

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
СА ПРИВРЕМЕНИМ СЕДИШТЕМ У
КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Милица П. Томовић

**ФИТОРЕМЕДИЈАЦИОНИ
ПОТЕНЦИЈАЛ ЗИМЗЕЛЕНИХ ВРСТА У
ПОДРУЧЈУ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА
Pb-Zn РУДЕ**

Докторска дисертација

Косовска Митровица, 2024.

UNIVERSITY OF PRISTINA
TEMPORARY SETTLED IN KOSOVSKA MITROVICA

FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES

Milica P. Tomović

**A PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF
THE EVERGREEN SPECIES IN THE
AREA SURROUNDING Pb-Zn SURFACE
MINES**

Doctoral Dissertation

Kosovska Mitrovica, 2024.

**ФИТОРЕМЕДИЈАЦИОНИ ПОТЕНЦИЈАЛ ЗИМЗЕЛЕНИХ ВРСТА У
ПОДРУЧЈУ ПОВРШИНСКИХ КОПОВА Pb-Zn РУДЕ**

САЖЕТАК

У оквиру ове докторске дисертације представљене су могућности коришћења белог бора и клеке у фиторемедијацији контаминираног земљишта. Истраживање је извршено на површинским коповима оловно цинкане руде Кижевак и Саставци (Бадањ) и њиховој непосредној близини.

Анализом података за површински коп Кижевак, закључено је да се бели бор може користити у фитоекстракцији за Cu и Mo, има могућност коришћења у фитостабилизацији и то за Cr, Cu и Mo док за остале елементе ова биљна врста није погодна за фиторемедијацију. Могућност коришћења клеке у процесу фитоекстракције остварена је само за Mo, а има могућност коришћења у процесу фитостабилизације за Al, As, Cd, Cu, Mo и Pb.

За површински коп Саставци (Бадањ), бели бор је испунио критеријуме за фитоекстракцију само за Mo, а анализом података закључено је да се може користити за фитостабилизацију Cu и Mo. Код клеке су испуњени само услови за фитоекстракцију Cd и фитостабилизацију Mo. Закључено је анализом података, да обе биљне врсте нису погодне за сврху фиторемедијације за већи број испитиваних елемената, али су успешно развиле механизме адаптације који им омогућавају да опстану на подручјима са већим степеном загађења.

Кључне речи: Површински копови Pb-Zn руде, фиторемедијација, бели бор (*Pinus Sylvestris*), клека (*Juniperus*)

Научна област: Техничко - технолошке науке

A PHYTOREMEDIATION POTENTIAL OF THE EVERGREEN SPECIES IN THE AREA SURROUNDING Pb-Zn SURFACE MINES

ABSTRACT

This doctoral dissertation presents the results of the potential use of Scots pine and juniper in phytoremediation of contaminated soil. The study was conducted at the surface mines of lead-zinc ore in Kiževak and Sastavci (Badanj) and their immediate vicinity.

Through the analysis of data from the Kiževak surface mine, it was concluded that Scots pine can be used in phytoextraction for Cu and Mo. It also shows potential for phytostabilization, specifically for Cr, Cu, and Mo, while it is not suitable for other elements for phytoremediation purposes. Juniper demonstrated potential for phytoextraction of Mo and phytostabilization of Al, As, Cd, Cu, Mo, and Pb.

For the surface mine Sastavci (Badanj), Scots pine fulfilled the criteria for phytoextraction only for Mo, and it can be used for phytostabilization of Cu and Mo. Juniper met conditions for phytoextraction of Cd and phytostabilization of Mo.

Overall, based on the data analysis, both plant species are not suitable for phytoremediation for a larger number of tested elements. However, they have successfully developed adaptation mechanisms that allow them to survive in areas with higher levels of contamination.

Key words: Pb-Zn ore surface mines, phytoremediation, Scots tree (*Pinus Sylvestris*), juniper tree (*Juniperus*)

Research field: Technical-technological sciences

Ментор:

др Јована Граховац, редовни професор, Универзитет у Новом Саду
Технолошки факултет Нови Сад

Чланови комисије:

др Милутин Милосављевић, редовни професор, Универзитет у Приштини
са привременим седиштем у Косовској Митровици
Факултет техничких наука

др Јелена Ђокић, редовни професор, Универзитет у Приштини са
привременим седиштем у Косовској Митровици
Факултет техничких наука

Датум одбране:

Докторску дисертацију посвећујем својим родитељима и брату.

Садржај

1. Увод	1
2. Теоријски део	3
2.1. Есенцијални и неесенцијални елементи у биљкама	3
2.2. Усвајање елемената од стране биљке из земљишта	5
2.3. Подела биљних врста према начину усвајања елемената	7
2.4. Фиторемедијација	9
2.5. Индуковано спрегнута плазма – оптичко емисиона спектрометрија (ICP - OES)	12
2.6. Индуковано спрегнута плазма – масена спектрометрија (ICP-MS).....	16
3. Литературни преглед досадашњих истраживања	19
3.1. Клека (<i>Juniperus communis</i>).....	19
3.2. Бели бор (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	22
4. Основне хипотезе и циљ рада	27
5. Материјали и методе рада.....	31
5.1. Опис испитиваних подручја	31
5.2. Узорковање биљног материјала и земљишта.....	34
5.2.1. Опис зона и места узорковања биљног материјала и земљишта за површински коп Кижевак и површински коп Саставци (Бадањ).....	34
5.2.2. Опис процедуре узорковања биљног материјала и земљишта	37
5.3. Припрема узорака биљног материјала и земљишта за анализу	38
5.4. Одређивање садржаја органских материјала у земљишту	38
5.5. Одређивање киселости узоркованог земљишта.....	39
5.6. Микроталасно растварање узорака земљишта и биљног материјала	40
5.7. Одређивање концентрације елемената у земљишту и биљном материјалу.	41
5.8. Метода статистичке обраде података	41
5.9. Анализа биолошких фактора	42
5.9.1. Критеријуми за дефинисање могућности коришћења биљака у фиторемедијацији	47

6. Резултати и дискусија	49
6.1. Карактеристике земљишта из зоне корена белог бора и клеке на површинском копу Кижевак и непосредној близини	49
6.1.1. Садржај органских материја у узоркованом земљишту	49
6.1.2. Киселост узоркованог земљишта.....	50
6.2. Елементи у земљишту на испитиваном површинском копу Кижевак и непосредној околини.....	52
6.2.1. Алуминијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	53
6.2.2. Арсен у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	54
6.2.3. Кадмијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	56
6.2.4. Кобалт у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	58
6.2.5. Хром у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	60
6.2.6. Бакар у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	61
6.2.7. Гвожђе у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	63
6.2.8. Манган у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	65
6.2.9. Молибден у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	66
6.2.10. Никл у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	68
6.2.11. Олово у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	69
6.2.12. Цинк у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак	71

6.2.13. Анализа корелација између концентрација елемената у земљишту и параметара земљишта на испитиваном подручју, Кижевак.....	73
6.2.14. Анализа корелација између концентрација елемената у земљишту из зоне корена белог бора и клеке на испитиваном подручју, Кижевак.....	74
6.3. Могућност коришћења биљног материјала белог бора и клеке у биомониторингу, површински коп Кижевак и непосредна близина.....	76
6.3.1. Алуминијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак	77
6.3.2. Арсен у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак	79
6.3.3. Кадмијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак.....	81
6.3.4. Кобалт у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак.....	83
6.3.5. Хром у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак	85
6.3.6. Бакар у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак	87
6.3.7. Гвожђе у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак	89
6.3.8. Манган у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак.....	91
6.3.9. Молибден у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак	93
6.3.10. Никл у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак.....	95
6.3.11. Олово у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак.....	97
6.3.12. Цинк у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак.....	99
6.3.13. Корелација елемената у биљном материјалу белог бора и клеке на површинском копу Кижевак и непосредној близини	101
6.3.13.1. Корелација елемената у биљном материјалу белог бора на површинском копу Кижевак и непосредној близини	101
6.3.13.2. Корелација елемената у биљном материјалу клеке на површинском копу Кижевак и непосредној близини	108
6.4. Биолошки фактори и могућност коришћења белог бора и клеке у фиторемедијацији земљишта на површинском копу Кижевак и непосредној близини.....	114
6.4.1. Биолошки фактор за бели бор на површинском копу Кижевак и непосредној близини.....	115
6.4.1.1. Могућност коришћења белог бора у фиторемедијацији на површинском копу Кижевак и непосредној близини	116

6.4.2. Биолошки фактор за клеку на површинском копу Кижевак и непосредној близини	118
6.4.2.1. Могућност коришћења клеке у фоторемедијацији на површинском копу Кижевак и непосредној близини	121
6.5. Карактеристике земљишта из зоне корена белог бора и клеке на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини.....	122
6.5.1. Садржај органских материја у земљишту	122
6.5.2. Киселост узрокованог земљишта на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној околини	122
6.6. Елементи у земљишту на испитиваном површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној околини	123
6.6.1. Алуминијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	124
6.6.2. Арсен у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	125
6.6.3. Кадмијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	127
6.6.4. Кобалт у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	129
6.6.5. Хром у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	130
6.6.6. Бакар у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	132
6.6.7. Гвожђе у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	133
6.6.8. Манган у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	135
6.6.9. Молибден у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	136
6.6.10. Никл у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	138

6.6.11. Олово у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	139
6.6.12. Цинк у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ).....	141
6.6.13. Анализа корелација између концентracија елемената у земљишту и параметара земљишта на испитиваном подручју на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини.....	143
6.6.14. Анализа корелација између концентracија елемената у земљишту и параметара земљишта на испитиваном подручју Саставци (Бадањ)	144
6.7. Могућност коришћења биљног материјала белог бора и клеке у биомониторингу, Саставци (Бадањ)	146
6.7.1. Алуминијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	146
6.7.2. Арсен у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	148
6.7.3. Кадмијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	150
6.7.4. Кобалт у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	152
6.7.5. Хром у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ).	154
6.7.6. Бакар у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ).	156
6.7.7. Гвожђе у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	159
6.7.8. Манган у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	161
6.7.9. Молибден у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	163
6.7.10. Никл у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ) .	165
6.7.11. Олово у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)	167
6.7.12. Цинк у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ) .	170
6.7.13. Корелација елемената у биљном материјалу на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини.....	172

6.7.13.1. Корелација елемената у биљном материјалу белог бора на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини.....	172
6.7.13.2. Корелација елемената у биљном материјалу клеке на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини.....	178
6.8. Биолошки фактори и могућност коришћења белог бора и клеке у фиторемедијацији земљишта на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини	184
6.8.1. Биолошки фактора за бели бор на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини	184
6.8.1.1. Могућност коришћења белог бора у фиторемедијацији на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини.....	185
6.8.2. Биолошки фактор за клеку на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини	187
6.8.2.1. Могућност коришћења клеке у фиторемедијацији на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини.....	188
7. Закључак.....	191
Литература	195
Биографија аутора	210

1. Увод

Тешки метали су природне компоненте Земљине коре и све присутни су у окружењу али због антропогених активности као што су индустријска производња, рударство, саобраћај, пољопривредне активности и итд., концентрације неких од ових метала су значајно повећане у окружењу и екосистемима. Повећане концентрације тешких метала могу имати озбиљне негативне последице на људско здравље као и на здравље животиња, али и на екосистеме у целини. Током периода који обухвата последњих 100 година индустријализација је расла енормном брзином, ([Briffa J., 2020.](#)) што је довело до масовне производње, иновација у технологији и могућности за повећану производњу и потрошњу али уз све ове иновативне делатности дошли су и неки негативни аспекти као што је загађење ваздуха, воде и земљишта, које индустријализација може донети.

Индустријализација је довела до повећане потражње за експлоатацијом природних ресурса Земље што је довело до још већег светског проблема који се односи на загађење животне средине ([Gautam P.K., 2016.](#)). Озбиљан проблем представља контаминација земљишта тешким металима са широким спектром негативних последица како на животну средину тако и на здравље људи ([O'Connor D., 2020.](#), [Wang L., 2021.](#)). Тешки метали су неразградиви и могу се дуготрајно задржати у животној средини, што може представљати знатну дугорочну претњу за околину, екосистеме и здравље људи. Због своје стабилности и способности да се накупљају у окружењу, тешки метали могу претстављати велику опасност која може потрајати деценијама или чак вековима ([Suman J., 2018.](#)).

Напуштена рударска подручја могу представљати озбиљан еколошки проблем. Она могу садржати повишене концентрације тешких метала и других потенцијално токсичних елемената који се налазе у земљишту, што као последицу може имати негативан утицај на околину, екосистеме и здравље људи. Санација загађених подручја која садрже тешке метале је од великог суштинског значаја због озбиљних токсичних ефеката које ови метали могу изазвати на биљке, животиње и здравље људи.

