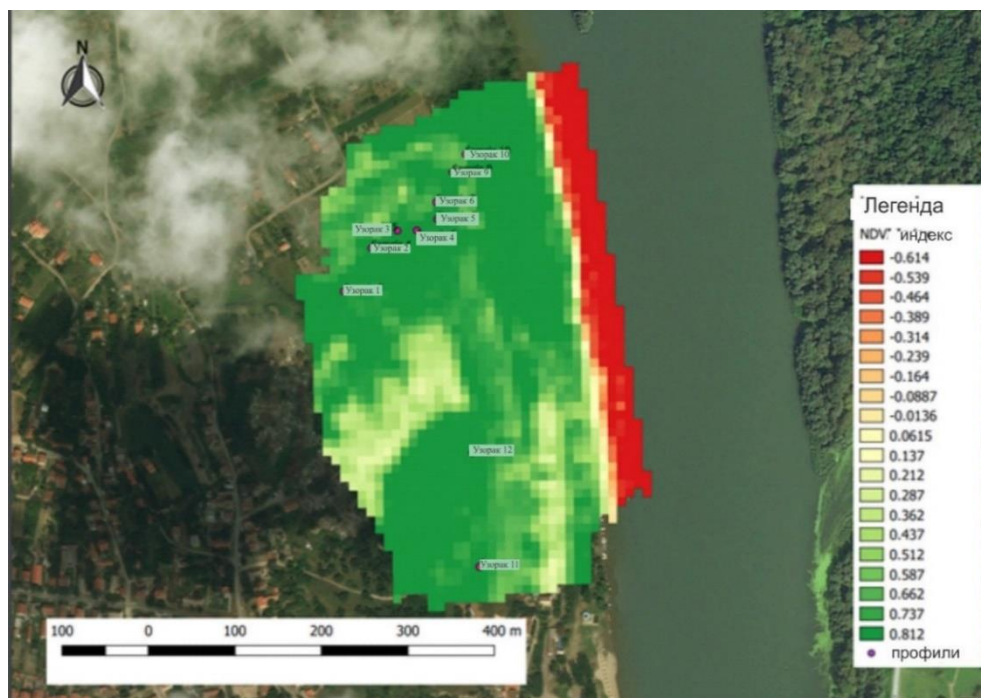
NDVI је бездимензионални индекс који се најчешће користи у даљинској детекцији како би се утврдила разлика између видљивог и блиског видљивог инфрацрвеног зрачења (рефлексију) вегетацијског покривача, такође може да се користи за процену густине вегетације на површини Земље као и процену степена оштећења вегетације. У овом случају *NDVI* индекс је урађен на основу мултиспектралних сателитских снимака који су добијени сателитом *Sentinel 2* и преузети са Коперникове платформе Европске свемирске агенције (*European Space Agency*) (Borowik et al., 2013; Meera Gandhi et al., 2015; [https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products\('8a57dfc9-7631-4c4e-9e6d-19e92a392cca'\)/\\$value](https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('8a57dfc9-7631-4c4e-9e6d-19e92a392cca')/$value)). Образац за израчунавање *NDVI* индекса је:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}, \quad (7.2.1)$$

где је *NIR* вредност рефлексије у блиском инфрацрвеном спектру, а *Red* је вредност рефлексије у инфрацрвеном делу спектра (Borowik et al., 2013).

У случају мултиспектралних снимака са *Sentinel 2* сателита за читавање вредности *NIR* користи се канал В8, односно за читавање вредности *Red* користи се канал В4. Хлорофил код биљака рефлектује више блиског инфрацрвеног зрачења и зелену боју у поређењу са другим

таласним дужинама и то је разлог због којег људско око види сву вегетацију као зелену. Резултати вредности *NDVI* приказани су на слици 7.19 и табели 7.5.



Слика 7.19. Карта генерисаног *NDVI* за истраживано подручје (25 m × 25 m) добијене у програму 10.2.1.

Табела 7.5. Вредности *NDVI* на узоркованим локацијама.

Узорак	<i>NDVI</i>
1	0,844
2	0,868
3	0,890
4	0,732
5	0,806
6	0,836
9	0,819
10	0,886
11	0,816
12	0,823

У табели 7.6 приказане су вредности свих анализираних параметара, а резултати њихове корелације са три одабрана модела приказани су у табели 7.7.

Табела 7.6. Вредности анализираних топографских параметара са вредностима три одабрана модела за конверзију годишњих брзина ерозивних процеса.

Профил	Висина [m]	Нагиб [°]	ПРЗ	ПЛЗ	NDVI	PDM (1963)	DMM (1986)	PDM (1986)
1	160	2,5	0,64	-0,64	0,84	5,11	3,9	8,89
2	160	5,1	0,64	0,00	0,87	1,8	1,6	3,13
3	156	9,6	-1,16	-0,16	0,89	1,68	1,5	2,92
4	153	12,7	0,89	-1,02	0,73	1,15	1,0	2,0
5	149	13,1	-0,55	0,08	0,81	3,99	3,2	6,94
6	148	12,9	-0,64	0,00	0,84	6,54	4,7	11,38
9	142	17,0	-0,42	0,00	0,82	3,95	3,1	6,87
10	138	17,2	1,28	0,21	0,89	3,08	2,5	5,36
11	158	21,0	-1,23	0,04	0,82	9,27	6,0	16,13
12	166	12,4	-1,92	1,28	0,82	4,54	3,5	7,9

Корелационе анализе показале су да је величина нагиба у случају сва три модела ($r=0,43$ за PDM (1963) и PDM (1986) и $r=0,39$ за DMM модел) показала највећи допринос ерозивним процесима на истраживаном простору.

Табела 7.7. Корелациона анализа одабраних модела са анализираним параметрима.

Модел	Висина	Нагиб	ПРЗ	ПЛЗ	NDVI
PDM (1963)	0,11	0,43	-0,45	0,25	-0,04
DMM	0,09	0,39	-0,45	0,29	-0,01
PDM (1986)	0,11	0,43	-0,45	0,25	-0,04

7.3 ГАВРИЛОВИЋЕВ МЕТОД

У овом поглављу представљени су резултати Гавриловићеве методе (Gavrilović, 1988) за прорачун брзине ерозије земљишта на истраживаним локацијама у комбинацији са Географским информационим системима и резултатима који су одређени ^{137}Cs методом. Добијени резултати дају реалну слику ерозивних процеса јер сва четири модела (три нуклеарна и један емпиријски) указују на доминанту ниску просечну годишњу вредност брзине ерозије на свим узоркованим локацијама. Највеће вредности могу се приметити код PDM (1986) модела, а најмање код DMM. Пирсоновим коефицијентом корелације утврђено је да су најбоље

корелационо повезани модели DM и EPM, између којих је $r=0,59$. Помоћу t -теста (Ugoni and Walker, 1995) испитане су значајности разлика између резултата EPM са претходна три модела - PDM (1986), PDM (1963) и DMM.

Гавриловић је седамдесетих година прошлог века развио метод - EPM (erosion potential model) за аналитичко одређивање ерозивних коефицијената, квантификацију укупне ерозије и просечан годишњи транспорт седимената (Тошић, 2012). Модел је настао са намером да се развију адекватне стартегије у контроли ерозивних процеса у шумским подручјима и бујичним долинама. Настао је као резултат теренских експерименталних и лабораторијских истраживања након којих су одређене вредности табличних коефицијената (Globevnik et al., 2003). На основу испитивања са експерименталних станица у Србији, Босни и Херцеговини, Хрватској, Словенији и Црној Гори, као и из рада на картирању ерозије у бившој Југославији, Лазаревић (1985) је извршио поједине измене у тим вредностима (Тошић et al., 2019).

Овај модел представља емпиријски метод једноставан је за употребу и погодан за имплементацију у случајевима када су улазни параметри непотпуни. Применљивији је за процену ерозије за већа подручја, пре него за мањи простор (Тошић et al., 2019). За разлику од нуклеарних метода, овај модел није фокусиран на сам ерозивни процес (ерозију или акумулацију), већ на процену укупног потенцијалног приноса седимената и његовог транспорта у сливу. Поред наведеног, овај модел обезбеђује податке о јачини ерозије и издваја високоризичне просторе са аспекта проблема ерозије. Tangestani (2006) је у свом истраживању упоредио резултате Гавриловићеве методе са резултатима PSIAC модела (*Pacific Southwest Inter-Agency Committee*) и дошао до закључка да PSIAC даје реалистичније резултате за подручја високог ерозивног потенцијала. Са друге стране, теренска искуства указују да је модел применљивији за подручја умерене до јаке ерозије за разлику од подручја слабијег ерозивног потенцијала (Dragičević et al., 2016).

7.4 КВАНТИФИКАЦИЈА РЕЗУЛТАТА ПРИМЕНОМ ГАВРИЛОВИЋЕВЕ МЕТОДЕ

Гавриловићева метода разматра геолошко-педолошке карактеристике терена, топографске карактеристике (нагиб), климатске карактеристике (просечне годишње количине падавина и просечне годишње температуре) и начин коришћења земљишта. Климатски подаци преузети су са падавинске станице Мошорин за период од 1946. године до 2018. године. Топографски подаци преузети су из карте нагиба генерисане из дигиталног висинског модела у размери 1:12.000 у програму *ArcMap 10.3.1*.

Коефицијент отпорности земљиштана ерозију, X , (у функцији коришћења земљишта и покривеношћу вегетацијом) (Gavrilović et al., 2008) квантитативно изражава заштиту подручја од ерозије. Вредности коефицијента су приказане у табели 7.7 и крећу се од 0,05 (доња граница класе „Мешовите и густе шуме“) до 1,00 (горња граница класе „Подручја без биљног покривача“). За извор података послужила је векторска графика електронске базе *The Corine Land Cover Data* (European Environmental Agency, 1999).

Коефицијет еродибилности земљишта, Y , (у функцији геолошких и педолошких карактеристика истраживаног простора) (Gavrilović et al., 2008) говори колико је земљиште подложно ерозији. Вредности Y су приказане у табели 7.7 у распону од 0,20 (доња граница

класе „Отпорна стена“) до 2,00 (горња граница класе „Фини седименти и земљишта без отпорности на ерозију“). За извор података о овом коефицијенту послужиле су геолошка карта Србије у размери 1:100.000, (<http://geoliss.mre.gov.rs/OGK/RasterSrbija/>) и педолошка карта Србије у размери 1:50.000 (Nejgebauer et al., 1971).

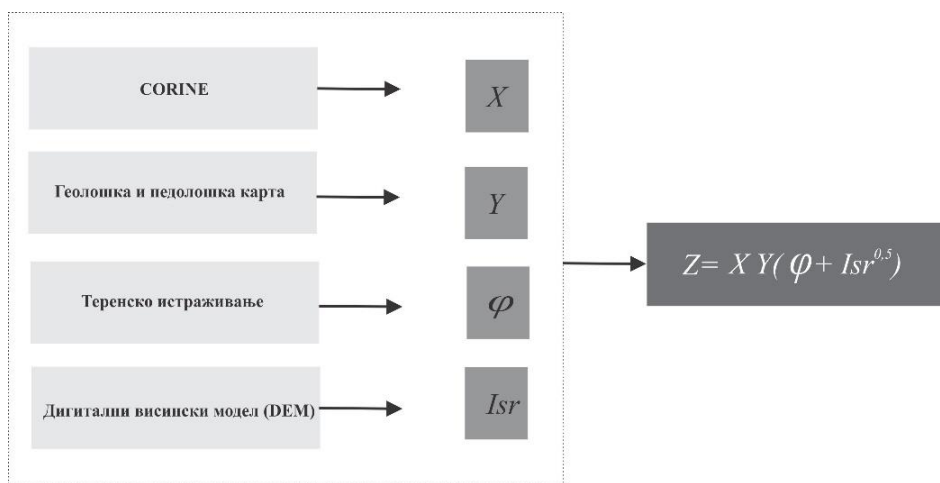
Коефицијент φ представља степен изражених ерозионих процеса (видљиво окарактерисаних) у сливу (Gavrilović et al., 2008). Вредности φ су приказане у табели 7.7 у распону од 0,10 (доња граница класе „Ограничена ерозија на сливу“) до 1,00 (горња граница класе „Цело подручје погођено ерозијом“). Вредности овог коефицијента које указују на стање ерозивних процеса су одређени теренским истраживањем као и узимањем у обзир коефицијената X и Y (Gavrilović et al., 2008)

Математички израз за израчунавање вредности коефицијената ерозије Z може се приказати формулом:

$$Z=Y \times X \times (\varphi + I_{sr}^{0.5}), \quad (7.4.1)$$

где је параметар Y коефицијент еродибилности земљишта, X коефицијент начина коришћења земљишта, φ степен изражених ерозионих процеса и I_{sr} просечан пад терена [%] (Tosic et al., 2019; Gavrilović, 1988). На основу (7.4.1) је извршена класификација интензитета (брзине) ерозије по свакој локацији.

Слика 7.20. Шема прикупљања података за прорачун коефицијента ерозије Z (Tadić and Šljuka, 2018, измењено)



У циљу да се олакша процена и коришћење ЕРМ коефицијената, поред оригиналне класификација од стране Гавриловића (1988) и Земљића (1971) (Zemljić, 1971), приложена је и универзална класификација коришћења земљишта, геолошких карактеристика и активних ерозивних процеса из информационе базе података *Corine Land Cover* за 2000. годину у размери 1:100.000 (Milanesi et al., 2015). Ова платформа обезбеђује податке доступне за интеграцију у ГИС апликацијама, а који се генеришу на основу сателитског осматрања (Porović i Dzoljić, 2016; Milanesi et al., 2015). Идентификацији подлежу искључиво површине (полигони) са минималном површином од 25 ha и минималном ширином од 100 m (http://www.evrogeomatika.co.rs/pdf/CORINE_GS.pdf, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=mapview>).

Табела 7.7. Вредности коефицијената X , Y и φ . (Извор: *Milanesi et al., 2015*).

Гавриловић (1988)	X	Земљић (1971)	X	CORINE	X
Земљишта без вегетационог покривача	1,00	Земљишта без вегетационог покривача	0,80-1,00	Минерална лежишта	0,80-1,00
				Грађевинска земљишта	
Песковита земљишта					
Земљишта без вегетације					
Оскудно покривена земљишта					
Спаљена земљишта					
Култивисана поља на нагибима	0,90			Глацијална подручја	
Воћњаци и виногради са мало вегетације	0,70	Измењени пашњаци и обрадиве површине	0,60-0,80	Депоније	0,60-0,80
				Ненаводњавано обрадиво земљиште	
Наводњавано обрадиво земљиште					
Пириначна поља					
Виногради					
Воћњаци					
Поља маслина					
Обрадиве површине					
Коминоване обрадиве површине					
Травната подручја					
Пашњаци	0,63				
Деградиране површине под грмљем и суви високопланински пашњаци	0,60				
Ливаде	0,40	Измењене ђуме, грмље и пашњаци	0,40-0,60	Зелена урбана подручја	0,40-0,60
				Спортске зоне	
				Пашњаци	
				Травнато земљиште окружено обрадивим површинама	
				Пољопривредно-шумска земљишта	
				Прелазна зона грмља и шуме	
Травнате површине и наводњавани пашњаци	0,30	Четинарске шуме	0,20-0,40	Благо индустријска подручја	0,20-0,40
				Мочваришта	
				Ксерофитна подручја	
Шуме на великим нагибима	0,20	Мешовите шуме	0,05-0,20	Густа фабричка зона	0,05-0,20
				Индустријска зона	
				Зона саобраћајница	
				Луке	
				Аеродроми	

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Шуме на умереним нагибима	0,05			Четинарске шуме	
				Листопадне шуме	
				Мешовите шуме	
Гавриловић (1988)	У	Земљић (1971)	У	ПРЕДЛОЖЕНО	У
Песак, шљунак и растресита земљишта	2,00	Фина земљишта отпорна на ерозију	1,8-2,0	Песак, прах и глина	1,7-2,0
Лес, туфови, заслањена земљишта	1,60	Седименти, морене, глина и друга умерено стеновита земљишта	1,3-1,8	Слабо везана земљишта	1,4-1,7
Измељени кречњаци и лапорци	1,20	Мекше стене	1,0-1,3	Земљишта грубих фракција (шљунак)	1,0-1,4
Подзоли, микашисти, гнајсеви...	1,10				
Серпентини, црвени кречњаци	1,00				
Компактни кречњаци, црвеница, силикатна земљишта	0,90	Стене пеарцијално отпорне на ерозију	0,6-1,0	Умерено стеновита земљишта	0,5-1,0
Браон шумаска и планинска земљишта	0,80				
Смоница	0,60				
Чернозем и алувијална земљишта	0,50	Стене отпорне на ерозију	0,2-0,6	Стеновита земљишта	0,02-0,50
Огољене стенске масе	0,25				
Гавриловић (1988)	φ	Земљић (1971)	φ	ПРЕДЛОЖЕНО	φ
Подручје под дубоким јаругама	1,00	Веома еродирано подручје у јаругама и клизиштима	0,90-1,00	Више од 50% подручја под јаругама	0,80-1,00
80% подручја је под браздама и јаругама	0,90				
50% подручја је под браздама и јаругама	0,80	50-80% подручја под браздама и клизиштима	0,80-0,90	Више од 50% подручја под браздама, а мање од 50% под јаругама, клизиштима, провалијама	0,60-0,80
Изражена површинска ерозија	0,70				
Површинска ерозија без видљивих бразда, јаруга, провалија	0,60	Површинска ерозија са видљивим браздама и јаругама, крапка ерозија	0,60-0,70	5више 0% подручја под утицајем површинске ерозије, а мање од 50% под браздама	0,40-0,60
50% подручја погођено површинском ерозијом а остатак без видљиве ерозије	0,50				
20% подручја под површинском ерозијом, а 80% подручја нетакнуто	0,30	Површинска ерозија заступљена на 20-50% подручја	0,30-0,50	20-50% подручја изложено површинској ерозији	0,20-0,40
Површине без видљивих трагова ерозиј под нагибом	0,20				
Површине без видљивих трагова ерозиј под ораницама	0,15	Мали знаци ерозије на подручју	0,10-0,20	Мање од 20% подручја изложено површинској ерозији	0,05-0,20
Површине без видљивих трагова ерозиј под шумама, ливадама и пашњацима	0,10				

За израчунавање брзине ерозије на годишњем нивоу W_{sp} [$\text{m}^3 \text{km}^{-2} \text{yr}^{-1}$], односно просечне годишње стопа специфичне продукције седимената користи се образац:

$$W_{sp} = M \times Z^{1.5}, \quad (7.4.2)$$

где је M климатски потенцијал ерозије слива који се добија према обрасцу:

$$M = T \times H_{year} \times \pi, \quad (7.4.3)$$

где је T температурни коефицијент који се добија из једначине:

$$T = (t/10 + 0,1)^{0,5}, \quad (7.4.4)$$

док t представља просечну годишњу температуру ваздуха [$^{\circ}\text{C}$], H_{year} је просечна годишња количину падавина [$\text{m}^3 \text{km}^{-2} \text{yr}^{-1}$] (Elhag et al., 2019), која се рачуна према обрасцу:

$$H = \frac{H_1 f_1 + H_2 f_2 + \dots + H_n f_n}{F!}, \quad (7.4.5)$$

где су $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$ средње висине падавина између хијета, $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ површина између тих хијета, а F површина слива (Тошић, 2012), док остале величине имају претходно дата објашњења.

7.5 РЕЗУЛТАТИ

Како би резултати Гавриловићеве методе били упоредиви са резултатима радиоактивних метода, неопходно је претворити запреминске вредности [$\text{m}^3 \text{km}^{-2} \text{yr}^{-1}$] ерозије коју даје Гавриловићев метод у масене вредности ерозије [$\text{t ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$] које дају радиоактивни методи. То се постиже множењем запреминске вредности ерозије са густином земљишног профила ρ [kg m^{-3}] (Elhag et al., 2019; Lense et al., 2020). Тако добијени и упоређени резултати представљени су у табели 7.8:

Табела 7.8. Вредности параметара Гавриловићеве методе.

Профил	Y	φ	X	I_{sr} [%]	M	Z	Категорија ерозије	ρ [kg m ⁻² yr ⁻¹]	Wsp [t ha ⁻¹ yr ⁻¹]
1	0,5	0,8	0,9	4,47	89,71	1,31	5	4320,0	5,82
2	0,5	0,4	0,6	8,94	89,71	1,02	5	3110,0	2,86
3	0,5	0,4	0,6	17,02	89,71	1,36	5	3490,0	4,95
4	0,5	0,3	0,4	22,66	89,71	1,01	5	2390,0	2,18
5	0,5	0,3	0,4	23,4	89,71	1,03	5	3840,0	3,59
6	0,5	1	0,4	23,01	89,71	1,16	5	3730,0	4,18
9	0,5	1	0,4	30,59	89,71	1,31	5	3740,0	5,01
10	0,5	1	0,4	31,01	89,71	1,31	5	3600,0	4,86
11	0,5	0,6	0,4	38,47	89,71	1,36	5	3870,0	5,51
12	0,5	0,6	0,4	21,99	89,71	1,06	5	4100,0	4,00

(Извор: Milanese et al., 2015).

Класификација интензитета ерозије извршена је на основу вредности коефицијента ерозије Z из табеле 7.9:

Табела 7.9. Интензитет ерозивних процеса на основу вредности Z .

Класа ерозије	Z	Тип владајуће ерозије	Z према типу владајуће ерозије	Z_{sr}	Износ ерозије
I	< 0,19	• Трагови ерозије	0,01 - 0,19	0,10	Веома мали
II	Од 0,20 до 0,40	• Дубинска • Мешовита • Површинска	0,31 - 0,40 0,21 - 0,30 0,11 - 0,20	0,30	Мали
III	Од 0,41 до 0,70	• Дубинска • Мешовита • Површинска	0,61 - 0,70 0,51 - 0,60 0,41 - 0,50	0,55	Умерен
IV	Од 0,71 до 1,00	• Дубинска • Мешовита • Површинска	0,91 - 1,00 0,81 - 0,90 0,71 - 0,80	0,85	Висок
V	> 1,00	• Дубинска • Мешовита • Површинска	>1,51 1,21 - 1,50 1,01 - 1,20	1,25	Веома високи (јаруге, бразде, одроње и слично)

(Извор: Gavrilović et al., 2008; <https://scs.estavela.in.rs/view/routes.php?pagescs=showgavrilovic>)

У складу са високим вредностима коефицијента Z ($Z > 1,00$), све експерименталне тачке имају веома висок Z , јаку ерозију карактеристичну за јаруге. Просечна вредност коефицијента ерозије на истраживаном подручју износи 1,19. Вредности Z према типу ерозије указује да је код земљишних профила 2, 4, 5, 6 и 12 присутна веома јака површинска ерозија, док је услучају земљишних профила 1, 3, 9, 10 и 11 присутна веома јака мешовита ерозија.

7.6 КОМПАРАЦИЈА РЕЗУЛТАТА НУКЛЕАРНЕ МЕТОДЕ СА РЕЗУЛТАТИМА ГАВРИЛОВИЋЕВЕ МЕТОДЕ

На основу добијених резултата Гавриловићеве методе могуће је извршити поређење са методама радиоцезијума. У табели 7.10 представљени су резултати четири модела за процену јачине (брзине) ерозије на истраживаном подручју.

Табела 7.10. Упоредни приказ резултата брзине ерозије употребом четири различита модела.

Профил	Y [t ha ⁻¹ yr ⁻¹]			
	¹³⁷ Cs метода			ЕРМ
	PDM (1963)	DMM	PDM (1986)	
1	-5,11	-3,90	-8,89	5,82
2	-1,8	-1,60	-3,13	2,86
3	-1,68	-1,50	-2,92	4,95
4	-1,15	-1,00	-2,00	2,18
5	-3,99	-3,20	-6,94	3,59
6	-6,54	-4,70	-11,38	4,18
7	РЕФЕРЕНТНИ ПРОФИЛИ			
8				
9	-3,95	-3,10	-6,87	5,01
10	-3,08	-2,50	-5,36	4,86
11	-9,27	-6,00	-16,13	5,51
12	-4,54	-3,50	-7,90	4,00

На свим узоркованим земљишним профилима ерозија је доминантан процес. ЕРМ процењује губитке земљишта на неком простору, али не даје стварну вредност интензитета ерозије нити одређује врсту ерозивног процеса за разлику од нуклеарне методе у којој

негативан предзнак јасно дефинише ерозију, а позитивна вредност акумулацију (Lense et al., 2020). Да би се утврдило у којој мери су резултати 4 модела међусобно повезана, подвргнути су корелационој анализи, чији су резултати приказани у табели 7.11:

Табела 7.11. Вредности коефицијената корелације годишњих губитака земљишта применом различитих модела.

	PDM (1963)	DMM	PDM (1986)	ЕРМ
PDM (1963)	1,00			
DMM	0,99	1,00		
PDM (1986)	0,99	0,99	1,00	
ЕРМ	0,57	0,59	0,57	1,00

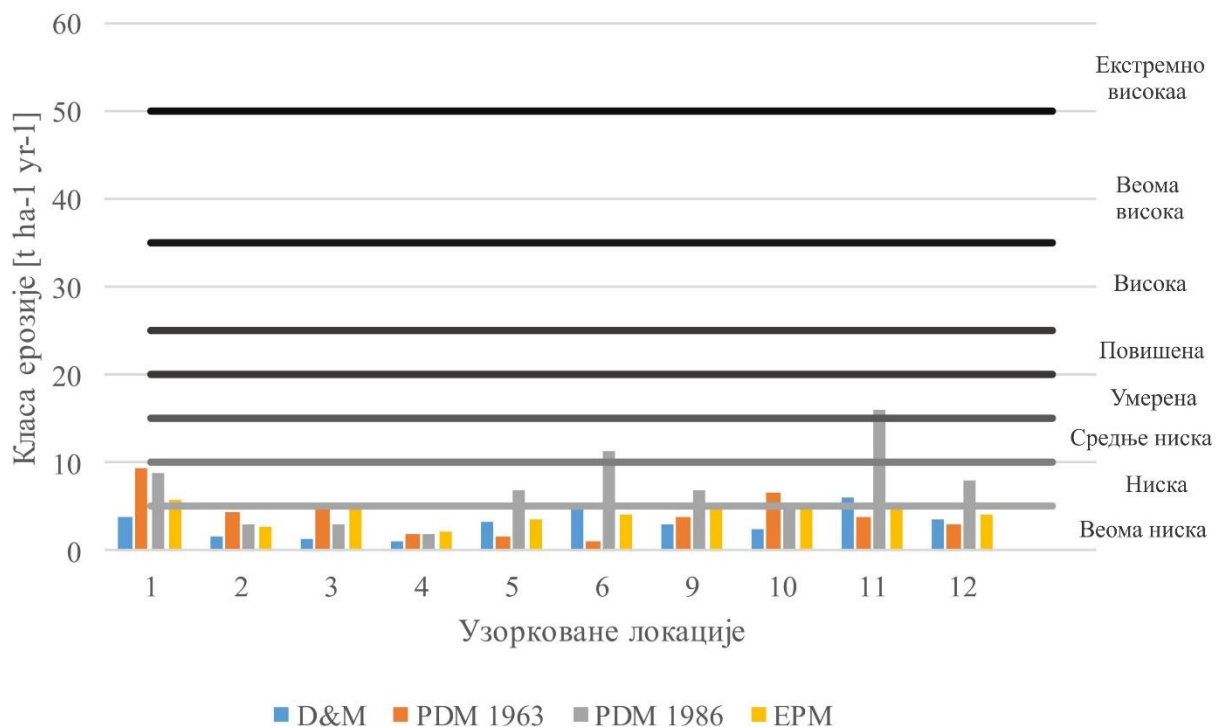
Применом корелационе анализе може се закључити да резултати ЕРМ имају позитивну умерену корелацију са ^{137}Cs моделима. Најбоља повезаност постигнута је са DMM моделом ($r=0,59$) док је са PDM (1986) и PDM (1963) добијен нижи коефицијент корелације (од $r=0,57$) што је и било очекивано с обзиром да модели не узимају у обзир накнадну редистрибуцију земљишта. Релативно добра повезаност модела указује на задовољавајући одабир референтне тачке. Како не постоји специфична категоризација просечне годишње вредности брзине ерозије нуклеарном методом, за поређење вредности резултата ових четири модела послужила је табела 7.12 универзалне категоризације ерозије у $[\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}]$.

Табела 7.12. Универзална калсификација ерозије.

Ерозија $[\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}]$	Класификација ерозије
<5	Веома ниска
5-10	Ниска
10-15	Средње ниска
15-20	Умерена
20-25	Повишена
25-35	Висока
35-50	Веома висока
>50	Екстремно висока

(Извор: Woldemariam et al., 2018).

Према табели 7.12 сви резултати међусобно указују на генерално ниску просечну вредност брзине ерозије на годишњем нивоу. Највеће вредности приметне су код PDM (1986) модела а најмање код EPM (слика 7.21).



Слика 7.21. Упоредни резултати брзине ерозије применом четири конверзиона модела.

7.7 ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

У овом поглављу је дат детаљан пример примене Гавриловићеве методе у прорачунима ерозивних процеса земљишта. Резултати ове методе су у складу са резултатима три конверзиона модела за радиоцезијум за прорачун ерозивних процеса. Прорачуни годишњих губитака земљишта у случају сва четири модела већи су од $1,0 \text{ t ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$, што указује на неповратне губитке земљишта, односно да је време које је потребно за самообнављање земљишта 50 до 100 година (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/erosion>). Један од задатака ове дисертације односио се упоређивање ових резултата у циљу валидације одабране референтне тачке (Вилово 7). Применом *t*-теста упоређени су резултати четири модела у циљу испитивања постојања статистичких значајности међу поређеним паровима (три пара). Резултати теста приказани су у табели 7.13.

Табела 7.13. Резултати t -теста (поређење парова).

Разлике међу паровима			t	df	Значајност ($p=0,05$)
95 % интервал поверења					
	Ниже	Више			
Пар 1 ЕРМ – ДММ	0,3243	2,0690	3,103	9	0,013
Пар 2 ЕРМ – PDM (1963)	-1,2146	1,5858	0,300	9	0,771
Пар 3 ЕРМ – PDM (1986)	-5,4851	-0,2257	-2,456	9	0,036

Утврђено је да не постоји значајна разлика на интервалу поверења од $p = 0,05$ између измерених и процењених вредности, односно између поређених парова модела. Резултати t -теста потврђују претходно изнесену претпоставку о добром одабиру референтне тачке у случају радиоцезијум методе.

Анализом неких топографских фактора (висина, нагиб, профилна и планарна закривљеност и $NDVI$ индекс), дошло се до закључка да је у овом истраживању Гавриловићева метода осетљивија на карактер покривености терена, за разлику од модела конверзије за радиоцезијум који су осетљивији на величину нагиба (табела 7.14).

Табела 7.14. Корелација одабраних топографских параметара са резултатима модела.

	Висина	Нагиб	ПРЗ	ПЛЗ	$NDVI$
PDM (1963)	0,11	0,43	-0,45	0,25	-0,04
DMM	0,09	0,39	-0,45	0,29	-0,01
PDM (1986)	0,11	0,43	-0,45	0,25	-0,04
ЕРМ	-0,09	0,15	-0,24	0,13	0,50

Попут сличних модела (USLE, RUSLE), и ЕРМ се може окарактерисати дијагностичким алатом који треба критички тумачити и комбиновати са другим техникама и методама кад год је то могуће (Lense et al., 2020). Емпиријски модели поједностављено описују појаве кроз регресивне односе експерименталних података који повезују статистички најрелевантније параметре. Због њихове једноставности, употреба емпиријских модела је широко документована у научној литератури. Овакви модели обично пружају драгоцен приступ процени ерозије земљишта ако се користе у истом геоморфолошком окружењу где су калибрисани (<https://core.ac.uk/download/pdf/53623749.pdf>). Применом географских информационих система смањује субјективност истраживача интегрисањем различитих информационих слојева ради идентификације и класификације одређених параметара у посматраном подручју (Amiri, 2010).

Физички модели (какви су конверзиони модели коришћени у оквиру конверзије годишњих губитака земљишта нуклеарном методом) обично захтевају значајну количину улазних података и рачунског напора, али пружају механички опис ерозивних процеса и процењују интеракцију сваког елемента и пружају далеко реалније податке у простору и времену (<https://core.ac.uk/download/pdf/53623749.pdf>), због чега се резултати нуклеарне методе сматрају релевантним стањем ерозивних процеса на истраживаном простору.

8. ЗАКЉУЧАК

У овој докторској дисертацији представљени су резултати дугогодишњег истраживања ерозивних процеса на некултивисаном земљишту комплексног система јаруга код геолокалитета Лесна пирамида недалеко од насеља Тител на Тителском лесном платоу применом радиоактивних метода - радиоцезијума и неподржаног олова. Тиме је по први пут на овом простору израчуната годишња брзина ерозивних процеса. Познавање величине интензитета ерозије земљишта је од великог практичног значаја јер се ради углавном о пољопривредном земљишту интензивно обрађиваном (99,9 % површина на ТЛП је под ораницама) у последњих неколико векова и специјалном резервату природе са значајним археолошким налазиштима. Поред тога, овај простор је постао важан научни палео-локалитет јер су у њему у претходне две деценије откривени веома јасни записи о климатско-еколошким догађајима из последњих пет глацијалних и интерглацијалних периода који су се догодили у последњих 600.000 година. Све наведено чини ово истраживање у потпуности оправданим јер оно додаје нове и веома користе научне и практичне информације о ТЛП. Иако истраживано подручје јаруга не спада у домен култивисаних земљишта, оно свакако представља транспортну зону (а посебно у време јаких и учесталих падавина) између земљишта обрадивих површина у унутрашњости и алувијалних равни Тисе и Дунава које представљају подручје акумулације транспортованих седимената. Ова сазнања су од посебне важност јер су сада успостављене квантитативне релације између подручја ерозије и акумулације за разлику од пређашњих сазнања која су за ове релације имала само квалитативна објашњења.

Радиоцезијум метода је применљива у случајевима када је концентрација радиоцезијума на неком простору довољно висока за потребе детекције. Како бисмо утврдили релевантност избора методе и годину доминантне депозиције радиоцезијума на простору Војводине, најпре је било потребно реконструисати депозицију радиоактивних падавина у првим данима након Чернобилског акцидента. Ово комплексна студија користила је податке о висини дневних падавина са 244 падавинских (метеоролошких) станица и резултате просторне дистрибуције ^{137}Cs у површинском земљишту са 49 локација које су обухватиле све типове земљиштана простору Војводине током 2001. године. Селекцијом одговарајућих 49 падавинских станица, испитане су могуће корелације дневних падавина и активности концентрације радиоцезијума за издвијених седам кишних/падавинских периода. Резултати испитивања корелација указују на то да су поменути кишни периодитоком маја 1986. године најзначајнији за депозицију ^{137}Cs у Војводини, што се добро слаже са већ објављеним резултатима за регион Балкана. Најбоља корелација између количине падавина и садржаја ^{137}Cs у површинским слојевима земљишта добијена је за два кишна периода од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године. Такође, извршена је регионализација Војводине према количини падавина од 2. маја до 5. маја и од 7. маја до 21. маја 1986. године и садржаја радиоцезијума у земљишту током 2001. године на четири кластера који ће имати важну улогу у будућој примени у истраживањима ерозије земљишта на поменутом простору. Позитивне корелације су доказале претпоставку да је Чернобилски акцидент из 1986. године доминантан извор контаминације радиоцезијумом на простору Војводине. Такви резултати корелације потврђују оправданост коришћења ове године у прорачунима за брзину ерозије земљишта методом радионуклида, конкретно

радиоцезијумом на ТЛП, који је у неколико наврата био контаминиран радиоцезијумом различитим интензитетима.