Површине које се налазе у непосредној околини површинских копава су механички, физички и хемијски измењена, окарактерисана високом

нестабилношћу и ограниченом кохезијом, малом количином нутријената, органским материјама и високим садржајем потенцијално токсичних тешких метала ([Crane R.A., 2017.](#), [Touceda-González M., 2017.](#)).

Фиторемедијација је дефинитивно напредна и релативно нова технологија која се почела примењивати почетком 1980-их година у циљу уклањања загађивача из загађених окружења ([Barkay T., 2001.](#), [Dushenkov S., 2003.](#), [Ibeanusi VM., 2004.](#), [Eapen S., 2007.](#)). Фиторемедијација се сагледава из различитих аспеката, а главне технике које се примењују у овом процесу су фитоекстракција и фитостабилизација.

Велики број биљних врста показују необичну способност да апсорбују тешке метале кроз коренов систем и акумулира тешке метале у својим деловима ([Kumar P., 1995.](#)). Досадашња истраживања нам указују да је неколико биљних врста толерантно на високе концентрације токсичних метала.

Биљке реагују на присуство токсичних метала у земљишту на различите начине и то на „искључиваче” и „акумулаторе”. Искључивачи развијају механизме који ограничавају унос токсичних метала преко корена. Оне би могле избећи унос токсичних метала тако што ограничавају њихово упијање или пропуст у корену. Овакве врсте биљака можда не накупљају велике количине метала у својим ткивима, али играју важну улогу у смањивању доступности метала у земљишту и акумулатори биљаке које имају способност да акумулирају велике количине токсичних метала у својим ткивима. Оне ово постижу тако да апсорбију метале из земљишта преко корена и транспортују их до других делова биљке, често концентришући их у листовима. Овако се смањује доступност метала у земљишту и спречавају потенцијално токсични ефекти ([Usman, K., 2018.](#)).

У поређењу са другим технологијама, процес фиторемедијације је јефтин, штити земљу од ерозије, побољшава физичка и хемијска својства земљишта и данас је све прихватљивија техника санирања контаминираних површина. Веома је погодна за локалитете са малом или умереном контаминацијом, где не постоје временска ограничења санације и на крају захтева минималну уложу лудску снагу. Наравно, постоје и неки недостаци, који утичу на процес фиторемедијације а то су најчешће климатски услови, концентрације загађивача, биодоступност, толеранција биљке, дубина и површина подручја.

2. Теоријски део

2.1. Есенцијални и неесенцијални елементи у биљкама

Постоји велики број различитих дефиниција о есенцијалним елементима различитих аутора, а једна од најједноставнијих је та да је есенцијални елемент „функционални или метаболички нутријент” ([Nicholas D.J.D., 1961.](#)), док је се под сложенијом дефиницијом подразумева да је есенцијални елемент онај елемент који је неопходан за одржавање живота. Уколико постоји недостатак ових елемената може довести до нарушавања функција од оптималних до субоптималних вредности ([Mertz W., 1981.](#)). У биљкама се најчешће примењује подела елемената према њиховом значају на неопходне - есенцијалне и неважне - неесенцијалне елементе. Да би биљка нормално расла и развијала се неопходан је континуирани унос разноврсних супстанци путем корена, који се затим распорђују до свих делова биљке. Усвајање и дистрибуција есенцијалних елемената у организму доприносе одржавању структурних и физиолошких функција на ћелијском нивоу ([Ovečka M., 2014.](#)). Al, Cu, Co, Fe, Mo, Mn, Ni, Zn и други катјони припадају групи есенцијалних елемената који су потребни за нормалан развој биљака ([Shah K, 2012.](#), [Zeng F, 2011.](#), [Kabata-Pendias A. 2011.](#), [Tokaloğlu Ş. 2012.](#), [Randelovic S. S. 2014.](#), [Vural A. 2015.](#)). Иако есенцијални елементи подржавају структурне и физиолошке функције у ћелијама биљака, њихова концентрација мора бити уравнотежена. Прекомерна или недовољна концентрација есенцијалних елемената може довести до физиолошких, морфолошких или генетичких аномалија у биљкама ([Ovečka M., 2014.](#), [Khan A. 2015.](#)). Уколико се усвајају у високим концентрацијама есенцијални елементи могу имати токсичне ефекте ([Desideri D. 2010.](#), [Ghaderian S. 2012.](#), [Kabata-Pendias A. 2011.](#), [Muhammad S. 2013.](#)). Недостатак адекватног снабдевања биљака есенцијалним елементима може довести до неуобичајено брзог или веома успореног раста, нарушавања развоја и анаболичких циклуса биљака. Симптоми дефицита елемената у биљкама се разликују у зависности од појединачног елемента, али често се јавља хлороза као карактеристичан симптом ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Катјони метала попут As, Ag, Al, Cr, Cd, Pb, Hg, Se и Sb се сматрају неесенцијалним у смислу да немају познату биолошку улогу у биљкама ([Rascio N.](#)

2011., [Emamverdian A. 2015.](#), [Bojórquez-Quintal E. 2017.](#)). Биолошки неесенцијални катјони метала Pb, Cr, Cd, Ni, As при ниским концентрацијама могу бити токсични за организме ([Ashraf M. 2010.](#), [Muhammad S. 2011.](#)). Биљке су често отпорније на повећане концентрације елемената у односу на недовољне концентрације. То је због различитих механизма које биљке развијају како би се регулисале са вишком елемената. Неке биљке могу толерисати високе концентрације елемената који су изузетно токсични за људе, попут катјона кадмијума (Cd), што указује да долази до акумулације елемената у деловима биљке која се користи у исхрани људи или животиња. Идентификација токсичних концентрација елемената у биљкама може бити изазовна, јер се токсичност може разликовати међу биљним врстама и сортама. Видљиви симптоми токсичности могу варирати, али често се јављају хлоротичне (жућкасте) или смеђе тачке на листовима као индикатори токсичности елемената ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). У табели 1. дат је литературни преглед опсега концентрација елемената у лишћу биљака, које се односе на дефицитарне, нормалне токсичне и вредности које се толеришу у агрономским културама.

Табела 1. Опсеги концентрације катјона у зрелим листовима и агрономским културама (mg/kg)

<i>Елементи</i>	<i>Дефицит</i>	<i>Довољно или нормално</i>	<i>Прекомерно или токсично</i>	<i>Толерише се у агрономским културама</i>
<i>As</i>	-	1–1.7 ^a	5–20 ^a	0.2 ^a
<i>Cd</i>	-	0.05–0.2 ^a	5–30 ^a	0.05–0.5 ^a
<i>Co</i>	-	0.02–1 ^a	15–50 ^a	5 ^a
<i>Cr</i>	-	0.1–0.5 ^a	5–30 ^a	2 ^a
<i>Cu</i>	2–5 ^a	5–30 ^a	20–100 ^a	5–20 ^a
<i>Fe</i>	<50 ^b	100–500 ^b	>500 ^b	-
<i>Mn</i>	10–30 ^a	30–300 ^a	400–1000 ^a	300 ^a
<i>Mo</i>	0.1–0.3 ^a	0.2–5 ^a	10–50 ^a	-
<i>Ni</i>	-	0.1–5 ^a	10–100 ^a	1–10 ^a
<i>Pb</i>	-	5–10 ^a	30–300 ^a	0.5–10 ^a
<i>Zn</i>	10–20 ^a	27–150 ^a	100–400 ^a	50–100 ^a

a - [Kabata-Pendias, A. 2001.](#)

b - [Kalra, Y. P. 1998.](#)

2.2. Усвајање елемената од стране биљке из земљишта

Раст и развој биљака захтевају континуирано усвајање различитих супстанци из ризосфере путем кореновог система. Кроз процес познат као апсорпција корена, биљке узимају воду и растворне хранљиве материје из земљишта. Поред воде, биљке апсорбују минерале, укључујући елементе попут азота, фосфора, калијума, магнезијума и многих других. Ови минерали су неопходни за различите функције у биљци, као што су изградња ћелијских структура, ензиматске реакције, фотосинтеза и синтеза протеина. Нажалост, земљиште може садржати високе концентрације катјона и других елемената, како због природних фактора, тако и због људских активности. Антропогене активности попут индустријског загађења, употребе пестицида и ђубрива, као и одлагање отпада, могу довести до повећане контаминације земљишта. Када биљке узимају воду и хранљиве материје из земљишта, могу узети и повишене концентрације катјона и других штетних елемената. Ови катјони и токсичне супстанце могу се накупљати у биљкама и касније пренети у ланац исхране када биљке буду конзумиране од стране других организама, као што су животиње или људи. Високе концентрације катјона и других штетних елемената у ланцу исхране могу представљати здравствени ризик за организме који их конзумирају ([Ovečka M., 2014.](#)). Постоји низ фактора који се односи на усвајање елемената који зависе само од биљке, земљишта и услова животне средине. Најзначајнији фактори ([Kabata–Pendias E., 2004.](#), [Đogo S.M., 2006.](#), [Pinto E., 2014.](#)) који утичу на усвајање елемената су: генетичка специфичност, особине кореновог сиситема, особине листа, ортогенетски развој, састав земљишта, концентрација елемената у земљишту, узајамно дејство присутних јона, киселост земљишта садржај кисеоника у земљишту, редокс потенцијал, садржај органске материје, температура и светлост.

Садржај органских материја је од кључних карактеристика земљишта која утиче на расположивост катјона и других елемената. Органске материје у земљишту играју важну улогу у процесима задржавања и отпуштања храњивих материја. Органске материје, попут хумуса, повећавају способност земљишта да задржи елементе у изменљивом облику. То се дешава због њихове структуре која ствара површинске међумолекаларне везе и комплексне интеракције с минералним

честицама и јонима у земљишту. Ове интеракције омогућавају органским материјама да адсорбују, везују и отпуштају хранљиве материје, укључујући катјоне и друге елементе. Осим тога, органске материје побољшавају структуру земљишта, повећавајући пропусност за воду и ваздух. То доприноси бољој циркулацији воде и хранљивих материја кроз земљиште, што утиче на расположивост елемената за биљке и микроорганизме ([Zeng F, 2011.](#)). Смањење садржаја органских материја у земљишту може довести до смањења адсорпције елемената на честицама земљишта ([Zeng F, 2011.](#)). Присуство органских материја у земљишту има неколико предности, а једна од њих је регулисање рН вредности. рН вредност се односи на киселост или базност земљишта ([Eash N. S., 2016.](#)). Раст биљних врста може бити знатно смањен уколико расту на киселом земљишту иако лакше могу да усвоје елементе у својим деловима ([Ovečka M., 2014.](#), [Vural A. 2015.](#)). Комбинација ниске рН вредности земљишта и високих концентрација елемената у земљишту може да резултира оптималним и значајним усвајањем елемената од стране биљака ([Ghaderian S. 2012.](#)). У циљу одређивања реалне (активне) и потенцијалне киселости земљишта, потребно је извршити одређивање рН вредности у воденом раствору и у раствору KCl, с обзиром на то да је киселост земљишта од кључног значаја за усвајање елемената од стране биљака ([Ražić S. S., 2006.](#), [Chibuike G.U., 2014.](#)). Три главна процеса којима биљке акумулирају елементе у својим деловима су: усвајање биорасположивих елемената из земљишта кроз корен: корен биљке је одговоран за апсорпцију воде и хранљивих материја из земљишта. Транслокација из корена до надземних делова или изданака: након усвајања из земљишта, елементи се преносе из корена до других делова биљке, као што су стабљика, листови и плодови. Процес транслокације одвија се путем два главна механизма: апопласта и симпласта. Апопласт је простор између ћелијских зидова, док симпласт чини протоплазма биљних ћелија. Секвестрација елемената у лишћу: када се елементи пренесу до лишћа, складиште се у вакуолама биљних ћелија. Елементи се могу секвестрирати или задржати у вакуолама биљних ћелија, што помаже у одржавању динамичке равнотеже и регулацији концентрације елемената у биљци. Транспортни протеини играју есенцијалну улогу у транслокативним процесима. Протеини се налазе у ћелијским мембранама корена, изданка и лишћа, и омогућавају активни транспорт елемената преко мембрана ([Ghori Z., 2016.](#)). У

већини случајева постоји снажна корелација између концентрација елемената у биљкама и концентрација елемената у земљишту на којем биљке расту ([Vural A. 2015.](#)). Садржај катјона олова у биљкама које расту на подручјима са већим концентрацијама катјона метала често показује наглашену корелацију са садржајем олова у земљишту. У зависности од дела биљке која се испитује овај однос се разликује ([Vural A. 2015.](#)). Укупне концентрације елемената у земљишту и њихових хемијских облика у којима се налазе, утиче на биодоступност елемената биљкама ([Ghaderian S. 2012.](#)). Одређени анјони и катјони елемената, као што су As, Cu и посебно токсични Cr, могу се налазити у високим концентрацијама у земљишту због рударских активности и свеукупне контаминације животне средине, а посебно земљишта. Међутим, иако су ови елементи присутни у високим концентрацијама, имају ниску покретљивост у земљишту, што указује на ниску кинетику и динамику кретања тј. имобилност кроз земљиште ка биљкама. Одређивање концентрација елемената у земљишту на којем су лоциране биљке је подједнако важно због интеркорелационих и транспортних механизма као и одређивање концентрација у самим биљкама ([Vural A. 2015.](#)).