Прва фаза узорковања земљишних профила одржана је 2017. године када је узето шест земљишних профила дуж система јаруга код локалитета Лесна пирамида и два потенцијална референтна профила на ивичном, терасастом делу платоа код насеља Вилово. Сви земљишни профили су адекватно лабораторијски припремљени и исечени на слојеве од по 1 cm и као такви подвргнути гамаспектрометријској анализи. Анализом вертикалне дистрибуције ^{137}Cs може се закључити да једино земљишни профил 4 даје атипичну расподелу ^{137}Cs . Анализа гранулације земљишта из свих земљишних профила упућују на доминанто присуство праха и глине. То су компоненте земљишта са малом способношћу резистенције ерозији земљишта, а анализом дубинске расподеле честица установљено је да проценат заступљености глиновитих честица расте са дубином у скоро свим профилима (изузев референтног профила 7). Пораст заступљености глиновитих честица са дубином земљишта одражава се на вертикалну дистрибуцију ^{137}Cs омогућавајући продирање цезијумових јона у дубље слојеве земљишта.

Приметна неподударност у карактеру вертикалних дистрибуција ^{137}Cs са $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ као и у вредностима њихових укупних инвентара по профилима могу се објаснити различитим пореклом и временском неусклађеношћу депозиције ова два радионуклида из атмосфере.

Годишње брзине ерозије/депозиције су израчунате на основу измерених инвентара ^{137}Cs коришћењем три конверзиона модела за необрађено земљиште модел облика профила (PDM (1963) и PDM (1963)) и модел дифузије и миграције (DMM (1986)).

Резултати истраживања брзине ерозије ^{137}Cs методом на геолокалитету ТЛП дале су реалне вредности брзине ерозивних процеса земљишта које су упоредиве са резултатима добијеним применом $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ методе за истраживано подручје. Применом конверзионих модела за радиоцезијум, на свим испитаним тачкама ерозија је доминантан процес, док у случају конверзионих модела олова постоји једна тачка која указује на акумулацију. Вредности годишњих брзина ерозије добијене ^{137}Cs конверзионим моделима за непоремећено земљиште крећу се у опсегу од $-1,58 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ до $-10,60 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ што указује на ерозију веома ниског и ниског карактера.

Концентрације активности природних радионуклида детектоване у свим земљишним профилима су у нормалној равнотежи са нивоима у животној средини и крећу се у следећим опсезима: $25\text{-}85 \text{ Bq kg}^{-1}$ за ^{226}Ra , $20\text{-}84 \text{ Bq kg}^{-1}$ за ^{238}U , $18\text{-}47 \text{ Bq kg}^{-1}$ за ^{232}Th и $372\text{-}920 \text{ Bq kg}^{-1}$ за ^{40}K . Гранулометријским мерењима је утврђено да је у испитиваним узорцима највише заступљен прах, а нешто мање је присутна и глина. Присуство органске материје у земљишту одражава се на садржај ^{226}Ra за кога је једино приметна варијација по слојевима.

Резултати анализе вертикалне дистрибуције масене магнетне осетљивости у нискофреквентом пољу за свих осам земљишних профила (односно 35 слојева) указују на релативно сличне вертикалне расподеле активности концентрације ^{137}Cs . Корелацијом масене магнетне суспектибилности са садржајем ^{137}Cs , ^{40}K и глине у вертикалним дистрибуцијама, дошло се до закључка да је магнетна осетљивост у највећој мери детерминисана садржајем честица глине у слојевима земљишта. С обзиром да калцификована земљишта у истраживаном подручју имају низак магнетни потенцијал, измерена магнетна осетљивост приписана је педогенези врло ситних магнетних честица.

Друга фаза узорковања (током 2018. године) захтевала је комплекснију припрему за проналажењем референтних тачака. У те сврхе преузета су два земљишна профила недалеко од истраживаног микроподручја и још два профила у доњем делу корита северне јаруге као потенцијална тачка ерозије и акумулације. Анализе вертикалних дистрибуција концентрације активности ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ указују да су за земљишни профил 9 добијени најмањи инвентари радиоцезијума и неподржаног олова у поређењу са другим профилима, што јасно указује на ерозију као и облик вертикалних дистрибуција концентрација активности ових радионуклида. Међутим, изглед криве расподеле вертикалне дистрибуције ^{137}Cs за преостала три профила, такође указује на ерозију као процес због чега је задржан избор референтне тачке приликом претходне квантификације годишње стопе ерозивних процеса (Вилово 7 и Вилово 8). Ерозија је доминантан процес чак и на плавини северне јаруге која је претендовала на акумулацију седимената. Детаљном анализом водостаја Тисе у периоду 1986-2017. године уочено је да је у неколико наврата вода плавила зону редукцију радиоцезијума у горњим слојевима земљишта.

Применом истих конверзионих модела, и у овом случају, све тачке указују на ерозију упркос разликама у инвентарима ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, па се може закључити да су добијене вредности упоредиве и дају реалне резултате вредности годишње брзина губитака земљишта.

Даље, различити топографски параметри (апсолутна висина, нагиб, порфилн и планарна закривљеност и $NDVI$) се доводе у везу са величином ерозије на испитиваним тачкама као и са близином бујичних токова различитих интензитета. Резултати корелационе анализе годишњих вредности брзине ерозије са топографским параметрима упућују да је највећи одраз на величину ерозије у случају нуклеарне методе дала величина нагиба.

Добијени резултати брзине ерозивних процеса овом методом су неупитни, међутим највећа неизвесност методе огледа се у адекватној селекцији референтне тачке. Како би се отклонила сумња у добијене резултате било је потребно упоредити их са резултатима Гавриловићеве методе, међународно признатом методом и најрелевантнијим емпиријским моделом на овим просторима који се бави прорачуном ерозивних процеса у бујичним долинама.

Резултати моделирања годишњих вредности брзине ерозивних процеса поменутом методом јасно указују на ерозију на свим локацијама и прилично уједначеним резултатима ^{137}Cs - конверзионих модела. Применом корелационе анализе може се закључити да резултати ЕРМ имају позитивну умерену корелацију са ^{137}Cs -моделима. Најбоља повезаност постигнута је са ДММ моделом ($r=0,59$) док је са PDM (1986) и PDM (1963) добијен нижи коефицијент корелације (од $r=0,57$) што је и било очекивано с обзиром да модели не узимају у обзир накнадну редистрибуцију земљишта. Релативно добра повезаност модела указује на задовољавајући одабир референтне тачке. Према универзалној класификацији ерозије земљишта у вредностима $\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, сви резултати указују на генерално ниску просечну вредност брзине ерозије на годишњем нивоу. Највеће вредности уочене су код PDM (1986) модела, а најмање код ЕРМ.

За разлику од вредности годишњих брзина ерозивних процеса добијених нуклеарном методом и доминантног утицаја фактора величине нагиба на величину тих вредности, у случају ЕРМ, највећи утицај на величину ерозије има карактер покривености земљишта.

У сваком случају, добро слагање резултата ерозије земљишта сва четири модела упућују на добар одабир референтних тачака у случају нуклеарне методе. Иако су то вредности годишњих

брзина ерозије у рангу од веома ниске до умерене, сви губици земљишта већи од $1,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ сматрају се иреверзибилним процесом у наредних 50-100 година.

У сваком случају, ово истраживање је потврдило да су методе ^{137}Cs и $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ апсолутно применљиве за испитивање ерозивних процеса на примеру јаружастог система на Тителском лесном платоу и да су добијени резултати конзистенти са студијама које се баве сличном проблематиком. Коришћење више различитих модела конверзије, које многобројни аутори препоручују за процену ерозије на непоремећеном земљишту, у комбинацији са анализом величина честица земљишта и других карактеристика земљишта дају објективније вредности брзине ерозивних процеса.

Добијени резултати могу имати примену у области геоконзервације, заштити од ерозије, као и у планирању различитих пољопривредних активности. Захваљујући томе, резултати ове докторске тезе, поред свог пре свегабазичног истраживачког приступа, потенцијално могу да буду применљиви у великом распону од менаџмента туристичке дестинације преко различитих активности везаних за заштиту природе и конзервације земљишта, до бројних аспеката пољопривредне производње.

Наставак овог истраживања биће проширен на апсолутно датирање слојева луминисцентом методом, како би се потврдила хипотеза доминанте депозиције радиоцезијума на нашим просторима из периода Чернобилског акцидента, али и идентификацију (уколико је могућа) слојева у којима је радиоцезијум заостао из периода нуклеарних теситрања. Са резултатима луминисцентног датирања, биће позната доња граница Антропоцена на овим просторима.

9. БИОГРАФИЈА

Кристина Калкан је рођена 10.01.1991. у Новом Саду. Основну школу „Петар Кочић“ у Темерину завршила је као носилац Вукове дипломе, након чега уписује и завршава упоредо Гимназију „Светозар Марковић“ у Новом Саду и нижу музичку школу „Петар Коњовић“ у Бечеју.



Завршетком средњошколског образовања 2010. године уписује студије географије на Природно-математичком факултету, Универзитета у Новом Саду. Основне студије завршила је са просечном оценом 9,78 и дипломирала на тему *Дневне миграције из општине Темерин ка Новом Саду*. Мастер студије завршава просечном оценом 10,00 и одбранила мастер рад на тему *Утицај геолошке подлоге и типа насеља на дистрибуцију радона (^{222}Rn) у урбаним срединама Темерина и Новог Сада*. Школске године 2015/2016. године уписује докторске студије на смеру Доктор наука - Геонауке и положила је испите у року са просечном оценом 9,80.

Стипендиста је Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије током основних студија за школске године 2011/2012 и 2012/2013, стипендиста Фонда за младе

таленте Владе Републике Србије (Министарство омладине и спорта) на мастер студијама школске године 2014/2015 и стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије за студенте докторских студија за школске године 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018 и 2018/2019. Након расписивања конкурса Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије од 2018. године ангажована је на пројекту *Геотрансформација територије Србије - прошлост, садашњи проблеми и предлози решења* на коме је тренутно запослена у звању истраживача-приправника. До сада је учествовала на шест међународних научних конференција и похађала је летњу стручну школу под називом *Nuclear methods for Environmental and Life Sciences* одржаној у Будви током априла 2018. године организоване у организацији *Joint Institute for Nuclear Research*. Аутор је и ко-аутор осам научних радова, од којих су четири са импакт фактором:

- Kalkan, K.**, Forkapić, S., Marković, S.B., Gavrilov, M.B., Bikit-Schroeder, K., Mrđa, D., Radaković, M.G., Tošić, R. 2020. Deposition of ^{137}Cs and precipitation distribution in Vojvodina, Northern Serbia after the Chernobyl accident. *Chemosphere*, 264 (2). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128471>. (M21)
- Kalkan, K.**, Forkapić, S., Marković, S.B., Bikit, K., Gavrilov, M.B., Tošić, R., Mrđa, D.,t Lakatoš, R. 2020. The application of ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ methods in soil erosion research of Titel loess plateau, Vojvodina, Northern Serbia. *Open Geosciences*, 12, 11–24. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0002>. (M23)
- Milentijević, N., Valjarević, A., Bačević, N.R., Ristić, D., **Kalkan, K.**, Cimbalević, M., Dragojlović, J., Savić, S., Pantelić, M. Assessment of observed and projected climate changes in Bačka (Serbia) using Mann-Kendall and BCC Model. Accepted for publication (2020) in *Idojaras*. (M23)
- Milentijević, N., Ostojić, M., Fekete, R., Kalkan, K., Ristić, D., Bačević, N., Stevanović, V., Pantelić, M. Assessment of soil erosion rates using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and GIS in Bačka (Serbia). Accepted for publication (2021) in *Polish Journal of Environmental Studies*. (M23).

Учествовала је на седам научних конференција, од којих су шест биле међународне:

- Milovanović, M., Manić, M., **Kalkan, K.**, Radivojević, A. APPLICATION OF REMOTE SENSING FOR WILDFIRES BURN SEVERITY DETECTION - CASE STUDY OF TARA MOUNTAIN. 70 Years Macedonian Geographical Society, PROCEEDINGS International Scientific Symposium NEW TRENDS IN GEOGRAPHY October 3 - 4, 2019, Ohrid, Republic of North Macedonia. (M33)
- Kalkan K.**, Forkapić S., Marković S.B., Bikit-Šreder K., Gavrilov M.B., Mrđa D. The application of nuclear methods in geomorphological research of Titel hill. NATURAL HAZARDS - ABSTRACT BOOK of the INTERNATIONAL CONFERENCE, Lessons from the past and contemporary challenges, 5-7 October 2018, Novi Sad, Serbia. (M34)
- Kalkan, K.**, Forkapić, S., Marković, S.B., Gavrilov, M.B., Bikit, K., Tošić, R., Mrđa, D. INVESTIGATION OF ^{137}Cs DEPOSITION BY PRECIPITATION DISTRIBUTION IN VOJVODINA REGION. International conference dedicated to the life and work of prof. Branislav Bukurov. 3-5. May 2019, Novi Sad, Serbia. (M34)
- Kalkan, K.**, Forkapić, S., Gavrilov, M.B., Marković, S.B., Lukić, T., Milentijević, N., Milovanović, M. FISSION ENERGETICS - A REVIEW OF INTERNATIONAL STATUS,

GEOGRAPHIC DISTRIBUTION AND FUTURE TRENDS. International conference dedicated to the life and work of prof. Branislav Bukurov. 3-5 May 2019, Novi Sad, Serbia. (M34)

Kalkan, K., Lukić, T., Đukićin, S., Ivkov-Džigurski, A., Ivanović-Bibić, Lj. Ostvarivanje kompetencija učenika gimnazija primenom odabranih didaktičkih principa – studija slučaja: fizičko-geografski sadržaji. IV međunarodna metodička konferencija, Univerzitet u Novom Sadu, 2015, Učiteljski fakultet na mađarskom nastavnom jeziku u Subotici, Subotica. (M34)

Lukić, T., Basarin. B., Buggle, B., Marković, S. B., Tomović, V. M., Popov-Raljić, J., Hambach, U., Gavrilov. M. B., Milanović, M. M., Tomić, N., Jovanović, JM., Sakulski, D., Zorn, M., Komac, B., **Kalkan, K.** A joined rock magnetic and colorimetric perspective on the Middle Pleistocene climate recorded in Dukatar pedocomplex S5 – Titel loess plateau (North Serbia). International conference on loess research, Loess2M – modelling & mapping. 26-29 August 2016, Novi Sad, Serbia (M34)

На докторским студијама опредељује се за истраживање ерозивних процеса применом нуклеарне методе и радиоактивност земљишта. Поседује ESRI-јев сертификат о познавању и коришћењу ArcGIS софтвера и сертификат о познавању QGIS-а.

Током студија ангажована је од стране Природно-математичког факултета у Новом Саду у волонтерском раду на новосадском Фестивалу науке током 2011, 2012, 2013, 2014 и 2015. године, радила је као замена наставника географије у основној школи „Петар Кочић“ у Темерину током 2016, 2017. и 2018. године, као и у Електротехничкој школи (ЕТШ) „Михајло Пупин“ у Новом Саду током 2017. године. Говори енглески језик. Љубитељ је природе, паса и летења параглајдером.

10. ЛИТЕРАТУРА

- Afari-Sefa, V., Kwakye, P.K., Okae-Anti, D., Ziblim Imoro, A., Nyamiah, M. 2004. POTASSIUM AVAILABILITY IN SOILS – FORMS AND SPATIAL DISTRIBUTION. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization and International Atomic Energy Agency, THE ABDUS SALAM INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS.
- Ahmed, Syed Naem. Physics and Engineering of Radiation Detection (Second Edition), 2015. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-15270-1>
- Amiri, F. 2010. Estimate of Erosion and Sedimentation in Semi-arid Basin using Empirical Models of Erosion Potential within a Geographic Information System. *Air, Soil and Water Research*, 3, 37-44. <https://doi.org/10.4137/ASWR.S3427>
- ASTM E 181 – 10: 2010 – Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides.
- Ayoubi, S., Ahmadi, M., Abdi, M.R., Afshar, F. A. 2012. Relationships of ^{137}Cs inventory with magnetic measures of calcareous soils of hilly region in Iran. *Journal of Environmental Radioactivity*, 112, 45-51. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2012.03.012
- Barišić, D., Kosutić, K., Kvastek, K., Lulić, S., Tuta, J., Vertacnik, A., Vrhovac, A., 1987. Assessment of contamination of the territory of the SR Croatia by radioactive precipitation as a result of the accident at the Lenin NPP. XIV Yugosl. Symp., 77-82.
- Baumgartel, A., Lukić, S., Belanović Simić, S., Kadović, R. 2019. Identifying Areas Sensitive to Wind Erosion-A Case Study of the AP Vojvodina (Serbia). *Applied Sciences*, 9 (23), 2076-3417. <https://doi.org/10.3390/app9235106>
- Be, M. M., Chiste, V., Dulieu, C., Browne, E., Chechev, V., Kuzmenko, N., Kondev, F., Luca, A., Galan, M., Pearce, A., Huang, X. 2008. Table of Radionuclides (Vol.4 – A=133 to 252). Monographie BIPM-5. LNHB.
- Bergkvist, N.-O., Ferm, R., Nuclear Explosions 1945-1998, Defense Research Establishment. Division of Systems and Underwater Technology, 2000, Stockholm.
- Bihari, A., Dezső Z. 2011. Radiocaesium as a Tool of Erosion Studies: A Critical Review. In *Soil Erosion: Causes, Processes and Effects*. Edited by A. J. Fournier, Nova Science Publishers Inc
- Bikit, I., Mrda, D., Todorovic, N., Nikolov, J., Krmar, M., Veskovic, M., Slivka, J., Hansman, J., Forkapic, S., Jovancevic, N. 2012. Airborne radioiodine in northern Serbia from Fukushima. *J. Environ. Radioact.*, 114, 89-93. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.01.020>.
- Bikit, I., Slivka, J., Conkic, L., Krmar, M., Veskovic, M., Zikic-Todorovic, N., Varga, E., Curcic, S., Mrdja, D., 2005. Radioactivity of the soil in Vojvodina (northern province of Serbia and Montenegro). *J. Environ. Radioact.*, 78, 11-19. <https://doi.org/10.1016/J.JENVRAD.2004.03.034>.

- Bikit, I., Marinkov, L., Slivka, J., Vesković, M., Čonkić, Lj., Terzić, M., Škrbić, Ž., Vaderna, S. Report on the Radioactive Contamination of the Territory of SAP Vojvodina Following the Chernobyl Accident. Institute of Physics, Faculty of Science, 1987, Novi Sad, Serbia.
- Bjelajac, D., Mesaroš, M., Schaetzl Randall, J., Pavić, D., Micić, T., Marković, S. R., Gavrilov, B. M., Perić, Z., Marković, B. S. 2015. Introducing the Loess Pyramid – an Unusual Landform in the Thick Loess Deposits of Vojvodina, Serbia. *Geographica Pannonica* 20(1), 1–7.
- Bogojević, S., Tanasković, I., Arsić, V., Ilić, J. 2016. Environmental radioactivity of the Republic of Serbia in the period 1985-2015. In: Chernobyl 30 years after. Radiation Protection Society of Serbia and Montenegro.
- Borowik, T., Pettorelli, N., Sönnichsen, L. *et al.* 2013. Normalized difference vegetation index (NDVI) as a predictor of forage availability for ungulates in forest and field habitats. *Eur J Wildl Res*, 59, 675–682. <https://doi.org/10.1007/s10344-013-0720-0>
- Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R. *et al.* 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nat Commun*, 8, 2013, 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Bruce, C. 2006. Natural Resource Sciences. Natural Resources and Water. (<https://www.hort360.com.au/wordpress/wp-content/uploads/2015/03/Gully-erosion.pdf>)
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.07.019>
- Bukurov, B. Odabrani radovi. Matica Srpska, Odeljenje zadruštvene i odeljenje za prirodne nauke Matice Srpske, 1976, NoviSad.
- Campbell, B. L., Loughran, R. J., Elliott, G. L. 1982. Caesium-137 as an indicator of geomorphic processes in a drainage basin system. *Australian Geography Studies*, 20, 49–64.
- Carey, B. Gully erosion. Facts Natural Resources and Water. Managing Queensland natural resources for today and tomorrow. Natural Resource Science, available online under <http://www.nrw.qld.gov.au>, 2006.
- Cinelli, G., De Cort, M. Tollefsen, T. (Eds.), European Atlas of Natural Radiation, Publication Office of the European Union, 2019, Luxembourg.
- Ciszewski, D., A. Czajka, and S. Błazej. 2008. Rapid migration of heavy metals and ¹³⁷Cs in alluvial sediments, Upper Odra River valley, Poland. *Environmental Geology*, 55(7), 1577–86.
- Cornell, R.M., 1993. Adsorption of cesium on minerals: a review. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 171 (2), 483–500. <https://doi.org/10.1007/BF02219872>
- Cort, M., Dubois, G., Fridman, Sh., Germenchuk, M.G., Izrael, Y. A., Janssens, A., Jones, A.R., Kelly, G.N., Kvasnikova, E.V., Matveenko, I.I., Nazarov, I.M., Pokumeiko, Y.M., Sitak, V.A., Stukin, E.D., Tabachny, L.Y., Tsaturov, Y.S, Avdyushin, S. Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 1998, Luxembourg. ISBN 92-828-3140-X

- Davidović, R., Miljković, Lj., Ristanović, B. Relief Bačke. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam I hotelijerstvo, 2005, Novi Sad.
- de Jong, E., Begg, C. B. M., Kachanoski, R. G. 1983. Estimates of soil erosion and deposition from some Saskatchewan soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 63, 607–617.
- Dearing, J. A. Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System. British Library Cataloguing in Publication Data, 1994, United Kingdom.
- Debertin, K., Helmer, R.G. Gamma and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, Elsevier Science Publisher, 1988, Netherlands.
- Dercon, G., Mabit, L., Hancock, G., Nguyen, M.L., Dornhofer, P., Bacchi, O.O., Benmansour, M., Bernard, C., Froehlich, W., Golosov, V.N., et al. 2012. Falloutradionuclide-based techniques for assessing the impact of soil conservation measures on erosion control and soil quality: an overview of the main lessons learnt under an FAO/IAEA Coordinated Research Project. *J. Environ. Radioact.*, 107, 78-85. doi:10.1016/j.jenvrad.2012.01.008
- Dragičević, N., Karleuša, B., Ožanić, N. 2016. A review of the Gavrilović method (erosion potential method) application. *Grđevinar*, 68 (9), 715-725. DOI: 10.14256/JCE.1602.2016
- Đurić, G., Popović, D. 2001. URANIJUM U ZIVOTNOJ SREDINI - "NULTO STANJE" U SRBIJI. Stručni rad. *Hem. Indo*, 55 (7-8), 289-294 (2001).
- Elhag, M., et al. 2019 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 221 012079
- Elliott, G. L., Campbell B. L., Loughran R. J. 1990. Correlation of erosion measurement and soil caesium¹³⁷ content. *Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 41, 713–717.
- Ellison, W.D. 1947. Soil Erosion Studies—Part I. *Agricultural Engineering*, 28, 145-146.
- Evangelidou, N., Balkanski, Y., Cozic, A., Møller, A.P., 2013. Simulations of the transport and deposition of ¹³⁷Cs over Europe after the Chernobyl Nuclear Power Plant accident: influence of varying emission-altitude and model horizontal and vertical resolution. *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 7183-7198. <https://doi.org/10.5194/acp-13-7183-2013>.
- Evangelidou, N., Hamburge, T., Talerko, N., Zibtsev, S., Bondar, Y., Stohl, A., Balkanski, Y., Mousseau, A.T., Møller, P.A., 2016. Reconstructing the Chernobyl Nuclear Power Plant (CNPP) accident 30 years after. A unique database of air concentration and deposition measurements over Europe. *Environ. Pollut.*, 216, 408-418. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.030>.
- Federal Committee for Labor Health and Social Welfare, 1987. Levels of Radioactive Contamination of the Human Environment and Irradiation of the Population of Yugoslavia in 1986 Due to the Chernobyl Nuclear Power Plant (Belgrade, Serbia).
- Fernandes, T. 2017. Geochemical behavior of uranium and thorium in the waste of a uranium conversion facility. Doctoral thesis. Universitat Autònoma de Barcelona, Institut de Ciència i tecnologia ambientals.
- Fernández-Raga, M., Palencia, C., Keesstra, S., Jordán, A., Fraile, R., Angulo-Martínez, M., Cerdà, A. 2017. Splash erosion: A review with unanswered questions. *Earth Science Reviews*, 171, 463-477. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.009>

- Findeiß, M., Schäffer, A. 2017. Fate and Environmental Impact of Thorium Residues During Rare Earth Processing. *J. Sustain. Metall.* 3, 179–189. <https://doi.org/10.1007/s40831-016-0083-3>
- Folliott, P., Brooks, K., Neary, D., Tapia, R., Garcia-Chevesich, P. Soil Erosion and Sediment Production on Watershed Landscapes: Processes, Prevention, and Control. International Hydrological Programme (IHP) of the Regional Office for Science for Latin America and the Caribbean of the United Nations Educational, 2013, Scientific and Cultural Organizations (UNESCO).
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Guidelines for soil description. Fourth edition. 2006, Rome, Italy.
- Forkapić, S. 2014. Istraživanje gasovitih radioaktivnih produkata uranijuma i torijuma. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, Novi Sad.
- Forkapić, S., Lakatoš, R., Samardžić, S., Jovanović, P., Bikit-Schroeder, K., Mrđa, D: Radon in soil gas measurements by RAD7 active device and its possible correlation with soil grain size and composition, Proceedings of 14th International Workshop on th Geological Aspects of Radon Risk Mapping, Prague, Czech Republic, September 17-21, 2018, ISBN 978-80-01-06493-1, pp. 49-54]
- Forkapic, S., Vasin, J., Bikit, I., Mrdja, D., Bikit, K., Milic, S., 2017. Correlations between soil characteristics and radioactivity content of Vojvodina soil. *J. Environ. Radioact.*, 166 (1), 104-111. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.04.003>.
- Foster, G. R. 1991. Advances in wind and water erosion prediction. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, 27– 29.
- Fujiwara, H. 2010. Atmospheric deposition of radioactive cesium (¹³⁷ Cs) associated with dust events in East Asia. *Bull. Natl. Inst. Agro-Environ. Sci.*, 27, 85 – 115.
- Fulajtar, E., Mabit, L., Renschler, C.S., Lee, A., Yi, Z., Use of ¹³⁷ Cs for Soil Erosion Assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Inter-national Atomic Energy Agency, 2017, Rome, Italy.
- Gavrilov, M., 1985. Frequency of quasi-geostrophic modes over grid points and definition of geostrophic wind. *Idojaras*, 89, 77-85.
- Gavrilov, M.B., Markovic, S.B., Schaetzl, R.J., Tomic, I., Zeeden, C., Obreht, I., Sipos, G., Ruman, A., Putnikovic, S., Emunds, K., Peric, Z., Hambach, U., Lehmkuhl, F., 2018. Prevailing surface winds in Northern Serbia in the recent and past time periods; modern- and past dust deposition. *Aeolian Research*, 31, 117-129. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2017.07.008>.
- Gavrilovic, Z et al. 2008. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 4 012039 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1307/4/1/012039/pdf>)
- Gavrilovic, Z. 1988. Use of an Empirical Method Erosion Potential Method for Calculating Sediment Production and Transportation in Unstudied or Torrential Streams. International Conference on River Regime. Hydraulics Research Limited, Wallingford, Oxon UK. 411-422

- Gaydar, A., Nasvit, O. Analysis of radioactive contamination in the near zone of Chernobyl NPP. In: Recent Research Activities about the Chernobyl NPP Accident in Belarus, Ukraine and Russia. 2002, Research Reactor Institute, Kyoto University.
- Gilley, J. E. Erosion water-induced, p. 463 - 469. In Hillel, D. Encyclopedia of Soils in the Environment. 2005, Elsevier Editor.
- Globevnik L., Holjević, D., Petkovšek, G., Rubinić, J. 2003. Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. Erosion Prediction in Ungauged Basins: Integrating Methods and Techniques (Proceedings of symposium HS01 held during IUGO2003 at Sapporo. July 2003). IAHS Publ. no. 279. 2003.
- Gocić, M., Dragičević, S., Radivojević, A., Martić Bursać, N., Stričević, L., Đorđević, M. 2020. Changes in Soil Erosion Intensity Caused by Land Use and Demographic Changes in the Jablanica River Basin, Serbia. *Agriculture*, 10, 345. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080345>
- Guzmán, G., Quinton, J.N., Nearing, M.A. et al. 2013. Sediment tracers in water erosion studies: current approaches and challenges. *J Soils Sediments*, 13, 816–833 <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0659-5>
- Hadzic, V., Sekulic, P., Vasin, J., Nesic, L., 2005. Geoloska osnova zemljinog pokrивaca VOJVODINE. *Ekonom. Poljopr.*, 4, 429-438.
- Halavats, G. 1895. The geological conditions of the Alföld between the Danube and Tisza. Annual Report of the Hungarian Geological Institute, 11, 103-175 (in Hungarian).
- Hammer, Ø. 2019. PAST, version 3.25. Natural History Museum, University of Oslo.
- Hancock, J.G., Hawdon, A.A., Keen, R.J. 2014. Use of fallout tracers ^7Be , ^{210}Pb and ^{137}Cs to distinguish the form of sub-surface soil erosion delivering sediment to rivers in large catchments. *Hydrol. Process.*, 28, 3855–3874. DOI: 10.1002/hyp.9926
- Hass, H., Memmesheimer, M., Geib, H., Jakobs, H.J., Laube, M., Ebel, A., 1990. Simulation of the chernobyl radioactive cloud over Europe using the EURAD model. *Atmos. Environ.*, 24, 673-692. [https://doi.org/10.1016/0960-1686\(90\)90022-F](https://doi.org/10.1016/0960-1686(90)90022-F).
- He, Q., D. E. Walling. 1997. The distribution of fallout ^{137}Cs and ^{210}Pb in undisturbed and cultivated soils. *Applied Radiation and Isotopes*, 48 (5), 677–90.
- Heim, S., Schwarzbauer, J., 2013. Pollution history revealed by sedimentary records: a review. *Environ. Chem. Lett.*, 11, 255-270. <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0409-3>.
- <http://cerea.enpc.fr/fukushima/index.html> ([WWW Document], n.d).
- <http://community.dur.ac.uk/draem/index.php/soil-erosion-by-rain-splash/>
- <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2501>
- <http://geoliss.mre.gov.rs/OGK/RasterSrbija/>
- <http://www.dartmouth.edu/~cushman/courses/engs43/Chernobyl.pdf> ([WWW Document], n.d).

- http://www.evrogeomatika.co.rs/pdf/CORINE_GS.pdf,
- <http://www.ffh.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2016/10/3.Raspodela-rezultata-merenja.pdf>
- http://www.nucleide.org/DDEP_WG/Nuclides/U-238_tables.pdf
- http://www.putokaz.me/images/PREDLOZI_TURA/17_Specijalni_rezervat_prirode_Titelski_breg_Ba%C4%8Dka_Srbija/15085482_649040835278629_1748121078311625365_n.jpg
- http://www1.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html?fbclid=IwAR0A_D5CuqH0hNXck-BHt1e4-pG_114_DJ4vPZTRs9X71XGvHuJ4uHKVZKY
- <https://core.ac.uk/download/pdf/38099883.pdf>
- <https://core.ac.uk/download/pdf/53623749.pdf>
- <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>
([WWW Document], n.d).
- <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/erosion>
- <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=mapview>
- <https://map.onesoil.ai/2018>
- <https://mapire.eu/en/>
- <https://phys.org/news/2017-11-clay-mineral-earth-mantle.html>
- <https://pictame2.com/tag/titelskibreg/>
- <https://radiologykey.com/basic-radiation-protection-and-radiobiology-2/>
- https://rdreview.jaea.go.jp/review_en/2018/e2018_1_18.html
- [https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products\('8a57dfc9-7631-4c4e-9e6d-19e92a392cca'\)/\\$value](https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('8a57dfc9-7631-4c4e-9e6d-19e92a392cca')/$value)
- <https://scs.estavela.in.rs/view/routes.php?pagescs=showgavrilovic>
- <https://support.esri.com/en/download/7680>
- <https://www.dotkomsite.com/wp-content/uploads/2018/03/verica-varga-lok-11.jpg>
- <https://www.irsn.fr/EN/publications/thematic-safety/chernobyl/Pages/The-Chernobyl-Plume.aspx>
- <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA17598>
- https://www.mdpi.com/materials/materials-12-01399/article_deploy/html/images/materials-12-01399-g007.png.
- <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>
- <https://www.planetary.org/space-images/wentworth-1922-grain-size-classification-detailed-chart>
- <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/chernozem>
- Hu, Q.-H., Weng, J.-Q., Wang, J.-S., 2010. Sources of anthropogenic radionuclides in the environment: a review. *J. Environ. Radioact.*, 101, 426-437.
<https://doi.org/10.1016/J.JENVRAD.2008.08.004>.