2.3. Подела биљних врста према начину усвајања елемената

Биљне врсте се значајно разликују у способности усвајању катјона метала и других елемената из земљишта. У случају контиминираног земљишта, биљне врсте усвајају елементе који се акумулирају у различитим деловима биљке и у различитим количинама ([Baker A.J.M., 1981.](#)). Биљке се могу поделити на ексклудере, акумулаторе/хиперакумулаторе и индикаторе на основу стратегија реакција на повећане концентрације елемената у земљишту ([Baker A.J.M., 1981.](#), [Peralta-Videa J.R., 2009.](#), [Bhargava F., 2012.](#)). Ексклудери су биљке које су специјализоване за акумулацију или блокирање транспорта катјона токсичних метала из земљишта у надземне делове биљке. Ексклудери имају способност да вежу или апсорбују токсичне катјоне на површини корена или да их акумулирају у корену или ризосфери (део земљишта око корена где се одвијају важни метаболички и биохемијски процеси). Ова способност ексклудера помаже у одржавању ниске концентрације катјона у надземним органима биљке, чиме се

смањује ризик од фитотоксичности и даљег ширења контаминаната у екосистемима. Концентрације елемената у надземним деловима биљних врста су ниске и константне у односу на концентрацију елемената у земљишту ([Baker A.J.M., 1981.](#), [Peralta-Videa J.R., 2009.](#), [Markert B., 1999.](#)). Ексклузија у биљкама се односи на процес спречавања транспорта одређених елемената (најчешће катјона) из корена у надземне делове биљке. Овај механизам контроле се јавља код неких биљних врста које су способне да блокирају ефекат токсичности одређених елемената у земљишту ([Baker A.J.M., 1981.](#)). Неке биљке развијају механизме за стварање стабилних комплекса метала у ћелијама корена како би спречиле транслокацију метала у надземне делове биљке ([Ashraf M.A., 2011.](#)). Екскулдери имају потенцијал за фитостабилизацију и ревегетацију контаминираниог земљишта. Фитостабилизација се односи на употребу биљака како би се смањило кретање загађујућих материја у земљишту, док ревегетација се односи на поновни раст вегетације на деградираним или контаминираним подручјима ([Ghaderian S. 2012.](#)). Акумулатори или хиперакумулатори биљака имају способност да апсорбују и акумулирају високе концентрације хазардних катјона тешких метала у својим надземним органима. Органи обично укључују листове, гране и цветове биљке. Хиперакумулатори су посебно ефикасни у апсорпцији и акумулацији тешких метала, чак и када је садржај тих метала у земљишту висок. Способност биљака акумулатора да акумулирају тешке метале у својим надземним органима има потенцијалну примену у фиторемедијацији, што је процес коришћења биљака за уклањање или смањење загађења земљишта и воде. У биљкама акумулаторима, концентрација елемената обично је већа у надземним деловима биљке него у корену ([Yanqun Z., 2004.](#)). Када је однос концентрација у надземном делу биљке или лишћу и корену већи од 1, процес је карактеристичан за акумулаторе, а када је однос мањи од 1, онда је реч о ексклудерима ([Baker A.J.M., 1981.](#)). Индикатори су биљке које показују промене у унутрашњим концентрацијама елемената или супстанци које рефлектују екстерне концентрације из окружења. Транспортују и усвајају елементе до надземних делова тако да концентрације елемената у биљној врсти показује стање у земљишту ([Baker A.J.M., 1981.](#), [Peralta-Videa J.R., 2009.](#), [Lodenius M., 2013.](#)).

2.4. Фиторемедијација

Људи користе различите технике за одстрањивање, митигацију катјона штетних и токсичних тешких метала из контаминираних подручја. Пошто су се технолошке методе показале као неекономичне и неефективне, фиторемедијација која се показала као једно од најбољих решења ([Mussina A.S., 2018.](#)).

Фиторемедијација (грч. *φυτό* - биљка, лат. *remedio* - санирати, лечити) је скуп биотехника које користе биљке, микроорганизме и ензиме присутне у тлу ради уклањања или смањења концентрације, митигације, токсичних супстанци у земљишту или води ([Greipsson S., 2011.](#), [Ali H., 2013.](#)). Фиторемедијација, као нова биотехнологија у литератури први пут се помиње почетком 80-их прошлог века ([Salt D.E., 1995.](#), [Bishop J., 1997.](#), [Suresh B., 2004.](#)). Фиторемедијација је оптимално и идеално решење које је применљиво на велике површине, повољна је, ефикасна, еколошки прихватљива и има естетску вредност ([Singh O.V., 2003.](#), [Ghosh M., 2005.](#), [Hu Y., 2013.](#)). Биљка користи своју способност да усвоји, стабилизује и уклања загађујуће супстанце из земљишта, ради смањења негативног утицаја на животну средину, чиме се постиже ревегетација и ремедијација загађеног земљишта ([Gong Y., 2018.](#)). Иако постоји више различитих стратегија фиторемедијације, биљке обично користе комбинацију различитих биомеханизма у складу са потребама и условима средине. У методе фиторемедијације убрајају се:

- фитоекстракција (фитосеквестрација или фитоаккумуляција) - толерантне биљне врсте способне да усвајају загађујуће супстанце путем кореновог система из загађених вода и земљишта, и затим их транслоцирају и/или акумулирају до надземних делова - стабла и листова ([Razzaq R., 2017.](#)). Биомаса биљака се лакше одлаже, рециклира, третира или сагорева у поређењу са земљиштем, биомаса може да се користи као биогас или пак може се ради издвајање и поновно коришћења метала ([Khalid., 2017.](#), [Ashraf., 2019.](#)). Фитоекстракција се пре свега користи за третман загађених седимената и земљишта, док се у мањој мери користи за третман загађене воде ([USEPA, 2000.](#)),

- фитофилтрација (ризофилтрација) - метода је слична фитоекстракцији, подразумева употребу корена биљке за пречишћавање загађених подземних и површинских вода ([Gong Y., 2018.](#), [Ashraf., 2019.](#), [Nikolić., 2015.](#), [Sarwar N., 2017.](#)),
- фитостимулација (ризодеградација) - разградњу органских једињења у земљишту помоћу микроорганизама који су активни у зони кореновог система биљке ([USEPA, 2000.](#)),
- фитодеградација (фитотрансформација) – је процес разлагања органских загађујућих супстанци путем метаболичких процеса у биљкама или ензимима које биљке синтетишу ([Gong Y., 2018.](#), [Ashraf., 2019.](#), [Nikolić M., 2015.](#), [Sarwar N., 2017.](#), [USEPA, 2000.](#)),
- фитостабилизација (фитоимобилизација, фиторестаурација) - користе биљке које имају способност смањења мобилности и/или биодоступности елемената путем акумулације у корену, адсорпције на корену, као и преципитације у ризосфери ([Gong Y., 2018.](#), [Muthusaravanan S., 2018.](#)). Примена фитостабилизације спречава унос загађујућих супстанци у ланац исхране, јер оне остају имобилизоване у биљкама и не прелазе на друге организме ([Nikolić M., 2015.](#), [Sarwar N., 2017.](#)). На локалитетима где је повећана концентracија токсичних елемената у земљишту и није формиран природни вегетациони покривач, ова метода је најзначајнија за смањење еколошких ризика ([Liu I., 2018.](#)),
- фитоволатилизација је процес којим биљке апсорбују одређене елементе, као што је жива (Hg), из тла и трансформише их у лако испарљива гасна једињења. Испарљиви гасни молекули могу бити отпуштени у атмосферу путем отвора на листовима биљака који се називају стоме. Процес је посебно важан у случају хазардног елемента - (Hg), јер је високо токсиколошки значајан тешки метал који негативно утиче на животну средину и здравље људи ([Gong Y., 2018.](#), [Ashraf., 2019.](#), [Nikolić M., 2015.](#), [Sarwar N., 2017.](#), [USEPA, 2000.](#)).

Приликом одабира и примене технологија за ремедијацију земљишта, постоји неколико значајних фактора које можемо узети у обзир, а то су трошкови, време потребно за санацију, ефикасност при високим концентрацијама елемената, комерцијална примена, ефикасност на дугогодишњем нивоу и примена на местима на којима је присутно више загађујућих супстанци ([Khalid., 2017.](#)). Раст и опстанак биљака на загађеном земљишту су кључни фактори који одређују способност за примену у фиторемедијацији ([Sharma S., 2015.](#)). Биљке које успевају да се развијају у околини рудника и земљиштима богатим металима су од круцијалне важности због своје генетичке толерабилности на високе концентрације катјона метала. Група генетски толерантних биљака позната је као металотолерантне или металофилне биљке. Биљке су еволуирале или развиле генетске механизме како би преживеле у условима високе токсичности метала у тлу ([Bini C., 2012.](#)). Фиторемедијација има одређене мане које могу успорити процес и продужити време потребно за санацију контаминираних локација, спор раст биљних врста и мала биодоступност елемената ([Ashraf., 2019.](#)).

Циљ фиторемедијације је да се загађено земљиште санира тј. вратити првобитно стање земљишта на ниво пре контаминације или да се процесима митигације смањи ниво загађујућих супстанци на законски прихватљиве нивое ([Peer W.A., 2005.](#)). У табели 2. дата је законска регулатива којом су дефинисане граничне вредности и ремедијационе вредности концентрација елемената у земљишту ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3; ЕЕС/86/278](#)) изнад којих се може уочити да су основне функције земљишта нарушене или угрожене.

Табела 2. Граничне вредности и ремедијационе вредности концентрације елемената у земљишту према законима Републике Србије и Европске Уније

Елементи	Гранична вредност (mg/kg а.с.м.) ^а	Ремедијациона вредност (mg/kg а.с.м.) ^а	Гранична вредност (mg/kg а.с.м.) ^б
<i>As</i>	29	55	-
<i>Cd</i>	0.8	12	1-3
<i>Co</i>	9	240	-
<i>Cr</i>	100	380	-
<i>Cu</i>	36	190	50-140
<i>Fe</i>	-	-	-
<i>Mo</i>	3	200	-
<i>Ni</i>	35	210	30-75
<i>Pb</i>	85	530	50-300
<i>Zn</i>	140	720	150-300

^а - Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3

^б - ЕЕС/86/278

а.с.м. - апсолутно суве материје

„-” није дато у литератури

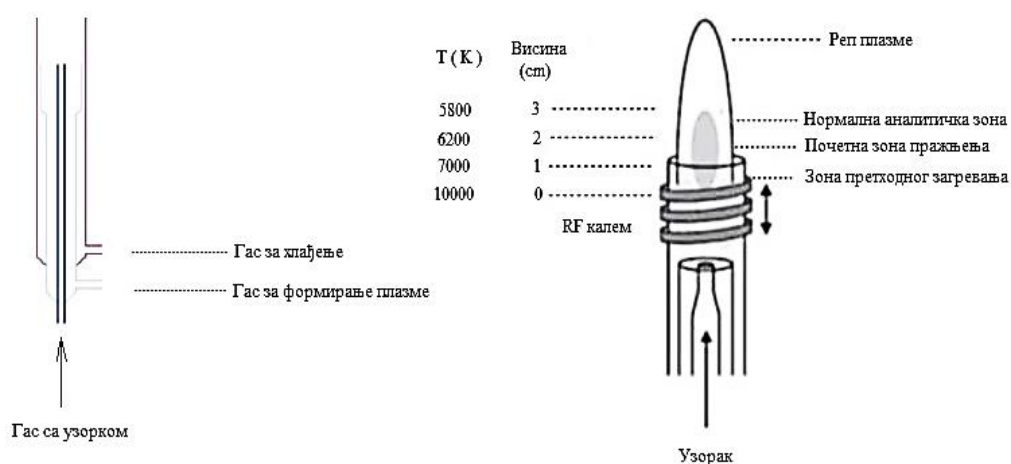
2.5. Индуковано спрегнута плазма – оптичко емисиона спектрометрија (ICP -OES)

Индуковано спрегнута плазма са оптичком емисионом спектрометријом (Inductivity Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, ICP-OES) је аналитичка и осетљива метод која се користи за квантитативно и квалитативно одређивање концентрације елемената у широком распону различитих узорака. Као извор побуђивања анализата ова метода користи индуковано спрегнуту плазму у циљу емитовања одговарајућих спектра на основу којих се донесе закључци о испитивано узорку ([Hill S.J., 2007.](#)) Гасовити и течни узорци се могу уводити директно у инструмент, док се узорци у чврстом стању претходно морају превести у раствор, екстракцијом или дигестијом. За симултано одређивање преко 70 елемената периодног система користи се ICP-OES метода. Границе детекције (*енгл. limits of detection, LOD*) за елементе које се одређују помоћу ICP-OES методе обично су реда величине ppb ([Boss C.B., 1997.](#))



Слика 1. Основне компоненте ICP-OES уређаја (Boss, C. and Fredeen, K., 2004.)