- International Atomic Energy Agency, 1993. Use of nuclear techniques in studying soil erosion and siltation, Proceedings of an Advisory Group meeting, Vienna, Austria.
- International Atomic Energy Agency, 2006. Characterization, Treatment and Conditioning of Radioactive Graphite from Decommissioning of Nuclear Reactors, Vienna, Austria.
- International Atomic Energy Agency, 2006. Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience, Radiologic (ed. Vienna).
- International atomic energy agency, 2014. TECHNICAL REPORTS Series No. 476 The Environmental Behaviour of Radium: Revised Edition.
- International Atomic Energy Agency, 2014. Guidelines for Using Fallout Radionuclides to Assess Erosion and Effectiveness of Soil Conservation Strategies. IAEA-TECDOC-1741, IAEA, Vienna
- Iurian AR., Phaneuf M.O., Mabit L. 2015. Mobility and Bioavailability of Radionuclides in Soils. In: Walther C., Gupta D. (eds) Radionuclides in the Environment. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22171-7_2.
- Iurian, A., R. Begy, I. Catinas, and C. Cosma. 2012. Results of medium-term soil redistribution rates in Cluj county, Romania, using ^{137}Cs measurements. *Procedia Environmental Sciences*, 14, 22–31.
- Iurian, A-R., Mabit, L., Cosma, C. 2014. Uncertainty related to input parameters of ^{137}Cs soil redistribution model for undisturbed fields. *Journal of Environmental Radioactivity*, 136, 112–120. doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.05.013
- IUSS Working Group WRB, 2014: World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome
- Jie, C., C. Jing-zhang, T. Man-zhi, and G. Zi-tong. 2002 Soil degradation: A global problem endangering sustainable development. *Journal of Geographical Sciences*, 12 (2), 243–52.
- Jie, C., Jing-zhang, C., Man-zhi, T. *et al.* 2002. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. *J. Geogr. Sci*, 12, 243–252. <https://doi.org/10.1007/BF02837480>
- Jiménez, C., Benavides, J., Ospina-Salazar, D.I., Zúñiga, O., Oscar Ochoa, B. 2018. Relationship between physical properties and the magnetic susceptibility in two soils of Valle del Cauca. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 34 (2), 33–45. [doi:http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.70](https://doi.org/10.22267/rcia.173402.70)
- Jovanović, S., A. Dlabáč, N. Mihaljević, and P. Vukotić. 1997. ANGLE: A PC-code for semiconductor detector efficiency calculations. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 218 (1), 13–20.
- Kachanoski, R. G. 1993. Estimating soil loss from changes in soil Cesium-137. *Canadian Journal of Soil Science*, 73, 515–526.
- Kalkan, K. S., Forkapić, S., Marković, S. B., Gavrilov, M. B., Bikit-Schroeder, K., Mrđa, D., a Radaković, M. G., Tošić, R. 2020. Deposition of ^{137}Cs and precipitation distribution in

- Vojvodina, Northern Serbia after the Chernobyl accident. *Chemosphere*, 264, (2), 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128471>.
- Kalkan, K., Forkapić, S., Marković, S., Bikit, K., Gavrilov, M., Tošić, R., Mrđa, D., Lakatoš, R. 2020. The application of ^{137}Cs and ^{210}Pb methods in soil erosion research of Titel loess plateau, Vojvodina, Northern Serbia. *Open Geosciences*, 12 (1), 11-24. <https://doi.org/10.1515/geo-2020-0002>
- Khater, A.E.M., AL-Sewaidan, H.A. 2008. Radiation exposure due to agricultural uses of phosphate fertilizers. *Radiation Measurements*, 43(8), 1402-1407. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2008.04.084>.
- Kleijnen, J.P.C. 2017. Kriging: methods and applications. SSRN electron. *Journal, Cent. Discuss.*, 1-16.
- Korobova, E., Linnik, V., Chizhikova, N., 2008. The history of the Chernobyl ^{137}Cs contamination of the flood plain soils and its relation to physical and chemical properties of the soil horizons (a case study). *J. Geochem. Explor.*, 96, 236-255. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2007.04.014>.
- Košćal, M., Menković, Lj, Knezević, M., Mijatović, M. Geomorphological Map of Vojvodina with Interpreter. Geozavod - Gemini Belgrade, Republic of Serbia - AP Vojvodina. 2005, Executive Council of AP Vojvodina Provincial Secretariat for Energy and Mineral Resources, Novi Sad.
- Kostadinov, S. Gavrilovic, Z. Dragovic, N. Zlatic, M. 2006. Soil erosion and torrents in Serbia [2006]. *Water and Sanitary Technology*, 36 (3), 11-20.
- Kovacheva, P., Slaveikova, M., Todorov, B., Djingova, R. 2014a. Influence of temperature decrease and soil drought on the geochemical fractionation of ^{60}Co and ^{137}Cs in fluvisol and cambisol soils. *Appl Geochem*, 50, 74–81.
- Krstić, D., Nikezić, N. Stevanović, M. Jelić. 2004. Vertical profile of ^{137}Cs in soil. *Applied Radiation and Isotopes*, 61 (6), 1487–92.
- Larsson, M. 2008. The influence of soil properties on the transfer of ^{137}Cs from soil to plant—results from a field study 21 years after the Chernobyl accident. SLU, Dept. of Soil and Environment, Uppsala.
- Latif, U., Younus, I. Gamma Ray Spectroscopy. Department of Physics Lahore University of Management Sciences, 2014, Lahore.
- Lazarević, R. 1985. Novi postupak za određivanje koeficijenta erozije (Z). *EROZIJA – stručno-informativni bilten*, 13, 53-61.
- Lederer, C.M., Shirley, V.S. Table of Isotopes, 1978, New York.
- Lehmkuhl, F., Böskén, J., Hošek, J., Sprafke, T., Marković, S.B., Obrecht, I., Hambach, U., Sümegi, P., Thiemann, A., Steffens, S., Lindner, H., Veres, S., Zeeden, C. 2018. Loess distribution and related Quaternary sediments in the Carpathian Basin, *Journal of Maps*, 14 (2), 661-670, DOI: 10.1080/17445647.2018.1526720

- Lense, G.H.E., Moreira, R.S., Parreiras, T.C., Santana, D.B., Bolelli, T.M., Mincato, R.L. 2020. Water erosion modeling by the Erosion Potential Method and the Revised Universal Soil Loss Equation: a comparative analysis. *Rev. Ambient. Água*, 15 (4).
- Leo, W.R. Technique for Nuclear and Particle Physics Experiments, 1987, Springer-Verlag Berlin.
- Liu, Qq., Chen, L., Li, Jc. 2001. Influences of Slope Gradient on Soil Erosion. *Applied Mathematics and Mechanics*, 22, 510–519. <https://doi.org/10.1023/A:1016303213326>
- Loughran, R. J., Elliott, G. L. Campbell B. L., Shelly D. J. 1988. Estimation of soil erosion from caesium-137 measurements in a small cultivated catchment in Australia. *Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 39, 1153-1157.
- Lukić, T., Leščešen, I., Sakulski, D., Basarin, B., Jordan, A. 2016. Rainfall erosivity as an indicator of sliding occurrence along the southern slopes of the bačka loess plateau: A case study of the kula settlement, vojvodina (North Serbia). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11 (2), 303-318.
- Lukić, T., Lukić, A., Basarin, B., Ponjiger, T., Blagojević, D., Mesaroš, M., Milanović, M., Gavrilov, M., Pavić, D., Zorn, M., Komac, B., Miljković, Đ., Sakulski, D., Babić-Kekez, S., Morar, C., Janičević, S. 2019a. Rainfall erosivity and extreme precipitation in the Pannonian basin, *Open Geosciences*, 11 (1), 664-681. doi: <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0053>
- Lukić, T., Marković, S. B., Stevens, T., Vasiljević, Đ.A., Machalet, B., Basarin, B., Obreht, I. 2009. The Loess “Cave” Near the Village of Surduk - an Unusual Pseudokarst Landform in the Loess of Vojvodina, Serbia. *Acta Garsologica*, 38 (2-3), 227-235. DOI: <https://doi.org/10.3986/ac.v38i2-3.124>
- Mabit, L., Benmansour, M., Walling D.E., 2008. Comparative advantages and limitations of Fallout radionuclides (137Cs, 210Pb and 7Be) to assess soil erosion and sedimentation. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99 (12). 1799–1807.
- Mabit, L., Bernard, C., Lee Zhi Yi, A., Fulajter, E., Dercon, G., Zaman, M., Toloza, A., Heng, L. 2017. Promoting the use of isotopic techniques to combat soil erosion: An overview of the key role played by the SWMCN Subprogramme of the Joint FAO/IAEA Division over the last 20 years. *Land Degradation and Development*, 29, 3077-3091. doi.org/10.1002/ldr.3016
- Mabit, L., Zapata, F., Dercon, G., et al., 2014. _ASSESSMENT OF SOIL EROSION AND SEDIMENTATION: THE ROLE OF FALLOUT RADIONUCLIDES. In: *guIdElInEs for usIng fAllout rAdIonuclIdEs to AssEss ErosIon And EffEctIvEnEss of soIl consErVAtIon strAtEgIEs. oInt fAo/IAEA dIVIsIon of nuclEAR tEChnIQues In food And AgrIculturE*. 2014, Viena.
- Maina, C.W., Sang, J., Mutua, B. M., Raude, J.M. 2018. A review of radiometric analysis on soil erosion and deposition studies in Africa. *Geochronometria*, 45, 10-19. doi.org/10.1515/geochr-2015-0085
- Marković, S. B., Hambach, U., Stevens, T., Kukla, G. J., Heller, F., McCoy, W. D., Oches, E. A., Buggle, B., Zöller, L. 2011. The last million years recorded at the Stari Slankamen (Northern Serbia) loess-palaeosol sequence: revised chronostratigraphy and long-term environmental trends. *Quaternary Science Reviews*, 30 (9-10), 1142-1154. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.02.004>

- Marković, S.B. Fruška gora: fizičko-geografska svojstva. Zavod za udžbenike, 2007, Beograd.
- Marković, S.B., Bokhorst, M., Vandenberghe, J., Oches, E.A., Zöller, L., McCoy, W.D., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Hambach, U., 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., Stevens, T., Jovanović, M., O'Hara-Dhand, K., Basarin, B., Lu, H., Smalley, I., Buggle, B., Zech, M., Svirčev, Z., Sümegi, P., Milojković N., Zöller, L. 2012. Loess in the Vojvodina region (Northern Serbia): an essential link between European and Asian Pleistocene environments. *Netherlands Journal of Geosciences*, 91, 1-2, 173 - 188.
- Marković, S.B., Jovanović, M., Mijović, D., Bokhorst, M., Vandenberghe, J., Oches, E., Hambach, U., Zoeller, L., Gaudenyi, T., Kovačev, N., Bogdanović, Ž., Savić, S., Milojković, N., Bojanić, D. 2005. Titelski breg – Geopark. Drugi naučni skup o geonasleđu Srbije. 22-23. 06. 2004., Beograd, 177-184.
- Marković, S.B., McCoy, W.D., Oches, E.A., Savić, S., Gaudenyi, T., Jovanović, M., Stevens, T., Walther, R., Ivanišević, P., Galić, Z. 2005. Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Petrovaradin Brickyard (Vojvodina, Serbia). *Geologica Carpathica*, 56, 483-491
- Marković, S.B., Stevens, T., Kukla, G.J., Hambach, U., Fitzsimmons, K.E., Gibbard, P., Buggle, B., Zech, M., Guo, Z.T., Hao, Q.Z., Wu, H., O'Hara-Dhand, K., Smalley, I.J., Ujvari, G., Sümegi, P., Timar-Gabor, A., Veres, D., Sirocko, F., Vasiljević, Dj.A., Jari, Z., Svensson, A., Jović, V., Kovács, J., Svirčev, Z. 2015. The Danube loess stratigraphy - new steps towards the development of a pan-European loess stratigraphic model. *Earth Science Reviews*, 148, 228-258.
- Martinez, C., Hancock, G.R., Kalma, J.D. 2010. Relationships between ¹³⁷Cs and soil organic carbon (SOC) in cultivated and never-cultivated soils: An Australian example. *Geoderma*, 158, (3-4), 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.019>.
- Meera Gandhi, G., Parthiban, S., Thummalu, N., Christy, A. 2015. Ndvi: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis – A Case Study of Vellore District. *Procedia Computer Science*, 57, 1199-1210. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>.
- Mendes, W.C., Alves Júnior, J., Cunha, P. C. R., Silva, A.R., Evangelista, A. W. P., Casaroli, D. (2016). Potassium leaching in different soils as a function of irrigation depths. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20 (11), 972-977. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p972-977>
- Meteorological Yearbook II, 2001. Precipitation, SFR of Yugoslavia Territory Data, 1986 Year. Provincial Hydrometeorological Institute, Novi Sad.
- Michalik, Bogusław. 2017. NORM contaminated area identification us-ing radionuclides activity concentration pattern in a soil profile. *Journal of Environmental Radioactivity*, 173, 102-11.
- Milanesi, L., Pilotti, M., Clerici, A., Gavrilović, Z. 2015. APPLICATION OF AN IMPROVED VERSION OF THE EROSION POTENTIAL METHOD IN ALPINE AREAS. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 1.

- Milošević Z., M. Vesković, M. B., Gavrilov, T. Lukić and S. B. Marković. 2013. Using natural disasters to instigate radical polyci changes – the efect of Fokushima nuclear power plant accident on nuclear energy policies. *Acta Geographica Slovenica*, 53-1, 181–189. DOI: 10.3986/AGS53303
- Mokhtari Karchegani, P., Ayoubi, S., Gao Lu, S., Honarju, N. 2011. Use of magnetic measures to assess soil redistribution following deforestation in hilly region. *Journal of Applied Geophysics*, 75, (2), 227-236. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2011.07.017>.
- Morgan P.P.C. Soil erosion and conservation. Third edition. National Soil Resources Institute. Cranfield University, 2005, USA.
- Mrđa, D. 2001. GAMA-SPEKTROMETRIJSKODREDIVANJE KONCENTRACIJE OSIROMASENOG URANIJUMA U ZEMLJISTU. Diplomski rad. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za fizku. Novi Sad.
- Mullins, C. E. 1977. MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF THE SOIL AND ITS SIGNIFICANCE IN SOIL SCIENCE – A REVIEW. *European Journal of Soil Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1977.tb02232.x>
- National Research Council (US) Committee on Evaluation of EPA Guidelines for Exposure to Naturally Occurring Radioactive Materials. Evaluation of Guidelines for Exposures to Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials. Washington (DC): National Academies Press (US); 1999. 2, Natural Radioactivity and Radiation. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK230654/>
- Nejgebauer, B., B. Živković, Đ. Tanasijević, and N. Miljković. Pedološka karta Vojvodine u razmeri 1:50 000. Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad, 1971.
- Nesterenko, A.V., Nesterenko, V.B., Yablokov, A.V., 2009. Chapter IV. Radiation protection after the chernobyl catastrophe. In: *Annals of the New York Academy of Sciences*. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04836.x>
- Nivoi radioaktivne kontaminacije čovekove sredine i ozračenost stanovništva Jugoslavije 1986. godine usled havarije nuklearne elektrane u Černobilju, Savezni komitet za rad, zdravstvo i socijalnu zaštitu, 1987, Beograd.
- Oliver, M.A., Webster, R., 1990. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.* 4, 313-332. <https://doi.org/10.1080/>
- Open-File Report, U. S. G. S. 2006-1195: Nomenclature [WWW Document], n.d. U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 2006-1195. <https://pubs.usgs.gov/of/2006/1195/htmldocs/nomenclature.htm>(accessed 3.7.19)
- Pantelić, S. 1995. Irrigation erosion in the Vojvodina area (Yugoslavia). Doctoral thesis. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Pavlović P., Kostić N., Karadžić B., Mitrović M. 2017. Environmental Issues. In: *The Soils of Serbia*. World Soils Book Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8660-7_11<https://doi.org/10.1080/02626669909492203>

- Pennock, D.J., Lemmon, D.S., de Jong, E. 1995. Cesium-137 measured erosion rates for five parent material groups in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*, 75, 205–210.
- Perić, M.Z., Marković, B.S., Sipos, G., et al. 2020. A post-IR IRSL chronology and dust mass accumulation rates of the Nosak loess-palaeosol sequence in northeastern Serbia. *Boreas*, 49, 841-857. <https://doi.org/10.1111/bor.12459>
- Petković, S., Dragović, N., Marković, S. 1999. Erosion and sedimentation problems in Serbia. *Hydrological Sciences Journal*, 44 (1), 63-77.
- Petrović, J., Dragović, S., Dragović, R., Đorđević, M., Đokić, M., Zlatković, B., Walling, D. 2016. Using ¹³⁷Cs measurements to estimate soil erosion rates in the Pčinja and South Morava River Basins, southeastern Serbia. *Journal of Environmental Radioactivity*, 158-159, 71–80.
- Petrović, J. 2017. OPTIMIZACIJA KONVERZIONIH MODELA ZA IZRAČUNAVANJE INTENZITETA EROZIJE ZEMLJIŠTA NA OSNOVU AKTIVNOSTI RADIOIZOTOPA ¹³⁷CS. Doktorska disertacija. UNIVERZITET U BEOGRADU FAKULTET ZA FIZIČKU HEMIJU, Beograd.
- Petrović, J., Čujić, M., Đorđević, M., Dragović, R., Gajić, B., Šćepan, M., Dragović, S. 2013. Spatial distribution and vertical migration of ¹³⁷Cs in soils of Belgrade (Serbia) 25 years after the Chernobyl accident. *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 15, 1279-1289.
- Pimentel, D. 2006. Soil erosion: A food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*, 8 (1), 119–37.
- Pittauerova, D. 2013. Gamma spectrometry for chronology of recent sediments. Doctoral Thesis, Universität Bremen.
- Popović, S., Džoljić, J. Serbian Forest Indicators by CORINE Land Cover. LAP Lambert Academic Publishing, 2016, Saarbrücken, Germany.
- Poręba, G., A. Bluszcz, and Z. Snieszko. 2003. Concentration and vertical distribution of ¹³⁷Cs in agricultural and undisturbed soils from Chechlo and Czarnocin areas. *Geochronometria*, 22, 67–72.
- Poręba, G., Bluszcz, A. 2009. Influence of the Parameters of Models used to Calculate Soil Erosion Based on Cs Tracer. *Geochronometria*, 32, 1, 21-27. <https://doi.org/10.2478/v10003-008-0026-5>
- Rahimi, M. R., Ayoubi, S., Abdi, M. R. 2013. Magnetic susceptibility and Cs-137 inventory variability as influenced by land use change and slope positions in a hilly, semiarid region of west-central Iran. *Journal of Applied Geophysics*, 89, 68-75.
- Ritchie, J.C., McHenry, J.R. 1990. Application of radioactive fallout cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns: A review. *Journal of Environmental Quality*, 19, 215-233. doi:10.2134/jeq1990.00472425001900020006x
- Ritchie, J.C., Ritchie, C.A., 2008. Bibliography of publications of ¹³⁷cesium studies related to erosion and sediment deposition, USDA-ARS, Beltsville.

- Ryu, J.S., Kim, M.S., Cha, K.J., Lee, T.H., Choi, D.H., 2002. Kriging interpolation methods in geostatistics and DACE model. *KSME Int. J.*, 16, 619-632. <https://doi.org/10.1007/BF03184811>.
- Sam, A. K. 1993. RADIUM-226 LEVELS IN SOME SUDANESE PLANTS AND SOILS. DEPARTMENT OF CHEWSTPY FACULTY OF SCIENCE UNIVERSITY OF KHARTOUM SUDAN. Available from INIS: <http://inis.iaea.org/search/search.aspx?>
- Šarčević, L., Klajic, R., Mihalj, A., Milosevic, Z., 1989. Comparative overview of the level of radioactivity of lichens and mosses in BiH hunting areas before and after the Chernobyl accident. XV Yugosl. Symp. Radiat. Prot.
- Savić R.B., L. Letić, i M. Božinović. 2002. Eolska erozija na obradivom zemljištu. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta* 26, (1), 60-66.
- Savić R.B., M. Božinović, i L. Letić. 2004. Novi način kvantifikacije procesa eolske erozije. *Zemljište i biljka* 53, (2), 119-128.
- Savić, R. 2005. Wind erosion intensity on the Subotica sands. *Savremena poljoprivreda (Serbia and Montenegro)*, 54 (3-4), 531-535.
- Savić, R. 2008. Soil and surface water degradation by wind erosion. *Protection of Nature*, 60 (1-2), 653-661.
- Savić, R., Letić, Lj. 2003a. WIND EROSION ON LIGHT SOILS IN VOIVODINA. Hunedoara, Romania, 2003.
- Savić, R., Letić, Lj. 2003b. Drought, desertification and wind erosion [2003] in: "Environmental protection of urban and suburban settlements: monograph. [Book] 1. [Proceedings of a conference], Aleksic, N. (Ed.). Novi Sad (Serbia and Montenegro): Ekoloski pokret grada Novog Sada, 2003.
- Savić, R., Letić, Lj., Benka, P., Ondrašek, G., Nikolić, V. 2012. Spatial and temporal distribution of potential vulnerability to wind erosion processes in Vojvodina. *Agro-knowledge Journal*, 13(2), 191-198. <https://doi.org/10.7251/AGRSR1202191S>.
- Shamsollah, A., Sajjad, A., Tajik, S. 2014. Lithogenic and antropogenic impacts on soil surface magnetic susceptibility in an arid region of Central Iran. *Archives of Agronomy and Soil Sciences*, 60 (10), 1467-1483.
- Sheppard, S. C., Evenden, W.G. REVIEW OF EFFECT OF SOIL ON RADIONUCLIDE UPTAKE BY PLANTS. Atomic Energy Control Board, 1987, Ottawa, Canada.
- Shi, Z., Wen, A., Zhang, X., He, X., Li, H., Yan, D. 2012. ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ as soil erosion tracers in the hilly Sichuan Basin and the Three Gorges area of China. *Journal of Mountain Science*, 9. doi:10.1007/s11629-012-2200-5.
- Siegbahn, K., EXCERPTS FROM ALPHA, BETA, AND GAMMA-RAY SPECTROSCOPY. 1965, Uppsala.
- SMOLDERS, E., VAN DEN BRANDE, K., MERCKX, R 1997. Concentrations of ^{137}Cs and K in Soil Solution Predict the Plant Availability of ^{137}Cs in Soils. *Environ. Sci. Technol.*, 31, 3432-3438. <https://doi.org/10.1021/es970113r>.

- Steinhauser, G., Brandl, A., Johnson, T.E., 2014. Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: a review of the environmental impacts. *Sci. Total Environ.*, 470-471, 800-817. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2013.10.029>
- Stojanović, Z., MARKOVIĆ, S., Uskoković, D. 2010. Merenje raspodele veličina čestica metodom difrakcije laserske svetlosti. *Novi materijali*, 19, 1-15. UDC:620.191.2-492.
- Szerbin, P., E. Koblinger-Bokori, L. Koblinger, I. Végvári, A., Ugron. 1999. Caesium-137 migration in Hungarian soils. *Science of the Total Environment*, 227, (2-3), 215–227.
- Tadić, E., Šljuka, A. 2018, Erosion intensity assessment using erosion potential method and geographic information systems: A case study of Beočin municipality, Serbia, *Zbornik radova Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo*, 47-1, 32-43.
- Tangestani, M. H., 2006. Comparison of EPM and PSIAC models in GIS for erosion and sediment yield assessment in a semi-arid environment: Afzar Catchment, Fars Province, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 5, 585-597. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2005.06.002>
- The Statistical Office of the Republic of Serbia, 2014. 2011 Census of Population, Households and Dwellings in the Republic of Serbia. Statistical Office of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia. Retrieved from. <http://webrzs.stat.gov.rs>
- Todorovic, D., Rajacic, M., Jankovic, M., Krneta Nikolic, J., Sarap, N., Pantelic, G., 2016. Atmospheric radioactivity at the vinca Institute of nuclear sciences in the period 1985-2015. In: Cernobilj 30 Years after. Radiation Protection Society of Serbia and Montenegro.
- Tosic, I., Hrnjak, I., Gavrilov, M.B., Unkasevic, M., Markovic, S.B., Lukic, T., 2014. Annual and seasonal variability of precipitation in Vojvodina, Serbia. *Theor. Appl. Climatol.*, 117, 331-341. <https://doi:10.1007/s00704-013-1007-9>.
- Tošić, R. Sliv akumulacije Drenova (erozivni procesi I zasipanje akumulacije). Geografsko društvo Republike Srpske, 2012, Banja Luka.
- Tošić, R., Lovrić, N., Dragičević, S. 2019. ASSESSMENT OF THE IMPACT OF DEPOPULATION ON SOIL EROSION: CASE STUDY – REPUBLIKA SRPSKA (BOSNIA AND HERZEGOVINA). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 14, (2), 505 – 518. DOI:10.26471/cjees/2019/014/099
- Ugoni, A., Walker, Bruce. F. 1995. The *t* test – An introduction. *COMSIG REVIEW*, 4 (2), 37-40.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, IONIZING RADIATION: SOURCES AND BIOLOGICAL EFFECTS, 1982, Report to the General Assembly, with annexes Afari-Sefa, V., Kwakye, P.K., Okae-Anti, D., Ziblim Imoro, A., Nyamiah, M. 2004. POTASSIUM AVAILABILITY IN SOILS – FORMS AND SPATIAL DISTRIBUTION. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization and International Atomic Energy Agency, THE ABDUS SALAM INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS.
- UNSCEAR, 1969. REPORT OF THE UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. UNITED NATIONS, New York.

- UNSCEAR, 1988. SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONISING RADIATION. United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation, GRAD, Report to the General assembly, with annexes No 565–571.
- UNSCEAR, 2000. SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION. VOLUME II: EFFECTS. UNITED NATIONS New York.
- Vaezi, A.R., Ahmadi, M., Cerdà, A. 2017. Contribution of raindrop impact to the change of soil physical properties and water erosion under semi-arid rainfalls. *Science of the Total Environment*, 583, 382-392. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.078
- Vandenhove, H., Olyslaegers, G., Sanzharova, N., Shubina, O., Reed, E., Shang, Z., Velasco, H. 2009. Proposal for new best estimates of the soil-to-plant transfer factor of U, Th, Ra, Pb and Po. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100(9), 721-732. https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.10.014.
- Voigt, G., Fesenko, S. (Eds.), 2009. Remediation of contaminated environments. *Radioactivity in the Environment*, 14 (477 pp.).
- Wallbrink, P. J., Murray A. S. 1993. The use of fallout radionuclide as indicators of erosion processes. *Hydrological Processes*, 7, 297–304.
- Walling, D. E., Bradley, S. B. 1988. The use of caesium-137 measurements to investigate sediment delivery from cultivated areas in Devon, IAHS publication 174 (pp. 325-335): Wallingford: IAHS Press
- Walling, D. E., He, Q. 1999a. Improved models for estimating soil erosion rates from Cesium-137 measurements. *Journal of Environmental Quality*, 28, 611–622.
- Walling, D. E., He, Q. 1999b. Using fallout Lead-210 measurements to estimate soil erosion on cultivated land. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 1404–1412.
- Walling, D. E., He, Q. 2001. Models for converting ¹³⁷Cs measurements to estimates of soil redistribution rates on cultivated and undisturbed soils (including software for model implementation). Report to IAEA. Exeter: University of Exeter.
- Walling, D. E., He, Q., Appleby, P. G. Conversion Models for Use in Soil-Erosion, Soil-Redistribution and Sedimentation Investigations.” In Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation Using Environmental Radionuclides, 2003, Kluwer Academic Publishers.
- Walling, D. E., Quine, T. A. 1991. The use of measurements to investigate soil erosion on arable fields in the UK: potential applications and limitations. *Journal of Soil Science*, 42, 147–162.
- Walling, D. E., Quine, T. A. 1993. Use of caesium-137 as a tracer of erosion and sedimentation: Handbook for the application of the caesium-137 technique. UK: Overseas Dev. Adm. Res. Scheme R.
- Walling, D.E., 1998. USE OF ¹³⁷Cs AND OTHER FALLOUT RADIONUCLIDES IN SOIL EROSION INVESTIGATIONS: PROGRESS, PROBLEMS AND PROSPECTS.
- Walling, D.E., Porto, P., Zhang, Y. Du, P. 2014. Upscaling the Use of Fallout Radionuclides in Soil Erosion and Sediment Budget Investigations: Addressing the Challenge. *International Soil and Water Conservation Research*, 2 (3), 1-21. doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30019-8

- Woldemariam, G.W., Iguala, A.D., Tekalign, S., Reddy, R.U. 2018. Spatial Modeling of Soil Erosion Risk and Its Implication for Conservation Planning: The Case of the Gobele Watershed, East Hararghe Zone, Ethiopia. *Land*, 7 (25). doi:10.3390/land7010025.
- Yoshida, Y., Sekiya, K., Nomura, N., Mishima, F., Akiyama, Y., Nishijima, S. 2015. Study on Volume Reduction of Contaminated Soil by Radioactive Cesium Using Magnetic Separation. *IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY*, 25 (3).
- Zapata, F. Handbook for the assessment of soil erosion and sedimentation using environmental radionuclides. Kluwer Academic Publishers, 2003, US.
- Zeeden C., M. Hark, U. Hambach, S. B. Marković, i L. Zöller. 2007. Depressions on the Titel loess plateau: Form, pattern, genesis. *Geographica Pannonica*, 11, 4-8.
- Zemljčić M. 1971. Calcul du debit solide - Evaluation de la vegetation comme un des facteurs antierosifs. International symposium interpraevent. Villach, Austria.
- Zhang Xinbao, Li Shaolong, Zhao Qingchang. 1989. A study on sediment source in a small drainage of the Loess Plateau, *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 3: 210–213.
- Zhang, X., Quine, T. A., Walling, D. E., Li, Z. 1994. Application of the Caesium-137 Technique in a Study of Soil Erosion on Gully Slopes in a Yuan Area of the Loess Plateau Near Xifeng, Gansu Province, China. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 76(1-2), 103–120. doi:10.1080/04353676.1994.11880410
- Буторац, Б., Пањковић, Б., и сар. Специјални резерват природе „Тителски брег“. Покрајински завод за заштиту природе, 2011, Нови Сад.
- Гаудењи, Т. 2009. ПАЛЕОКЛИМАТСКА И ПАЛЕОЕКОЛОШКА РЕКОНСТРУКЦИЈА ПОСЛЕДЊЕГ ГЛАЦИЈАЛА НА ПРОСТОРУ ТИТЕЛСКОГ БРЕГА. Докторска дисертација. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департаман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад.
- Живковић, Б., Нејгебауер, В., Танасијевић, Ђ., Миљковић, Н., Стојковић, Ј., Дрезгић, П. Земљишта Војводине. Институт за пољопривредна истраживања, 1972, Нови Сад.
- Лазаревић, Р., Тошић, Р., Геоморфологија. Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет, 2013, Бања Лука.
- Ласкарев, В.Д. 1951. О стратиграфији квартарних наслага Војводине. *Геолошки анали Балканског полуострва*, XIX. 1-16.
- Марковић, С., 1999. Палеогеографија квартара на територији Војводине. Докторска дисертација. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад.
- Миљковић, Н. Земљишта Шајкашке. стр.32-53 IN Букуров, Б. (ед.) (1971): Шајкашка. Природа краја. Војвођански музеј - Матица српска, Нови Сад.
- Републички хидрометеоролошки завод, Хидролошки годишњаци, Површинске воде 1986-2017. године.

11. ПРИЛОЗИ

- Табеларни подаци дневних падавина за мај 1986. године, месечни подаци о висинама падавина за остатак 1986. године и месечни подаци о висинама падавина за 1987. годину;
- Гамаспектрометријски резултати узорака земљишта;
- Подаци о магнетној сусцептибилности узорака земљишта.

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Dnevne padavine 1986. u [mm]				APRIL						MAJ																														
Naziv padavinske stanice	N	E	A	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Ada	45,48	20,08	80				3,9	9,4		0,1					0		2,9	0,4		0,4					0,8			1,8			4,8	13					0,6	3,8		
Adorjan	45,59	20,03	85				1,1	3,9									7,1	1		0				1				0,2		0,5	0,2	8,9					1,5	10		
Aleksa Šantić	45,56	19,20	120				6,5	2,8		1							1,2	0,2		0,2						0,1		1,5				21					0	6		
Alibunar	45,06	20,57	80				7,5	17	2,7	7,3								3,2			22				3,2			2				15,5					12,6	26,7		
Apatin	45,11	18,59	85				2	9,5		17							9,5							16								10							8,5	
Apatin-Dunav	45,41	18,59	85				1,4	10,2		26,3							9,7	0,3		1,1				0,9		0,4		0,4				10,8							9,3	
Aradac	45,23	20,18	80		0,9		0,3	7,7	0	1,2								0,7			1				8	15,8		2,5				5,6							3,1	
Ašanja	44,45	20,05	80				0,8	3,5	1,9	3								2,5			7,6				1,2	12,4		1,3				14,9							19,2	
Bač	45,24	19,15	85				1,8	0,5		2,5							0,6	0,8		0,2				0	0				0,5				34,5							15
Bačka Palanka	45,15	19,23	80				1,2	6,7		0,8							0,6			0,2												1,6							15	
Bačka Topola	45,49	19,39	100				2	3		2,2							8,8	0,4		0,9					0	0,9		1,7				5,7					5	7,6		
Bački Breg	45,55	18,56	95				14,8	1,5		1,8							3,3	0,6		0,4						0,9		1,1				13,9					5,0	12,5		
Bački Brestovac	45,37	19,18	90				12,1	6		0,8							2,4									1,8		2,1				82,2						0,3	5,1	
Bački Gračac	45,33	19,20	85				5,5	4,2		0,5																						9,8						6,3	8,3	
Bački Monoštor	45,48	18,56	85				8,9	4,7		6								1,6			0,1			2,9				0,1				12				0,9			7,3	
Bački Petrovac	45,22	19,34	85					4	0	2,8							1			0,2						15					3,6							10,5		
Bačko Građište	45,32	20,02	85				0,7	4		25,9							0,3			0,7				0,2	1,1			1,2				8							4,6	
Bačko Novo Selo	45,18	19,08	80				2,6	3,9									0,2	0,3		0,2				0,1	1,5	3,3		1,8				8,4				2,1	15,7			
Bačko Petrovo Selo	45,43	20,05	80				1,2	10,4		4,4																		16				18,2							5,4	
Bajmok	45,58	19,26	115				10,1	1,8		0							1,3	0,7		0					48,4			3,6				66,5					10,6	6,1		
Banatska Palanka	44,50	21,21	75				5,2	8,4	4,3	3,6								4,6	0,3		5,4				1,8								2,9				2,6	4,3		
Banatski Brestovac	44,44	20,49	80				0,9	10,5	2,9	11,9								5,1			0,8				0,2	0,1		2,6				13	3,2						5,2	
Banatski Dvor	45,31	20,31	85				0,3	11,2		1,8							0,1	1,2		0,8					3,7	2,5		2,7				14,7							3,6	
(Banatski) Markovac	45,09	21,29	140				30,1	5,6		18,6																6,8													22,3	
Banatski Karlovac	45,03	21,02	89				6,5	19,6	2,5	9,4								3,9	0	0	12,3					0	0					12,2	0,3					10	6,6	

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Banatsko Arandjelovo	46,04	20,15	80			1,7	4,3							6,7	1,5		1,9					0,3				0		0,4		9,3					0,2	3,3
Banatsko Karadordevo	45,35	20,34	80		1,9	0,9	14	0	3,4								0,3	3,1					4,5	6,6		0,5				11					1,3	
Banatsko Novo* Selo	44,59	20,47	105			0,8	9,3	0,9	4,7						4,1			1,6						4,8		1,2				15,2	0,5				10,3	
Banoštor	45,13	19,37	115			0,8	4,7	2,7	1,8					1,6	0,1									4,1		0,7				8,8				9	0	
Barice	45,11	21,05	80				9,1		3,1						2,3			11,5					0,8						4,3					5,2	10,3	
Bašaid	48,38	20,25	80		3,9		13,2	4,2	4,1	8,4					2	1,3		1,2	2,1					3,9	25,6		1,9			9,1					1,9	
Batrovci	45,03	19,08	85			2,8	1,7	1,3	0,5				0,4		0,3	0,1		0,3				0,5	0,2			1,2			7,1						11,2	
Bavanište	44,49	20,53	80		3,9	8,0	5,0	2,7	4,0				0,4		1,2	1,2	0,8	6,8			0,5	1,6	25,6		1,6				6,8				5,2	7,8		
Begejci	45,31	20,37	80			0,4	14,9		5,7						1,2			6,4						6,5	2,1	1				37,4					5	
Bečej	45,38	20,02	78			3,8	6,8		1,4					5,2	0,1		1,8				0,1		0,1			6,7			15				0,2	5,8		
Bela crkva	44,54	21,25	90			4,5	11,5	3	3,5						2,5	0		4					1,8						6,4	1,3			0,8	2,4		
Belegiš	45,01	20,20	100																																	
Belo Blato	45,16	20,23	75			10,1	7,3		1,5						1,2			1,1					1,6	3,4		1,5			34,1						6,7	
Beočin	45,12	19,43	95			7,3	9,4	3,0	2,5						1,9			2,6					1,7	3,4		1,5			20,3	1,3			0,8	4,6		
Bezdan	45,51	18,56	90			3,9	3,5		12,6					3			0,2				1					3,8			10,7			2,2		7,8		
Bešenovo	45,05	19,43	150			6,6	10,3	5,9	0,4					6,1		0,5					1,5		13,9		0,3				5,5						3,6	
Bikovo	46,02	19,14	110			1,4	4,4							18,8	2,1		0,5						6,9						28,6						0	
Bočar	45,46	20,17	85			0,2	11		0,1						0,8			1,8								0,8		0,9	5,5			0,2	0	3,3		
Bogaraš	45,57	19,55	80		1,1	4,1	2,1		2,3					1,1	2,1								0			2,3		0,1	44,1				0,1	12,6		
Bogojevo	45,32	19,08	85			5	6,7		1,7					1			0,5					0	0						6				7,1	7		
Bogojevo-Dunav	45,32	19,08	85			3,2	5,2		0,5					2,6										0,6		1,3			12				3,6	0		
Bosut	44,56	19,22	85			1,8	9,7	5,6	4,6					1,9	0,5		0	0,4					0,6	0,8		0,6			9,6	0,2				4,9		
Brestač	44,52	19,55	80			3,3	7,2	5,6	2,3					1,8	0,5		0,3	0,4					0,3	0,5		1,0			9,2	0,2			5,4	4,0		
Crepaja	45,01	20,39	80			0,9	9,1	0,3							2,1			0					5			2,5									22,3	
Crna Bara (409)	45,58	20,17	80			4,7	6,7		0,8					7	3,2		1,6						0			0,1	0		11				0	2,9		
Crna Bara Potiška (411)	45,40	20,15	80				8,5		4						1,3			1					0,1	1,4		3			27,2				0,4	2,5		
Crvenka	45,40	19,27	80			3,5	7,7		2,8					4,5												6,1			5,5				2,6	6,8		