Као четврто агрегатно стање плазма је високојонизовани, проводљиви и дисосовани гас који се одржава индуктивним спрезањем са радиофреквентним електромагнетним пољем. Аргон је најчешће коришћен гас за извор плазме (ређе азот). Аргон је хемијски инертан, племенит и моноатомски елемент са високо јонизованом енергијом (15.76 eV) (Velimirović., 2013.). Извор плазме често се састоји од три концентричне кварцне цеви које чине плазмени пламеник или плазменик (*eng. Torch*) приказан на слици 1.



Слика 2. Различите температурне зоне на плазменику (Xiandeng and Bradley., 2000.)

Три до четири навоја индукционог калема обмотана су око спољашње кварцне цеви који је везан за радиофреквентни генератор, снаге 1-3 kW и фреквенције 27.12 MHz. У циљу избегавања топлеења кварцне цеви, центрирање и стабилизацију плазме, кроз спољну цев плазменика тангенцијално се уводи гас брзином од 10-20 l/min који служи као термичка изолација. Аргон се уводи кроз средишњу цев плазменика протоком од 0-2 l/min, која служи за обезбеђивање електрона и примарних јона за формирање плазме, док се помоћу струје аргона, најчешће у облику раствора који се преводи у фине аеросоли (*енг. Nebulizer Gas*) кроз централну односно унутрашњу цев, протоком од 0-1.5 l/min уводи се узорак. Пролазом радиофреквентне струје кроз калем која ствара осцилаторно магнетно поље које одговара фреквенцији генератора и уласком аргона у горионик формира се плазма. Наелектрисаних честица у почетку нема у плазми, кратким укључивањем Теслиног пражњења плазма се иницира, при чему долази до настајања примарних електрона и јона, који се убразавају радиофреквентним пољем ([Stefanović., 2016.](#)). Променом смера струје у индукционом калему мења се и смер магнетног поља и вртложне струје електрона, што доводи до сударања електрона са атомима гаса и изазивања јонизације, уз интензивно загревање. Процес се наставља до формирања интензивне беле плазме у облику сузе. Додавање енергије плазми путем радиофреквентних индуктивних судара представља методу која се назива индуктивно спрезање ([Velimirović., 2013.](#)). Температура плазме у РФ индуктивним плазменим изворима обично варира између 6000 и 10000 K. Са слике (слика 2.) се уочава да се у ICP се разликују неколико зона и то: зона претходног загревања, почетна зона пражњења и нормална аналитичка зона на висини од 15-20 mm изнад индукционог калема. Помоћу распршивача узорак у облику раствора преведен у фини аеросол се као такав уводи у плазму. Систем за увођење узорка има значајан утицај на тачност, прецизност и границу детекције методе анализе узорка. Када се користи плазма као извор јонизације, узорак се обично претвара у аеросол, тј. фину дисперзију течности у облику капљица. Карактеристике распршивача и раствора у системима за увођење узорка утичу на формирање капљица аеросола различитих величина. Емитован сигнал не зависи само од количине анализата који доспева у плазму већ и од величине капљица ([Stefanović., 2013.](#)). Капљице аеросола морају бити одговарајуће

величине како би се одржала стабилност плазме и смањено шум који се јавља приликом интеракције аеросола с плазмом ([Ebdon., 1989.](#)). Могућа су два мода посматрања плазме и то: радијални и аксијални. Код аксијалног типа посматрање зрачења плазме поклапа се са централном цеви ICP-а и реализује се на крају плазме, док код радијалног посматрање плазме спектрометар се налази са стране, односно у ортогоналном положају. Оптика инструмента се при коришћењу радијалног начина може лако заштити од прегревања тако да делови разграђеног анализата не доводе до озбиљних сметњи приликом анализе ([Velimirović., 2013.](#)). За разлику од радијалног, аксијално посматрање омогућава 5 до 10 пута боље границе детекције ([Xiandeng and Bradley., 2000.](#)). Постоји и трећи мод, познатији као дуални мод који је комбинација радијалног и аксијалног начина посматрања плазме. Модернији ICP-OES уређаји комбинују оба начина, за више концентрације елемената примењује се радијална плазма док се за одређивање нижих концентрација примењује аксијални мод посматрања плазме ([Velimirović., 2013.](#)).

Спектрометар је инструмент који се користи за анализу спектра светлости који емитује извор плазме или било којег другог извора светлости. Он омогућава издвајање таласне дужине од интереса за даљу анализу. У мултиелементној анализи користе се три типа спектрометара и то: спектрометри са полихроматором и директним читавањем, секвенцијално брзо скенирајући спектрометри са монохроматором и спектрометри са Фуријевом трансформацијом. До деведесетих година прошлог века коришћена је дифракциона решетка за дисперзију различитих таласних дужина, док су старији модели користили филтре или плазму. На овим уређајима дошло би до издвајања једне таласне дужине на детектору, а након њихове ротације могла се пратити наредна таласна дужина под различитим углом ([Velimirović., 2013.](#)). Светлост која пада на решетку (ешелне решетке) дифрактује се у зависности од своје таласне дужине. Помоћу одговарајућег спектрометра, након што је из спектра који емитује извор плазме издвојена таласна дужина, за детекцију спектралних информација користе се вишеканални детектори са убризгавањем наелектрисања (енг. *Charge-Injection Device, CID*) и детектори са куплованим наелектрисањем (енг. *Charge-Coupled Device, CCD*), који се заснивају на технологији уређаја за пренос наелектрисања (енг. *Charge-Transfer Device, CTD*) ([Velimirović., 2013.](#)).

Помоћу перисталтичке пумпе, која обезбеђује сталан проток, узорак се у виду раствора, доводи до распршивача и преводи у аеросоли који се уводи у плазму. Приликом одређивања концентрације одређеног елемента у узорку помоћу спектрометрије, обично се користи метода калибрације. Ова метода подразумева мерење интензитета сигнала одговарајућих концентрација калибрационих раствора тог елемента у односу на слепу пробу, која не садржи тај елемент. Добија се калибрациона крива за сваки елемент који се одређује у узорку. Избор таласних дужина или спектралних линија на којима се мери, зависи од врсте испитиваног материјала, односно од састава узорка и могуће интерференције са другим линијама у спектру. ICP спектрометар је повезан са рачунаром за обрађивање података, чији софтвер аутоматски израчунава калибрациону криву слепе пробе и из интензитета сигнала калибрационих стандарда, уз корекцију позадине. Могу се појавити интерференције које резултирају појавом позадинских спектралних линија које се директно преклапају с линијама одређеног анализата. Да би се избегла или кориговала интерференција, користи се техника корекције позадине ([Velimirović., 2013.](#)).

2.6. Индуковано спрегнута плазма – масена спектрометрија (ICP-MS)

Поред ICP-OES технике, данас се све више користи масена спектрометрија са индуктивно куплованом плазмом ICP-MS ([Matić., 2012., Tang., 2014.](#)). Још 1983. године уведена је аналитичка техника индуковано спрегнуте плазме са масеном спектрометријом (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) која је имала низ предности у односу на друге технике одређивања елемената у траговима, као што су електротермална атомизација (ETA), атомска апсорпциона спектрофотометрија или ICP са оптичком емисионом спектрометријом (ICP-OES). Предности уређаја су у мултиелементарној анализи (одређивање концентрације елемената у ppb и ppm), широком динамичком опсегу, великој матрикс толеранцији, брзини анализе, добијању информација о изотопима, ниском детекционом лимиту (ppb и ppt опсег) ([Dean J.R., 2005.](#)). Делови ICP-MS уређаја су: систем за увођење узорака, високо температурни ICP извор, *interface* регион, масени анализатор, јонска оптика и детектор. Основни кораци које прате анализу су: генерисање аеросола, јонизација

узорака, екстракција јона кроз *interface* регион, раздвајање јона по маси и крајња детекција јона ([Thomas R., 2008.](#)). Увођење узорака и побуђивање код ICP-OES је идентично и као код ICP-MS, а суштинска разлика је између ове две технике у систему за детекцију ([Harrington., 2014.](#)). Као и код ICP-OES уређаја тако и код ICP-MS-а узорак се уводи у течной форми помоћу система за увођење узорака. Систем за увођење узорка је један од кључних делова ICP-MS уређаја и често се сматра најосетљивијим делом. Процентуално свега 2-5 % узорака нађе свој пут до плазме, зависно од начина увођења и матрикса. Аеросол преко ињектора за узорак долази до одговарајућег региона плазме. Долази до испаравања пролазећи кроз различите регионе загрејане плазме, суши се, атомизује и јонизује. Узорак се налази у виду јона или атома када дође до анализираног региона плазме. Плазма (6000-7000 K) има довољну количину енергије да уклони електрон са атома и тако генерише слободан јон. У плазми, поред позитивних јона генеришу се и негативни јони. Транспорт анјона је другачији од транспорта катјона у ICP-MS уређају, и да многи комерцијални инструменти нису дизајнирани за одређивање анјона ([Dean J.R., 2005.](#)).

Компоненте ICP извора су плазменик (*енг. Torch*), радиофреквентни калем и генератор. Плазменик садржи три концентричне цеви, спољашњу, средишњу и ињектор за узорак, које су изграђене ок кварца. Кроз спољашњу и средишњу цев пролази гас протоком од 12 - 17 L/min. При протоку од 1 L/min секундарни гасни проток пролази између средишње цеви и ињектора за узорак и користи се да промени позицију плазме, док се терцијални гасни проток брзином од 1 L/min, носи узорак у виду аеросола од система за увођење узорка до плазме ([Thomas R., 2008.](#)). На висини од 10-20 mm од *interface* региона у хоризонталном положају се поставља плазменик. У плазменику узорак аеросола пролази кроз низ физичких промена, прво долази до десолватација капљица, долази до уклањања молекула воде а узорак постаје чврст остатак. Чврсти остатак, како се узорак даље помера у плазми прелази у гасовито стање а онда у основно стање атома. Превођењем атома до јона постиже се сударањем електрона аргона и у мањој мери јона аргона са атомима које се налазе у основном стању. Јони напуштају плазму и усмеравају се ка *interface* масеног спектрометра ([Thomas R., 2008.](#)). *Interface* региона има улогу да транспортује јоне константно, ефикасно и са електричним интегритетом из плазме

у масени анализатор. *Interface* је најкритичнији део овог уређаја. Јони се усмеравају ка главној вакуумској комори помоћу серија електростатичких сочива, која се називају и јонском оптиком. Функција им је да јонски сноп електростатички фокусирају ка масеном спектрометру, заустављајући фотоне и неутралне врсте да не дођу до детектора, што се постиже неком врстом физичке баријере, позиционирањем масеног спектрометра изван осе у односу на јонски сноп. Масени анализатор представља систем у самом уређају који раздваја јоне према њиховом наелектрисању и односу масе ([Thomas R., 2008.](#)). У ICP-MS уређајима већина детектора користи високо негативну волтажу на фронталној површини да повеже позитивно наелектрисане јоне за детектор. Када јони ударе у активну површину, се ослобађа одговарајући број електрона који ударају у следећу површину детектора, и тако увећавају сигнал. Претходно се примењивао СЕМ (*енг. Channel Electron Multiplier*), да би био замењен детекторима диодног типа, који имају шири линеарни опсег од СЕМ-а, што је веома битно код анализе елемената који су у узорку присутни у ниским концентрацијама ([Thomas R., 2008.](#)). Интерни стандард (IS) чија употреба датира из 1925. године, је неутрани изотоп који се додаје у слепу пробу, узорке и стандарде пре саме анализе у тачно одређеној концентрацији. IS императивно треба да задовољи неке од следећих услова: количина које се додаје мора бити изузетно прецизна и иста у стандардима и не сме да буде присутан у узорку. Када се као интерни стандард користи елемент који је већ присутан у узорцима, важно је да садржај тог елемента буде константан у свим узорцима ([Thomas R., 2008.](#)). Софтвер прилагођава концентрацију анализата у непознатом узорку који упоређује вредности интензитета интерног стандарда у непознатом узорку са оним вредности у стандардним растворима. Елементи интерног стандарда се бирају на основу њихове сличности у карактеристикама јонизације са аналитичким елементима ([Thomas R., 2008.](#)).

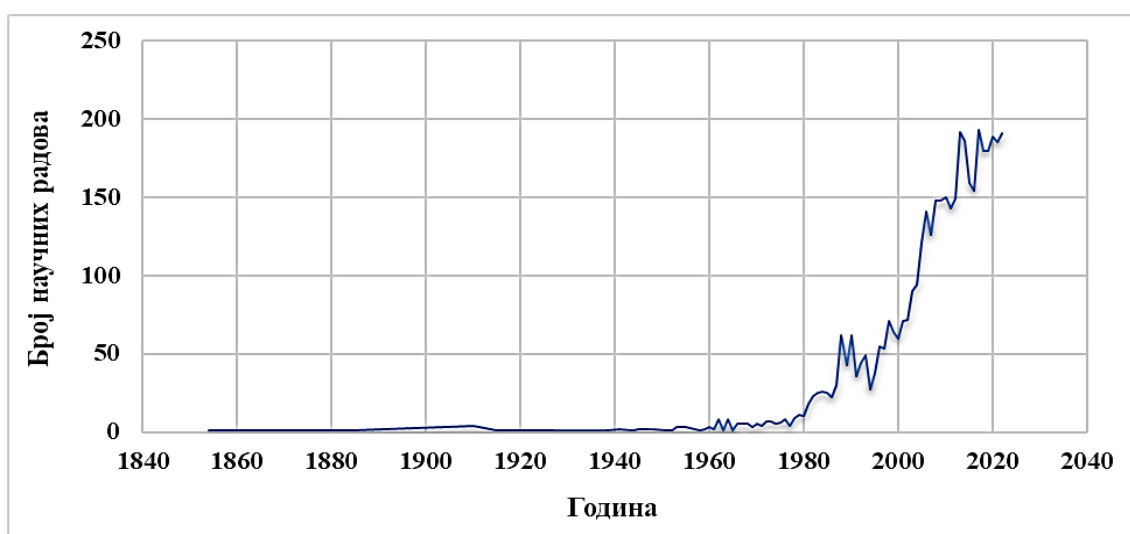
3. Литературни преглед досадашњих истраживања

Анализа земљишта и биљака може бити корисно средство за процену квалитета животне средине на одређеном географском подручју ([Calzoni G.L., 2007.](#)). Клека и бели бор се већ дуго користе у људску исхрану али и у медицинске сврхе чије је одређивање концентрације катјона и анјона елемената од велике важности. Међутим, досадашњим прегледом литературе уочава се да је мали број обављених радова из области животне средине док је највећи број радова везана за ове биљке из области пољопривредних и биолошких наука.

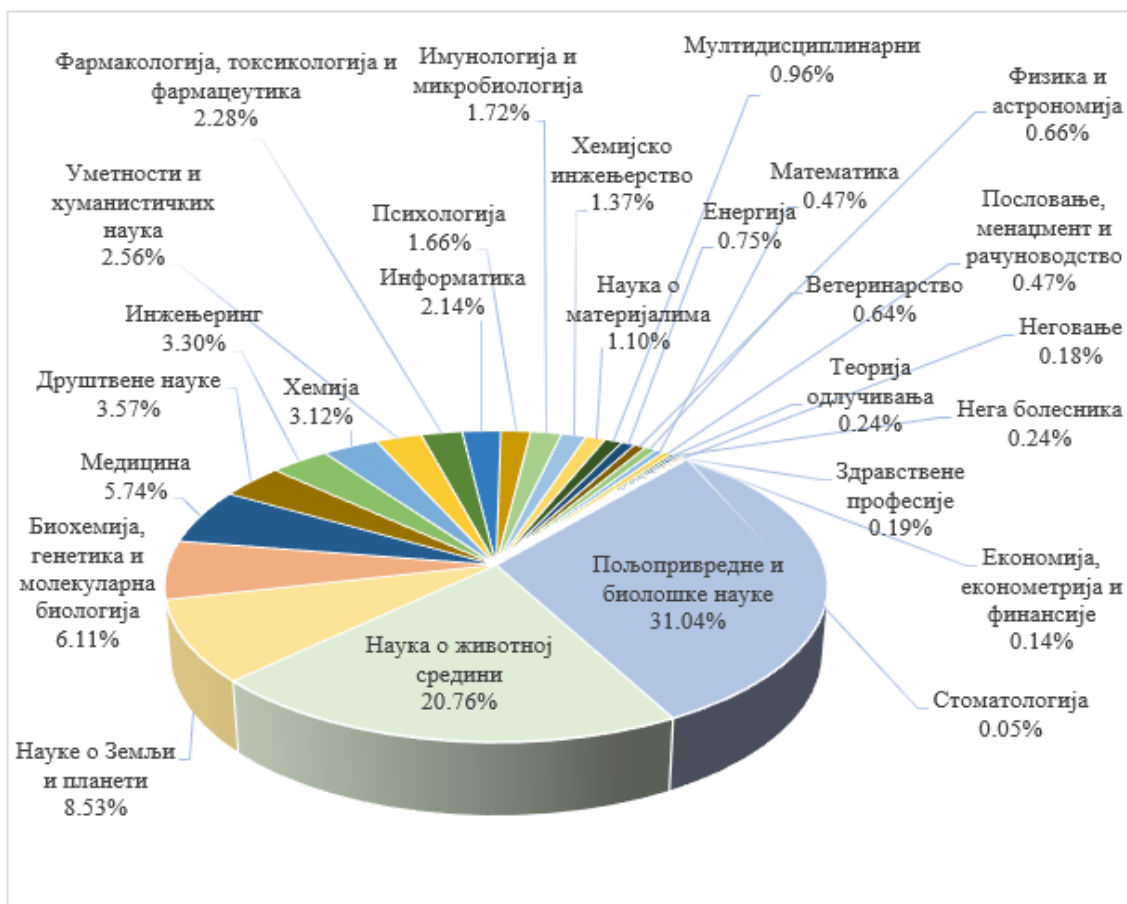
3.1. Клека (*Juniperus communis*)

Клека (*Juniperus communis*) позната и као обична клека, је зимзелени грм или мало дрво које може да нарасте до висине 2 - 6 метара. Карактерише је изузетно прилагодљива природа и способност да се развија у различитим стаништима. Ова врста има велику еколошку валенцу, што значи да се може прилагодити различитим климатским условима. Присутност се може приметити у регионима са различитим типовима климе, укључујући суве и топле области као и планинске регионе. У Европи, се може наћи широм континента, укључујући и северну и јужну Европу. Такође, јавља се у деловима Мале Азије, Кавказа, Ирана, Авганистана и Хималаја. У Северној Америци, је присутна, мада мање често, и може се наћи у различитим деловима континента. Ретко се јавља у планинама Северне Африке. Ова врста клеке може да се насели у различитим типовима станишта, укључујући суве и топле листопадне шуме и степску вегетацију, суве и топле четинарске шуме, као и области са осиромашеним земљиштем. Клека се често среће у девастираним буковим шумама или у подручјима где се буква меша са јелом ([Adams P.R., 2008.](#), [Vidaković M., 2004.](#), [Lakušić M., 1980.](#), [Šilić Č., 1990.](#), [Jovanović B. 1992.](#)). Клека је зимзелен грм или стабло које је врло отпорно и густо разгранато. Висина може варирати од 1 до 3 метра за грмове и од 8 до 12 метара за стабла. Клека је једнодома биљка, што значи да на истој биљци можете пронаћи мушке и женске цветове, иако се често налазе на одвојеним биљкама. Круна клеке може бити конусна или овална. Мушки примераци имају ужу круну, док женски примерци имају ширу круну. Кора

клеке је тамно сива или сиво смеђа и има уздужне пукотине или перунав изглед. Листови клеке су распоређени пршљенасто, по три у сваком пршљену. Иглице су бројне, светлозелене боје, дугуљасто-јајасте или округле. Плодови клеке су бобице које се јављају након оплодње женских цветова. Могу бити смеђе или плаве боје, с плавим премазом или без њега. Плодови сазревају у другој години, обично током јесени ([Serebryanaya F.K., 2015.](#)). Плод клеке се користи у медицини већ вековима. У антици, старогрчки лекари су користили плод клеке за лечење различитих здравствених проблема, укључујући болести бубрега и мокраћних путева ([Adams P.R., 2008.](#)). Клека се користи у различите сврхе у традиционалној медицини, фитотерапији и козметичкој индустрији. Регион Медитерана и западна Европа су познати по употреби плодова клеке у овим подручјима. У традиционалној медицини, клека се користи за третирање различитих здравствених проблема. Тренутно се истражује потенцијална употреба плода клеке у третману дијабетеса. Постоје студије које сугеришу да плодови клеке могу ослободити инсулин из панкреаса и тиме ублажити глад. Најновија истраживања су још у раној фази и даља истраживања су потребна како би се потврдили резултати и разумео тачна механизам деловања у потпуности клеке на дијабетес. Клека се користи у фармацеутској индустрији, где се уља и екстракти клеке користе као активни састојци у различитим лековима. Користи се у ароматизацији алкохолних пића, где мора бити доминантни укус у свим врстама цина према прописима Европске уније ([Aumatell M.R., 2012.](#), [Mc Donnell E., 2001.](#)).



а)



б)

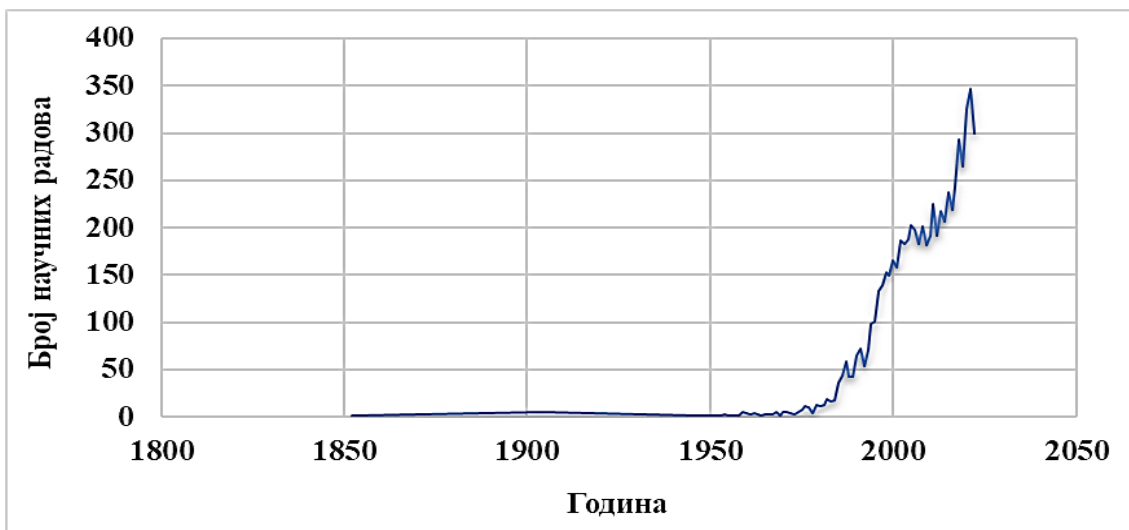
Слика 3. а) Објављени научни радови по кључној речи претраживања „*Juniperus communis*” у периоду од 1852-2023.; б) расподела објављених радова по областима истраживања за исти период (www.scopus.com)

Испитивања су показала да клека има одређене карактеристике које је чине добрим кандидатом за фиторемедијацију ([Ahrens L., 2011.](#)). Акумулирајући велику биомасу, употреба клеке је обећавајућа због специфичних својстава акумулације катјона метала и способности да брзо расте ([Li X., 2017.](#)). Досадашња истраживања су показала да се клека може користити за фиторемедијацију уранијума ([Schwitzguébel J.P., 2002.](#), [Muske D.N., 2016.](#)). Клека је веома погодна за фотостабилизацију због свог дубоког кореновог система, високе толеранције на катјоне метала, високог интензитета транспирације и способности да расте на земљиштима сиромашним хранљивим материјама ([Pulford I.D., 2003.](#)).