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Mramorak	44,53	20,59	110		2,0		1,6	8,2	8,2	6,4					1,6	2,3		0,6	0,6			0,4	1,1	2,9			2,9				11,5					0,2	5,6		
Nadalj	45,31	19,56	80				17,8	5,7		13					7,5	0							0,1				4,4					5,8						7,9	
Nakovo	45,52	20,35	85		2,8		6,7	7,5	6,8	9,7					4,5	1,2		0,6	0,3				0,6	3,0		4,6					9,0						5,7		
Neužina	45,21	20,43	80				8,3		0,8	4,5					1,7	0,3			1,5					1,6		2,8					17,8					8,3	4,8		
Nova Crnja	45,40	20,36	80		0,2		0,2	30,5		12,5							0	0,7						3,1		0,5					23					0,3	1,2		
Nova Gajdobra	45,21	19,27	85				2	2,7		1,2					0,2	0,6								3,1		1					21,2						17,2		
Novi Bečej	45,36	20,09	80				0,6	7,4		14,5					2	0,6		0,4				0,2	0,1	0		25,6					8,4					0,3	4,7		
Novi Karlovci	45,05	20,11	105		0,6		0,3	6,8	1,5	0,4						0,5		0,4													5,2						8,5		
Novi Kneževac	46,02	20,06	85				0	3,5							6,5	1		0				0				0,3					10,4					1,2	9,5		
Novi Slankamen	45,08	20,15	130		0,6		0,3	5,9	1,5	7,5					4,3	0,7		0,2	0,4			0,1		4,3		13,0					8,0					0,8	7,6		
Novo Miloševo	45,43	20,18	80				5,8	12,1	0	1,9					0	0,3	1	1,6	0,3				0	0		1,9					15,4				1,2	1,2	3,1		
Obrež	44,44	19,59	80				0,2	6,4	0,7	1,2					0,1	3			0,2					0		0,6					30,2	0,2					12,3		
Odžaci	45,30	19,16	90				3,5	7,1		0,5					0,2								0,7			2,1					15,6						1,1	12,1	
Ogar	44,49	18,57	80				7,2	0								3,2			0					3,4								3,1						16,5	
Omoljica	44,45	20,45	80				0,9	9,3	0,8	13						5,3		5,6					0,8			1,8					9,8	1,3						11,6	
Opovo	45,03	20,26	80					9,8		1,7						2,9		3,8					3,6	5,8	8,6	0,8					33,5							8,6	
Orom	45,59	19,50	110				4	4,7		0,2					5,9	1,1		0,3				1,2	0,2	0,9		2,8					11,8					1,3	12,7		
Ostojićevo	45,54	20,10	85				4	3,7		3,8			0		0,3	6	0,6	0,4				0	0,5			0,3		0			11,2						1,1	1,3	
Padina	45,07	20,44	110				4,8	6,2	1,5	0,2							3,6		0,6				3,2	40,5		1,2					9,2	1				20,5	22		
Parage	45,25	19,24	85				11,5	2,7							0											0,5													13,5
Palić	46,06	19,46	102				2,7	1,8							15,1	0,4		0,5								1,9					13,3						2,5	7,2	
Pavlovci	45,03	19,48	130				3	11	2,5	1,7					2			0,7							25,2						3,5							4,5	
Pančevo	44,53	20,40	80				0	10	0	16						4		1					0	23,5		5					19	2						18,5	
Pećinci	44,54	19,58	81				0,8	10,5	0,3	0,7					0,3	1		0,1							8,1		0,3				1,2	0,2							16,2
Perlez	44,13	20,28	80				1,5	5,2		1,3						1,4		0,9						4		2					25							7,6	
Petrovaradin	45,15	19,52	120				0,3	9,8	1,6	6,5					0,5	0,7		0,1	0,7						3,3		0,7				45,7							6,3	
Petrovaradinska tvrđava	45,15	19,52	134				0,5	7,5	1,2	3,2					0,6	0,1		0,5	0						2,8		0,3				21							5,8	

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Šašinci	44,58	19,45	90				5,4	0,2		16					0,8	0,3			0			0			1				0,2										2,2			
Šid	45,07	19,15	105				3,5	6,5	0	0,8			0		0,3	0	0	0,3	3,2			0	0,2	3,6			0,2							5				0			14,7	
Šurjan	44,23	20,52	80				0,8	13	0,7	2,3									14,8						2,7		0,2													1,4	14,9	
Šušara	44,56	21,08	180				7,6	11,4	2,6	4,3						2,2	0,5		9									0,4												0,4	2	
Taraš	45,28	20,12	80				0,1	5,3								1													2,8											1	3,5	
Tavankut	46,03	19,30	125				9,4	1,9							1,9				0,6																					22,1	7,3	
Telečka	45,48	19,23	115				13,2	2,7							2,8				0,2								0,7	0,8												2,7	8,2	
Temerin	45,24	19,53	80				0,2	5,3							1	0,2		0,5	0,1																						5,3	
Titel	45,12	20,19	85				0,1	7								1,3																									10,3	
Toba	45,41	20,34	80		0,5		1	28								0,2																								14,8	0,3	
Tomaševac	45,16	20,38	80				1,1	7,8	0,3	0,2						1,8												0,5	5,1													3,6
Torda	45,35	20,28	85				0	13,1							3,2	0,2		0	1,3								4,3	20,4													2	
Tornjoš	45,53	19,50	110					4,5							1,3	0,8		1,2																						0,7	14,6	
Tovariševo	45,21	19,20	85				1,8	2								0,5																										15,1
Uljma	45,03	21,09	90				6,4	12,8	3,2	2,5						1,8																								0,4	0,8	
Uzdin	45,13	20,37	80				4,1	6,4	3,2	1,3					1,3	1,0		1,2	5,2																						0,6	10,2
Vajska	45,26	19,07	85				2,2	2,8							0,8	0,1		0,7										1,3	1,6												5,6	15,1
Vašica	45,06	19,11	85				2,8	6,2							1,5	0,1		0,2																								15,7
Vatin	45,14	21,15	80				2,2	10								2,1	0,4		6,6																						0,8	4,4
Velika Remeta	45,09	19,56	200					12	5,8	4,2					0,3	0,7																										4,5
Veliki Gaj	45,17	21,11	85		0,7		0,4	12								3,5																									1,2	4,1
Veliki Radinci	45,03	19,41	100				4	8	0,9	0,5					0,8																											5,5
Veliko Središte	45,11	21,25	110		1,6		2,3	22,2	0,3	5,7						4,3																										13,5
Vilovo	45,15	20,10	70				2,7	4,3	7,3							0,8																									6,1	4,8
Vladimirovac	45,02	20,54	140		0,5		6	18,5	1	3,5						6,7																									4,8	9,5
Vrbas	45,34	19,39	87				0,4	4,9							1,2	0		0,2																								13,5
Vrbica	46,01	20,19	80				3,5	9,4							4	3,2		0,3	1,7																						3,3	

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Vrsac	45,09	21,19	83		0,4		2,2	25,7	0,5	4,1							3,4	0		9,8					0,5				0				3,7	0,3						4,1			
Vojka	44,56	20,09	80					9,5	0,3							0	0			1,2					0	0			0,7								9,5						42,7
Zabalj	45,23	20,04	80				0	6,1	13,5	34,1						3,5	0			0,1								14,1													4,2		
Zrenjanin	45,24	20,23	80		2,8		0,5	6,6		0,6						0,1	1		0	0,4					0,8	5,3			2,4												3,6		
Banatsko Selo Vel	45,49	20,37	80		1,8		4,6	11		0				0	0	0,7	0	7,8							0,7	12,2			0		0									0	5,8	0	

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Mesecne padavine 1986.	N	E	A	Ukupno [mm]							SUM	AVR
				jun	jul	avgust	sept.	okt.	nov.	dec.		
Ada	45,48	20,08	80	49,7	126,5	31,9	0,3	34,4	3,2	28,3	274,3	39,19
Adorjan	45,59	20,03	85	71	34,3	37,8	0	22,9	3,7	29	198,7	28,39
Aleksa Šantić	45,56	19,20	120	60,9	70,8	66,9	0,5	50,5	7	22,1	278,7	39,81
Alibunar	45,06	20,57	80	79,6	72,9	14,5	0,3	35,9	4,1	36,7	244,0333	34,86
Apatin	45,11	18,59	85	52		87,5	20,5				160	53,33
Apatin-Dunav	45,41	18,59	85	81,5	27	92,7	3,1	64,9	12,7	19,4	301,3	43,04
Aradac	45,23	20,18	80	78,6	90,6	13,3	1,6	30,8	4,9	19,6	239,4	34,20
Ašanja	44,45	20,05	80	66,8	91,6	24	4	43,2		19,6	249,2	41,53
Bač	45,24	19,15	85	33,2	51,1	37,8	0,3	51,2	8,6	18,1	200,3	28,61
Bačka Palanka	45,15	19,23	80	56,8	87,8	47,5	3,8	57	9,6		262,5	43,75
Bačka Topola	45,49	19,39	100	47,6	60	36,3	0,6	45,3	5,8	19,6	215,2	30,74
Bački Breg	45,55	18,56	95	77,1			0,2		13,3	22,1	112,7	28,18
Bački Brestovac	45,37	19,18	90	39,9	43	59,3	1,4	54,2	7,8	14,6	220,2	31,46
Bački Gračac	45,33	19,20	85	51,5	41,7	58,7	3,5	54,1	9,1	17,3	235,9	33,70
Bački Monoštor	45,48	18,56	85	77,4	20,4	50,9	1	64,6	16,2	19,4	249,9	35,70
Bački Petrovac	45,22	19,34	85	44,7	58,8	35	3,1	43,4	5,8	16,4	207,2	29,60
Bačko Gradište	45,32	20,02	85	64,9	62,5	70,1	1	38,3	1,9	20,6	259,3	37,04
Bačko Novo Selo	45,18	19,08	80	35,4	68,7	42	4,8	40,8	13,1	18,4	223,2	31,89
Bačko Petrovo Selo	45,43	20,05	80	49,5	46	49,6	0	36,7	2,1	20,1	204	29,14
Bajmok	45,58	19,26	115	69,6	74,2	44,9	0,8	41,3	6,3	25,6	262,7	37,53
Banatska Palanka	44,50	21,21	75	74,6	70,9	29,2	0,6	43,2	6	41,2	265,7	37,96
Banatski Brestovac	44,44	20,49	80	56	76,6	16,8	1,3	34,9	5,5	22,3	213,4	30,49
Banatski Dvor	45,31	20,31	85	34,3	135,8	41,7		32,2		37,5	281,5	56,30

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Banatsko Novo Selo (161)	44,59	20,47	105	61,9	149,1	10,2	1,1	39,3	4,1	26,7	292,4	41,77
Banatski Markovac	45,09	21,29	140	114,1	79,1	27,3	0,9	46,2	3,6	58	329,2	47,03
Banatski Karlovac	45,03	21,02	89	61,2	40,2	4,8	0,2	33,7	2,9	30,4	173,4	24,77
Banatsko Aranđelovo	46,04	20,15	80		71,4	30	1,8	17,3	4,7	26,1	151,3	25,22
Banatsko Karađorđevo	45,35	20,34	80	29,1	114,9	33,5	2,4	35,1	2,9	36,5	254,4	36,34
Banatsko Veliko Selo	45,49	20,37	80	34,2	146,5	32,2	0,4	25,8	2,4	35,7	277,2	39,60
Banoštor	45,13	19,37	115	57,7		39	3,4	46,1	7	15,3	168,5	28,08
Barice	45,11	21,05	80	29,7	84,8	11,7	0,6	36,9		32,4	196,1	32,68
Bašaid	48,38	20,25	80	48,3	90,6	48,9	1,5	39,3	3,1	31,5	263,2	37,60
Batrovci	45,03	19,08	85	53,4	119,7	51,8	13,1	38,7	17,5	21,3	315,5	45,07
Bavanište	44,49	20,53	80								0	
Begejci	45,31	20,37	80	29,7	150,7	45,7	6,5	36,7	4	41,9	315,2	45,03
Bečej	45,38	20,02	78	58,9	67,1	85,2	0,9	42	2,6	19,6	276,3	39,47
Bela crkva	44,54	21,25	90	87,8	76,5	19,5	0	38,2	4,2	38,3	264,5	37,79
Belegiš	45,01	20,20	100								0	
Belo Blato	45,16	20,23	75	74,8	139,5	25,1	1,4	38,5	4,3	22	305,6	43,66
Beočin	45,12	19,43	95		81,4		4,7	42,4			128,5	42,83
Bezdan	45,51	18,56	90	89,2	12,9	49,8	1,2	57,9	13,9	17,5	242,4	34,63
Bešenovo	45,05	19,43	150	42,5	111,4	49,8	7,1	35,4	5,7	17,1	269	38,43
Bikovo	46,02	19,14	110	103,2		61,8	0,3	32,4	5,1	31,1	233,9	38,98
Bočar	45,46	20,17	85	69,1	48,6	37,6	0,7	32,2	3,4	25,6	217,2	31,03
Bogaraš	45,57	19,55	80	97,8	38,7	38,3	0,3	30,8		21,9	227,8	37,97
Bogojevo	45,32	19,08	85	46	52,1	66,9	5,8	57,8	12,8	20,3	261,7	37,39
Bogojevo-Dunav	45,32	19,08	85	52,9	51,2	69,7	3,7		13,3	20,6	211,4	35,23
Bosut	44,56	19,22	85	95,5	119,7	60,7	11,5	58,5	12,6	20,2	378,7	54,10

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Brestač	44,52	19,55	80								0	#DIV/0!
Crepaja	45,01	20,39	80	47,9			0	36	0,5	20,7	105,1	21,02
Crna Bara	45,58	20,17	80	91,6	47,7	40,1	0,3	22,9	2	33,3	237,9	33,99
Crna Bara Potiska	45,40	20,15	80	61,7	90,2	30,5	1,1	44,3	4,2	26,2	258,2	36,89
Crvenka	45,40	19,27	80		42,6	48,8	0	44,7	4,7	18,5	159,3	26,55
Čalma	45,05	19,31	130	83,7	112,5	46	6,2		5,4	20,5	274,3	45,72
Čantavir	45,54	19,45	100	67,9	43	40,6	0,6	38,9		26,8	217,8	36,30
Čelarevo	45,16	19,34	80								0	#DIV/0!
Čenta	45,05	20,21	75	54,3	133,5		3	39,8	4	22,4	257	42,83
Čoka	45,57	20,09	85	92,7	36,3	39,2	0,7	23,7	2,5	29,9	225	32,14
Čortanovci	45,09	20,01	140	82,2	67,4	36,1	3,1	41,6	5,9	16,5	252,8	36,11
Čurug	45,28	20,05	80		66,8	37,2	2,9	37,9	3,3	17,6	165,7	27,62
Deliblato	44,51	21,03	90	47	56,4	41,5		34,8		14,4	194,1	38,82
Deronje	45,27	19,14	90	39	33,3	58	3,2	64,9	9,9	18,7	227	32,43
Despotovo	45,28	19,32	85	56,4	39,9	34,9	2	51,7		22,6	207,5	34,58
Dobrica	45,13	20,52	85	64,1	107,5	25,7	1,7	34,3	3,5	30,9	267,7	38,24
Dobrinci	44,57	19,57	85								0	#DIV/0!
Dolovo	44,54	20,53	95	58,6	47,7	9,3	0,6	41,2	3,6	26,2	187,2	26,74
Drljan	45,43	19,50	100	38,6	30	54,7	0	40,2	3	18,5	185	26,43
Dubovac	44,48	21,13	75	79,8	68,7	58,9					207,4	69,13
Ečka	45,19	20,27	80	35,5	79,3	38,7	2,2	33,6	3,8	23,7	216,8	30,97
Elemir	45,26	20,18	80	70,9	112,8	36,7		38,4	5,3	28,3	292,4	48,73
Erdevik	45,07	19,25	120								0	#DIV/0!
Farkaždin	45,21	20,20	80	58,6	95,3	23,2	0,5	38,7	3,5	23,9	243,7	34,81
Futog	45,15	19,42	80	38,5	83,5	46,3	4,5	57,2	5,1	18,3	253,4	36,20

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Gaj	44,45	21,07	80		60,9	36,6		40,1		24	161,6	40,40
Gakovo	45,54	19,04	90	99,7		58,9	5,6	66,5	18,1	29,3	278,1	46,35
Gladnoš	45,08	20,00	185	66,6	98,3	35,7	2,8	39,1	4,5		247	41,17
Gardinovci	45,12	20,08	85	115,5	90,3		3,8	32,6		21,2	263,4	52,68
Gornja Rogatica	45,48	19,28	100	81,4	40,3	37,2	0	45,3	4,7	20,3	229,2	32,74
Gospodinci	45,26	20,02	80	38,3	54,5	42,9	3,7	41,1	4,4	21,6	206,5	29,50
Grabovci	44,46	19,51	80	57,7	136	69,4	5	46,1	12,2	15,3	341,7	48,81
Grebenac	44,54	21,14	85			14,8		23,2	2,3	32,1	72,4	18,10
Gunaroš	45,46	19,50	100	61,8	44	30,7	3,9	39,7	3,1	23,9	207,1	29,59
Hajdučica	45,15	20,58	75	66,4	92,3	18,2	3,5	42,2		38,9	261,5	43,58
Hetin	45,40	20,48	80		74,8	35,9	4,1			40,5	155,3	38,83
Horgoš	46,10	19,59	95	54,2	47,8	42,7	1	18,1	2,7	27,3	193,8	27,69
Hrtkovci	44,53	19,46	90	41,8	181,1	40,1	6,7	52,8	12,3	21,1	355,9	50,84
Ilandža	45,10	20,56	85	54,3	48,5	12,3	1,5	36,5	1,5	29,4	184	26,29
Indija	45,03	20,06	100	84,3	96,9	40	0,8	39,3	5,4	18,2	284,9	40,70
Irig	45,06	19,52	185	43,3	101,1	40,7	6	45,5	5,5	19,7	261,8	37,40
Iriški Venac	45,09	19,50	445	51,4	120,8	40,3	9,3	47,5	7,1	27,5	303,9	43,41
Jabuka	44,57	20,36	70		103,5	6,8	0,5	32,7	5,7	23,9	173,1	28,85
Jamena	44,53	19,04	85	63,2	113,7	31,4	18,5	58,1	20,2	27,7	332,8	47,54
Jankov Most	45,30	20,30	80	40,2	89,7	49,6	4	33,8	2,6	28,6	248,5	35,50
Jarkovac	45,16	20,46	80	37,2	128,9	21,1	1,2	28	4,1	22	242,5	34,64
Jasenovo	44,56	21,19	80	76,8	77,5	14,8	0,3	39,1	5,7	36,1	250,3	35,76
Jaša Tomić	45,27	20,51	80	27	112,4	48,9	2,9	29,7	2,4	41,3	264,6	37,80
Kač	45,18	19,56	80	36,4	64,8	44,8	3,7	40,4	5,5	16	211,6	30,23
Kamendin	45,26	19,47	85	38,1	72,3	98,8	3,5	49,5		18,5	280,7	46,78

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Kelebija	46,09	19,35	130	58,3	30,7	41	0,2	28	5,3	26,4	189,9	27,13
Kikinda	45,51	20,27	82	36,1	135,1	39,4	0,7	24,8	3,4	33,3	272,8	38,97
Kljajićevo	45,46	19,16	90	99,2	57,1	47,1	0,4	49,5	7,9	18,9	280,1	40,01
Konak	45,19	20,55	80	53,2	114,4	28,5	1,6	34,1	2,2	40,8	274,8	39,26
Kovačica	45,07	20,38	80	77,8	118,8	29,2	1,7	28,5		24	280	46,67
Kovilj	45,13	20,02	80	76,9	79	30,4	3,4	32	4,3	15,8	241,8	34,54
Kovin	44,45	20,59	75	128,5	48,9	28,7	0,5	33,1	4	33,1	276,8	39,54
Krajišnik	45,27	20,44	80	42,3	144,6	39,6	1	31,4	2,3	35,8	297	42,43
Krčedin	45,09	20,08	110	75,1	77,6	42,8	2,3	38,2	5,8	18,2	260	37,14
Kruščić	45,37	19,23	85	33	45,8	84,3	3,9	55,5	6,5	17,9	246,9	35,27
Kucura	45,31	19,36	85	64,6		89,6	1,6	51,2		13,1	220,1	44,02
Kukuljevci	45,04	19,21	90	67,9	109,9	58,2	8,6	48,4	9,8	19,8	322,6	46,09
Kula	45,36	19,32	85	59	71,8	84,7	9,5	48,8		14,8	288,6	48,10
Kumane	45,32	20,14	80	56,8	83,7	51,6	1,4	36,5	2,1	25,8	257,9	36,84
Kupinovo	44,42	20,03	75	86,8	111,9	42,3	0,5	51,5	11,1	23,9	328	46,86
Kupusina	45,44	19,01	85		57,5	52	0,9	39,8	13,6	14,9	178,7	29,78
Kuštilj	45,02	21,23	90	59,5	72,1	24,8	0,3	37,3	4,3	51,7	250	35,71
Lazarevo	45,23	20,33	80	32,1	118,6		1,9	26,5	3,6	21,8	204,5	34,08
Ležimir	45,08	19,34	200	85,7	128,7	58,1	6,5	49,7	11,6	12,5	352,8	50,40
Lipar	45,42	19,34	115	69,3	33	39,1	0,9	49,5	5	18,3	215,1	30,73
Lokve	45,09	21,02	70	49,5			1,4	25,2	3	30,1	109,2	21,84
Lovcenac	45,41	19,42	90		37,5	39,5		42,7	5,1	17,1	141,9	28,38
Ljuba	45,09	19,24	220	63,4	72,6	35,1	6,2	53,5	10,3	17,2	258,3	36,90
Mala Bosna	46,03	19,35	120	72,9	59,6	52,4		29,5	4,1	23,4	241,9	40,32
Male Pijace	46,04	19,54	105	76,5	43,8	51,9	0,4	21,8	2,5	28	224,9	32,13

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Mali Stapar	45,42	19,20	90	62,8	55,3	46,3	0,2	54	6,6	16,6	241,8	34,54
Mandelos	45,05	19,36	130	46,5	100,9	58,8	10	50,8	6,5	22,6	296,1	42,30
Martinci	45,01	19,28	85	68	138,2	60,3	13,6	42,8	7,1	17	347	49,57
Martonoš	46,07	20,04	85	65,6	29,5	47,6	0,9	19,8	2,7	29,6	195,7	27,96
Međa	45,32	20,49	80	25,2					3,1	41,7	70	23,33
Melenci	45,31	20,19	80	64,4	109,7	66	3,2	37,5	5	28,6	314,4	44,91
Mladenovo	45,17	19,16	80	66,5	53		0,6	25,9	8,7	14,6	169,3	28,22
Miletićevo	45,18	21,04	80								0	#DIV/0!
Mokrin	45,56	20,25	85	64,4	97,2	50,8	0,7	22,2	3,6	32,4	271,3	38,76
Morović	45,01	19,13	85	74	104,5	43,3	7,5	53,8	17,9	21	322	46,00
Mošorin	45,18	20,11	80	53,1	110,1	28,7	2,5	33,4	5,5	19,3	252,6	36,09
Mramorak	44,53	20,59	110								0	#DIV/0!
Nadalj	45,31	19,56	80	44,4	56,3	95,8	1,7	46,2	4,2	18,9	267,5	38,21
Nakovo	45,52	20,35	85								0	#DIV/0!
Neužina	45,21	20,43	80	42,5	148,5	37,9	0,5	34,7	3,9	31,3	299,3	42,76
Nova Crnja	45,40	20,36	80	40,9	126,5	50,4	2,2	34	2,7	38,1	294,8	42,11
Nova Gajdobra	45,21	19,27	85	50,7	71,7	44,4	1,6	43	10,7	16,8	238,9	34,13
Novi Bečej	45,36	20,09	80	46,1	66,9	59,1	0,7	40,3	2,3	23,2	238,6	34,09
Novi Karlovci	45,05	20,11	105	66,8	104,9	31,3	2,1	38,5	4,9	18,9	267,4	38,20
Novi Kneževac	46,02	20,06	85	107,6	46,1	49,6	2,6	28,3	2,9	27,8	264,9	37,84
Novi Slankamen	45,08	20,15	130								0	#DIV/0!
Novo Miloševo	45,43	20,18	80	112,5	115,7	33	0,7	40,6	3,8	34,8	341,1	48,73
Obrež	44,44	19,59	80	66,7	128,8	30,6	3,1	45,3	9,2	20,8	304,5	43,50
Odžaci	45,30	19,16	90	38,5	71,7	41,2	3,3	53,7	10,3	17,8	236,5	33,79
Ogar	44,49	18,57	80	37,5	62,6	26,2	3	33,8	12,7	20,5	196,3	28,04

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Omoljica	44,45	20,45	80	92,5	62,1	17,8		37,7	4,1	20,7	234,9	39,15
Opovo	45,03	20,26	80	63,3	113,8	48,9	1,9			23,2	251,1	50,22
Orom	45,59	19,50	110	115,6	33,9	80,8		33,2	4,7	30,6	298,8	49,80
Ostojićevo	45,54	20,10	85	38,5	42,4	31,3	0,6	26,6		27,6	167	27,83
Padina	45,07	20,44	110	65,1	106,6	20,1	0,9	25,3	4	20,8	242,8	34,69
Parage	45,25	19,24	85	49,6	29,3	45	1,7	45,4	9,5	17,7	198,2	28,31
Palić	46,06	19,46	102	82,9	47,8	74,9	0,6	31,4	5,3	25,2	268,1	38,30
Pavlovci	45,03	19,48	130	44,8	133,9	52,4	3,5	40,6	5,3	18,3	298,8	42,69
Pančevo	44,53	20,40	80	60	71,2	20,8	0	42,7	4,2	26,5	225,4	32,20
Pećinci	44,54	19,58	81	54,1	112,6	39,9	3,2	35,4	8,6	21,6	275,4	39,34
Perlez	44,13	20,28	80	68,7	83,4	24,9	2,7	37,4	3,8	21,9	242,8	34,69
Petrovaradin	45,15	19,52	120	51,6	76,5	47,8	4,5	36,4	8,9	17,8	243,5	34,79
Petrovaradinska Tvrđava	45,15	19,52	134	48,1	66,7	55,8	4,2	35,3	5,4	15	230,5	32,93
Plandište	45,14	21,08	80	30,8	77,3	10		39,1	1,2	39,2	197,6	32,93
Platićevo	44,50	19,48	80		83,2	23,7	3,1				110	36,67
Plavna	45,20	19,07	85	49,8	78,4	69,6	6,6	46,5	19,4	23,5	293,8	41,97
Popinci	44,56	20,01	85	61,8	125,4	35,1	5,7	42,5	5,8	19,5	295,8	42,26
Potporanj	45,01	21,15	90	73,7	73	12,2	0,4	37,9	3,6	41,8	242,6	34,66
Prigrevica	45,40	19,05	90	74,5		79,2	5,6		9,3	20,3	188,9	37,78
Rabe	46,07	20,16	80	45,7	58	41,3	0,9	16,8	2,3	27,9	192,9	27,56
Radojevo	45,45	20,47	85		86,7	32	1	23,1	1,6	42,6	187	31,17
Rastina	45,58	19,03	105	91,5	32,8	68,6	0,9	51,4	11	19,3	275,5	39,36
Ratkovo	45,28	19,21	85	53,6			0,5	17,1		17,3	88,5	22,13
Ravni Topolovac	45,28	20,34	80	32,3	91,2	32,6	5	32,5	3,5	32,4	229,5	32,79
Rimski Šančevi	45,20	19,51	86	50,4	77,1	40	4,3	42	6,7	16,1	236,6	33,80

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Ridica	45,59	19,07	90	67,8	56,3		1,6			22,6	148,3	37,08
Ritiševo	45,04	21,14	80								0	#DIV/0!
Ruma	45,00	19,50	110	49,9	112,2	46,1	5,1	43,9	8,3	18,5	284	40,57
Rumenka	45,20	19,45	80	46	67,8	27,2	6,1	27	7,2	22,6	203,9	29,13
Ruski Krstur	45,34	19,24	85	46,7	66,5	56,4	2,9	52,2	6,2	17	247,9	35,41
Rusko Selo	45,45	20,35	80	35,3	123,6	37,2	0,9	27,2	2,6	37	263,8	37,69
Sajan	45,51	20,17	80	58,7	120,2	56,9	1,1	34,5	3,4	25,1	299,9	42,84
Sakule	45,09	20,29	80	80,3	101,9	60,6	2,8	39,1	3,8	24,1	312,6	44,66
Samoš	45,12	20,47	100	55,3	107,1	35,1	3,4	40,1	4,6	33,2	278,8	39,83
Sanad	45,59	20,70	85		51,3	43,7	0,3	29,2	4	31,9	160,4	26,73
Sečanj	45,22	20,46	80	40,7	146,5	44,2	2,1	39,1	2,9	37,6	313,1	44,73
Seleuš	45,08	20,55	80	66,1	48,9	23,5	1,5	34,6	1,8	25,6	202	28,86
Senta	45,56	20,05	80	60,3	30,8	36,7	0,3	28,9	2,7	28,4	188,1	26,87
Sibač	44,54	19,56	80		97,5	36,5	3,7			19,7	157,4	39,35
Sivac	45,43	19,23	85	56,4	62,5	48,4	2,4	54,5	7,3	19,8	251,3	35,90
Skorenovac	44,46	20,55	75		65,4			33,7	4,3	23,5	126,9	31,73
Sočica	45,05	21,27	150	75,8	77,3	19,3	1,2	41,8	2,5	66,1	284	40,57
Sombor	45,46	19,09	87	82,8	38	74	0,8	56,3	9,3	15,3	276,5	39,50
Sonta	45,35	19,06	87	61,7	40,2	78,1	2,7	58,7	11,6	14,5	267,5	38,21
Srbobran	45,33	19,44	80								0	#DIV/0!
Sremski Karlovci	45,12	19,57	95	52,8	60,7	39	3,9	34,5	4,6	16,2	211,7	30,24
Sremska Kamenica	45,13	19,51	150	49,4	64,8	36,8		38,4	6,6	14,6	210,6	35,10
Sremska Mitrovica	45,16	19,40	82	77,2	151,5	50,4	8,7	45,4	6,8	17,8	357,8	51,11
Sremska Rača	44,54	19,20	80	75,7	149,1	33	10,5	52,9			321,2	64,24
Sremski Mahaljevci	44,52	20,03	80								0	0,00

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Srpski Itebej	45,35	20,45	85	24,2	85,9	28,4		34,2	5,8	42,7	221,2	36,87
Srpska Crnja	45,43	20,42	80	21,7	108,9	45	0,9	30	3,7	44,6	254,8	36,40
Srpski Miletić	45,34	19,13	85	54,4	63,2	60,3	2,5	51,3	10,9	16,8	259,4	37,06
Stanišić	45,56	19,10	95	81,4	57,1	46	0,7	63,9	9,1	22,7	280,9	40,13
Stapar	45,40	19,12	90	65,6	29,1	42,6	1,8	58,2	11,9	16,5	225,7	32,24
Stara Moravica	45,50	19,29	110	81,3	53	41,9	0,5	47,8	5,3	21,2	251	35,86
Stara Pazova	44,59	20,11	85	66,2	96,4	37,3	6,8	40,6	6,3	17,6	271,2	38,74
Starčevo	44,48	20,43	80	73,2	118	22	1,1	44,7	5,2	26,8	291	41,57
Stari Žednik	45,56	19,40	110	68	49,4	37,5	1,1	37,4	4,1	25,3	222,8	31,83
Stepanovićevo	45,26	19,41	85	31,5	63,4	56,3	0,5	45,3		16,2	213,2	35,53
Straža	44,59	21,19	105	85,2	79,3	14,9	0,5	35	3,2	46,2	264,3	37,76
Subotica	46,06	19,43	110	64,7	45,2	62,8		27,8			200,5	50,13
Susek	45,13	19,32	80	54,2	74	40,5	4,2		7,8	14,4	195,1	32,52
Svetozar Miletić	45,51	19,12	90	105,5	56	46	1,6	48,9	4,8	20,3	283,1	40,44
Sviloš	45,10	19,34	150	63,6	107,8	52	11,6	52,5	9,6	19	316,1	45,16
Šajkaš	45,17	20,06	80	74,3	84,3	30,8	3,1	33,3	3,9	13,6	243,3	34,76
Šatrinци	45,04	19,56	120	48,3	77,7		4,6	32,9		24,2	187,7	37,54
Šašinci	44,58	19,45	90	46,4			6,1	36,4	11,7	27,3	127,9	25,58
Šid	45,07	19,15	105	49,1	127,8	71,4	8,7	43,9	7,9	21,3	330,1	47,16
Šurjan	44,23	20,52	80	61,9	144,7	36,8	5,4	37,6	6,6	51,9	344,9	49,27
Šušara	44,56	21,08	180	41	52,6	29	0,5	38,6	3,2	34,9	199,8	28,54
Taraš	45,28	20,12	80	58,2	116,5	42	0,9	37,5	3,5	21,5	280,1	40,01
Tavankut	46,03	19,30	125	64,8	69,7	52,3	0,9	34,2	6,2	25,9	254	36,29
Telečka	45,48	19,23	115	79,4	82,9	48,2	1,4	48,1	6,5	20	286,5	40,93
Temerin	45,24	19,53	80	40	90,7	45,2	3,4	36,4	5,3	19,2	240,2	34,31

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Titel	45,12	20,19	85	87,8	109,2	40,6	4,7	50,4	4,7	26	323,4	46,20
Toba	45,41	20,34	80	34,4	108,4	47,3	0,2	30,6	3,7	40,7	265,3	37,90
Tomaševac	45,16	20,38	80	39,3	74	24,4	1,5	35,4	4,1	23,9	202,6	28,94
Torda	45,35	20,28	85	67,7	122,9	32,1	1,4	41,2	2,2	32,7	300,2	42,89
Tornjoš	45,53	19,50	110	67,7	43,9	40,2		35,7	3,2	23,5	214,2	35,70
Tovariševo	45,21	19,20	85	45,3	60	39,5	2,2	52,6			199,6	39,92
Uljma	45,03	21,09	90	61,5	67	12,9	0	36,7	4,5	26,4	209	29,86
Uzdin	45,13	20,37	80								0	0,00
Vajska	45,26	19,07	85	32,5	42,3	84,3	3,7	38,6	12,2	16,5	230,1	32,87
Vašica	45,06	19,11	85	54,7	177,5	61,1	8,4	40,7			342,4	68,48
Vatin	45,14	21,15	80	49,1	132,9		0,9	32		46,2	261,1	52,22
Velika Remeta	45,09	19,56	200	55,9	73,3	30,3	6	46,3	8,1	20,6	240,5	34,36
Veliki Gaj	45,17	21,11	85	45,4	68,3	16,9	2,5	33,9		54,5	221,5	36,92
Veliki Radinci	45,03	19,41	100	42,6	159,5	42,3	6,8	42	4,5	18,7	316,4	45,20
Veliko Središte	45,11	21,25	110	66,9	68,8	12,9	0,8	32,6	3,6	55,7	241,3	34,47
Vilovo	45,15	20,10	70	100			3,7		12,5	23,5	139,7	34,93
Vladimirovac	45,02	20,54	140	51,1	70,5	15,3	0,7	44,3	3,4	30,2	215,5	30,79
Vrbas	45,34	19,39	87	62,8	40,4	74,9	1,5	45	5	17,4	247	35,29
Vrbica	46,01	20,19	80	89,9	56,7	43,4	0,5	19,2	3,9	35,5	249,1	35,59
Vršac	45,09	21,19	83	57,7	95,4	15,5	0,8	33,7	3,1	35,8	242	34,57
Vojka	44,56	20,09	80		83	34,3	6,2	38,1	5,6	18,8	186	31,00
Žabalj	45,23	20,04	80	34,6	89,1	22,9	3,9	42,7	3	20,4	216,6	30,94
Zrenjanin	45,24	20,23	80	46,3	98,6	31	3	32,7	3,7	34,4	249,7	35,67

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Mesecne padavine 1987.	N	E	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ukupno	Proleće	Leto	Jesen	Zima
Ada	45,48	20,08	80	104,9	5,9	19,3	58,9	132,1	65,9	43,8	40,9	12,4	1,4	57,8	21,5	564,80	210,3	150,6	71,6	132,3
Adorjan	45,59	20,03	85	102,7	3,4	51,6	49	136,9	108,3	14,1	50,6	10,8	1,2	62,6	26,7	617,90	237,5	173	74,6	132,8
Aleksa Šantić	45,56	19,20	120	90	5,5	38,3	59,1	128,2		29	43,1	22,6	1,8	79,5	25,7	522,80	225,6	72,1	103,9	121,2
Apatin-Dunav	45,41	18,59	85	93,3	6,4	50	55,8	116,9	102,5	57,1	53,5	8		95	33,1	671,60	222,7	213,1	103	132,8
Aradac	45,23	20,18	80	95,8	3,7	56,3	55,7	113	86,4	23,4	18,8	10,2	4,8	73,7	23,6	565,40	225	128,6	88,7	123,1
Ašanja	44,45	20,05	80	106,3	6,2	64,7	52,4	152,7	67,6	39,2	61,4	7,2	13,5	106,9	49,2	727,30	269,8	168,2	127,6	161,7
Bač	45,24	19,15	85			62,3	60,1	135,6	79,8	18,5	42,4	14,5	11,9	85,5	26,7	537,30	258	140,7	111,9	26,7
Bačka Topola	45,49	19,39	100	103,5	3,9	60,7	71,4	118,4	72,8	69,6	45,9	22,7	2,5	82,7	30	684,10	250,5	188,3	107,9	137,4
Bački Brestovac	45,37	19,18	90	107,7	2,2	57	54,1	108,9	71,4	34,8	59,8	8,8	6,8	88,5	23,6	623,60	220	166	104,1	133,5
Bački Monoštor	45,48	18,56	85	118,5	4,8	43,8	31,3	127,4	83,3	49,7	39,3	15,4	16,4	90	34,4	654,30	202,5	172,3	121,8	157,7
Bački Petrovac	45,22	19,34	85	100,5	2,8	55,6	60,1	132,9		61,2	52,4	15,3	8,4	84,1	28,9	602,20	248,6	113,6	107,8	132,2
Bačko Gradište	45,32	20,02	85	122,6	4,3	61,7	67,1	132,3	60,3	43,3	62,1	8,6	5,5	77,8	23,1	668,70	261,1	165,7	91,9	150
Bačko Novo Selo	45,18	19,08	80	113,9	2,4	56,5	65,2	163,1	83,2	28,8	31,8	20,1	22,8	105,6	38,8	732,20	284,8	143,8	148,5	155,1
Bajmok	45,58	19,26	115	107,2	6,5	44,6	54,2	115,3	80,9	27,3	42,6	17,9	0,5	86	28,1	611,10	214,1	150,8	104,4	141,8
Banatska Palanka	44,50	21,21	75	100,8		61,2	59,3	204,3	43,3	29,2	54,7	8,5	12,7	96,1	53,5	723,60	324,8	127,2	117,3	154,3
Banatski Brestovac	44,44	20,49	80	94,7	4,9	59,3	52	223,7	54,5	49,3	39,4	5,5	15	82,6	48,8	729,70	335	143,2	103,1	148,4
Banatski Dvor	45,31	20,31	85	114,1		56,1	49	161,2	72,8	59,8		7,9		74,5	29,2	624,60	266,3	132,6	82,4	143,3
Banatsko Novo Selo	44,59	20,47	105	97,1	3,1	53,9	50,5	170,9	86,8	43,7	20,5	2,9	10,3	72,6	42,3	654,60	275,3	151	85,8	142,5
Banatski Karlovac	45,03	21,02	89	71,5	1,9	61,3	59,3	219	70	0,4	46,1	12,8	13,1	62,1	34,7	652,20	339,6	116,5	88	108,1
Banatsko Aranđelovo	46,04	20,15	80	101		52,4	49,5	141	75,5	15,9	40,8	14,3	2	51	27,9	571,30	242,9	132,2	67,3	128,9
Banatsko Karađorđevo	45,35	20,34	80	107,3		43,4			54,7	39,8	53,1	15	0,6	79,1	20,7	413,70	43,4	147,6	94,7	128
Banatsko Veliko Selo	45,49	20,37	80	92	5,7	49,6		133,8	78,6	15	40,3	15,2	0,3			430,50	183,4	133,9	15,5	#REF!
Bašaid	48,38	20,25	80	117,5	7,9	64,9	63,1	136,8	123,4	43	62,6	23,1	3,7	84,4		730,40	264,8	229	111,2	125,4
Batrovci	45,03	19,08	85	102,1	9,4	66,3	67,4	146,4	64,8	26,1		26,6	29,4	104	45,9	688,40	280,1	90,9	160	157,4

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Bečeј	45,38	20,02	78	119,9	3,9	50,4	62,3	150	54,3	46,8	58,3	11,6	3,3	63,9	19,9	644,60	262,7	159,4	78,8	143,7
Bela crkva	44,54	21,25	90	86,6	8,6	60,4	42,9	191,2	37	20,8	39,6	8,5	19,8	72,7	50,3	638,40	294,5	97,4	101	145,5
Belo Blato	45,16	20,23	75	101,1	4	53,8	50,2	156,1	65,6	41	30,4	24	6,4	91	26,1	649,70	260,1	137	121,4	131,2
Bezdan	45,51	18,56	90	112,9	4,6	45,2	55,3	132,7	95,8	39,9	50,4	23,6	10,1	91,7	31,6	693,80	233,2	186,1	125,4	149,1
Bešenovo	45,05	19,43	150			47,1	49,7	176,9		43,7		20,2	14,2	68,7	39,6	460,10	273,7	43,7	103,1	39,6
Bikovo	46,02	19,14	110	79,5		41,1	53,3	125,2	53,6	18,4	42,2	14	5	71,6		503,90	219,6	114,2	90,6	79,5
Bočar	45,46	20,17	85	94,4		50,8		131,5	72,1	34,1	37,5	17,2	0,8	53,7	22,8	514,90	182,3	143,7	71,7	117,2
Bogojevo	45,32	19,08	85	113,5	6,5	54,9	57,2	111,4	62,2	22,6	45	17	12,8	98,1	30,5	631,70	223,5	129,8	127,9	150,5
Bogojevo-Dunav	45,32	19,08	85	110,1	4,5	42,1	64,8	104,5	74,5	26,7	40,6	12,3	19,5	94,6	31,1	625,30	211,4	141,8	126,4	145,7
Bosut	44,56	19,22	85	98,9	6,3	66	66,6	114,7	41,9	71		18,5	16,5		47,6	548,00	247,3	112,9	35	152,8
Crepaја	45,01	20,39	80	88,5	3,8	53,8	59,3	164,5	66,6	70	19,6	7,3	17,2	75,1		625,70	277,6	156,2	99,6	92,3
Crna Bara	45,58	20,17	80	99,6	4,1	52,1	60,5	153,3	76,6	18,5	32,7	18,9	1,8	52,9	26,5	597,50	265,9	127,8	73,6	130,2
Crna Bara Potiska	45,40	20,15	80	99,1	5,9	47,7	82,7	94,1	97,8	26	47,3	7,2	0,8	58,8	20,1	587,50	224,5	171,1	66,8	125,1
Crvenka	45,40	19,27	80	105,9	5,5	49,9	63,9	112,7	42,5	35,2	42,6	6,5	1,7	98	23,9	588,30	226,5	120,3	106,2	135,3
Čalma	45,05	19,31	130		3,1	47,9	65,5	138	43,1		43,9	20,5	19		41,8	422,80	251,4	87	39,5	44,9
Čantavir	45,54	19,45	100	98,9	7,2	53,6	57,8	138	42,7	17,3		7,4	2,7	97,3	23,3	546,20	249,4	60	107,4	129,4
Čenta	45,05	20,21	75	94,3	3,9	57,2	72,2	151,9	70,7	143,6	38,8	19,6	10,5	100,3	39,1	802,10	281,3	253,1	130,4	137,3
Čoka	45,57	20,09	85		5,1	42,1			102,3	20,8	43,5	6,2	1,6	53,9	24,2	299,70	42,1	166,6	61,7	29,3
Čortanovci	45,09	20,01	140	100,2	5,6	64,7	71,4	162,9	71,8	27,8	41,2	39,3	12,2	124,9	34,9	756,90	299	140,8	176,4	140,7
Čurug	45,28	20,05	80		3,8	72,8		135,7		48,6	32,9	12,8	3	72,3	26,7	408,60	208,5	81,5	88,1	30,5
Deliblato	44,51	21,03	90		3	58,1	55,4	234,7		14,2	52,7	12,2	21	73,3	49,6	574,20	348,2	66,9	106,5	52,6
Deronje	45,27	19,14	90	121,7	5,3	57,1	66,7	113,5		25,2		17,7		94,8	30,4	532,40	237,3	25,2	112,5	157,4
Despotovo	45,28	19,32	85	107,8	4,7	72,2	62	133	35,7	42,9	52,3	17,5	18,9	87,3	26	660,30	267,2	130,9	123,7	138,5
Dobrica	45,13	20,52	85	92,3	4,5	57,1	69	190,7	101,3	46,8	36,4	30	6,8	71,8	41,8	748,50	316,8	184,5	108,6	138,6
Dobrinci	44,57	19,57	85		4,2	48,3	44,7	201,1	44,6	73,3	83,9	13,7	12,6	91,5	40,8	658,70	294,1	201,8	117,8	45

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Dolovo	44,54	20,53	95		2,8		64	297,9	81,1	21,7	44,5	7,8	12,2	75,1		607,10	361,9	147,3	95,1	2,8
Drljan	45,43	19,50	100	93,9	4	46,1		87,8	35,9	24,4	58,3	0,4	1,3	73,1	23,2	448,40	133,9	118,6	74,8	121,1
Dubovac	44,48	21,13	75	82,6	5,2	62,8	42,5		37,7	34,2	57,9	5,7	11,6	71,9	43,1	455,20	105,3	129,8	89,2	130,9
Ečka	45,19	20,27	80	107,4	5,1	54	59	156,1	78,9	47,9	32,6	25,2	4,7	85,2	24,8	680,90	269,1	159,4	115,1	137,3
Elemir	45,26	20,18	80	111	2,5	61,7	68,8	141,3	115,4	58,6	30,9	7,6	4,2	75,2	27	704,20	271,8	204,9	87	140,5
Farkaždin	45,21	20,20	80	96,5	5,2	57,4	57,4	163,3	52,1	109,2		36,7	9,2	93,7	35,2	715,90	278,1	161,3	139,6	136,9
Futog	45,15	19,42	80	102,1	2,6	61	66,8	147	48,1	161,9	63,1	23,1	9,6	84,6	40,5	810,40	274,8	273,1	117,3	145,2
Gakovo	45,54	19,04	90	135,3	11,7	59,5	78	180,7	108,3	48,7	75,1	25,5	12,7	115,2	42,3	893,00	318,2	232,1	153,4	189,3
Gladnoš	45,08	20,00	185	103,4	5,9	55,7	57,1	165,8	61,1	31,7	33,3	30	11,6	110,6		666,20	278,6	126,1	152,2	109,3
Gardinovci	45,12	20,08	85			69,3	60,6	141,8	95,1	30,2	317,1	35,6	8,6		33,1	791,40	271,7	442,4	44,2	33,1
Gornja Rogatica	45,48	19,28	100	100,4	5,1	40,9	76,3	105,7	112,6	30,9	56	8,9	3,9	107,7		648,40	222,9	199,5	120,5	105,5
Gospođinci	45,26	20,02	80	102		84,4		170,8	55,4	35,8	31,3	8,3	8,8	74	22,4	593,20	255,2	122,5	91,1	124,4
Grabovci	44,46	19,51	80	110,1	5,9	56,5	46,9	180,5	40,5	71,7	58,7	8,6	31,4	114,8	44,1	769,70	283,9	170,9	154,8	160,1
Grebenac	44,54	21,14	85	75,4	1,2	43,2	54	153,8	43,9	24,5	47	6	15,5	68,6	44,7	577,80	251	115,4	90,1	121,3
Gunaroš	45,46	19,50	100	111,7	10	61,4	51,2	111,6	48	37	47	14,3	2	75,3	26,3	595,80	224,2	132	91,6	148
Horgoš	46,10	19,59	95	98,1	10,7	51	45,3	118,8	85	16,9	53,8	10,3	2,4	58,7	27	578,00	215,1	155,7	71,4	135,8
Hrtkovci	44,53	19,46	90	105,6	5,4	59,6	52,2	172,3	55,2	56,1	40,8	5,7	25,4	102,3	52,3	732,90	284,1	152,1	133,4	163,3
Ilandža	45,10	20,56	85	83,5		57	71,2	166,9	83,4	92,7	35	12,9	5,2	63,1	33,5	704,40	295,1	211,1	81,2	117
Irig	45,06	19,52	185	115,6	6,5	50,6	68	220,9	53,5	29,7	60,3	18,8	14	81,5	43,7	763,10	339,5	143,5	114,3	165,8
Iriški Venac	45,09	19,50	445	130,3	4,1	85,4	78,3	230,4	58,5	43,5	46	40,1	10,4	117,8	50,5	895,30	394,1	148	168,3	184,9
Jabuka	44,57	20,36	70	101,4	2,7	57	63,7	150,6	72,1	26,8	22,3	6,4	16,2	81,4	46,1	646,70	271,3	121,2	104	150,2
Jamena	44,53	19,04	85	95,9	7,4	82,2	63,2	137,5	74,9	40,5	71,6	32	51,8	119,1	56,9	833,00	282,9	187	202,9	160,2
Jankov Most	45,30	20,30	80	84,7	3,3	54,8	56,9	156,2	142	60	30,1	9,1	2,6	71,8	23,4	694,90	267,9	232,1	83,5	111,4
Jasenovo	44,56	21,19	80				44		46,9	29,7	37,5	6,2	15,7	53,9	46	279,90	44	114,1	75,8	46
Jaša Tomić	45,27	20,51	80	99,1	7,2	59,1	60,8	163,1	78,6	104,2	41,3	26,5	3,6	77,4	23,5	744,40	283	224,1	107,5	129,8

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Kač	45,18	19,56	80	119,9	2,2	76,4	66,2	156,3	63,3	35,4	58,9	10,2	9,5	82,4	28,2	708,90	298,9	157,6	102,1	150,3
Kamendin	45,26	19,47	85	119,1	3,9	58,6	61,2	140,7	55,5	28	38,9	11,2	9,9	78,1	28,7	633,80	260,5	122,4	99,2	151,7
Kelebjaja	46,09	19,35	130	77,2	3,9	38,1			65,6	19,5	49,1	18,3	0,4	88,3	23,5	383,90	38,1	134,2	107	104,6
Kikinda	45,51	20,27	82	89,9	4,4	49,9	52,7	117,2	100,8	17	31,7	10,2	0,9	58,4	21,8	554,90	219,8	149,5	69,5	116,1
Kljajićevo	45,46	19,16	90	108,8	3,5	48,5	61	100,9	104,3	53,2	60,5	16,5	2,3	89,3	28	676,80	210,4	218	108,1	140,3
Konak	45,19	20,55	80	89,2	2,6	52,8	62	217,7	92,9	20,5	24,2	29,8	4,4	58,2	26,4	680,70	332,5	137,6	92,4	118,2
Kovilj	45,13	20,02	80	105	1,9	63,9	60,9	164,6	54,8	33	37,2	33,9	9,9	39,9	27,4	632,40	289,4	125	83,7	134,3
Kovin	44,45	20,59	75	80,8	2,8			191,5		9,2	50,2	6,8	18,8	85,9	47	493,00	191,5	59,4	111,5	130,6
Krajišnik	45,27	20,44	80	100,2	3,8	61,6	81	169	44,1	71,2	38,2	24,7	4,4	88,8	39,6	726,60	311,6	153,5	117,9	143,6
Krčedin	45,09	20,08	110	105,8	3,9	53,3	58,4	159,1	58,8	51,1	23,9	35,6	13,8	113,3	33,6	710,60	270,8	133,8	162,7	143,3
Kruščić	45,37	19,23	85	97,5	1,4	57,8	84,3	123,4	31,3	38	41	8,8	9,2	101,2	34,8	628,70	265,5	110,3	119,2	133,7
Kukujevci	45,04	19,21	90	97,4	6,3	57,3	50,2	139,5	53,2		44,9		40,1	82	40,3	611,20	247	98,1	122,1	144
Kumane	45,32	20,14	80	107,2	3,6	50,2	68,9	84,8	103,5	33,6	50,2	12,7	2,3	78,4	23,8	619,20	203,9	187,3	93,4	134,6
Kupinovo	44,42	20,03	75	110,1			67,3	218,1	51	27,1	73,8	7,7	22,6	111,3	60,4	749,40	285,4	151,9	141,6	170,5
Kupusina	45,44	19,01	85	107,4	5,1	38,7	58,9	137,4	103,2	49,3	50,4	19,4	17	88,6	27,9	703,30	235	202,9	125	140,4
Kuštilj	45,02	21,23	90	96,4	9,5	85,1	58,5	248	70,3	53,8	32,9	6,5	15,9	67,3	49,4	793,60	391,6	157	89,7	155,3
Lazarevo	45,23	20,33	80		6,9			148,5	96,3	65,7	23,5	22,7	5	81,7	25,4	475,70	148,5	185,5	109,4	32,3
Ležimir	45,08	19,34	200	119	2,9	79,6	83,8	202,3	42	35	46,3	35,3	11,9	107,7	41,2	807,00	365,7	123,3	154,9	163,1
Lipar	45,42	19,34	115	84,4	6,2	48,7	55,3	103	81,1	23,8	36,9	10,9	2,5	86,2	20,3	559,30	207	141,8	99,6	110,9
Lovcenac	45,41	19,42	90			38,1	41,6		58,4	22,7	57,4	5,1	3,3	84,9	21,3	332,80	79,7	138,5	93,3	21,3
Mala Bosna	46,03	19,35	120	94,6	11,3	34,1	36,3	89,1		39,6	31,7	18,6		76,5	24,8	456,60	159,5	71,3	95,1	130,7
Mali Stapar	45,42	19,20	90	114	1,7	54,6	59	94	72,5	32,5	44,4		3	90	20,9	586,60	207,6	149,4	93	136,6
Mandelos	45,05	19,36	130	109,7	3	47,8	62,3	176,5	62,5	42,5	55,2	19,2	19,4	88,7	52,1	738,90	286,6	160,2	127,3	164,8
Martinci	45,01	19,28	85	102,1	4	57,6	48,6	144,5	34,9	49,5	36	20,1	38,5	72,9	39,5	648,20	250,7	120,4	131,5	145,6
Martonoš	46,07	20,04	85	105,7	5,6	51,9	62,7	140,7	90,6	15	38,2	9,4	1,5	56,6	25,3	603,20	255,3	143,8	67,5	136,6

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Međa	45,32	20,49	80	102,5	6,2	56,5	61	158,5	81,7	67,2	42,4	18	4,3	76,8	22,9	698,00	276	191,3	99,1	131,6
Melenci	45,31	20,19	80	114,5	2,6	60,5	64,6	147,1	111,3	41,4	37,2	8,4	2,8	79,9	26,2	696,50	272,2	189,9	91,1	143,3
Mladenovo	45,17	19,16	80	119	6,5	40,8	83	172,7	69,1		37,5	9,2	25,7	89,3	45,1	697,90	296,5	106,6	124,2	170,6
Mokrin	45,56	20,25	85	96,9	4,1	47,4	56,4	110,9	79,9	17,8	33,9	10	3,2	48,1	22,4	531,00	214,7	131,6	61,3	123,4
Morović	45,01	19,13	85	98,6	7,9	58	78	136,2	63,6	60	60,3	30,3	23,3	95,6	45	756,80	272,2	183,9	149,2	151,5
Mošorin	45,18	20,11	80		3,9	57,8	63,2	125,3	114	30,8	32,3	19,9	9,5	93,6		550,30	246,3	177,1	123	3,9
Nadalj	45,31	19,56	80	122,3	5,3	67,6	75,1	137	65,7	59,7	50,7	9,7	4,6	74,3	24,4	696,40	279,7	176,1	88,6	152
Nakovo	45,52	20,35	85		4,8	51,6	50,8	132,2	63,2	12,2	31,6	13,2	1,1	63,1	22,8	446,60	234,6	107	77,4	27,6
Neužina	45,21	20,43	80	81,3	3	38,8	70,1	211	104,9		18,3	20	6,6	77,2	28	659,20	319,9	123,2	103,8	112,3
Nova Gajdobra	45,21	19,27	85	104,2	3	57,3	64,1	131,2	44,8	32,9	37,8	21,3	16,3	86,9	33	632,80	252,6	115,5	124,5	140,2
Novi Bečej	45,36	20,09	80	107,6	5,8	58,3	78,8		81,9	50,1	60,4	14,4		72,4	20,4	550,10	137,1	192,4	86,8	133,8
Novi Karlovci	45,05	20,11	105	96,6	4	59,3	62,9	137,6	27,4	61,2	34,5	14,6	11,5	109,9		619,50	259,8	123,1	136	100,6
Novi Kneževac	46,02	20,06	85	89,9	10,3	48,3	49,4	128,7	78,8	13,5	42,9	26,9	3,8	47,8	25,7	566,00	226,4	135,2	78,5	125,9
Novo Miloševo	45,43	20,18	80	99,5	6,3	52,7	34,3	38,2	140,4	24,6	41,2	8,8	1,6	52,5	20,2	520,30	125,2	206,2	62,9	126
Obrež	44,44	19,59	80	104,2	5,4	61	49	156,5	38,6	54	89,6	7,3	18,1	120,3	42,6	746,60	266,5	182,2	145,7	152,2
Odžaci	45,30	19,16	90	101,9	4	53,4	63,6	115,6	60,4	19,5	52,4	13,2	9,2	94,7	29	616,90	232,6	132,3	117,1	134,9
Ogar	44,49	18,57	80				49,4			88		8,2		106,7	0	252,30	49,4	88	114,9	0
Omoljica	44,45	20,45	80	79,9		48,7	45,2	151,2	45,7			5	13	89,7	41,7	520,10	245,1	45,7	107,7	121,6
Opovo	45,03	20,26	80				57,9	166,5	94,2	172,5	18,2	14	11,2	95,9	39	669,40	224,4	284,9	121,1	39
Orom	45,59	19,50	110	98,8	11,9	63,5	49,2	142,8	65	16,2	51,6	12,1	0,8	69,4	29,4	610,70	255,5	132,8	82,3	140,1
Ostojićevo	45,54	20,10	85	81,2	2,3	43,9	42,1	114,1	96,6	16,1	18	3,5	2,5	61	24	505,30	200,1	130,7	67	107,5
Padina	45,07	20,44	110	98,8	4	63,1	68,3	162,1	103,7	89,2	28,9	20,3	11,4	71,1	35,2	756,10	293,5	221,8	102,8	138
Parage	45,25	19,24	85	121	3,8	69,3	65,9	130	35		29	14,7	13,9	92,6	28,7	603,90	265,2	64	121,2	153,5
Palić	46,06	19,46	102	86,8	9,2	50,1	49,5	118,7	73	15,7	40,3	9,5	1,2	75,7	23,7	553,40	218,3	129	86,4	119,7
Pavlovci	45,03	19,48	130	100,6	3,9	53,5	71,3	184,2	41,8	42	73,4	21,2	11,7	73,2	43,8	720,60	309	157,2	106,1	148,3

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Pančevo	44,53	20,40	80	103	3,4	67,7	31,1	171,5	84,3	14,5	27,5	11,5	10,2	85,5	68,2	678,40	270,3	126,3	107,2	174,6
Pećinci	44,54	19,58	81	76,2	3,2	47,2	54,5	185,4	54	105,4	61,3	5,7	13,3	98,9	35,3	740,40	287,1	220,7	117,9	114,7
Perlez	44,13	20,28	80	99,1	4	49,6	57,7	185,1	79,8	58,2		49,3	7,9	104,2	30	724,90	292,4	138	161,4	133,1
Petrovaradin	45,15	19,52	120	115,5	2,4	78,1	63,2	185,4	63,3	55,8	47,3	26,6	9	94,9	39,3	780,80	326,7	166,4	130,5	157,2
Petrovaradinska Tvrđava	45,15	19,52	134	102,5	1,9	69	59,6	179,3	44,2	72,9	38,7	20,5	4,6	85,7	28,6	707,50	307,9	155,8	110,8	133
Plandište	45,14	21,08	80	83,6	1,1	58,1	58,3	238,1	40,3	12,3	60,8	20,4	16,2	65,3	30,7	685,20	354,5	113,4	101,9	115,4
Plavna	45,20	19,07	85	136,3	6,3	69,7	68,5	166	71,5	26,4	46,3	19,4	21,1	125,4	48,2	805,10	304,2	144,2	165,9	190,8
Popinci	44,56	20,01	85	108	3,2	60	46,9	208,3	45,4	94,9	55,4	7	14	121,4	44,4	808,90	315,2	195,7	142,4	155,6
Potporanj	45,01	21,15	90	94,6	4,6	66,1	31,1	236,3	94,9	13,9	57,5	4,6	14,7	64,1	41,7	724,10	333,5	166,3	83,4	140,9
Prigrevica	45,40	19,05	90	117		65,9			156	67,8	66,1	10,4	28,1	104,8	29	645,10	65,9	289,9	143,3	146
Radojevo	45,45	20,47	85			35,3		93,3	71,3	19,8	319,5	20,3	2,1	72	18,9	652,50	128,6	410,6	94,4	18,9
Ravni Topolovac	45,28	20,34	80	106,4		47,3	55,5	132,2	60,2	63	16,3	15,2	5	84		585,10	235	139,5	104,2	106,4
Rimski Šančevi	45,20	19,51	86	101,8	2,3	63,1	80,8	175,7	62	31,6	50,5	5,5	11,9	83,2	29,7	698,10	319,6	144,1	100,6	133,8
Ridica	45,59	19,07	90	111,5	5,2	39,6	52,4	142	108	70,5		23,9		89,2	39,7	682,00	234	178,5	113,1	156,4
Ritiševo	45,04	21,14	80	82,3	3,5	59,6	48,7	227,5		19	37,2	9,2	12	53,2		552,20	335,8	56,2	74,4	85,8
Ruma	45,00	19,50	110	115,8	4,4	56,6	58	179,7	38,4	43,5	51,6	20,9	13,3	81,5	51,6	715,30	294,3	133,5	115,7	171,8
Rumenka	45,20	19,45	80	109,8		79,6		135,2	40,3	50,1	47,3	4,5	10,2	75,8	33,7	586,50	214,8	137,7	90,5	143,5
Ruski Krstur	45,34	19,24	85	111,4	2,5	54,4	59,2	125,7	64,1	26	33,2	7,4	10,8	102,1	24,7	621,50	239,3	123,3	120,3	138,6
Rusko Selo	45,45	20,35	80	93,6	4,8	50,8	52,1	126,9	81,5	21,9	33,5	10,6	0,7	69,6	22,3	568,30	229,8	136,9	80,9	120,7
Sajan	45,51	20,17	80		5	48,9	59,3		120,9	26,9	44,9	7,5	0,6	60,5	27,7	402,20	108,2	192,7	68,6	32,7
Sakule	45,09	20,29	80	93,3	5,8	58,8	58,3	171,4	5,5	98,5	19,7	29,5	12,4	100,7	35,6	689,50	288,5	123,7	142,6	134,7
Samoš	45,12	20,47	100	92	4,4	52,4	75	186,9	102,3	46,8	38,5	25,6	7,9	69,7	37,2	738,70	314,3	187,6	103,2	133,6
Sanad	45,59	20,07	85	110,9	3,4	54,7	61,3	159	96,4	20,2	50,5	8,2	6	59,3	21,2	651,10	275	167,1	73,5	135,5
Sečanj	45,22	20,46	80	111,5	4,2	42,3	76,5	208,7	77,1	131,5	24,3	33,5	3,2	75,9	26,7	815,40	327,5	232,9	112,6	142,4
Seleuš	45,08	20,55	80	63,6	1,2	40,1	61,5		56,5	23,6		13,4	5,4	55,7	29,9	350,90	101,6	80,1	74,5	94,7

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Senta	45,56	20,05	80	93,5	4,8	43,4	48,2	137,9	94,3	21,1	42,8	10,4	5	62,4	25,2	589,00	229,5	158,2	77,8	123,5
Sivac	45,43	19,23	85	110,6	1,8	39,5	43,3	34,8	41,1	23,1	32,8	12,6	2,4	80,4	19,6	442,00	117,6	97	95,4	132
Sočica	45,05	21,27	150	96	7,7	67,9	52,3	225,7	47,8	12,3	28	6	12,9	66,2	45,7	668,50	345,9	88,1	85,1	149,4
Sombor	45,46	19,09	87	104	3,2	41,1	67,2	123,6	131,8	48,9	39,2	15,7	7,1	106,7	27,8	716,30	231,9	219,9	129,5	135
Sonta	45,35	19,06	87	115,4	4,4	53,1	50,9	106,9	85,9	35,7	55,5	12,8	18,5	97,3	29,5	665,90	210,9	177,1	128,6	149,3
Srbobran	45,33	19,44	80		1,7	65,3			60,9	49,7	40,4	12,3	5,1	77,4	19,7	332,50	65,3	151	94,8	21,4
Sremski Karlovci	45,12	19,57	95	95,4	3,2	65,5	64,3	199,9		46	33,8	32,1	9,6	88,2	26,9	664,90	329,7	79,8	129,9	125,5
Sremska Kamenica	45,13	19,51	150		3,2	74,2		196,7	52,7	121,6	49,8	23,1	12,7	89,4	38,1	661,50	270,9	224,1	125,2	41,3
Sremska Mitrovica	45,16	19,40	82	87,8	3,2	47,4	58,8	146,5	45,9	68,9	36,1	18,3	24,6	75,2	48,3	661,00	252,7	150,9	118,1	139,3
Srpski Itebej	45,35	20,45	85		6,2	58	54	153,4	67,4	43,5	38,8	13	1,3	89	24,6	549,20	265,4	149,7	103,3	30,8
Srpska Crnja	45,43	20,42	80	100,3	6	59	53,9	137,2	84,2	29,7	36,3	27	2,4	32,8	23,6	592,40	250,1	150,2	62,2	129,9
Srpski Miletić	45,34	19,13	85	109,5	3,6	53,3	56,4	116,2	66,3	18	64,9	12,2	10,9	88,7	28	628,00	225,9	149,2	111,8	141,1
Stanišić	45,56	19,10	95	104,7	3,5	41,7	47	126,1	101,3	37,8	37,5	28,7	11,9	100,7	29,1	670,00	214,8	176,6	141,3	137,3
Stapar	45,40	19,12	90	113,9	6,1	50,6	56	96,8	96,8	36,2	47,3	13,7	9,9	7	29,1	563,40	203,4	180,3	30,6	149,1
Stara Moravica	45,50	19,29	110	113,4	5,2	54,8	60,5	114,4	87,6	39,3	46,3	12,1	1,5	98,5	29,9	663,50	229,7	173,2	112,1	148,5
Stara Pazova	44,59	20,11	85	99,2	3,9	61,1	60,5	163,2	50	50,2	31,8	9,4	14,2	104,1	56,3	703,90	284,8	132	127,7	159,4
Starčevo	44,48	20,43	80	108,1	3,1			295,2	77,3	13,9	27,9	6,7	13,6	90,5	47,8	684,10	295,2	119,1	110,8	159
Stari Žednik	45,56	19,40	110	82,5	6,6	38,9	45,1	101,6	51,4		44,7	20,6	0,7	70,9	22	485,00	185,6	96,1	92,2	111,1
Stepanovićevo	45,26	19,41	85	97		67,2	55,6	139,8	51,6	34,5	30,9	11,2		72		559,80	262,6	117	83,2	97
Straža	44,59	21,19	105		9,4	61,8	50,3			19,6	31,4	6,3	17,7	67,4	49,1	313,00	112,1	51	91,4	58,5
Subotica	46,06	19,43	110			44,3	49,9	105,5	102,7	17,8	28,4	17,4	1,1	76,8	26,3	470,20	199,7	148,9	95,3	26,3
Susek	45,13	19,32	80	102,9	2,8	81,1	59,7	147,8		70,9	31,6	15,6	10,1	91,8	47,3	661,60	288,6	102,5	117,5	153
Svetozar Miletić	45,51	19,12	90	128,1	4,2	39,7	47,6	131	105,5	50,7	54,4	14,8		87,8	28,3	692,10	218,3	210,6	102,6	160,6
Sviloš	45,10	19,34	150	111,4	2,8	80,7	69	198,4	50,3	74,5	57,2	24,4	12	107	50,1	837,80	348,1	182	143,4	164,3
Šajkaš	45,17	20,06	80	91	2,5	50,7	50,4	116	59,2	32,3	28,8	12,7	7,3	77,6	26,3	554,80	217,1	120,3	97,6	119,8