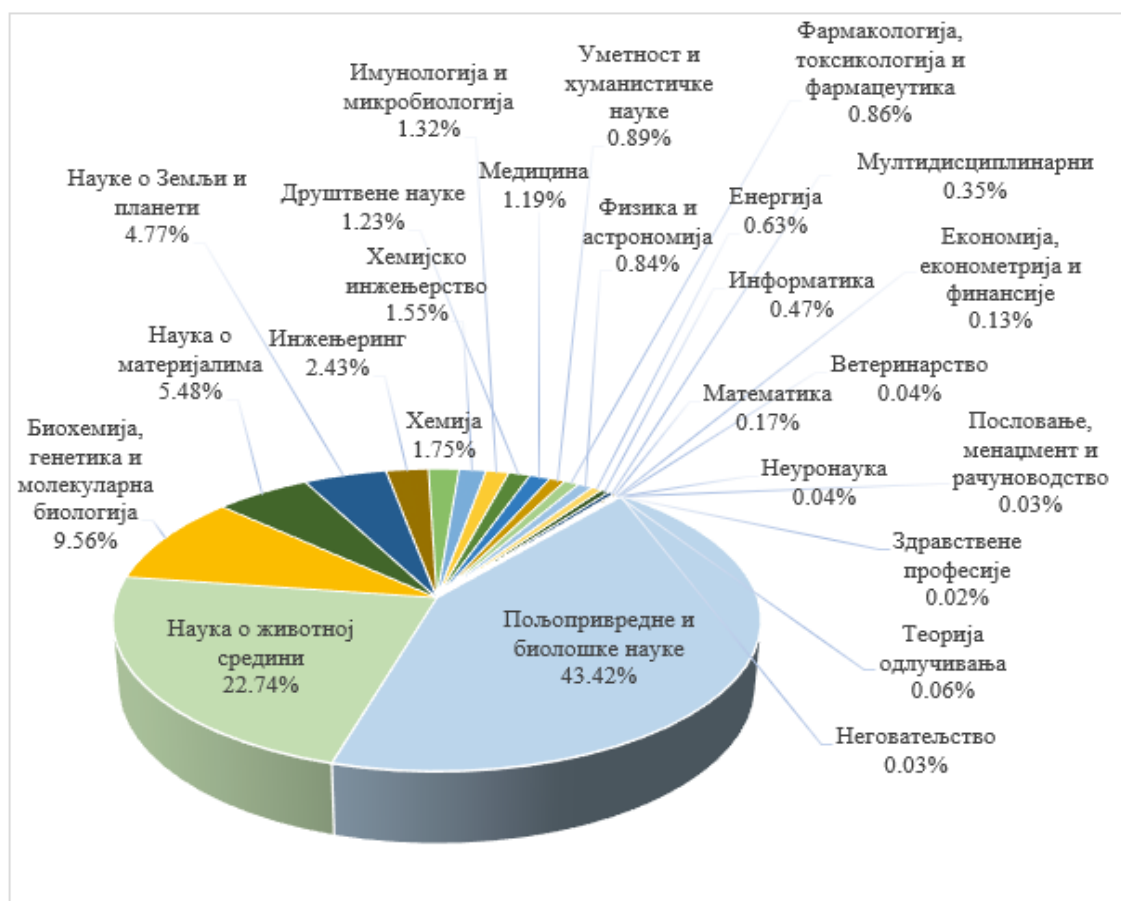
3.2. Бели бор (*Pinus sylvestris* L.)

Бели бор (*Pinus sylvestris* L.), је најраспрострањенија врста у поређењу са својим сродницима и погодан је за праћење промена у животној средини ([Baltrenaitė E., 2015.](#)). Ова врста је веома прилагодљива и може успевати у различитим климатским условима, од хладних и сурових северних подручја до топлијих и сушнијих подручја. Може се наћи на различитим геолошким подлогама, укључујући песак, глину, кречњак и сиромашне земље. Бор има велику еколошку толеранцију и способан је да опстане у различитим условима, што га чини доминантном врстом у многим шумским екосистемима широм света ([Vidaković M., 1991.](#)). Током глацијалног максимума, северни делови Европе били су непогодни за раст белог бора због хладноће и присуства леда. Међутим, у топлијим предеима централне и јужне Европе, борови су успели да опстану. Ти региони су били изван подручја прекривених глечерима и имали су благу климу, што је омогућавало ширење белог бора ([Willis K.J., 2004.](#)). Клима постепено мења и долази до глобалног загревања након глацијалног максимума, повољни услови за раст белог бора проширили су се на већи део Европе. Борови су се могли ширити у нове области где су се стекли одговарајући услови, као што су довољно сунчеве светлости, прихватљива температура и довољно влаге ([Pyhäjärvi T., 2008.](#)). Бели бор углавном расте у северном и централном делу Европе, док је на југу ограничен на високе планине у области Медитерана ([Castro J., 2004.](#)). Услед различитих геолошких подлога и земљишта, бели бор се прилагођава својој околини. На северу Европе, где се јављају киселе подлоге и подзоли, бели бор је прилагођен овим условима. Подзоли су типична земљишта киселог рН, богата хумусом и сиромашна хранљивим материјама. Бели бор је способан да расте на оваквим земљиштима, јер је прилагодио своје корење да апсорбује хранљиве материје из ових сиромашних земљишта. На југу Европе, где су чешће базне подлоге, бели бор се може наћи. Базичне подлоге су богате калцијумом и другим минералима, што утиче на рН вредност земљишта. Бели бор је прилагођен овим условима и може успешно расти на базичним подлогама ([Solon J., 2003.](#), [Øyen B.H., 2006.](#)). Бели бор је врста четинара која успева у различитим типовима земљишта, укључујући сушне области, алувијална и песковита земљишта, камените подлоге и чак и мочварна

подручја ([Kole C., 2007.](#)). Бор скоро да успева у свим типовима станишта, на плодном и влажном земљишту, као и на сувом и неплодном ([Muilu-Mäkelä R., 2015.](#)). Бели бор је карактеристична за западне и југозападне пределе земље. Распрострањеност белог бора је велику у Србији, а посебно се истичу планине и подручја: Повлен, Мокра Гора, Шарган, Маљен, Тара, Златибор, Озрен (код Сјенице), Радочело, Копаоник, Златар, Гола Брда-Понор, Црни Врх (код Пријепоља) и Шар планина ([Cvjetičanin R., 2010.](#)). Крошња белог бора је проређена и светле боје у поређењу с црним бором, отворенија је и има пирамидални облик, а на плитком терену може бити штитаста и амреласта. Бели бор може достићи висину до 40 метара и има дугу животну доб. Ова врста бора може живети веома дуго. Гране белог бора су распоређене у пршљеновима. Углавном има развијену жилу срчаницу, што значи да срчика дрвета има већи удео у односу на спољашњи део. Млада кора белог бора је црвенкасто-сива. Рано се формира плута, а у горњем делу стабла кора се љуспа у врло ситне жутоцрвене листиће, што је изумрли перидерм. Шишарке белог бора су већином дуге 4-5 cm, ређе 6-7 cm, круте су, шиљате и на леђној страни затворенозелене, док су на равној, унутрашњој страни светлозелене. По ивицама су врло фино тестерасте. Трајност шишарке је 2-3 године, након чега опадају и замењују се новим. Бели бор цвета у мају или јуну. Мушке ресице су јајасте и сумпорножуте, густо израсле при врху прошлогодишњег избојка. Женска шишарица се формира након оплођења. Она се искриви наниже, постаје сивожута и незнатно нарасте до јесени. У другој години, шишарица постаје зелена и сазрева у октобру, виси на доста дугој дршци. У марту или априлу треће године, шишарка отпада и ослобађа семе ([Novaković-Vuković M., 2015.](#)). У периоду од 1854. године до 10. јуна 2023. по кључним речима претраживања „*pinus sylvestris L*” на научној бази Scopus (слика 4а), од укупно 6671 објављена научна рада свега је 22,74 % из области животне средине (слика 4б).



а)



б)

Слика 4. а) Објављени научни радови по кључној речи претраживања „*Pinus sylvestris* L.” у периоду од 1852-2023.; б) расподела објављених радова по областима истраживања за исти период (www.scopus.com)

Бор припада групи најважнијих врста дрвећа у Скандинавији и средњој Европи. Бели бор је изузетно важна јединка, због својих способности да се развија на различитим типовима земљишта и у тешким условима. Познат је по својој способности да акумулира хранљиве материје из земљишта, укључујући и катјоне тешке метале. Способност бора да акумулира тешке метале чини га изузетно корисним у процесу фиторемедијације земљишта. Фиторемедијација је процес коришћења биљака, у овом случају бора, за уклањање или смањење загађења земљишта. Бор има способност да биоакумулира катјоне тешких метала из земљишта и депонује их у својим ткивима, чиме смањује нивое загађења земљишта. Техника фиторемедијације је веома ефикасна за обнову контаминираниог земљишта и очување животне средине ([Baltrenaitė E., 2015.](#)). Иглице одређених врста бора се користе у традиционалној медицини за ублажавање тегоба повезаних с артритисом и реумом. Иглице бора се често користе као облоге које могу смањити упалу, ублажити бол и побољшати покретљивост зглобова. Есенцијална уља добијена из иглица бора имају широку примену у лечењу респираторних проблема. Инхалирање или ароматерапија есенцијалним уљима из иглица бора може помоћи у ублажавању симптома астме, бронхитиса и других респираторних инфекција. Борова уља имају антимикробна својства и могу помоћи у побољшању рада дисајних путева. Смола са грана и стабала бора има антисептичка својства. Може се користити за дезинфекцију мањих рана и огреботинау традиционалним формулацијама за лечење кожных инфекција и опекотина ([Upadhyay R., 2015.](#)). Акумулација катјона тешких метала у иглицама белог бора је позната и као индикатор стања животне средине. Иглице белог бора имају способност да преузимају и задржавају катјоне тешких метала из околне средине. Када се анализирају иглице белог бора, на основу садржаја тешких метала у њима, може се добити информација о степену загађења и квалитету животне средине у којој се налазе ([Pajak M., 2017.](#)). Бели бор је познато по својим ефикасним способностима фитоекстракције ([Mleczek M., 2018.](#)). Природан раст биљака и уклањање тешких метала на рударским локацијама може бити ефикасан облик опоравка. Стога је проучавање овог процеса од значајног научног и практичног интереса. Ове биљке имају широк коренов систем који је у стању да акумулира велике количине загађујућих материја ([Beś A., 2019.](#)). У односу на надземни део биљке корен бора у

већини случајева садржи концентрације различитих катјона метала Zn, Ni, Cu, Al, Sb и As ([Wang S., 2012.](#), [Zhang H., 2014.](#), [Jana U., 2012.](#), [Fuentes D., 2007.](#)). Са повећањем концентрације катјона метала у земљишту, количина усвојених метала у корену опада због засићења самог ткива корена ([Fuentes D., 2007.](#)). Такво понашање је погодно за биљке које се користе за фиторемедијацију контаминираних подручја а и на тај начин се смањује могућност доспевања тешких метала у ланац исхране. Подаци указују да стабло бора у односу на друге делове има најнижи садржај метала ([Skonieczna J., 2014.](#), [Varnagirytė-Kabašinskiėnė I., 2014.](#), [Rossini Oliva S., 2004.](#), [Saarela K.E., 2005.](#), [Shcherbenko T.A., 2008.](#)). Концентрације неких макро и микроелемената су испитиване у различитим деловима белог бора, узорковање истог је било у шумској области северозападне Пољске ([Skonieczna J., 2014.](#)). Највеће концентрације различитих хемијских облика налажења:

- у иглицама стабла: N, Mg, Na, C, K, Fe, P, S и Mn,
- у кори стабла: Ca, Cd и Zn,
- у гранама стабла: Cu и Cr и
- у шишаркама стабла: Ni и Pb.

Најниже концентрације различитих хемијских облика налажења:

- у стаблу: Ni, Cu, Zn, P, C, N, S, Na, Pb и Fe,
- у шишаркама: Mn, Ca и Cd,
- у одумрлим гранама: K и Mg и
- у кори: Cr.

Неке од концентрација катјона елемената испитиване су у иглицама, гранама, кори и стаблу белог бора на удаљености од 5 – 77 km топионице Cu и Ni. Испитивања су показала да гране и корење садрже веће концентрације испитиваних катјона тешких метала у односу на иглице и стабло. Специфично, концентрације катјона цинка (Zn) су највеће у иглицама и гранама, док су концентрације кадмија (Cd) веће у гранама и кори. Никал (Ni), бакар (Cu) и олово (Pb) имају веће

концентрације у кори ([Shcherbenko T.A., 2008.](#)). Највеће концентрације Pb су детектоване у стабљикама а највећи садржај Cu, Fe и Cr у иглицама и изданцима бора ([Ots K., 2012.](#)). На јаловишту рудника антимона једна од присутних биљака која се адаптирала на екстремне услове средине и која је има развијен механизам за фитостабилизацију је био и бели бор, утврђено је да се бор може користити за ревегетацију јаловишта пошто је корен акумулира As и Sb без даље транслокације у надземне делове ([Jana U., 2012.](#)).

4. Основне хипотезе и циљ рада

Антропогени утицај на животну средину у данашњем времену привлачи све већу пажњу бројних истраживача. Загађење потенцијално токсичним и токсичним катјонима и анјонима елементима и супстанцама резултат је различитих антропогених активности које укључују прераду руде, саобраћај, спаљивање отпада, пољопривредне активности, топљење руда метала итд. Млевање, уситњавање и концентрисање руде су процеси који су често везани са загађењем животне средине. У околини Рашке, од 20-их година прошлог века су се изводила прва истраживања лежишта оловно цинкане руде. Лежишта Pb-Zn руде Кижевак и Саставци (Бадањ) су лежишта руде која се налазе на северозападним падинама Копаоника, источно од града Рашке у Србији. Река Ибар се налази на западној страни ових лежишта. Лежишта Pb-Zn руде Кижевак и Саставци (Бадањ) била позната још у Средњем веку. Рударење олова и цинка на овим локацијама има дугу историју у овом делу Србије. Средњовековно рударство на територији данашње Србије било је врло значајно и развијено. Рударење је било једна од најважнијих економских активности у том периоду. Копаоник је био познат по богатству рудних налазишта и зато је добио надимак „сребрна планина”. На Копаонику, као и у околини Рашке, било је рударских операција у којима су се извлачили различити метали, укључујући сребро и олово. Лежиште олова и цинка Кижевак, географски се налази на западним падинама Копаоника, источно од града Рашка, на удаљености око 7 km ваздушном линијом. У геолошко-металогенетском смислу припада рудном пољу Рашка и копаоничкој металогенетској зони. Ова зона, са својим бројним рудиштима, сматра се једном од најзначајнијих локалитета на

Балканском полуострву богатих рудних налазиштима различитих метала. Лежиште олова и цинка „Кижевак” је једино било у активној експлоатацији (1986-2002. године) и представљало је извор егзистенције Рудника „Сува Руда” из Рашке, који је вршио експлоатацију и прераду руде и изводио детаљна истраживања овог лежишта. Бадањ, сеоско насеље у општини Рашка, налази се у изворишном делу Радошићке реке, која протиче кроз ово насеље. Бадањ се налази на обронцима Копанника и Шанца, планине које су познате по својим природним лепотама и могућностима за рекреацију. Постоје историјски подаци који везују насеље Бадањ са рударским активностима. Насеље је познато по својим рудницима оловно-цинкане руде, који су били веома активни у средњовековном периоду. У то време, рудари из Бадња бавили су се рударством и експлоатацијом олова и цинка. Средњовековна рудишта у Бадању и околини имала су значајну улогу у промоцији економског развоја и културног наслеђа региона. Рудари су изводили рударске операције и добијали олово и цинк из рудних налазишта у околини. Иако рударство више није доминантна индустрија у региону, историјско наслеђе и постојање рудничких локација додатно обогаћују културни и туристички потенцијал Бадња и околине. Но, један од главних проблема је стварање јаловине, која представља неупотребљив материјал који остаје као резидуални токсични отпад након што се извади корисна руда. Јаловина може садржати различите штетне супстанце и метале које могу доспети у околни земљишни и водени систем и изазвати загађење. Површински копови доводе до снажне деградације земљишта и губитка природних станишта за животиње и биљке. Ови копови често могу садржати штетне и хазардне хемикалије као што су катјони тешких метала који могу да се акумулирају кроз ланац исхране, изазвати отровност и на крају озбиљно угрозити животиње и људима који се хране из тих система.

Основне хипотезе дисертације односиће се на увид у концентрације анализираних елемената у деловима одабраних биљних врста, као и могућност коришћења клеке и белог бора у сврхе фиторемедијације загађеног земљишта. Бели бор и клека су две важне биљне врсте које су предмет интересовања у области пољопривреде и биолошких наука. Обе биљне врсте имају значајну економску и еколошку вредност. Пољопривреда и биолошке науке имају значајну улогу у пружању информација и решења за одрживу употребу и заштиту ових врста. Број

објављених радова који се односе на коришћење ових биљних врста у сврхе фиторемедијације је мали, али с обзиром да се ове врсте користе за људску исхрану и као лековито биље, њихова употреба може бити од великог значаја.

На основу претходног разматрања, могу се дефинисати основне хипотезе:

- испитивање и увид концентрације елемената у различитим деловима клекe и белог бора укључујући корен, гране, лишће и плодове,
- дефинисање потенцијалних механизма које испитиване биљке користе када долазе у контакт са повећаним загађењем средине у којој могу да опстају или могућностима адаптације условима околине и
- коришћење белог бора и клекe у сврхе санације односно коришћења фиторемедијације загађеног земљишта на испитиваном подручју.

На основу изнетих хипотеза и анализе резултата добијених концентрација елемената у узорцима биљних делова и земљишту, који су узорковани у различитим зонама са различитим степеном загађења, очекује се утврђивање следећих закључака:

- разлика између добијених концентрација елемената у узорцима земљишта и биљног материјала из контролне зоне узорковања у поређењу са одабраним зонама, са циљем одабира адекватног биомониторинга,
- статистичка значајна разлика између добијених концентрација елемената у земљишту из зоне корена испитиваних зимзелених биљних врста узоркованог на местима под утицајем антропогених активности и контролног места,
- порекло испитиваних елемената у биљкама на основу комплементарне анализе састава земљишта и анализом биолошких фактора,
- способност изабраних врста за санирање загађеног земљишта анализираним елементима, неком од метода фиторемедијације и

- безбедност употребе белог бора и клеке у људској исхрани и у лековите сврхе.

Негативан утицај на животну средину имају рударске активности, највећим делом током извођења рударских радова али исто тако и годинама након затварања. Вишедеценијско загађење пореклом са површинских копова и неадекватно одложене јаловине оставило је последице на квалитет животних ресурса у испитиваној области.

На основу истраживачких активности, крајњи резултат ове докторске дисертације ће пружити научни допринос који се тиче могућност процене и/или санације загађења животне средине, коришћењем делова зимзеленог биља, техником фиторемедијације. У докторској дисертацији дефинисаће се модел процене подобности изабраних врста за процес фиторемедијације у виду пошумљавања, смањења ерозије тла и очувања животне средине. Употреба ових биљних врста у исхрани или у лековите сврхе представља додатни разлог за даљим истраживањем из врло комплексне високо дисциплинарне области животне средине.

5. Материјали и методе рада

5.1. Опис испитиваних подручја

Лежишта оловно цинкане руде Кижевак и Саставци (Бадањ) налазе се источно од града Рашке на удаљености од око 7 km ваздушном линијом и западно од Копаоника на 8 km ваздушном линијом. Лежиште Pb-Zn руде Кижевак (43°29' северне географске ширине, 20°69' источне географске дужине) и лежиште Pb-Zn руде Саставци (Бадањ) (43°32' северне географске ширине, 20°71' источне географске дужине) се налазе у близини Семетешког језера које се налази у подножју Копаоника и представља туристичку атракцију општине Рашке.

Између Плана на северу и Липовице на југу простире се рудно поље Рашке на површини од око 500 km². Једно од лежишта олова и цинка које се налази на овој површини је Кижевак који је почео са радом 1986 ([Radulović B., 1995.](#)). Лежиште олова и цинка Кижевак (слика 5) је позиционирано на западним падинама Копаоника и налази се источно од града Рашке, на удаљености око 7 km ваздушном линијом. Лежиште је било у редовној експлоатацији од 1986-2002. године а експлоатација је вршена површинским копом и представљало је извор егзистенције Рудника „Сува Руда” из Рашке, који је вршио експлоатацију и прераду руде и изводио детаљна истраживања овог лежишта. У орографском смислу рељеф терена истражног простора рудног поља Рашка има брдовито-планински карактер и захвата западне падине Копаоника. Рудно поље Рашка, познато и као Копаоничка металогенетска зона, је регион у Рашкој области Србије који садржи велики број рудних налазишта. Оно се сматра једним од најзначајнијих рудних области на Балканском полуострву у геолошко-металогенетском контексту.



Слика 5. Површински коп Pb-Zn руде Кижевак

Највише коте терена налазе се у источном делу (око 1500 m), а најниже у долини реке Ибар (око 400 m), што имплицира на закључак да терен генерално пада од истока према западу, односно према Ибру. Већи део терена је под храстом а ређе под буковом шумом, као и ливадама, а мањи део је под воћнацима и обрадивим земљиштем. Климатске одлике у потпуности носе обележје субалпске климе планинског подручја, са дугим снежним зимама. У брдовито-планинским деловима постоји више села и засеока претежно планинског типа насеља. Миграција сеоског становништа према већим насељеним местима, према граду Рашки и уопште према мањим урбаним насељима у долини реке Ибар, догодила се крајем XX века. Од врха Козје главе (954 m) идући према северу, издвојене су три рудне зоне на међусобном растојању од око 500 m ([Radulović B., 1995.](#)). У редовној експлоатацији је била друга рудна зона, која се налази на надморској висини од око 680 m. Годишња производња руде била је веома променљива и кретала се од 56 000 до 180000 t/god. Откопано је око 2000000 тона руде и скинуто око 3500000 m³ раскривке.

Друго лежиште оловно цинкане руде Саставци (Бадањ) смештено је у изворишном делу Радишићке реке, на обонцима Карачког брда (916 метара) и

Шанца (1098 метара) у висинском појасу од 720-905 метара надморске висине (слика 6).



Слика 6. Површински коп Pb-Zn руде Саставци (Бадањ)

Сам постанак насеља Бадањ везује се за рударске активности и средњовековна рудишта. Помиње се као Бадан 1519. године, а у XIX веку било је припојено насељу Семетеш. Физиономијом разбијеног типа повезује три дела: Лајчнојевићи, Радојевине и Бадањ. На врху брда Шанац и Погани нос, постоји више од хиљаду кружних удубљења која указују на рударење у прошлости. На етажама површинског копа сачувани су остаци мреже подземних ходника, окана и ископа чији су облик и величина зависили од тла. У средњем веку овде су експлоатисане оловно-цинкане руде. Према незваничној процени, у овом лежишту има 364.000 тона руде са просечним садржајем 2,05% Pb и 5,59% Zn. На самом локалитету је регистрован висок садржај злата али је садржај арсена био прилично висок, што је довело до обуставе експлоатације због неадекватне примењене технологије прераде.

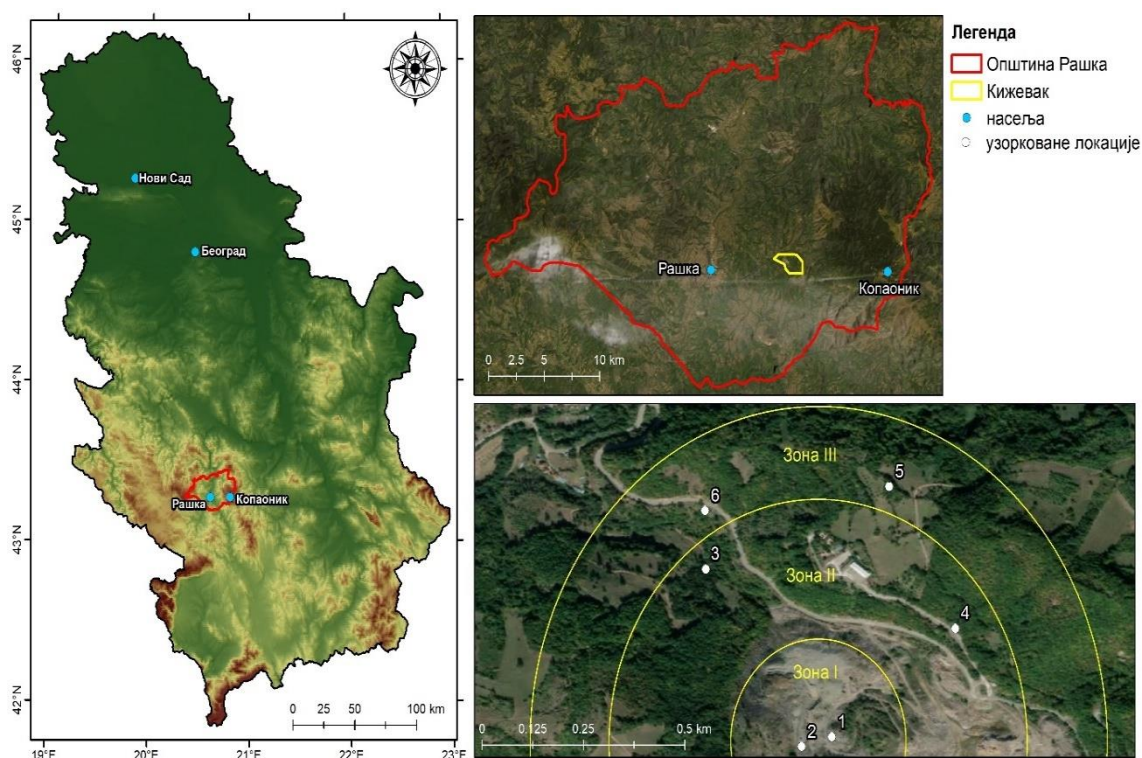
5.2. Узорковање биљног материјала и земљишта

Бели бор (*Pinus sylvestris L.*) и клека (*Juniperus communis*) које су коришћене у сврху истраживања докторске дисертације, су изабране за узорковање на основу више критеријума. Ове биљке су вишегодишње и прилагођене различитим животним условима, што им омогућава да опстану и успевају у различитим еколошким условима. Када је реч о дугогодишњем антропогеном загађењу, ове биљке могу пружити неке корисне информације. Будући да су дугогодишње биљке, оне имају способност да акумулирају загађујуће супстанце током времена. То значи да присуство одређених загађујућих материја у ткивима белог бора и клеке може указивати на присуство или историју загађења у том подручју. Бели бор и клека имају важну улогу у људској исхрани и медицини. Међутим, уколико биљке попут белог бора и клеке расту у загађеним подручјима, постоји ризик да се токсични елементи акумулирају у њиховим ткивима. Уколико се те биљке користе за исхрану или у медицинске сврхе, постоји могућност да се токсични елементи пренесу у људски организам, што може бити штетно по здравље.