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Šatrinци	45,04	19,56	120		4,3	59,9	58,1	170,3	50,6	44,5	32,1	19,6	8,7	89,1	38,1	575,30	288,3	127,2	117,4	42,4
Šašinci	44,58	19,45	90		1,9	78,9	105,2	168,3	123,4	66,1		19,8	17,7		46,4	627,70	352,4	189,5	37,5	48,3
Šid	45,07	19,15	105	79	5,5	53,5	65,3	141,4	65,8	22,7	23,8	26,8	31	89,1	41,7	645,60	260,2	112,3	146,9	126,2
Šurjan	44,23	20,52	80	102,5		60,9	66,5	220,9	88,1	121,5	40,6	29,4	10,3	79,2	42,8	862,70	348,3	250,2	118,9	145,3
Šušara	44,56	21,08	180		1,6	58,1	50,3	226,3		16,6	88,5	6,5	20,4	79	38,6	585,90	334,7	105,1	105,9	40,2
Taraš	45,28	20,12	80	121,6	2,5	57,3	59,8	145,2		60,3	22,3	7,3	1,5	77,1	22,8	577,70	262,3	82,6	85,9	146,9
Tavankut	46,03	19,30	125	104,8	8,2	41,3	50,6	90,5	65,1	33,8	34,1	22,2	2,1	83,1	23,7	559,50	182,4	133	107,4	136,7
Telečka	45,48	19,23	115	116,1	4,5	50,7	62,4	169,6	87,1	36,3	47,1	16,2	2,4	99,9	28,3	720,60	282,7	170,5	118,5	148,9
Temerin	45,24	19,53	80	123,1	5,1	73,5	67,5	88,5	72	27	47,5	13,7	10,2	75,4	28,6	632,10	229,5	146,5	99,3	156,8
Titel	45,12	20,19	85	100	4,2	62,2	64,7	153,1	66,1	61,6	15,4	33	9,4	103,4	27,5	700,60	280	143,1	145,8	131,7
Toba	45,41	20,34	80		4,5	51,5		142,9	74,9	33,7	44,5	19,1	0	87,2	21,5	479,80	194,4	153,1	106,3	26
Tomaševac	45,16	20,38	80	100,7	4	55,7	67,1	172,5	64,4	67,2	26,7	32,5	8,4	81,9	28,4	709,50	295,3	158,3	122,8	133,1
Torda	45,35	20,28	85	84,5	5	47,6	53,3	147,2	105,1	30,3	53,6	18,4	2,3	82	15,8	645,10	248,1	189	102,7	105,3
Tornjoš	45,53	19,50	110	103,8	6,9	49,8	49,2	127,1		20,5	25,9	18,3	1,1	62,7	23,5	488,80	226,1	46,4	82,1	134,2
Tovariševo	45,21	19,20	85			55,5	66,7	115,3	45,8	17,2	45,7		13,8	90,4	31,8	482,20	237,5	108,7	104,2	31,8
Uljma	45,03	21,09	90	87,2	1,4	59,8	55,1	216,1	38,7	20,1	44,9	7,6	20,8	61,7		613,40	331	103,7	90,1	88,6
Vajska	45,26	19,07	85	104,2	4,8	52,2	54,1	121	33,2	18,7	37,4	19,3	13,7	94,3	29,9	582,80	227,3	89,3	127,3	138,9
Vašica	45,06	19,11	85	90,1	5,1	58,5	60,8	130,8		25,3	19,8	31,4	28,1	91,8	45,6	587,30	250,1	45,1	151,3	140,8
Vatin	45,14	21,15	80	68,4	2,2	57,7	62,9	193,3		26,1	31,8	25,4	17,1		27,1	512,00	313,9	57,9	42,5	97,7
Velika Remeta	45,09	19,56	200	115,3		72,4	66,2	60,1		39	59,9	31,5	11,8	104,5	42,2	602,90	198,7	98,9	147,8	157,5
Veliki Gaj	45,17	21,11	85	86	3,7	56,7	63,7	201,4	57,3	23,5	45,6	38,7	15,4	65	31	688,00	321,8	126,4	119,1	120,7
Veliki Radinci	45,03	19,41	100	105,4	3,2	51,3	56,2		78,8	72,3	92	18,7	15,5	67,9	49,1	610,40	107,5	243,1	102,1	157,7
Veliko Središte	45,11	21,25	110	94,1		75,4	55,1	244,2		60,7	36,5	27,9	13,5	69,5	43,6	720,50	374,7	97,2	110,9	137,7
Vladimirovac	45,02	20,54	140	98,8	1,8	54,4	34,8		46,3	5,6	30,7	6,7	9,3	66,2	37,4	392,00	89,2	82,6	82,2	138
Vrbas	45,34	19,39	87	114,8	2,6	54	52,9	144,7	53,7	44,9	38,6	12	7	85,8	26,2	637,20	251,6	137,2	104,8	143,6

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

Vrbica	46,01	20,19	80	89	4,5	46,4	53,9	120,5	110,4	18,4	34,9	6,5	1,6	54,7	26,3	567,10	220,8	163,7	62,8	119,8
Vršac	45,09	21,19	83	80,4	4,4	70,4	58,7	212,2	42	56,8	44,2	21,5	12,6	55,6	33,8	692,60	341,3	143	89,7	118,6
Vojka	44,56	20,09	80	93,9	2,1	56,7	40,2	178,4	55,3	75,5	34,6	4,7	11,8	101,8	36,7	691,70	275,3	165,4	118,3	132,7
Žabalj	45,23	20,04	80	90,1	2,4	69,9	32,6	126,3	66,8	28,2	16,7	15,7	13,4	35,4	27,9	525,40	228,8	111,7	64,5	120,4
Zrenjanin	45,24	20,23	80	87,2	3,5	57,1	58,9	153	86,9	46,6	24,7	11,6	3,8	84,5	24,8	642,60	269	158,2	99,9	115,5

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

PROFIL 1			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex-210
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	16	8,8±1,9	120±50	600±80	45±13	26±9	57±15	75
2	1-2	21,1	8,7±1,5	90±40	600±60	46±6	27±6	56±13	44
3	2-4	38,6	8,2±0,9	75±25	560±50	41±5	23±5	46±4	34
4	4-5.5	25,7	9±1,4	90±30	650±60	49±7	28±7	43±9	41
5	5.5-6.5	18,4	11±1,7	140±60	600±70	50±12	33±8	66±16	90
6	6.5-7.5	21,7	10,4±1,6	98±26	650±70	47±12	28±7	46±18	51
7	7.5-9	26,3	6,4±1,5	100±40	630±60	46±7	22±7	55±13	54
8	9-10	23,6	9,5±1,1	70±30	570±60	41±7	23±6	51±10	29
9	10-11	24,7	7,7±1,6	100±40	640±70	41±10	28±7	< 43	59
10	11-12	19,4	8,1±1,4	80±30	480±60	38±8	22±6	43±11	42
11	12-13.5	25,8	7,7±1,3	80±30	640±60	45±6	26±6	66±14	35
12	13.5-14.5	20,6	9,7±1,6	100±40	590±70	44±7	28±7	32±24	56
13	14.5-15.5	19,9	8,2±1,4	80±40	680±70	46±5	26±6	66±15	34
14	15.5-17	25	8,2±1,2	70±30	710±70	48±4	24±7	63±13	22
15	17-18	19,3	8,3±1,6	110±40	700±70	62±10	23±7	62±13	48
16	18-19.5	26,2	7,5±1,3	80±40	690±60	44±4	27±6	53±11	36
17	19.5-21	33,3	6,2±1,1	65±26	640±60	44±4	26±5	47±11	21
18	21-23	42	8,4±1	70±30	700±60	50±5	26±5	66±14	20
19	23-24.5	33,6	10,8±1,2	100±40	630±60	53±7	29±7	68±15	47
20	24.5-26.5	41,8	8,4±1,1	100±30	610±60	47±6	30±6	63±14	53
21	26.5-28.5	40,7	11,2±1,8	100±60	700±90	61±13	28±9	53±16	39
22	28.5-30	25,6	5,4±1,2	80±29	640±60	44±6	26±15	48±10	36
23	30-31.5	31,2	4,4±0,9	110±30	690±60	49±7	29±6	56±11	61
24	31.5-33	31,5	3,1±1	90±40	700±60	55±5	27±6	59±12	35
25	33-35	40,9	3±0,9	80±30	670±60	57±5	29±6	72±15	23
26	35-38	26,7	0	55±28	620±60	50±6	27±7	42±9	5

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

PROFIL 2			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex-210
sloj	Dubina [m]	Masa [g]	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	8,1	17,4±2,2	260±100	640±60	45±19	46±12	71±16	215
2	1-2	13,1	9,6±1,0	170±60	420±30	29±10	29±5	45±11	141
3	2-3	21,7	13,1±0,8	230±70	448±27	30±8	32±4	70±13	200
4	3-4	29,9	12,4±0,7	160±50	442±25	29±6	28±3	61±12	131
5	4-5	17,1	13,3±0,9	170±60	470±30	34±7	32±5	57±12	136
6	5-6	15,3	14±0,9	190±70	420±30	29±7	24±5	45±11	161
7	6-7	18,1	20,9±1	200±60	446±29	28±9	26±4	59±12	172
8	7-8	14,9	22,2±1,1	160±60	440±30	25±8	26±5	48±12	135
9	8-9	21,3	19±0,9	150±50	464±27	32±7	31±4	72±13	118
10	9-10	22,3	17,2±0,9	190±50	456±28	34±8	34±4	72±13	156
11	10-11	21,8	14,2±0,8	150±50	459±28	33±7	30±4	61±12	117
12	11-12	19,2	14,7±0,9	160±50	480±30	42±8	32±4	77±14	118
13	12-13	16,6	12,8±0,9	140±50	500±30	42±7	32±5	69±13	98
14	13-14	20,7	13,2±0,8	150±50	460±14	31±6	30±4	69±6	119
15	14-15	17,2	13,6±0,9	150±60	520±30	32±7	32±5	72±14	118
16	15-16	18	13,4±0,8	160±60	500±30	47±7	31±5	76±14	113
17	16-17	19	15,0±0,9	120±50	510±30	33±5	30±4	67±13	87
18	17-18	22,6	14,5±0,8	140±50	439±26	32±6	30±4	63±11	108
19	18-19	22	15,7±1,4	140±80	500±50	52±7	29±8	64±23	88
20	19-20	16,7	16±1	120±50	496±29	40±6	32±4	69±13	80
21	20-21	18,1	12,9±0,7	80±30	429±23	29±4	26±3	65±11	51
22	21-22	24,1	11,1±0,7	120±40	468±27	32±6	34±4	60±12	88
23	22-23	20,1	9,6±0,8	160±60	454±29	41±7	31±4	74±14	119
24	23-24	26	11,7±0,7	110±40	488±27	37±5	32±3	59±11	73
25	24-25	22,3	10,4±0,8	140±50	490±29	36±7	30±4	67±13	104
26	25-26	15,9	8,4±0,9	100±50	510±30	47±7	34±5	79±15	53
27	26-27	25,2	7,3±0,6	110±40	457±24	36±5	29±3	59±11	74
28	27-28	15,6	5,9±0,7	120±60	386±29	31±6	30±5	56±12	89
29	28-29	18,1	4,1±0,7	140±60	460±30	45±6	33±4	84±16	95
30	29-30	21,1	2,8±0,6	120±50	460±28	37±5	31±4	58±12	83
31	30-31	17,8	4,2±0,7	140±60	464±29	43±6	31±4	75±14	97
32	31-32	17,9	3,4±0,5	130±50	480±30	35±7	34±5	84±16	95

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

33	32-35	40,3	2,2±0,4	140±40	485±24	36±6	32±3	76±13	104
----	-------	------	---------	--------	--------	------	------	-------	-----

PROFIL 3			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
slaj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	19,3	18,2±1,9	156±24	650±40	49±4	30,1±2,9	48±6	107
2	1-2	16,1	20,4±2,2	155±27	620±40	40±4	31±4	52±7	115
3	2-3	16	21,7±2	114±22	690±40	47±4	34±3	63±7	67
4	3-4	22,7	19,3±1,6	92±17	620±30	63±4	30±3	47±6	29
5	4-5	22,1	21,4±1,5	109±18	620±30	46±4	28,4±2,7	40±7	63
6	5-6	20,1	17,8±2	111±22	660±40	51±4	34±4	40±12	60
7	6-7	19	17,8±2	83±20	720±40	46±4	29±4	22±10	37
8	7-8	25,2	15,2±1,7	78±17	590±30	49,2±2,4	30,7±2,9	42±5	28,8
9	8-9	14,2	19,4±2	138±24	710±40	66±4	30±4	36±6	72
10	9-10	15,2	20,6±2	88±18	700±40	63±3	31±4	45±5	25
11	10-11	21,5	22±1,8	113±18	630±30	50±4	30±4	47±5	63
12	11-12	22,3	16,9±1,8	114±17	630±30	46±4	29,5±2,4	35±4	68
13	12-13	23,6	19,6±1,7	98±17	640±30	49±4	30±4	58±6	49
14	13-14	17	17,4±2,1	129±23	700±40	62±5	34±4	52±6	67
15	14-15	17,6	14,1±2	141±22	710±40	62±5	30±4	62±7	79
16	15-16	20,9	13,7±1,7	74±15	660±40	49,8±2,4	25±2,5	43±8	24,2
17	16-17	24,7	11,2±1,4	79±15	554±27	49,1±2,4	28±2,5	47±6	29,9
18	17-18	26,1	11,3±1,3	76±14	554±28	47,2±2,5	26±2,5	36±5	28,8
19	18-19	32,6	9,3±1,1	79±15	519±25	38,7±2,8	27,4±2	35±4	40,3
20	19-20	13,7	8,7±2,2	68±23	660±40	65,2±2,9	27±4	45±6	2,8
21	20-21	27,2	6,4±1,2	60±14	599±29	63,6±2,6	26±3	48±5	0
22	21-22	14,5	4,4±2,3	111±27	630±40	84±5	29±4	61±7	27
23	22-23	25,9	5,5±1,1	95±16	660±30	61±4	26±3	52±6	34
24	23-24	18,8	7,2±1,4	105±22	660±40	54±4	25±4	52±10	51

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

25	24-25	26,6	7,5±1,1	71±15	650±30	47,3±2	24±3	44±10	23,7
26	25-26	20,3	5,3±1,4	82±19	740±40	54,1±2,5	30±4	46±12	27,9
27	26-27	24,8	3,5±1,1	60±14	650±30	54,2±1,9	27±3	39±10	5,8
28	27-28	16,5	2,3±1,6	91±23	620±40	54±4	30±4	44±14	37
29	28-29	27,2	0	62±14	620±30	52±1,8	27±3	42±8	10
30	29-30	18,2	3,8±1,4	99±22	650±40	58±3	24±4	50±6	41
31	30-31	15,9	4,7±1,5	92±21	670±40	57,9±2,9	30±4	63±7	34,1
32	31-32	22,5	2,9±1,1	91±18	630±30	44±3	29,9±2,3	42±5	47
33	32-33	14	0	89±23	530±40	43±4	25±4	34±5	46
34	33-34	19	2,2±1,4	69±19	760±40	61±3	25±4	42±5	8
35	34-35	16,4	4,2±1,5	61±18	750±40	61,2±2,5	30±4	32±13	0
36	35-36	87,5	0	56±11	560±23	41,6±1	25,1±2,3	38±8	14,4

PROFIL 4			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	15,6	13,1±1	240±40	466±16	51±3	36,6±1,5	78±8	189
2	1-2	10,5	11,8±1,1	180±40	475±17	33±4	30,7±1,4	59±7	147
3	2-3	14	12,3±1,1	240±40	453±17	47±5	32,3±2,6	67±7	193
4	3-4	12,2	16,6±1,3	220±40	528±19	35±5	34±4	82±8	185
5	4-5	17,9	16±0,9	240±40	478±15	67±4	37,7±1,4	63±7	173
6	5-6	17,9	12,3±0,8	144±27	372±13	28±3	24,9±1,1	64±6	116
7	6-7	15,4	17,7±1	170±30	493±15	49±4	35,6±1,5	77±8	121
8	7-8	14,9	15,4±1	135±29	466±16	36±3	34±3	68±6	99
9	8-9	13,9	15,6±1	190±30	516±17	35±4	31±1,3	66±7	155
10	9-10	17,5	11,3±0,9	230±30	468±15	60±4	34,4±1,7	65±7	170

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

11	10-11	16,3	11,4±0,8	176±28	488±15	45±5	35,9±2,2	63±7	131
12	11-12	14,9	12,3±1,3	260±40	483±19	69±5	33±3	77±9	191
13	12-13	10,1	12,5±1,4	240±50	462±20	59±6	33±3	74±8	181
14	13-14	7	11,1±1,6	270±50	487±23	54±4	33±4	80±13	216
15	14-15	11,8	13,3±1,1	120±30	477±17	47±4	32,7±2,8	61±7	73
16	15-16	16,1	11,7±0,9	160±30	437±15	34±4	32±1,3	63±6	126
17	16-17	15,8	11,7±0,9	200±40	496±16	38±4	33,5±1,4	81±8	162
18	17-18	13,3	11,7±1,1	150±30	454±17	56±4	34,8±2,7	76±8	94
19	18-19	18,7	12,8±0,9	145±27	460±14	75±4	34,3±2,4	67±7	70
20	19-20	18,7	15,5±0,9	172±27	496±14	49±4	34,8±1,7	74±7	123
21	20-21	11,9	11,1±1	132±29	513±19	50±4	32,2±2,4	83±9	82
22	21-22	16,8	10,1±0,7	160±30	516±15	37±4	33,2±1,9	74±7	123
23	22-23	14,3	9,2±1	119±25	471±16	35±3	31±2,2	67±7	84
24	23-24	17,8	10,6±0,8	170±30	507±15	63±4	32,3±2	70±7	107
25	24-25	20,8	8,7±0,8	180±30	483±14	68±4	32,1±2	68±7	112
26	25-26	13,2	7,2±0,9	120±40	503±18	41,5±2,4	36,7±2,8	68±7	78,5
27	26-27	15	5,4±1	160±30	467±15	56±4	32,3±2,6	53±6	104
28	27-28	17,1	10,8±0,9	150±27	521±15	42±4	37,5±1,4	80±8	108
29	28-29	7	16±1,71	180±50	729±27	122±14	47±5	97±11	58
30	29-30	11,7	9,2±1,1	190±40	432±18	39±4	31,8±2,9	61±7	151
31	30-31	12,6	10,6±1,1	130±30	509±19	51±4	30,7±2,9	72±8	79
32	31-32	39,2	10,2±0,6	119±19	564±14	42±2,9	37,2±2,1	71±6	77

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

PROFIL 5			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	17,4	19,8±1,9	115±20	590±40	47±4	23±4	46±5	68
2	1-2	21,6	20,7±1,6	130±22	630±30	46±4	29±4	31±11	84
3	2-3	24,8	11,1±1,3	79±17	420±26	34±3	23,8±2,9	40±8	45
4	3-4	25,7	15,3±1,5	64±14	513±29	39,2±2	23±3	20±10	24,8
5	4-5	30,3	18,4±1,4	108±18	598±29	51±4	26,9±2,7	36±10	57
6	5-6	20,6	22,3±1,9	110±22	650±40	54±4	28±3	42±12	56
7	6-7	28	21,1±1,5	106±18	609±29	49±4	29±3	27±10	57
8	7-8	24,9	20,8±1,7	106±20	550±30	52±3	28±3	22±10	54
9	8-9	33,2	18,7±1,2	100±14	592±26	47±3	32,4±2,7	46±5	53
10	9-10	26,7	17,7±1,9	83±18	510±30	47±3	27±3	35±5	36
11	10-11	19,5	8,7±2,2	65±19	510±40	42,1±2,7	26,9±2,4	35±5	22,9
12	11-12	33,2	12,7±1,2	82±13	529±27	49±3	25,5±2,6	53±5	33
13	12-13	32,2	12,3±1,1	79±14	568±26	51,2±2,5	27,3±2,8	45±5	27,8
14	13-14	25,3	7,3±1,3	65±16	519±28	46,2±1,8	26,8±2,9	40±8	18,8
15	14-15	24,7	5,7±1,4	96±20	590±29	50±3	25,2±2,8	53±9	46
16	15-16	21,8	4,4±1,3	85±18	620±30	54,1±2,5	32±3	42±8	30,9
17	16-17	32,4	3,5±1	69±9	589±28	51±2,3	31±3	49±6	18
18	17-18	32,1	5±1	70±13	604±27	51,5±2,3	31±3	39±9	18,5
19	18-19	21,6	2,7±1,2	80±16	570±30	52,9±2,5	28±3	44±6	27,1
20	19-20	25,7	2,9±1	71±14	536±28	51,7±2	36,7±2,8	45±5	19,3
21	20-21	18,5	3,6±1,5	79±20	640±40	68±4	34±4	45±6	11
22	21-22	27,8	2,5±0,5	80±17	501±27	60,2±2,1	31±3	61±7	19,8

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

23	22-23	24,5	0,9±0,9	78±16	580±30	69,1±2,1	28±3	59±6	8,9
24	23-24	29	2,8±0,9	55±13	600±28	55,6±1,7	29±3	56±5	0
25	24-25	28,9	2,1±0,9	48±11	419±24	52,8±2	27,4±2,5	36±4	0
26	25-26	21,3	2,8±1,2	76±18	570±30	46,9±2,4	30,5±2,5	34±4	29,1
27	26-27	24,8	2,2±1	76±15	570±30	53,4±2,8	34,5±2,6	31±6	22,6
28	27-28	26,1	0±4	56±13	620±30	72±4	31±3	64±6	0
29	28-29	20,9	0±5	64±18	640±40	59,7±2,3	27±3	66±8	4,3
30	29-30	24,7	0±4	77±16	530±30	71,7±2,3	34±3	70±7	5,3
31	30-31	31,3	0±3	49±12	551±27	64,4±2,7	31±3	58±6	0
32	31-32	16,8	0±5	88±20	680±40	53±3	32±4	57±6	35
33	32-33	21,3	0±5	80±11	660±30	63±5	29±4	44±8	17
34	33-34	15,6	0±5	95±23	710±40	64,4±2,7	28±4	34±7	30,6
35	34-35	16,5	0±6	83±20	680±40	68±5	32±4	58±6	15
36	35-36	17,2	6±1,5	116±24	640±40	57±4	26±4	59±8	59

PROFIL 6			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	13,6	10,8±1,1	210±40	459±18	53±3	30,4±2,8	69±7	157
2	1-2	16,4	13,9±1	240±30	455±15	33±3	27,9±2,4	79±7	207
3	2-3	10,7	11,3±1,4	280±40	479±18	41±3	32±3	52±7	239
4	3-4	11,7	15,1±1,2	190±40	435±17	32±3	29,9±2,5	48±6	158
5	4-5	17,9	16,9±0,9	220±30	446±14	34±3	26,9±1,2	63±6	186
6	5-6	20	19,1±0,9	240±30	441±14	32±3	31,4±2,4	74±7	208
7	6-7	19,1	17,7±1	190±30	497±14	41±3	31±1,2	70±7	149

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

8	7-8	20,9	14,5±0,8	188±29	502±14	36±3	35,6±2	74±7	152
9	8-9	25,1	13,1±0,7	160±25	494±13	37±3	31,3±1,1	63±6	123
10	9-10	25,3	11,3±0,6	136±21	500±13	42±3	34±1,7	73±6	94
11	10-11	19,3	10,2±0,8	160±30	448±18	30±3	30,8±1,9	78±8	130
12	11-12	21	7,7±0,9	134±27	424±16	28,9±2,5	27,5±1,6	63±7	105,1
13	12-13	25,5	8,9±0,6	151±27	519±13	47±3	34,2±1,8	72±7	104
14	13-14	29,4	6,4±0,6	122±21	490±12	36,7±2,7	35,3±1,3	71±6	85,3
15	14-15	23	7,9±0,6	174±27	525±14	38±3	32,3±1,3	64±6	136
16	15-16	29,5	7,1±0,6	123±22	467±12	35,1±2,7	33±2	58±6	87,9
17	16-17	27,2	6±0,5	131±20	507±13	38±3	33,1±1,1	77±6	93
18	17-18	27,7	5,6±0,6	140±24	497±13	37±3	32,5±1,1	71±6	103
19	18-19	23,1	4,2±0,5	129±24	544±14	37,7±2,9	33,5±2,1	76±7	91,3
20	19-20	25,3	3,4±0,5	93±18	424±12	34,3±2,1	29,9±1,4	65±6	58,7
21	20-21	35,7	2,4±0,4	134±20	477±11	41±3	34,6±2,1	69±6	93
22	21-22	27,9	2,9±0,24	159±28	474±13	59±3	35,1±1,7	75±7	100
23	22-23	20	1,8±0,5	148±25	498±14	44±4	34,6±1,3	73±7	104
24	23-24	26,6	0±1,3	102±21	478±12	41,1±2,3	31,2±1,1	69±6	60,9
25	24-25	55,1	1,23±0,27	106±17	519±12	36,5±2,4	33,7±2,1	66±6	69,5

PROFIL 7			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	3	10±9	580±100	920±120	70±40	7±7	0±210	510
2	1-2	11,5	29,4±2,9	300±40	610±40	48±15	38±5	46±10	252
3	2-3	15,5	30,6±2,5	220±30	750±40	50±10	38±5	23±12	170

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

4	3-4	20,7	27,8±2	153±24	620±30	40±7	28,4±2,7	13±11	113
5	4-5	20,5	34,8±2,3	144±23	660±40	50±8	36±7	48±13	94
6	5-6	14	27,7±2,9	210±40	720±40	47±10	34±6	30±17	163
7	6-7	20,3	27±2,3	175±27	730±40	54±7	34±9	38±12	121
8	7-8	23,1	30,7±1,9	113±19	660±40	48±5	28±7	33±10	65
9	8-9	26,2	25,3±1,8	85±18	680±30	49±3	36±5	34±12	36
10	9-10	25,3	21,4±1,8	48±14	610±30	42,8±2,1	29±4	28±10	5,2
11	10-11	29,2	19,8±1,6	73±15	620±30	45,5±2,6	29±4	46±11	27,5
12	11-12	34,1	15,3±1,4	89±12	690±30	54±4	36±4	48±12	35
13	12-13	26,7	14,9±1,5	68±17	630±30	46,1±1,7	35±4	38±10	21,9
14	13-14	30,4	9,9±1,4	64±13	700±30	49±1,7	34±4	26±10	15
15	14-15	28,2	10±1,5	131±23	730±40	60±5	36±4	80±8	71
16	15-16	19,5	11,9±1,8	108±27	760±40	56±4	30±4	78±8	52
17	16-17	25,9	14,5±1,8	93±24	770±40	56±3	35±4	56±6	37
18	17-18	20	17,3±1,8	86±18	700±40	53,9±2,6	32±4	21±11	32,1
19	18-19	19,6	15,6±2	72±19	640±40	63,1±2,6	34±4	51±14	8,9
20	19-20	21,2	8,5±1,4	75±15	600±30	46±3	32±4	46±8	29
21	20-21	42,4	6,8±1	74±14	690±30	56,1±2,8	30±3	36±9	17,9
22	21-22	20,1	12,3±1,7	119±27	740±40	53±4	33±4	33±12	66
23	22-23	29,2	9,6±1,5	85±17	700±40	57,8±2,6	31±4	27±11	27,2
24	23-24	27,4	7,4±1,5	111±20	750±40	51±4	32±4	38±11	60
25	24-25	22,6	4,1±1,3	72±17	700±30	47,5±2,8	27±4	35±10	24,5
26	25-26	23,5	2,5±1	57±15	690±30	45,5±1,7	29±4	35±10	11,5
27	26-27	31,8	0±4	59±17	660±30	44,3±1,7	29±4	42±10	14,7
28	27-28	17,3	0±5	84±26	840±50	73±4	34±5	51±21	11

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

29	28-29	19,6	0±5	88±19	700±40	54,9±2	26±4	13±11	33,1
30	29-30	26	0±5	97±20	740±40	57,4±2,9	33±3	39±13	39,6
31	30-31	20,9	1,1±1,5	142±26	890±40	63±4	40±5	57±14	79
32	31-32	29,2	0±4	84±16	760±40	48±3	27±3	40±11	36
33	32-33	48,6	3,8±0,9	53±12	730±30	49,3±1,4	30,5±2,9	27±8	3,7

PROFIL 8			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	9,1	21,1±1,7	560±80	572±24	34±10	30,7±1,5	74±9	526
2	1-2	20,5	20,5±1	360±40	514±15	41±6	36±3	53±6	319
3	2-3	27,5	21,9±0,8	240±29	542±14	34±4	33,7±2,2	70±6	206
4	3-4	14,9	21,7±1,2	240±40	542±18	35±6	35,3±2,9	58±7	205
5	4-5	18,7	18,6±1	180±30	519±15	37±4	35,3±1,4	67±7	143
6	5-6	18,9	11,3±0,9	190±30	447±14	32±4	31,4±2,4	52±6	158
7	6-7	25,8	11±0,7	143±23	456±13	33±3	33±1,7	64±6	110
8	7-8	29,8	24,9±1,3	103±19	469±13	30,9±2,5	29,5±1,7	59±6	72,1
9	8-9	20,3	6,4±0,7	111±25	437±14	40,9±2,3	36,7±1,4	63±5	70,1
10	9-10	25,2	4,5±0,6	125±21	450±13	30±3	29,7±2	57±5	95
11	10-11	19,3	4±0,7	139±26	527±17	36±4	36,2±1,7	71±7	103
12	11-12	26,1	3,8±0,6	148±24	565±16	42±4	40,3±2,3	74±7	106
13	12-13	9,5	7,1±1,3	340±60	1550±40	100±8	93±6	163±16	240
14	13-14	30,7	1,8±0,3	107±20	525±13	36,4±2,4	34,5±2	67±6	70,6
15	14-15	25,2	2,3±0,5	153±26	622±17	45±4	42,6±1,6	96±8	108
16	15-16	28,3	1,1±0,4	167±25	606±15	43±4	40,9±1,4	72±7	124

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

17	16-17	20,3	0±2	84±22	562±17	41,7±1,8	40,9±2,7	79±7	42,3
18	17-18	32	0,4±0,4	121±19	578±14	39±3	43,1±2,2	73±7	82
19	18-19	31,3	0±1,3	80±16	550±14	36,6±2,2	37±2,1	52±6	43,4
20	19-20	29,6	0±1,3	53±17	451±12	36,4±0,9	32,1±2	59±6	16,6
21	20-21	28,8	0±1,4	133±23	583±15	55±3	41±2,7	82±7	78
22	21-22	29,2	0±1,5	88±21	605±15	41,8±1,7	43,6±23,7	78±7	46,2
23	22-23	29,6	0±1,4	97±19	537±14	39,5±2,4	38,8±	65±6	57,5
24	23-24	24,7	0±1,4	107±20	481±14	34±2,5	33,7±1,2	64±6	73
25	24-25	21,6	0±1,5	148±24	529±15	38±4	38,5±1,3	84±7	110
26	25-26	23,5	0±1,3	106±21	424±12	30,3±2,3	27,6±1	56±5	75,7
27	26-27	29,8	0±1,4	131±23	595±15	42±3	41±2,1	76±7	89
28	27-28	19,7	0±2,2	111±29	615±18	65±6	47,4±1,9	96±9	46
29	28-29	26,8	0±1,5	184±27	570±15	48±4	45,2±1,6	77±7	136
30	29-30	24	0±1,7	102±24	594±16	43,1±2,2	44,5±2,5	79±7	58,9
31	30-31	28,1	0±1,4	106±22	566±15	39,4±2,4	39,3±2,4	79±7	66,6
32	31-32	22,1	0±1,8	112±25	599±17	43,1±2,5	41,9±2,1	85±8	68,9
33	32-33	26,2	0±1,7	162±27	633±17	49±4	43,6±1,5	88±8	113
34	33-34	35,8	0±1,2	122±18	547±13	38±3	38±2,5	72±6	84
35	34-35	53,4	0±0,9	106±17	550±12	37,8±2,5	37,6±2,2	76±6	68,2

PROFIL 9			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	14,3	4,5±1,9	119±25	530±40	53±4	42±5	47±6	66
2	1-2	22	4,4±1,4	122±21	620±30	49,2±2,7	37±4	53±7	72,8

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

3	2-3	20	6,5±1,3	114±19	570±30	47,6±2,5	35±4	48±6	66,4
4	3-4	24,8	5±1,4	124±20	630±30	43,9±2,7	34±4	59±6	80,1
5	4-5	17,2	7,4±1,6	97±13	590±40	55±3	34±4	64±7	42
6	5-6	22	6,1±1,3	91±18	560±30	47,5±3,3	35±4	49±6	43,5
7	6-7	28,3	6,1±1,3	93±17	555±28	50,3±2,5	37,3±2,7	49±6	42,7
8	7-8	29,2	9,1±1,3	102±18	595±21	52,9±2,3	31,3±2,8	56±6	49,1
9	8-9	21	5,6±1,5	105±19	580±30	44,3±2,7	33,8±2,6	51±6	60,7
10	9-10	24	5,5±1,4	111±22	550±30	47,3±2,4	35,3±2,8	64±7	63,7
11	10-11	22,5	8,4±1,6	132±16	600±30	58,1±3,3	33±3	69±8	73,9
12	11-12	28,6	6,5±1,2	106±18	650±30	48,4±2,4	37±3	48±6	57,6
13	12-13	27,7	7,9±1,2	89±17	640±30	48,7±2,2	34±3	57±6	40,3
14	13-14	34,6	6,7±1	67±13	596±27	46±1,6	40,1±2,7	63±6	21
15	14-15	20,6	4,5±1,2	95±14	594±27	48,7±2,4	38,6±2,8	56±6	46,3
16	15-16	38,2	6,9±1	100±16	571±27	48,6±1,9	37,9±2,5	59±6	51,4
17	16-17	31,3	5,6±1,2	79±14	603±26	47,7±2,7	38,5±2,7	52±5	31,3
18	17-18	22,7	5,1±1,4	103±20	570±30	42,5±2,4	36±3	49±6	60,5
19	18-19	23,9	8,8±1,3	102±21	640±30	46,1±2,7	35±3	60±6	55,9
20	19-20	30,1	8±0,4	80±14	585±28	46±2,2	38±3	40±5	34
21	20-21	28,1	7,2±0,9	63±11	478±22	38,2±1,9	27±3	51±5	24,8
22	21-22	32,1	10,1±0,7	87±16	624±29	55,2±2,6	30,9±2,8	53±6	31,8
23	22-23	25	8,1±1,3	97±19	560±30	42,9±2,5	29±2,8	48±5	54,1
24	23-24	29,2	7,4±2,6	94±18	670±30	51,3±2,6	27,2±2,7	57±6	42,7
25	24-25	20,4	7,8±1,5	85±19	640±40	46±2,9	23,2±2,8	51±7	39
26	25-26	33	10,9±1,2	70±13	646±28	46,8±2,3	26,5±2,8	48±6	23,2
27	26-27	23,8	11,6±1,2	66±9	602±26	54,1±1,6	26±2,6	50±5	11,9

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

28	27-28	16,1	11,6±1,2	75±22	680±40	80,5±4,6	29±4	66±8	0
29	28-29	17	9,8±1,8	104±21	710±40	51,5±3	29,9±2,9	81±8	52,5
30	29-30	20,9	13,4±1,6	121±15	690±30	50,8±3,2	34,9±2,9	64±6	70,2
31	30-31	20,4	11,2±1,5	83±21	590±30	61±2,2	30±3	60±6	22

PROFIL 10			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
slaj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	31	11,4±0,6	203±25	445±11	44,8±1,4	37,5±1,1	71±6	158,2
2	1-2	24,5	11,5±0,4	182±20	465±12	34,5±1,3	36,3±1,1	80±6	147,5
3	2-3	18,5	11,2±0,7	184±21	420±13	36,2±1,6	38,1±1,4	55±5	147,8
4	3-4	19,7	12,3±0,8	157±27	427±14	36±1,7	39,9±1,9	83±8	121
5	4-5	25,6	11,8±0,7	165±26	416±12	35,3±1,3	37,5±1,6	69±6	129,7
6	5-6	22,2	11,4±0,8	250±30	438±17	57,2±2,3	37,5±1,8	72±6	192,8
7	6-7	25,8	12,8±0,7	195±26	425±12	41,5±1,5	37,1±2	73±6	153,5
8	7-8	19,3	13,6±0,8	204±28	481±14	45,1±1,8	41±1,4	84±8	158,9
9	8-9	21,8	12,5±0,7	163±25	423±12	33,7±1,4	33,3±2,4	64±5	129,3
10	9-10	25,9	14,2±0,8	207±22	443±12	37,7±1,4	36,1±1,6	72±6	169,3
11	10-11	30,9	13,6±0,7	202±21	441±11	35,2±1,3	35,9±1,7	80±6	166,8
12	11-12	19,8	15,4±0,9	204±23	446±13	43,3±1,6	37,1±1,8	75±7	160,7
13	12-13	25,2	13,6±0,5	153±22	436±12	47,9±1,8	40,6±1,8	73±6	105,1
14	13-14	32,3	11,3±0,6	189±20	435±11	35,2±1,2	36,5±2	76±7	153,8
15	14-15	24,9	10±0,5	135±14	453±10	37,7±1,2	35,9±1,5	64±5	97,3
16	15-16	27,9	11,8±0,6	138±22	444±12	40,6±1,4	35,6±1,2	73±6	97,4
17	16-17	27,7	9,3±0,6	129±15	434±12	42,8±1,5	37,5±1,2	82±6	86,2

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

18	17-18	33,8	5,9±0,5	114±13	435±11	37,7±1,2	35,2±1,1	65±5	76,3
19	18-19	29,9	4,8±0,5	114±14	427±12	44,5±1,5	37,1±1,2	74±6	69,5
20	19-20	28,1	3,8±0,4	50±20	397±11	38,1±0,9	35,1±1,7	62±5	11,9
21	20-21	31,8	1,87±0,14	92±10	357±9	33,5±1,1	32,6±1,4	54±4	58,5
22	21-22	24	4,4±0,6	84±21	459±13	37,7±1,9	35,3±1,3	66±7	46,3
23	22-23	33,9	6,6±0,3	123±20	437±11	37,5±1,3	38,3±1,8	81±6	85,5
24	23-24	20	5,4±0,7	147±25	437±14	49,5±1,8	37,3±1,2	76±6	97,5
25	24-25	19,6	7±0,7	109±15	421±13	36,6±1,6	35,3±1,7	76±6	72,4
26	25-26	22,4	5,5±0,3	141±17	483±13	38,6±1,5	38,8±2	73±6	102,4
27	26-27	20,9	6,7±0,3	115±19	412±10	42,7±1,4	34,7±1,6	73±6	72,3
28	27-28	22,6	7,8±0,4	161±27	438±15	62,1±1,9	34,4±1,9	75±7	98,9
29	28-29	25,6	5,7±0,6	94±20	415±12	32,6±1,3	35,1±1,6	63±5	61,4
30	29-30	24	3,6±0,5	82±17	310±10	46,1±1,5	28,4±1,5	45±5	35,9
31	30-31	32	4,4±0,4	99±18	442±11	41,3±1,4	36,4±1,5	72±6	57,7
32	31-32	36,8	3,81±0,17	116±12	418±10	35,7±1	35,6±1,7	65±5	80,3
33	32-33	38,3	4±0,4	103±16	412±10	33,1±1,3	31,6±1,1	69±6	69,9

PROFIL 11			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232	U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	18	17,9±1	460±50	443±15	31,1±1,8	24,7±1,8	60±5	428,9
2	1-2	22,8	18,5±1,2	210±30	406±12	45±2	21,6±1,1	53±5	165
3	2-3	25,3	17,3±,6	157±20	422±10	29,1±1,1	26±1,3	52±4	127,9

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

4	3-4	22,7	15,1±0,8	163±16	438±13	39±1,5	29±1,1	61±6	124
5	4-5	20,4	15,5±0,8	171±28	460±14	37,3±1,5	33,8±2,1	70±6	133,7
6	5-6	21,2	10,4±0,5	148±25	447±14	40,7±1,8	30,7±2,3	55±6	107,3
7	6-7	28,3	8,3±0,4	138±16	445±11	37,9±1,3	28,1±1,5	56±5	100,1
8	7-8	18,1	8,7±0,6	138±23	486±12	33,2±1,4	28,8±1,4	55±5	104,8
9	8-9	24,6	5,4±0,6	123±26	461±13	46,9±1,6	32,6±1,4	68±6	76,1
10	9-10	14,7	5,4±0,4	154±29	487±16	50,8±2,2	31,9±1,2	74±7	103,2
11	10-11	23,9	4,8±0,5	111±23	469±13	31,6±2,3	29,3±1,1	63±6	79,4
12	11-12	22,3	4,3±0,5	105±13	435±13	35,2±1,4	28±1	58±5	69,8
13	12-13	24,9	3,1±0,4	106±21	468±13	31,8±1,4	27,9±1,1	56±5	74,2
14	13-14	29,4	1,8±0,4	89±17	447±12	42,6±2,3	27,9±0,9	57±5	46,4
15	14-15	25,5	1,4±0,4	99±14	446±10	34,6±1,2	30,5±1,7	58±4	64,4
16	15-16	34,8	0,69±0,28	89±18	455±11	37,3±1,3	28,4±1,8	51±4	51,7
17	16-17	34,8	1,2±0,4	111±13	453±11	31,2±0,9	28±1	60±5	79,8
18	17-18	26,5	2,8±0,4	89±19	407±11	24,9±1,2	25,2±1,6	56±5	64,1
19	18-19	31,6	3,5±0,24	129±14	453±12	33,4±1,2	27,6±1,3	67±6	95,6
20	19-20	28,9	1,69±0,21	84±11	449±11	34,2±1,3	27,2±0,9	59±5	49,8
21	20-21	26,5	0,9±0,3	89±11	406±11	27,8±1	27,3±1,4	44±4	61,2
22	21-22	24,2	1,15±0,2	104±13	445±13	31,8±1,4	29,2±1,4	59±5	72,2
23	22-23	22,3	0±1,5	109±21	468±13	33,3±1,3	29±1,7	63±5	75,7
24	23-24	22,6	0±1,5	109±22	416±12	49,9±1,6	26,2±1,6	51±4	59,1
25	24-25	19,8	0±1,8	119±22	469±15	35,1±1,5	29,6±1,9	54±5	83,9
26	25-26	17,2	0±2,1	95±25	503±17	34,4±1,8	29,1±1,2	59±6	60,6
27	26-27	22,8	0±1,3	98±12	491±13	52,6±1,9	32,7±1,5	64±6	45,4
28	27-28	16,7	0±1,3	97±11	489±13	31,9±1,2	29,7±1,9	57±5	65,1

PROFIL 12			Cs-137	Pb-210	K-40	Ra-226	Th-232		U-238	Pbex
sloj	dubina (cm)	masa (g)	A ± 1σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]	A ± 2σ [Bq/kg]		A ± 2σ [Bq/kg]	A [Bq/kg]
1	0-1	13	19,3±2,6	120±30	630±40	49±5	26±3	3	49±6	71
2	1-2	14,6	17,1±2,3	145±25	670±40	72±7	26±3	3	34±8	73
3	2-3	20,9	19,8±1,3	96±15	570±26	43±1,9	26,2±2,7	2,7	43±4	53
4	3-4	24,3	20±1,7	85±17	510±30	48,1±2,7	26,9±2,4	2,4	45±5	36,9
5	4-5	23,3	16,7±1,7	75±17	540±30	43±3	28,7±2,7	2,7	29±5	32
6	5-6	16,4	18,7±2,1	92±22	630±40	45,2±2,2	22,7±2,7	2,7	59±6	46,8
7	6-7	31,8	13,1±1,3	52±13	569±25	43,6±1,5	25,3±2,8	2,8	57±6	8,4
8	7-8	21	12,3±1,8	101±13	540±30	51,9±2,9	29±3,	3	43±6	49,1
9	8-9	25,5	12,2±0,3	78±13	578±25	42±2,7	33,8±2,4	2,4	55±5	36
10	9-10	25,1	14,1±1,5	33±27	580±30	43±1,6	26,9±2,5	2,5	44±5	0
11	10-11	35	13,4±1,1	72±13	557±25	46,3±2	27±1,9	1,9	41±4	25,7
12	11-12	22,8	10,9±1,4	87±19	600±30	42,6±1,8	25,7±2,9	2,9	52±6	44,4
13	12-13	20,8	10,9±1,2	62±13	594±27	46,4±1,5	28±3	3	47±5	15,6
14	13-14	21	10,2±1,7	79±12	670±40	55,2±2,8	28,7±2,9	2,9	60±6	23,8
15	14-15	22,6	7,9±1,3	47±13	570±30	49,2±2,6	23,4±2,9	2,9	43±5	0
16	15-16	26,1	5,1±0,9	45±10	496±22	33,2±1,2	20±2,7	2,7	42±4	11,8
17	16-17	24,4	6,9±1,1	54±15	548±29	47±1,6	19,1±2,1	2,1	45±6	7
18	17-18	31,4	4,7±0,9	43±12	491±26	43,7±1,5	22,4±2,5	2,5	41±4	0
19	18-19	25	5,3±1,1	33±25	600±30	46,3±1,5	20,1±2,5	2,5	62±6	0
20	19-20	29,1	2,9±1	66±10	537±28	40,2±2,4	19,8±2,3	2,3	40±6	25,8
21	20-21	26,1	4,3±1	50±13	562±28	43,7±1,4	29,2±2,8	2,8	47±5	6,3

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

22	21-22	25,8	2,8±0,5	50±13	517±27	36,9±1,5	22,4±2	2	38±4	13,1
23	22-23	22,2	2,3±0,7	43±17	490±30	38,8±1,5	25,9±2,2	2,2	41±5	4,2
24	23-24	24,6	0,4±1,1	66±17	580±30	45,3±2	22,6±2,7	2,7	58±7	20,7
25	24-25	13,8	0±5	73±22	600±40	56,4±2,3	32±3	3	58±7	16,6
26	25-26	20,9	0±5	65±11	540±30	47,3±2,4	35±4	4	50±7	17,7
27	26-27	19,8	0±5	74±20	557±29	47±3	33±4	4	50±6	27
28	27-28	23,6	0±4	76±17	580±30	47,5±1,8	27,7±2,8	2,8	54±6	28,5
29	28-29	20,1	0,5±0,8	51±11	506±25	36,9±1,2	23,8±1,9	1,9	41±4	14,1
30	29-30	22,1	0±4	89±18	485±27	34,6±2,5	29±4	4	51±6	54,4
31	30-31	23,1	0±4	42±14	570±30	47±1,7	29±4	4	53±6	0

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

1	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,8165	11,0945	8,278	1,293438	1293,438	79	0,00079	6,10776E-07	78	0,00078	6,03044E-07	1,265822785
2	2,7973	11,1234	8,3261	1,300953	1300,953	81	0,00081	6,2262E-07	77	0,00077	5,91874E-07	4,938271605
3	2,8147	10,9495	8,1348	1,271063	1271,063	76	0,00076	5,97925E-07	87	0,00087	6,84467E-07	14,47368421
4	2,8145	11,1705	8,356	1,305625	1305,625	80	0,0008	6,12733E-07	75	0,00075	5,74438E-07	6,25
5	2,8326	10,8997	8,0671	1,260484	1260,484	74	0,00074	5,87076E-07	73	0,00073	5,79142E-07	1,351351351
6	2,7820	10,9207	8,1387	1,271672	1271,672	69	0,00069	5,42593E-07	81	0,00081	6,36957E-07	17,39130435
7	2,7829	10,7182	7,9353	1,239891	1239,891	69	0,00069	5,56501E-07	74	0,00074	5,96827E-07	7,246376812
8	2,8156	10,9589	8,1433	1,272391	1272,391	75	0,00075	5,89442E-07	82	0,00082	6,44456E-07	9,333333333
9	2,9107	11,2390	8,3283	1,301297	1301,297	79	0,00079	6,07087E-07	75	0,00075	5,76348E-07	5,063291139
10	2,7981	11,0573	8,2592	1,2905	1290,5	76	0,00076	5,88919E-07	81	0,00081	6,27664E-07	6,578947368
11	2,8298	10,8482	8,0184	1,252875	1252,875	84	0,00084	6,70458E-07	79	0,00079	6,3055E-07	5,952380952
12	2,8142	10,9970	8,1828	1,278563	1278,563	79	0,00079	6,17881E-07	78	0,00078	6,1006E-07	1,265822785
13	2,8143	11,1371	8,3228	1,300438	1300,438	89	0,00089	6,84385E-07	89	0,00089	6,84385E-07	0
14	2,8148	11,0503	8,2355	1,286797	1286,797	82	0,00082	6,37241E-07	80	0,0008	6,21699E-07	2,43902439
15	2,8158	11,2812	8,4654	1,322719	1322,719	77	0,00077	5,82134E-07	81	0,00081	6,12375E-07	5,194805195
16	2,7815	11,2557	8,4742	1,324094	1324,094	83	0,00083	6,26844E-07	83	0,00083	6,26844E-07	0
17	2,8158	11,5049	8,6891	1,357672	1357,672	87	0,00087	6,40803E-07	86	0,00086	6,33437E-07	1,149425287
18	2,7981	11,4999	8,7018	1,359656	1359,656	85	0,00085	6,25158E-07	86	0,00086	6,32513E-07	1,176470588
19	2,8299	11,3293	8,4994	1,328031	1328,031	85	0,00085	6,40045E-07	80	0,0008	6,02395E-07	5,882352941
20	2,8303	11,7206	8,8903	1,389109	1389,109	97	0,00097	6,98289E-07	92	0,00092	6,62295E-07	5,154639175
21	2,7827	11,5227	8,74	1,365625	1365,625	87	0,00087	6,37071E-07	85	0,00085	6,22426E-07	2,298850575
22	2,8148	11,1455	8,3307	1,301672	1301,672	80	0,0008	6,14594E-07	80	0,0008	6,14594E-07	0

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

23	2,8143	11,5866	8,7723	1,370672	1370,672	84	0,00084	6,12838E-07	84	0,00084	6,12838E-07	0
24	2,8300	11,5911	8,7611	1,368922	1368,922	82	0,00082	5,99012E-07	82	0,00082	5,99012E-07	0
25	2,7985	11,2944	8,4959	1,327484	1327,484	84	0,00084	6,32776E-07	80	0,0008	6,02644E-07	4,761904762
26	2,7982	11,8019	9,0037	1,406828	1406,828	87	0,00087	6,18412E-07	83	0,00083	5,8998E-07	4,597701149

2	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}
1	2,7868	9,2175	6,4307	1,004797	1004,797	74	0,00074	7,36467E-07	67	0,00067	6,66801E-07
2	2,8036	11,2154	8,4118	1,314344	1314,344	75	0,00075	5,70627E-07	71	0,00071	5,40194E-07
3	2,8041	11,0151	8,211	1,282969	1282,969	88	0,00088	6,85909E-07	82	0,00082	6,39143E-07
4	2,7743	11,2726	8,4983	1,327859	1327,859	91	0,00091	6,85314E-07	87	0,00087	6,5519E-07
5	2,8066	10,7042	7,8976	1,234	1234	90	0,0009	7,29335E-07	82	0,00082	6,64506E-07
6	2,7541	11,0468	8,2927	1,295734	1295,734	94	0,00094	7,25457E-07	86	0,00086	6,63716E-07
7	2,8151	10,7134	7,8983	1,234109	1234,109	110	0,0011	8,91331E-07	103	0,00103	8,3461E-07
8	2,7671	11,0235	8,2564	1,290063	1290,063	147	0,00147	1,13948E-06	138	0,00138	1,06972E-06
9	2,8139	10,9031	8,0892	1,263938	1263,938	158	0,00158	1,25006E-06	154	0,00154	1,21841E-06
10	2,8025	10,8777	8,0752	1,26175	1261,75	111	0,00111	8,79731E-07	104	0,00104	8,24252E-07
11	2,7555	11,0863	8,3308	1,301688	1301,688	97	0,00097	7,45187E-07	91	0,00091	6,99093E-07
12	2,7978	11,1279	8,3301	1,301578	1301,578	86	0,00086	6,60736E-07	79	0,00079	6,06955E-07
13	2,7725	11,1389	8,3664	1,30725	1307,25	110	0,0011	8,41461E-07	109	0,00109	8,33811E-07
14	2,8047	11,0272	8,2225	1,284766	1284,766	100	0,001	7,78352E-07	92	0,00092	7,16084E-07
15	2,8072	10,9197	8,1125	1,267578	1267,578	78	0,00078	6,15347E-07	71	0,00071	5,60123E-07
16	2,8031	11,1792	8,3761	1,308766	1308,766	84	0,00084	6,41826E-07	78	0,00078	5,95981E-07

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

17	2,7828	10,6731	7,8903	1,232859	1232,859	73	0,00073	5,92119E-07	64	0,00064	5,19118E-07
18	2,8067	11,0511	8,2444	1,288188	1288,188	75	0,00075	5,82213E-07	65	0,00065	5,04585E-07
19	2,7739	10,7746	8,0007	1,250109	1250,109	77	0,00077	6,15946E-07	70	0,0007	5,59951E-07
20	2,7565	10,9702	8,2137	1,283391	1283,391	84	0,00084	6,54516E-07	77	0,00077	5,99973E-07
21	2,8305	10,817	7,9865	1,247891	1247,891	80	0,0008	6,41082E-07	71	0,00071	5,6896E-07
22	2,7772	10,9896	8,2124	1,283188	1283,188	71	0,00071	5,5331E-07	64	0,00064	4,98758E-07
23	2,7586	10,9993	8,2407	1,287609	1287,609	70	0,0007	5,43643E-07	63	0,00063	4,89279E-07
24	2,7767	11,079	8,3023	1,297234	1297,234	74	0,00074	5,70444E-07	66	0,00066	5,08775E-07
25	2,8074	10,8702	8,0628	1,259813	1259,813	69	0,00069	5,47701E-07	61	0,00061	4,84199E-07
26	2,8142	10,945	8,1308	1,270438	1270,438	66	0,00066	5,19506E-07	63	0,00063	4,95892E-07
27	2,8306	11,5657	8,7351	1,364859	1364,859	76	0,00076	5,56834E-07	68	0,00068	4,9822E-07
28	2,7892	11,0324	8,2432	1,288	1288	77	0,00077	5,97826E-07	69	0,00069	5,35714E-07
29	2,7553	11,175	8,4197	1,315578	1315,578	70	0,0007	5,32085E-07	67	0,00067	5,09282E-07
30	2,7553	11,3694	8,6141	1,345953	1345,953	68	0,00068	5,05218E-07	61	0,00061	4,5321E-07
31	2,7843	10,9783	8,194	1,280313	1280,313	69	0,00069	5,38931E-07	63	0,00063	4,92067E-07
32	2,7739	11,072	8,2981	1,296578	1296,578	82	0,00082	6,32434E-07	77	0,00077	5,93871E-07
33	2,7982	11,8584	9,0602	1,415656	1415,656	91	0,00091	6,42811E-07	83	0,00083	5,86301E-07

3	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00+ odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} odbroj 00+	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}
1	2,8302	10,7193	7,8891	1,232672	1232,672	58	0,00058	4,70523E-07	76	0,00076	6,16547E-07
2	2,7982	10,7992	8,001	1,250156	1250,156	62	0,00062	4,95938E-07	64	0,00064	5,11936E-07
3	2,8157	10,8815	8,0658	1,260281	1260,281	63	0,00063	4,99888E-07	69	0,00069	5,47497E-07

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

4	2,8142	10,9537	8,1395	1,271797	1271,797	64	0,00064	5,03225E-07	64	0,00064	5,03225E-07
5	2,8308	11,1812	8,3504	1,30475	1304,75	63	0,00063	4,82851E-07	63	0,00063	4,82851E-07
6	2,7828	11,1179	8,3351	1,302359	1302,359	64	0,00064	4,91416E-07	63	0,00063	4,83737E-07
7	2,8155	11,5609	8,7454	1,366469	1366,469	107	0,00107	7,8304E-07	110	0,0011	8,04995E-07
8	2,7999	11,2248	8,4249	1,316391	1316,391	73	0,00073	5,54547E-07	73	0,00073	5,54547E-07
9	2,7831	10,9659	8,1828	1,278563	1278,563	65	0,00065	5,08383E-07	63	0,00063	4,92741E-07
10	2,9463	10,8148	7,8685	1,229453	1229,453	62	0,00062	5,04289E-07	62	0,00062	5,04289E-07
11	2,9116	11,3906	8,479	1,324844	1324,844	72	0,00072	5,4346E-07	72	0,00072	5,4346E-07
12	2,8306	11,05	8,2194	1,284281	1284,281	66	0,00066	5,13906E-07	62	0,00062	4,8276E-07
13	2,9099	11,5584	8,6485	1,351328	1351,328	69	0,00069	5,10609E-07	67	0,00067	4,95809E-07
14	2,9259	11,1664	8,2405	1,287578	1287,578	61	0,00061	4,73758E-07	61	0,00061	4,73758E-07
15	2,7822	11,3444	8,5622	1,337844	1337,844	63	0,00063	4,70907E-07	62	0,00062	4,63432E-07
16	2,7876	10,7642	7,9766	1,246344	1246,344	58	0,00058	4,65361E-07	57	0,00057	4,57338E-07
17	2,7826	10,7449	7,9623	1,244109	1244,109	57	0,00057	4,58159E-07	58	0,00058	4,66197E-07
18	2,7832	11,2324	8,4492	1,320188	1320,188	63	0,00063	4,77205E-07	60	0,0006	4,54481E-07
19	2,7822	11,4971	8,7149	1,361703	1361,703	63	0,00063	4,62656E-07	61	0,00061	4,47968E-07
20	2,7822	11,3932	8,611	1,345469	1345,469	62	0,00062	4,60806E-07	60	0,0006	4,45941E-07
21	2,9644	11,3212	8,3568	1,30575	1305,75	59	0,00059	4,51848E-07	58	0,00058	4,44189E-07
22	2,7974	11,1891	8,3917	1,311203	1311,203	59	0,00059	4,49968E-07	57	0,00057	4,34715E-07
23	2,8144	11,6872	8,8728	1,386375	1386,375	62	0,00062	4,47209E-07	59	0,00059	4,2557E-07
24	2,8316	11,5984	8,7668	1,369813	1369,813	62	0,00062	4,52617E-07	60	0,0006	4,38016E-07
25	2,8148	11,6461	8,8313	1,379891	1379,891	31	0,00031	2,24655E-07	59	0,00059	4,2757E-07
26	2,799	11,6802	8,8812	1,387688	1387,688	62	0,00062	4,46786E-07	60	0,0006	4,32374E-07
27	2,7985	11,5622	8,7637	1,369328	1369,328	61	0,00061	4,45474E-07	60	0,0006	4,38171E-07
28	2,7997	11,0902	8,2905	1,295391	1295,391	60	0,0006	4,63181E-07	59	0,00059	4,55461E-07

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

29	2,9128	12,0866	9,1738	1,433406	1433,406	66	0,00066	4,60442E-07	65	0,00065	4,53465E-07
30	2,7823	11,4366	8,6543	1,352234	1352,234	55	0,00055	4,06734E-07	58	0,00058	4,2892E-07
31	2,8145	11,5488	8,7343	1,364734	1364,734	55	0,00055	4,03009E-07	56	0,00056	4,10336E-07
32	2,7831	11,4775	8,6944	1,3585	1358,5	55	0,00055	4,04858E-07	54	0,00054	3,97497E-07
33	2,8301	11,671	8,8409	1,381391	1381,391	61	0,00061	4,41584E-07	60	0,0006	4,34345E-07
34	2,8152	11,7252	8,91	1,392188	1392,188	51	0,00051	3,6633E-07	54	0,00054	3,87879E-07
35	2,8163	11,537	8,7207	1,362609	1362,609	54	0,00054	3,96298E-07	52	0,00052	3,81621E-07
36	2,7825	12,2549	9,4724	1,480063	1480,063	59	0,00059	3,98632E-07	58	0,00058	3,91875E-07

4	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,8163	10,8417	8,0254	1,253969	1253,969	63	0,00063	5,02405E-07	64	0,00064	5,1038E-07	1,587301587
2	2,83	10,7463	7,9163	1,236922	1236,922	62	0,00062	5,01244E-07	62	0,00062	5,01244E-07	0
3	2,7827	10,7638	7,9811	1,247047	1247,047	83	0,00083	6,65572E-07	82	0,00082	6,57553E-07	1,204819277
4	2,893	10,8798	7,9868	1,247938	1247,938	70	0,0007	5,60926E-07	71	0,00071	5,68939E-07	1,428571429
5	2,8155	11,3282	8,5127	1,330109	1330,109	109	0,00109	8,19481E-07	106	0,00106	7,96927E-07	2,752293578
6	2,8149	10,6963	7,8814	1,231469	1231,469	76	0,00076	6,17149E-07	75	0,00075	6,09029E-07	1,315789474
7	2,9245	10,9274	8,0029	1,250453	1250,453	93	0,00093	7,4373E-07	93	0,00093	7,4373E-07	0
8	2,9305	11,1905	8,26	1,290625	1290,625	91	0,00091	7,05085E-07	90	0,0009	6,97337E-07	1,098901099
9	2,7837	10,7148	7,9311	1,239234	1239,234	70	0,0007	5,64865E-07	71	0,00071	5,72934E-07	1,428571429
10	2,7825	11,2106	8,4281	1,316891	1316,891	70	0,0007	5,31555E-07	69	0,00069	5,23962E-07	1,428571429
11	2,7993	10,9945	8,1952	1,2805	1280,5	64	0,00064	4,99805E-07	62	0,00062	4,84186E-07	3,125
12	2,8311	11,1154	8,2843	1,294422	1294,422	80	0,0008	6,18037E-07	80	0,0008	6,18037E-07	0

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

13	2,8303	10,6722	7,8419	1,225297	1225,297	70	0,0007	5,7129E-07	69	0,00069	5,63129E-07	1,428571429
14	2,7838	9,4927	6,7089	1,048266	1048,266	62	0,00062	5,91453E-07	61	0,00061	5,81914E-07	1,612903226
15	2,8304	10,9154	8,085	1,263281	1263,281	78	0,00078	6,1744E-07	76	0,00076	6,01608E-07	2,564102564
16	2,8156	10,9996	8,184	1,27875	1278,75	81	0,00081	6,33431E-07	80	0,0008	6,25611E-07	1,234567901
17	2,7821	11,2714	8,4893	1,326453	1326,453	73	0,00073	5,5034E-07	72	0,00072	5,42801E-07	1,369863014
18	2,7989	11,6297	8,8308	1,379813	1379,813	67	0,00067	4,85573E-07	67	0,00067	4,85573E-07	0
19	2,7967	11,8998	9,1031	1,422359	1422,359	69	0,00069	4,85109E-07	67	0,00067	4,71048E-07	2,898550725
20	2,8311	11,7928	8,9617	1,400266	1400,266	63	0,00063	4,49915E-07	62	0,00062	4,42773E-07	1,587301587
21	2,7954	11,4219	8,6265	1,347891	1347,891	65	0,00065	4,82235E-07	66	0,00066	4,89654E-07	1,538461538
22	2,782	11,8068	9,0248	1,410125	1410,125	64	0,00064	4,5386E-07	63	0,00063	4,46769E-07	1,5625
23	2,7822	11,6797	8,8975	1,390234	1390,234	67	0,00067	4,81933E-07	64	0,00064	4,60354E-07	4,47761194
24	2,8301	11,6701	8,84	1,38125	1381,25	63	0,00063	4,56109E-07	62	0,00062	4,48869E-07	1,587301587
25	2,7986	11,4009	8,6023	1,344109	1344,109	65	0,00065	4,83592E-07	64	0,00064	4,76152E-07	1,538461538
26	2,9634	11,7968	8,8334	1,380219	1380,219	68	0,00068	4,92676E-07	67	0,00067	4,8543E-07	1,470588235
27	2,8304	11,5463	8,7159	1,361859	1361,859	82	0,00082	6,02118E-07	80	0,0008	5,87432E-07	2,43902439
28	2,864	11,468	8,604	1,344375	1344,375	57	0,00057	4,23989E-07	67	0,00067	4,98373E-07	17,54385965
29	2,906	11,5824	8,6764	1,355688	1355,688	60	0,0006	4,4258E-07	55	0,00055	4,05698E-07	8,333333333
30	2,8918	10,9137	8,0219	1,253422	1253,422	51	0,00051	4,06886E-07	52	0,00052	4,14864E-07	1,960784314
31	2,8849	11,4807	8,5958	1,343094	1343,094	57	0,00057	4,24393E-07	55	0,00055	4,09502E-07	3,50877193
32	2,8433	11,9035	9,0602	1,415656	1415,656	58	0,00058	4,09704E-07	56	0,00056	3,95576E-07	3,448275862

5	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
---	-------------------	-------------------------------	-----------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------	---	-------------	------------------------------	---	-------------	--------------

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

1	2,8304	10,7477	7,9173	1,237078	1237,078	32	0,00032	2,58674E-07	59	0,00059	4,7693E-07	84,375
2	2,9204	11,4711	8,5507	1,336047	1336,047	35	0,00035	2,61967E-07	44	0,00044	3,2933E-07	25,7142857
3	2,7983	11,253	8,4547	1,321047	1321,047	37	0,00037	2,80081E-07	62	0,00062	4,6932E-07	67,5675676
4	2,7992	11,4197	8,6205	1,346953	1346,953	34	0,00034	2,52422E-07	38	0,00038	2,8212E-07	11,7647059
5	2,798	11,7496	8,9516	1,398688	1398,688	33	0,00033	2,35935E-07	41	0,00041	2,9313E-07	24,2424242
6	2,8312	11,6441	8,8129	1,377016	1377,016	36	0,00036	2,61435E-07	38	0,00038	2,7596E-07	5,55555556
7	2,7972	11,8603	9,0631	1,416109	1416,109	36	0,00036	2,54218E-07	37	0,00037	2,6128E-07	2,77777778
8	2,8069	11,9758	9,1689	1,432641	1432,641	37	0,00037	2,58264E-07	40	0,0004	2,792E-07	8,10810811
9	2,8302	11,7967	8,9665	1,401016	1401,016	37	0,00037	2,64094E-07	38	0,00038	2,7123E-07	2,7027027
10	2,7825	11,6312	8,8487	1,382609	1382,609	36	0,00036	2,60377E-07	35	0,00035	2,5314E-07	2,77777778
11	2,8158	11,9517	9,1359	1,427484	1427,484	34	0,00034	2,38181E-07	37	0,00037	2,592E-07	8,82352941
12	2,798	12,3593	9,5613	1,493953	1493,953	62	0,00062	4,15006E-07	58	0,00058	3,8823E-07	6,4516129
13	2,7986	12,2448	9,4462	1,475969	1475,969	35	0,00035	2,37132E-07	39	0,00039	2,6423E-07	11,4285714
14	2,9422	12,4302	9,488	1,4825	1482,5	36	0,00036	2,42833E-07	39	0,00039	2,6307E-07	8,33333333
15	2,8301	12,2792	9,4491	1,476422	1476,422	37	0,00037	2,50606E-07	35	0,00035	2,3706E-07	5,40540541
16	2,8314	12,2476	9,4162	1,471281	1471,281	38	0,00038	2,58278E-07	39	0,00039	2,6508E-07	2,63157895
17	2,8153	12,2582	9,4429	1,475453	1475,453	39	0,00039	2,64326E-07	42	0,00042	2,8466E-07	7,69230769
18	2,8308	12,525	9,6942	1,514719	1514,719	39	0,00039	2,57474E-07	41	0,00041	2,7068E-07	5,12820513
19	2,831	12,1561	9,3251	1,457047	1457,047	39	0,00039	2,67665E-07	39	0,00039	2,6766E-07	0
20	2,7842	12,5787	9,7945	1,530391	1530,391	37	0,00037	2,41768E-07	40	0,0004	2,6137E-07	8,10810811
21	2,7966	12,466	9,6694	1,510844	1510,844	38	0,00038	2,51515E-07	38	0,00038	2,5152E-07	0
22	2,8148	12,3018	9,487	1,482344	1482,344	37	0,00037	2,49605E-07	39	0,00039	2,631E-07	5,40540541
23	2,7827	12,3382	9,5555	1,493047	1493,047	37	0,00037	2,47815E-07	41	0,00041	2,7461E-07	10,8108108
24	2,7823	12,4128	9,6305	1,504766	1504,766	38	0,00038	2,52531E-07	40	0,0004	2,6582E-07	5,26315789
25	2,9459	12,6104	9,6645	1,510078	1510,078	39	0,00039	2,58265E-07	42	0,00042	2,7813E-07	7,69230769

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

26	2,8312	12,3317	9,5005	1,484453	1484,453	36	0,00036	2,42514E-07	41	0,00041	2,762E-07	13,8888889
27	2,8312	12,3103	9,4791	1,481109	1481,109	38	0,00038	2,56564E-07	40	0,0004	2,7007E-07	5,26315789
28	2,8138	12,2848	9,471	1,479844	1479,844	39	0,00039	2,63541E-07	42	0,00042	2,8381E-07	7,69230769
29	2,7983	12,1203	9,322	1,456563	1456,563	38	0,00038	2,60888E-07	41	0,00041	2,8148E-07	7,89473684
30	2,8146	12,0201	9,2055	1,438359	1438,359	39	0,00039	2,71142E-07	43	0,00043	2,9895E-07	10,2564103
31	2,7833	12,2508	9,4675	1,479297	1479,297	43	0,00043	2,90679E-07	48	0,00048	3,2448E-07	11,627907
32	2,8163	11,8977	9,0814	1,418969	1418,969	38	0,00038	2,678E-07	45	0,00045	3,1713E-07	18,4210526
33	2,8309	11,9364	9,1055	1,422734	1422,734	43	0,00043	3,02235E-07	49	0,00049	3,4441E-07	13,9534884
34	2,831	11,9663	9,1353	1,427391	1427,391	41	0,00041	2,87237E-07	45	0,00045	3,1526E-07	9,75609756
35	2,7989	11,9308	9,1319	1,426859	1426,859	45	0,00045	3,15378E-07	47	0,00047	3,2939E-07	4,44444444
36	2,8142	11,7328	8,9186	1,393531	1393,531	44	0,00044	3,15745E-07	48	0,00048	3,4445E-07	9,09090909

6	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,8295	9,8591	7,0296	1,152393	1152,393	70	0,0007	6,07431E-07	74	0,00074	6,42142E-07	5,714285714
2	2,7839	10,5	7,7611	1,272311	1272,311	38	0,00038	2,98669E-07	43	0,00043	3,37968E-07	13,15789474
3	2,8299	10,3637	7,5338	1,235049	1235,049	38	0,00038	3,0768E-07	40	0,0004	3,23874E-07	5,263157895
4	2,8304	10,8441	8,0137	1,313721	1313,721	53	0,00053	4,03434E-07	58	0,00058	4,41494E-07	9,433962264
5	2,7994	10,6503	7,8509	1,287033	1287,033	52	0,00052	4,0403E-07	60	0,0006	4,66189E-07	15,38461538
6	2,8132	10,9017	8,0885	1,325984	1325,984	46	0,00046	3,46912E-07	50	0,0005	3,77079E-07	8,695652174
7	2,8304	11,0761	8,2457	1,351754	1351,754	42	0,00042	3,10707E-07	49	0,00049	3,62492E-07	16,66666667
8	2,8117	11,0	8,2379	1,350475	1350,475	41	0,00041	3,03597E-07	44	0,00044	3,25811E-07	7,317073171
9	2,8297	11,6223	8,7926	1,44141	1441,41	52	0,00052	3,60758E-07	52	0,00052	3,60758E-07	0

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

10	2,7829	11,6945	8,9116	1,460918	1460,918	44	0,00044	3,0118E-07	47	0,00047	3,21716E-07	6,818181818
11	2,784	11,4207	8,6367	1,415852	1415,852	45	0,00045	3,1783E-07	47	0,00047	3,31955E-07	4,444444444
12	2,8306	11,4786	8,648	1,417705	1417,705	42	0,00042	2,96253E-07	44	0,00044	3,10361E-07	4,761904762
13	2,8314	11,7157	8,8843	1,456443	1456,443	42	0,00042	2,88374E-07	42	0,00042	2,88374E-07	0
14	2,7805	11,9357	9,1552	1,500852	1500,852	44	0,00044	2,93167E-07	47	0,00047	3,13155E-07	6,818181818
15	2,7833	11,6681	8,8848	1,456525	1456,525	43	0,00043	2,95223E-07	45	0,00045	3,08955E-07	4,651162791
16	2,784	11,4776	8,6936	1,42518	1425,18	48	0,00048	3,36799E-07	50	0,0005	3,50833E-07	4,166666667
17	2,8306	12,2161	9,3855	1,538607	1538,607	43	0,00043	2,79474E-07	46	0,00046	2,98972E-07	6,976744186
18	2,8155	11,7302	8,9147	1,461426	1461,426	42	0,00042	2,8739E-07	43	0,00043	2,94233E-07	2,380952381
19	2,782	11,8919	9,1099	1,493426	1493,426	42	0,00042	2,81233E-07	44	0,00044	2,94625E-07	4,761904762
20	2,7819	11,7756	8,9937	1,474377	1474,377	41	0,00041	2,78084E-07	40	0,0004	2,71301E-07	2,43902439
21	2,83	11,7962	8,9662	1,469869	1469,869	39	0,00039	2,6533E-07	38	0,00038	2,58526E-07	2,564102564
22	2,7976	11,9643	9,1667	1,502738	1502,738	44	0,00044	2,92799E-07	44	0,00044	2,92799E-07	0
23	2,7981	12,0281	9,23	1,513115	1513,115	46	0,00046	3,04009E-07	42	0,00042	2,77573E-07	8,695652174
24	2,8308	11,9851	9,1543	1,500705	1500,705	51	0,00051	3,3984E-07	48	0,00048	3,1985E-07	5,882352941
25	2,8158	12,09	9,2742	1,520361	1520,361	52	0,00052	3,42024E-07	50	0,0005	3,28869E-07	3,846153846

7	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00+ odbroj new	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵ new	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,7925	4,5294	1,7369	0,271391	271,3906	7	0,00007	2,57931E-07	7	0,00007	2,57931E-07	0
2	2,8809	9,7700	6,8891	1,076422	1076,422	57	0,00057	5,29532E-07	52	0,00052	4,83082E-07	8,77192982
3	2,7874	10,5067	7,7193	1,206141	1206,141	69	0,00069	5,72073E-07	64	0,00064	5,30618E-07	7,24637681
4	2,8626	10,8345	7,9719	1,245609	1245,609	75	0,00075	6,02115E-07	67	0,00067	5,37889E-07	10,6666667

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

5	2,8353	11,2533	8,418	1,315313	1315,313	79	0,00079	6,00618E-07	71	0,00071	5,39796E-07	10,1265823
6	2,7904	11,1567	8,3663	1,307234	1307,234	74	0,00074	5,66081E-07	71	0,00071	5,43131E-07	4,05405405
7	2,8185	11,5026	8,6841	1,356891	1356,891	78	0,00078	5,74844E-07	72	0,00072	5,30625E-07	7,69230769
8	2,8362	11,8252	8,989	1,404531	1404,531	80	0,0008	5,69585E-07	72	0,00072	5,12627E-07	10
9	2,811	12,2086	9,3976	1,468375	1468,375	82	0,00082	5,5844E-07	74	0,00074	5,03958E-07	9,75609756
10	2,9179	11,9106	8,9927	1,405109	1405,109	78	0,00078	5,55117E-07	70	0,0007	4,98182E-07	10,2564103
11	2,8368	11,8969	9,0601	1,415641	1415,641	79	0,00079	5,58051E-07	71	0,00071	5,0154E-07	10,1265823
12	2,7884	12,1912	9,4028	1,469188	1469,188	77	0,00077	5,24099E-07	69	0,00069	4,69647E-07	10,3896104
13	2,8251	11,9207	9,0956	1,421188	1421,188	77	0,00077	5,418E-07	68	0,00068	4,78473E-07	11,6883117
14	2,826	12,3176	9,4916	1,483063	1483,063	76	0,00076	5,12453E-07	69	0,00069	4,65253E-07	9,21052632
15	2,8457	12,4438	9,5981	1,499703	1499,703	77	0,00077	5,13435E-07	71	0,00071	4,73427E-07	7,79220779
16	2,8669	12,0921	9,2252	1,441438	1441,438	75	0,00075	5,20314E-07	67	0,00067	4,64814E-07	10,6666667
17	2,8054	11,7899	8,9845	1,403828	1403,828	74	0,00074	5,2713E-07	68	0,00068	4,8439E-07	8,10810811
18	2,7874	12,0406	9,2532	1,445813	1445,813	76	0,00076	5,25656E-07	69	0,00069	4,7724E-07	9,21052632
19	2,8849	12,0188	9,1339	1,427172	1427,172	77	0,00077	5,39529E-07	70	0,0007	4,90481E-07	9,09090909
20	2,8727	12,2919	9,4192	1,47175	1471,75	77	0,00077	5,23187E-07	69	0,00069	4,6883E-07	10,3896104
21	2,8024	12,0329	9,2305	1,442266	1442,266	77	0,00077	5,33882E-07	69	0,00069	4,78414E-07	10,3896104
22	2,7999	11,7989	8,999	1,406094	1406,094	72	0,00072	5,12057E-07	66	0,00066	4,69385E-07	8,33333333
23	2,9203	12,033	9,1127	1,423859	1423,859	77	0,00077	5,40784E-07	68	0,00068	4,77575E-07	11,6883117
24	2,8685	11,8566	8,9881	1,404391	1404,391	74	0,00074	5,26919E-07	68	0,00068	4,84196E-07	8,10810811
25	2,8658	11,9425	9,0767	1,418234	1418,234	76	0,00076	5,35878E-07	70	0,0007	4,93571E-07	7,89473684
26	2,7836	12,2031	9,4195	1,471797	1471,797	77	0,00077	5,2317E-07	69	0,00069	4,68815E-07	10,3896104
27	2,8291	12,0178	9,1887	1,435734	1435,734	72	0,00072	5,01486E-07	68	0,00068	4,73625E-07	5,55555556
28	2,8207	11,8373	9,0166	1,408844	1408,844	73	0,00073	5,18155E-07	66	0,00066	4,68469E-07	9,5890411
29	2,8835	12,2892	9,4057	1,469641	1469,641	79	0,00079	5,37546E-07	73	0,00073	4,9672E-07	7,59493671

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

30	2,8159	11,2537	8,4378	1,318406	1318,406	67	0,00067	5,08189E-07	59	0,00059	4,4751E-07	11,9402985
31	2,79	11,6633	8,8733	1,386453	1386,453	73	0,00073	5,26523E-07	66	0,00066	4,76035E-07	9,5890411
32	2,7848	11,3917	8,6069	1,344828	1344,828	71	0,00071	5,27949E-07	67	0,00067	4,98205E-07	5,63380282
33	2,8002	11,9364	9,1362	1,427531	1427,531	77	0,00077	5,39393E-07	72	0,00072	5,04367E-07	6,49350649

8	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00+ odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,7816	8,7886	6,007	0,938594	938,59375	51	0,00051	5,43366E-07	98	0,00098	1,04412E-06	92,1568627
2	2,9192	10,5202	7,601	1,187656	1187,65625	70	0,0007	5,89396E-07	75	0,00075	6,31496E-07	7,14285714
3	2,7969	10,976	8,1791	1,277984	1277,984375	68	0,00068	5,32088E-07	69	0,00069	5,39913E-07	1,47058824
4	2,925	11,133	8,208	1,2825	1282,5	71	0,00071	5,53606E-07	71	0,00071	5,53606E-07	0
5	2,829	11,4289	8,5999	1,343734	1343,734375	70	0,0007	5,20936E-07	68	0,00068	5,06052E-07	2,85714286
6	2,8151	11,4275	8,6124	1,345688	1345,6875	69	0,00069	5,12749E-07	67	0,00067	4,97887E-07	2,89855072
7	2,7966	11,6195	8,8229	1,378578	1378,578125	69	0,00069	5,00516E-07	72	0,00072	5,22277E-07	4,34782609
8	2,7835	11,9399	9,1564	1,430688	1430,6875	71	0,00071	4,96265E-07	68	0,00068	4,75296E-07	4,22535211
9	2,7827	11,8563	9,0736	1,41775	1417,75	70	0,0007	4,9374E-07	71	0,00071	5,00794E-07	1,42857143
10	2,7977	11,7723	8,9746	1,402281	1402,28125	68	0,00068	4,84924E-07	78	0,00078	5,56236E-07	14,7058824
11	2,7817	12,1516	9,3699	1,464047	1464,046875	70	0,0007	4,78127E-07	69	0,00069	4,71296E-07	1,42857143
12	2,9322	12,2238	9,2916	1,451813	1451,8125	69	0,00069	4,75268E-07	68	0,00068	4,6838E-07	1,44927536
13	2,7824	12,2387	9,4563	1,477547	1477,546875	69	0,00069	4,6699E-07	66	0,00066	4,46686E-07	4,34782609
14	2,8153	12,0566	9,2413	1,443953	1443,953125	66	0,00066	4,57079E-07	63	0,00063	4,36302E-07	4,54545455
15	2,8156	12,025	9,2094	1,438969	1438,96875	65	0,00065	4,51712E-07	61	0,00061	4,23915E-07	6,15384615
16	2,9099	12,1609	9,251	1,445469	1445,46875	65	0,00065	4,49681E-07	58	0,00058	4,01254E-07	10,7692308

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

17	2,7991	11,8689	9,0698	1,417156	1417,15625	59	0,00059	4,16327E-07	57	0,00057	4,02214E-07	3,38983051
18	2,8145	12,0228	9,2083	1,438797	1438,796875	61	0,00061	4,23965E-07	57	0,00057	3,96164E-07	6,55737705
19	2,9132	12,3314	9,4182	1,471594	1471,59375	60	0,0006	4,07721E-07	61	0,00061	4,14517E-07	1,66666667
20	2,7826	12,3188	9,5362	1,490031	1490,03125	60	0,0006	4,02676E-07	56	0,00056	3,75831E-07	6,66666667
21	2,7984	12,6763	9,8779	1,543422	1543,421875	57	0,00057	3,69309E-07	54	0,00054	3,49872E-07	5,26315789
22	2,7971	12,2083	9,4112	1,4705	1470,5	58	0,00058	3,94424E-07	57	0,00057	3,87623E-07	1,72413793
23	2,8127	11,7317	8,919	1,393594	1393,59375	55	0,00055	3,94663E-07	49	0,00049	3,51609E-07	10,9090909
24	2,7977	12,1228	9,3251	1,457047	1457,046875	54	0,00054	3,70613E-07	50	0,0005	3,4316E-07	7,40740741
25	2,8302	11,8376	9,0074	1,407406	1407,40625	51	0,00051	3,62369E-07	48	0,00048	3,41053E-07	5,88235294
26	2,8152	11,8081	8,9929	1,405141	1405,140625	52	0,00052	3,7007E-07	48	0,00048	3,41603E-07	7,69230769
27	2,7984	12,0402	9,2418	1,444031	1444,03125	53	0,00053	3,67028E-07	50	0,0005	3,46253E-07	5,66037736
28	2,8297	11,9086	9,0789	1,418578	1418,578125	52	0,00052	3,66564E-07	49	0,00049	3,45416E-07	5,76923077
29	2,8163	11,9548	9,1385	1,427891	1427,890625	52	0,00052	3,64174E-07	48	0,00048	3,3616E-07	7,69230769
30	2,8214	11,9248	9,1034	1,422406	1422,40625	50	0,0005	3,51517E-07	47	0,00047	3,30426E-07	6
31	2,8078	11,7852	8,9774	1,402719	1402,71875	50	0,0005	3,56451E-07	55	0,00055	3,92096E-07	10
32	2,7563	12,0058	9,2495	1,445234	1445,234375	51	0,00051	3,52884E-07	51	0,00051	3,52884E-07	0
33	2,8005	11,9436	9,1431	1,428609	1428,609375	50	0,0005	3,49991E-07	47	0,00047	3,28991E-07	6
34	2,8276	12,0887	9,2611	1,447047	1447,046875	53	0,00053	3,66263E-07	49	0,00049	3,38621E-07	7,54716981
35	2,8184	12,2108	9,3924	1,467563	1467,5625	51	0,00051	3,47515E-07	49	0,00049	3,33887E-07	3,92156863

9	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj $\cdot 10^{-5}$	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj $\cdot 10^{-5}$	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,7886	10,4263	7,6377	1,1934	1193,391	21	0,00021	1,76E-07	26	0,00026	2,18E-07	23,80952

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

2	2,7841	10,7344	7,9503	1,2422	1242,234	27	0,00027	2,17E-07	28	0,00028	2,25E-07	3,703704
3	2,8148	10,6837	7,8689	1,2295	1229,516	28	0,00028	2,28E-07	29	0,00029	2,36E-07	3,571429
4	2,7836	10,7991	8,0155	1,2524	1252,422	29	0,00029	2,32E-07	30	0,0003	2,4E-07	3,448276
5	2,8149	10,7537	7,9388	1,2404	1240,438	28	0,00028	2,26E-07	30	0,0003	2,42E-07	7,142857
6	2,8303	10,7344	7,9041	1,2350	1235,016	31	0,00031	2,51E-07	31	0,00031	2,51E-07	0
7	2,8754	11,3412	8,4658	1,3228	1322,781	34	0,00034	2,57E-07	34	0,00034	2,57E-07	0
8	2,7972	11,2649	8,4677	1,3231	1323,078	35	0,00035	2,65E-07	35	0,00035	2,65E-07	0
9	2,7812	11,2391	8,4579	1,3215	1321,547	32	0,00032	2,42E-07	34	0,00034	2,57E-07	6,25
10	2,8294	11,5532	8,7238	1,3631	1363,094	34	0,00034	2,49E-07	35	0,00035	2,57E-07	2,941176
11	2,8394	11,5920	8,7526	1,3676	1367,594	35	0,00035	2,56E-07	36	0,00036	2,63E-07	2,857143
12	2,8747	11,4631	8,5884	1,3419	1341,938	32	0,00032	2,38E-07	33	0,00033	2,46E-07	3,125
13	2,8196	11,5371	8,7175	1,3621	1362,109	34	0,00034	2,5E-07	33	0,00033	2,42E-07	2,941176
14	2,8635	11,9344	9,0709	1,4173	1417,328	31	0,00031	2,19E-07	33	0,00033	2,33E-07	6,451613
15	2,7973	11,6691	8,8718	1,3862	1386,219	32	0,00032	2,31E-07	33	0,00033	2,38E-07	3,125
16	2,7977	11,7865	8,9888	1,4045	1404,5	31	0,00031	2,21E-07	35	0,00035	2,49E-07	12,90323
17	2,7866	11,3619	8,5753	1,3399	1339,891	28	0,00028	2,09E-07	33	0,00033	2,46E-07	17,85714
18	2,8132	11,4701	8,6569	1,3526	1352,641	30	0,0003	2,22E-07	33	0,00033	2,44E-07	10
19	2,8808	11,9687	9,0879	1,4200	1419,984	33	0,00033	2,32E-07	33	0,00033	2,32E-07	0
20	2,7968	11,5033	8,7065	1,3604	1360,391	30	0,0003	2,21E-07	33	0,00033	2,43E-07	10
21	2,7808	11,5837	8,8029	1,3755	1375,453	33	0,00033	2,4E-07	35	0,00035	2,54E-07	6,060606
22	2,8317	11,7865	8,9548	1,3992	1399,188	32	0,00032	2,29E-07	35	0,00035	2,5E-07	9,375
23	2,8310	11,6322	8,8012	1,3752	1375,188	32	0,00032	2,33E-07	36	0,00036	2,62E-07	12,5
24	2,8304	11,8482	9,0178	1,4090	1409,031	36	0,00036	2,55E-07	38	0,00038	2,7E-07	5,555556
25	2,8629	11,9701	9,1072	1,4230	1423	35	0,00035	2,46E-07	37	0,00037	2,6E-07	5,714286
26	2,8286	11,6772	8,8486	1,3826	1382,594	35	0,00035	2,53E-07	38	0,00038	2,75E-07	8,571429

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

27	2,7976	11,8229	9,0253	1,4102	1410,203	39	0,00039	2,77E-07	40	0,0004	2,84E-07	2,564103
28	2,8155	11,5958	8,7803	1,3719	1371,922	35	0,00035	2,55E-07	37	0,00037	2,7E-07	5,714286
29	2,7784	11,6264	8,8480	1,3825	1382,5	37	0,00037	2,68E-07	40	0,0004	2,89E-07	8,108108
30	2,8142	11,7837	8,9695	1,4015	1401,484	39	0,00039	2,78E-07	41	0,00041	2,93E-07	5,128205
31	2,8030	11,7307	8,9277	1,3950	1394,953	38	0,00038	2,72E-07	41	0,00041	2,94E-07	7,894737

10	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,8303	11,1039	8,2736	1,2928	1292,75	37	0,00037	2,86212E-07	28	0,00028	2,16593E-07	24,32432432
2	2,8142	11,1244	8,3102	1,2985	1298,46875	28	0,00028	2,15639E-07	30	0,0003	2,31041E-07	7,142857143
3	2,7879	11,1952	8,4073	1,3136	1313,640625	31	0,00031	2,35985E-07	30	0,0003	2,28373E-07	3,225806452
4	2,7841	11,3651	8,5810	1,3408	1340,78125	36	0,00036	2,685E-07	30	0,0003	2,2375E-07	16,66666667
5	2,7726	11,0528	8,2802	1,2938	1293,78125	30	0,0003	2,31878E-07	29	0,00029	2,24149E-07	3,333333333
6	2,8219	11,0186	8,1967	1,2807	1280,734375	31	0,00031	2,42049E-07	30	0,0003	2,34241E-07	3,225806452
7	2,8143	10,8034	7,9891	1,2483	1248,296875	31	0,00031	2,48338E-07	31	0,00031	2,48338E-07	0
8	2,8015	11,1602	8,3587	1,3060	1306,046875	30	0,0003	2,29701E-07	31	0,00031	2,37357E-07	3,333333333
9	2,7835	11,1640	8,3805	1,3095	1309,453125	33	0,00033	2,52014E-07	35	0,00035	2,67287E-07	6,060606061
10	2,7986	11,1978	8,3992	1,3124	1312,375	30	0,0003	2,28593E-07	34	0,00034	2,59072E-07	13,33333333
11	2,8563	11,4959	8,6396	1,3499	1349,9375	38	0,00038	2,81495E-07	38	0,00038	2,81495E-07	0
12	2,8305	11,5612	8,7307	1,3642	1364,171875	35	0,00035	2,56566E-07	38	0,00038	2,78557E-07	8,571428571
13	2,7974	11,5420	8,7446	1,3663	1366,34375	32	0,00032	2,34202E-07	34	0,00034	2,48839E-07	6,25
14	2,8294	11,8394	9,0100	1,4078	1407,8125	32	0,00032	2,27303E-07	33	0,00033	2,34406E-07	3,125

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

15	2,8008	11,4222	8,6214	1,3471	1347,09375	29	0,00029	2,15278E-07	31	0,00031	2,30125E-07	6,896551724
16	2,7988	11,6539	8,8551	1,3836	1383,609375	33	0,00033	2,38507E-07	33	0,00033	2,38507E-07	0
17	2,8293	11,6735	8,8442	1,3819	1381,90625	32	0,00032	2,31564E-07	32	0,00032	2,31564E-07	0
18	2,8157	11,7821	8,9664	1,4010	1401	36	0,00036	2,56959E-07	37	0,00037	2,64097E-07	2,777777778
19	2,8954	11,9733	9,0779	1,4184	1418,421875	34	0,00034	2,39703E-07	34	0,00034	2,39703E-07	0
20	2,8313	12,1235	9,2922	1,4519	1451,90625	35	0,00035	2,41062E-07	35	0,00035	2,41062E-07	0
21	2,7680	12,2476	9,4796	1,4812	1481,1875	39	0,00039	2,63302E-07	40	0,0004	2,70054E-07	2,564102564
22	2,7842	11,9179	9,1337	1,4271	1427,140625	35	0,00035	2,45246E-07	36	0,00036	2,52253E-07	2,857142857
23	2,8197	11,8422	9,0225	1,4098	1409,765625	34	0,00034	2,41175E-07	36	0,00036	2,55362E-07	5,882352941
24	2,7863	11,7012	8,9149	1,3930	1392,953125	46	0,00046	3,30234E-07	50	0,0005	3,5895E-07	8,695652174
25	2,8305	11,5566	8,7261	1,3635	1363,453125	48	0,00048	3,52047E-07	53	0,00053	3,88719E-07	10,41666667
26	2,8861	11,9075	9,0214	1,4096	1409,59375	44	0,00044	3,12147E-07	46	0,00046	3,26335E-07	4,545454545
27	2,8830	11,0800	8,1970	1,2808	1280,78125	27	0,00027	2,10809E-07	33	0,00033	2,57655E-07	22,22222222
28	2,7657	11,7005	8,9348	1,3961	1396,0625	29	0,00029	2,07727E-07	36	0,00036	2,57868E-07	24,13793103
29	2,8155	11,7911	8,9756	1,4024	1402,4375	32	0,00032	2,28174E-07	33	0,00033	2,35305E-07	3,125
30	2,7824	11,7009	8,9185	1,3935	1393,515625	29	0,00029	2,08107E-07	35	0,00035	2,51163E-07	20,68965517
31	2,7972	11,8612	9,0640	1,4163	1416,25	29	0,00029	2,04766E-07	31	0,00031	2,18888E-07	6,896551724
32	2,8654	12,0396	9,1742	1,4335	1433,46875	34	0,00034	2,37187E-07	36	0,00036	2,51139E-07	5,882352941
33	2,8152	11,7986	8,9834	1,4037	1403,65625	29	0,00029	2,06603E-07	31	0,00031	2,20852E-07	6,896551724

11	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,7851	8,7595	5,9744	0,9335	933,5	47	0,00047	5,03482E-07	37	0,00037	3,96E-07	21,2766

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

2	2,8032	10,3098	7,5066	1,1729	1172,906	59	0,00059	5,03024E-07	54	0,00054	4,6E-07	8,474576
3	2,9149	10,4550	7,5401	1,1781	1178,141	54	0,00054	4,58349E-07	51	0,00051	4,33E-07	5,555556
4	2,8258	10,5879	7,7621	1,2128	1212,828	58	0,00058	4,78221E-07	56	0,00056	4,62E-07	3,448276
5	2,7977	10,6213	7,8236	1,2224	1222,438	61	0,00061	4,99003E-07	57	0,00057	4,66E-07	6,557377
6	2,8296	10,5449	7,7153	1,2055	1205,516	56	0,00056	4,64532E-07	53	0,00053	4,4E-07	5,357143
7	2,8299	11,0033	8,1734	1,2771	1277,094	59	0,00059	4,61986E-07	55	0,00055	4,31E-07	6,779661
8	2,7979	10,5595	7,7616	1,2128	1212,75	61	0,00061	5,02989E-07	56	0,00056	4,62E-07	8,196721
9	2,8167	10,7152	7,8985	1,2341	1234,141	66	0,00066	5,34785E-07	61	0,00061	4,94E-07	7,575758
10	2,7822	10,7591	7,9769	1,2464	1246,391	60	0,0006	4,8139E-07	54	0,00054	4,33E-07	10
11	2,8288	10,9437	8,1149	1,2680	1267,953	62	0,00062	4,88977E-07	57	0,00057	4,5E-07	8,064516
12	2,8163	10,8247	8,0084	1,2513	1251,313	59	0,00059	4,71505E-07	54	0,00054	4,32E-07	8,474576
13	2,8296	11,2490	8,4194	1,3155	1315,531	94	0,00094	7,1454E-07	88	0,00088	6,69E-07	6,382979
14	2,8143	11,0203	8,2060	1,2822	1282,188	60	0,0006	4,6795E-07	54	0,00054	4,21E-07	10
15	2,7676	10,8774	8,1098	1,2672	1267,156	57	0,00057	4,49826E-07	53	0,00053	4,18E-07	7,017544
16	2,7672	10,9324	8,1652	1,2758	1275,813	57	0,00057	4,46774E-07	53	0,00053	4,15E-07	7,017544
17	2,8730	10,9912	8,1182	1,2685	1268,469	70	0,0007	5,51846E-07	64	0,00064	5,05E-07	8,571429
18	2,8296	11,0167	8,1871	1,2792	1279,234	60	0,0006	4,69031E-07	57	0,00057	4,46E-07	5
19	2,7816	11,0782	8,2966	1,2963	1296,344	76	0,00076	5,86264E-07	69	0,00069	5,32E-07	9,210526
20	2,7706	10,8910	8,1204	1,2688	1268,813	61	0,00061	4,80764E-07	56	0,00056	4,41E-07	8,196721
21	2,9140	11,1929	8,2789	1,2936	1293,578	60	0,0006	4,6383E-07	55	0,00055	4,25E-07	8,333333
22	2,8135	10,8633	8,0498	1,2578	1257,781	57	0,00057	4,53179E-07	54	0,00054	4,29E-07	5,263158
23	2,8306	10,7238	7,8932	1,2333	1233,313	57	0,00057	4,6217E-07	54	0,00054	4,38E-07	5,263158
24	2,7818	10,6460	7,8642	1,2288	1228,781	54	0,00054	4,3946E-07	50	0,0005	4,07E-07	7,407407
25	2,7988	11,0788	8,2800	1,2938	1293,75	56	0,00056	4,3285E-07	53	0,00053	4,1E-07	5,357143
26	2,7981	11,0103	8,2122	1,2832	1283,156	55	0,00055	4,28631E-07	50	0,0005	3,9E-07	9,090909

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

27	2,8603	10,8978	8,0375	1,2559	1255,859	62	0,00062	4,93686E-07	60	0,0006	4,78E-07	3,225806
28	2,8145	10,4565	7,6420	1,1941	1194,063	47	0,00047	3,93614E-07	50	0,0005	4,19E-07	6,382979

12	m[g] prazne k.	m [g] uzorka I kutijice	m [g] uzorka	ρ [g/cm ³]	ρ [kg/m ³]	χ_{lf} 00 + odbroj	χ_{lf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{lf}	χ_{hf} 00+ odbroj	χ_{hf} odbroj *10 ⁻⁵	χ_{hf}	$\Delta\chi$
1	2,8053	9,8194	7,0141	1,0960	1095,953	49	0,00049	4,47099E-07	45	0,00045	4,10602E-07	8,163265
2	2,7845	10,1014	7,3169	1,1433	1143,266	55	0,00055	4,81078E-07	51	0,00051	4,46091E-07	7,272727
3	2,8323	10,2833	7,4510	1,1642	1164,219	65	0,00065	5,58314E-07	62	0,00062	5,32546E-07	4,615385
4	2,8143	10,6445	7,8302	1,2235	1223,469	64	0,00064	5,23103E-07	59	0,00059	4,82235E-07	7,8125
5	2,8052	10,2202	7,4150	1,1586	1158,594	59	0,00059	5,09238E-07	55	0,00055	4,74713E-07	6,779661
6	2,7982	10,3250	7,5268	1,1761	1176,063	57	0,00057	4,84668E-07	54	0,00054	4,59159E-07	5,263158
7	2,8169	10,5449	7,7280	1,2075	1207,5	60	0,0006	4,96894E-07	57	0,00057	4,7205E-07	5
8	2,7849	10,3791	7,5942	1,1866	1186,594	59	0,00059	4,97222E-07	55	0,00055	4,63512E-07	6,779661
9	2,7856	10,6738	7,8882	1,2325	1232,531	66	0,00066	5,35483E-07	62	0,00062	5,0303E-07	6,060606
10	2,7831	10,6425	7,8594	1,2280	1228,031	59	0,00059	4,80444E-07	55	0,00055	4,47871E-07	6,779661
11	2,9054	11,3220	8,4166	1,3151	1315,094	65	0,00065	4,94261E-07	62	0,00062	4,71449E-07	4,615385
12	2,7997	10,6576	7,8579	1,2278	1227,797	61	0,00061	4,96825E-07	55	0,00055	4,47957E-07	9,836066
13	2,7983	10,2476	7,4493	1,1640	1163,953	57	0,00057	4,8971E-07	52	0,00052	4,46753E-07	8,77193
14	2,8021	10,6976	7,8955	1,2337	1233,672	61	0,00061	4,94459E-07	56	0,00056	4,53929E-07	8,196721
15	2,8301	11,1893	8,3592	1,3061	1306,125	65	0,00065	4,97655E-07	60	0,0006	4,59374E-07	7,692308
16	2,7822	10,7291	7,9469	1,2417	1241,703	59	0,00059	4,75154E-07	55	0,00055	4,4294E-07	6,779661
17	2,7990	10,1382	7,3392	1,1468	1146,75	53	0,00053	4,62176E-07	50	0,0005	4,36015E-07	5,660377
18	2,8152	10,7420	7,9268	1,2386	1238,563	54	0,00054	4,35989E-07	50	0,0005	4,03694E-07	7,407407

Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега

19	2,8153	10,7458	7,9305	1,2391	1239,141	60	0,0006	4,84207E-07	57	0,00057	4,59996E-07	5
20	2,7828	10,8309	8,0481	1,2575	1257,516	62	0,00062	4,93036E-07	58	0,00058	4,61227E-07	6,451613
21	2,7838	10,6431	7,8593	1,2280	1228,016	54	0,00054	4,39734E-07	50	0,0005	4,07161E-07	7,407407
22	2,7677	11,3351	8,5674	1,3387	1338,656	63	0,00063	4,70621E-07	59	0,00059	4,4074E-07	6,349206
23	2,8314	11,1092	8,2778	1,2934	1293,406	71	0,00071	5,48938E-07	68	0,00068	5,25744E-07	4,225352
24	2,8297	11,1366	8,3069	1,2980	1297,953	60	0,0006	4,62266E-07	56	0,00056	4,31449E-07	6,666667
25	2,7829	10,9077	8,1248	1,2695	1269,5	61	0,00061	4,80504E-07	57	0,00057	4,48996E-07	6,557377
26	2,8307	10,9612	8,1305	1,2704	1270,391	60	0,0006	4,72296E-07	55	0,00055	4,32938E-07	8,333333
27	2,8468	11,0422	8,1954	1,2805	1280,531	59	0,00059	4,60746E-07	53	0,00053	4,13891E-07	10,16949
28	2,7991	10,9420	8,1429	1,2723	1272,328	83	0,00083	6,52347E-07	75	0,00075	5,89471E-07	9,638554
29	2,8141	11,0071	8,1930	1,2802	1280,156	61	0,00061	4,76504E-07	57	0,00057	4,45258E-07	6,557377
30	2,8187	10,3821	7,5634	1,1818	1181,781	49	0,00049	4,14628E-07	46	0,00046	3,89243E-07	6,122449
31	2,8063	10,7212	7,9149	1,2367	1236,703	52	0,00052	4,20473E-07	48	0,00048	3,88129E-07	7,692308

Овај Образац чини саставни део докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта који се брани на Универзитету у Новом Саду. Попуњен Образац укоричити иза текста докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта.

План третмана података

Назив пројекта/истраживања
Примена радиоактивних метода у геоморфолошким истраживањима Тителског брега
Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање
а) Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство б) в)
Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање
Докторске студије (доктор геонаука – географија), докторска дисертација
1. Опис података
<p>1.1 Врста студије</p> <p><i>Укратко описати тип студије у оквиру које се подаци прикупљају</i></p> <p>Докторска дисертација.</p> <p>Прикупљена је и проучена страна и домаћа литература (секундарни извори података) која се односи на физичко-географске карактеристике Тителског лесног платоа, проблематици водне ерозије, радиоактивности земљишта и преглед нуклеарних метода које су коришћене у докторату и историјска грађа у вези са пореклом радионуклида трасера ерозије земљишта. У оквиру теренског рада извршено је узорковање материјала за даља лабораторијска истраживања.</p>
<p>1.2 Врсте података</p> <p><u>а) квантитативни</u></p> <p><u>б) квалитативни</u></p>
<p>1.3. Начин прикупљања података</p> <p>а) анкете, упитници, тестови</p> <p>б) клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи</p> <p>в) генотипови: навести врсту _____</p>

г) **административни подаци: навести врсту** ___ подаци РХМЗ, мониторинг радиоактивности земљишта Војводине, _____

д) узорци ткива: навести врсту _____

ђ) **снимци, фотографије: навести врсту** ___ ауторске фотографије, фотографије преузете са интернета и стручних публикација _____

е) **текст, навести врсту** ___ секундарни извори података (научни радови, студије, монографије, књиге, докторске дисертације) _____

ж) **мапа, навести врсту** ___ карте преузете са интернета или из публикација, ауторске карте _____

з) остало: описати ___ **теренски и лабораторијски рад** _____

1.3 Формат података, употребљене скале, количина података

1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

а) **Excel фајл, датотека** ___ .xlsx., .csv фајл _____

б) **SPSS фајл, датотека** ___ .spv фајл _____

в) **PDF фајл, датотека** ___ .pdf фајл _____

г) **Текст фајл, датотека** ___ .doc, .docx фајл _____

д) **JPG фајл, датотека** ___ .jpg, .jpeg, .tiff, .png фајл _____

е) Остало, датотека ___ .kmz, .shp, .net csd, .svg, .orj фајл _____

1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

а) **број варијабли велик број варијабли**

б) **број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) велик број мерења**

1.3.3. Поновљена мерења

а) да

б) **не**

Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) временски размак између поновљених мера је _____ - _____

б) варијабле које се више пута мере односе се на _____ - _____

в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као _____ - _____

Напомене: _____ - _____

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

а) Да

б) *Не*

Ако је одговор не, образложити _____

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

а) експеримент, навести тип _____

б) **корелационо истраживање, навести тип** _____ корелациони коефицијенти _____

ц) **анализа текста, навести тип** _____ научни радови, књиге, монографије, докторске дисертације _____

д) **остало, навести шта** _____ теренски и лабораторијски рад _____

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

Гама-детектори L и B типа, Radiation Inspector, MS2 Bartington, Malvern Mastersizer 2000.

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да **Не**

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) Колики је број недостајућих података? _____

б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да **Не**

в) Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

Евалуацијом од стране менотра докторске дисертације – статистичким прорачунима.

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

Детаљним прегледом табела и графикона; поновним мерењем узорака за добијање вредности о масеној магнетној сусцептибилности земљишта ради провере података, узимање средње вредности приликом мерења вредности амбијенталног еквивалентна дозе јонизујућег зрачења у контакту са земљиштем.

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у __Репозиторијум докторских дисертација Универзитета у Новом Саду_____.

3.1.2. URL адреса

_https://cris.uns.ac.rs/searchDissertations.jsf_____

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

а) **Да**

б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____

в) **Не**

Ако је одговор не, навести разлог _____

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? _____

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? _____

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да Не

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да Не

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да Не

Образложити

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и

одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да **Не**

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да **Не**

Ако је одговор да, наведите на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

- a) Подаци нису у отвореном приступу
 - б) Подаци су анонимизирани
 - ц) Остало, навести шта
-
-

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

a) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима:

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

_____ Кристина Калкан, kalkica@gmail.com _____

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

_____ Кристина Калкан, kalkica@gmail.com _____

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима

_____ Кристина Калкан, kalkica@gmail.com _____