5.2.1. *Опис зона и места узорковања биљног материјала и земљишта за површински коп Кижевак и површински коп Саставци (Бадањ)*

Места узорковања земљишта и биљног материјала обављено је у три зоне у којима је било распоређено 6 места узорковања са различитим степеном загађења (Tomović., 2023.). Места су одабрана по претпоставци прогресивног опадања садржаја одабраних елемената са повећањем дистанце у односу на површински коп Кижевак. Земљиште је узорковано сондом од нерђајућег челика на дубини од 20 cm где је пронађена и највећа маса корења. Након добијања композитног узорка уклоњено је лишће, камење, гранчице и остале видљиве нечистоће. Биљне врсте су изабране на основу више критеријума. У питању су вишегодишње биљке које успевају у различитим животним условима, једна од важнијих параметара је што се користе у медицинске сврхе али и за људску исхрану, а употребом загађених биљака долази до увођења токсичних елемената у ланац исхране. Места узорковања биљног материјала и земљишта су узоркована на примарном извору

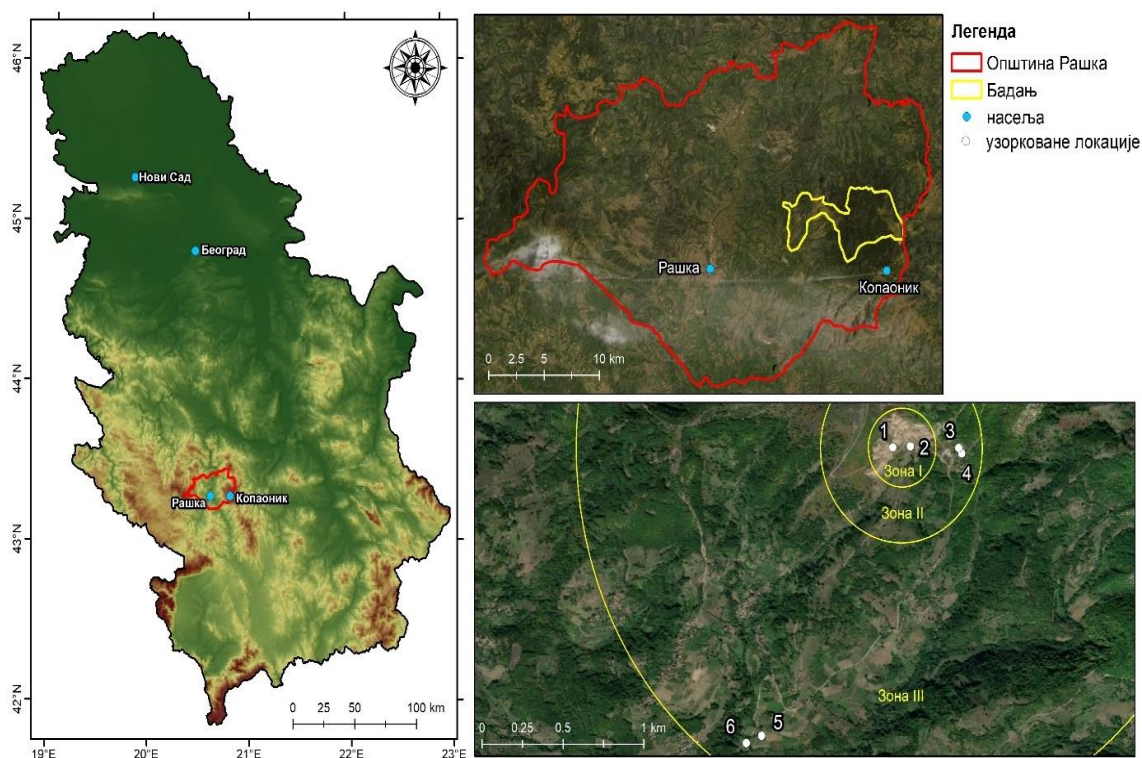
загађења, површински коп (зона I, узорак 1 и 2), секундарном извору загађења, непосредна близина самог површинског копа (зона II, узорак 3 и 4) и терцијална зона која је на удаљености од 500 m од површинског копа (зона III, узорак 5 и 6). Контролна зона представља место узорковања које се налази на 5 km ваздушном линијом од површинског копа Pb-Zn руде у близини засеока Кнежевићи, које се може сматрати незагађеним. На слици 7. приказана је мапа места узорковања земљишта и биљног материјала у односу на степен загађења за површински коп Кижевак.



Слика 7. Мапа области проучавања са местима узорковања земљишта и биљног материјала по зонама површинског копа Кижевак (тачке 1, 3 и 5 су узорци белог бор, тачке 2, 4 и 6 су узорци клеке)

Друга истраживачка студија је изведена са циљем истраживања степена загађења земљишта и биљног материјала на површинском копу и подручју Бадња, Саставци. Места узорковања су подељена у три зоне, према различитим степенима загађења. У првој зони, узорци су сакупљени на самом површинском копу, који представља примарни извор загађења. У другој зони, узорци су сакупљени у

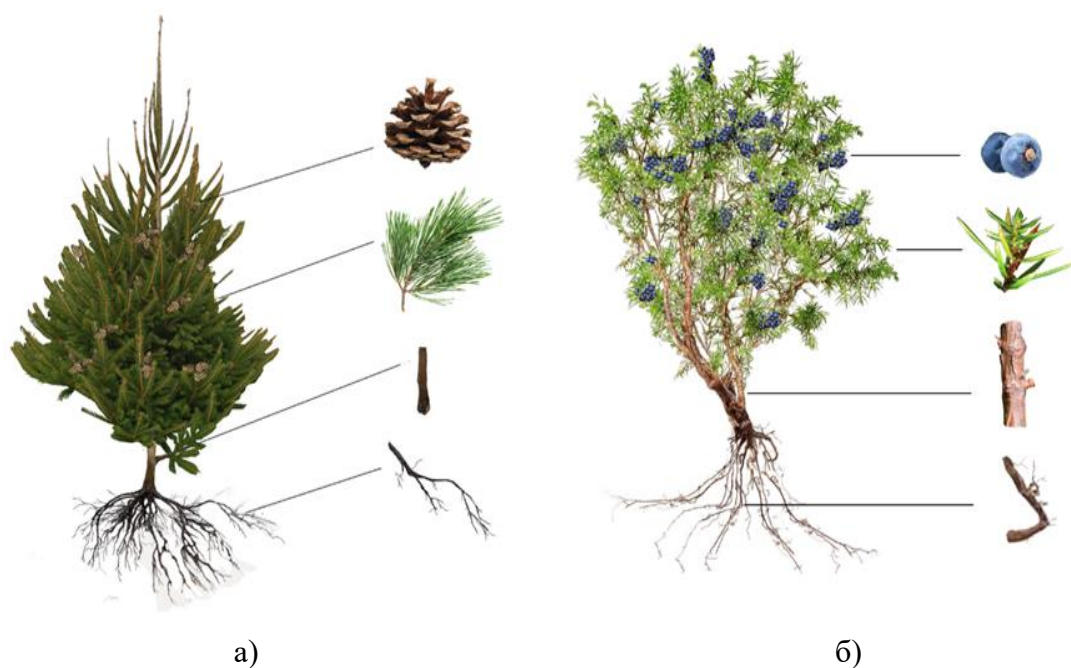
непосредној близини површинског копа, који представља секундарни извор загађења на удаљености од око 300 метара. У трећој зони, узорци су сакупљени на удаљености од 1700 метара од површинског копа. Поступак узорковања је обухватио сакупљање земљишта и биљног материјала. Земљишни узорци су сакупљени на дубини од 20 cm, на местима где је пронађена највећа маса корења. Након сакупљања узорака, извршено је чишћење и уклањање видљивих нечистоћа. На слици 8. приказана је мапа места узорковања земљишта и биљног материјала у односу на степен загађења за површински коп Саставци (Бадањ). Као и код првог локалитета, и за други локалитет је као незагађена зона, тј. контролна зона узето место у близини засеока Кнежевићи које се налази на удаљености од 5 km ваздушном линијом од површинског копа (Tomović, 2024).



Слика 8. Мапа области проучавања са местима узорковања земљишта и биљног материјала по зонама површинског копа Саставци (Бадањ) (тачке 1, 3 и 5 су узорци белог бор, тачке 2, 4 и 6 су узорци клеке)

5.2.2. Опис процедуре узорковања биљног материјала и земљишта

Да би се обезбедила максимална акумулација елемената у изабраним самониклим биљним врстама, узорковање је извршено у периоду бербе плода клеке (септембра-октобар). Узорковање је вршено у периоду без киша и ветра. Биљне врсте које су коришћене за анализу су биле у добром стању, без видљивих знакова болести и штеточина. Узорковање земљишта извршено је на дубини од 20 cm, (око 500 g). На истој дубини вршено је и узорковање корена дебљине до 1 cm. На висини од 50-70 cm за клеку и на висини од око 1.50-1.80 cm за бели бор, са различитих страна сваке биљке узорковано је 4-5 грама дебљине од око 1 cm. Са истих грана је извршено и узорковање плода клеке у зрелој фази, сличне боје и облика, као и узорковање шишарки које су биле сличних облика као и лишће (иглице) за обе биљне врсте. Према процедури узорковања ([Mingorance M. D., 2007.](#)), земљишта и појединачних делова биљног материјала (корен, гране, иглице и плод) припремљени су композитни узорци (слика 9) за површинске копове Кижевак и Саставци (Бадањ). Узорци су упаковани у папирним кесама, обележени и транспортовани до лабораторије, где је обављена припрема истих за даљу анализу.



Слика 9. Шематски приказ а) белог бора и б) клеке са узоркованим деловима биљног материјала (корен, гране, иглице и плод)

5.3. Припрема узорака биљног материјала и земљишта за анализу

Припрема узорака биљног материјала и земљишта за физичко-хемијске анализе у хемијској лабораторији и лабораторији за припрему минералних сировина на Хемијском факултету у Београду укључивала је следеће кораке:

- одабир и прикупљање узорака: узорци биљног материјала (корен, гране, иглице и плодови) и земљише су пажљиво одабрани на терену према специфичним критеријима,
- припрема узорака биљног материјала: биљни материјал је сушен како би се уклонила вишак влаге и спречило кварење. Након сушења, материјал је дробљен како би се добио фини прах који је погодан за даљу анализу и
- припрема узорака земљишта: из земљишта су укољени камечићи и биолошки материјал након чега је земљиште уситњено ваљком, хомогенизовано и просејано кроз сито отвора 2 mm.

5.4. Одређивање садржаја органских материја у земљишту

У земљишту органске материје представљају комплексну смешу животињских и биљних остатака. Имају утицаја на бројне карактеристике земљишта. На приближно неутралне рН вредности земљишног раствора и на одржавање биолошке продуктивности земљишта кључни фактор представља садржај органских материја ([Mao Y., 2014.](#), [Eash N.S., 2016.](#), [McCauley A., 2017.](#)). Одређивање садржаја органских материја у земљишту урађено је на Факултету техничких наука у Косовској Митровици.

Припљемљени узорци земљишта су до константне масе сушени на температури 105 ± 5 °C у сушници. Гравиметријском методом губитка масе (LOI – loss on ignition) одређиван је садржај органских материја у земљишту након сушења. Узорци су измерени на аналитичкој ваги, марке KERN модел ABJ-NM/ABS-N, затим су премештени у порцеланске посуде и смештени у пећ за жарење (високотемпературна пећ, VTP-1,2, ELEKTRON), где су узорци земљишта

жарени у трајању од 2 сата у коме се температура постепено повећавала до 440 °C ([ASTM D2974., 2014.](#)). У узорцима земљишта садржај органских материја је одређиван на основу губитка масе на високој температури ([Reddy K. R., 2002.](#)). Порцеланске посуде са узорцима земљишта су чувани у ексикатору до потпуног хлађења и мерења масе. Финално мерење узорака земљишта је обављено на аналитичкој ваги марке KERN модел ABJ-NM/ABS-N. Прорачун садржаја органских материја у земљишту извршен је према једначини (1):

$$OM = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

где су:

OM - садржај органских материја у земљишту (%),

m_1 - маса сувог земљишта пре жарења (g) и

m_2 - маса земљишта након жарења (g).

На основу садржаја органских материја земљиште се дели на ([USEPA., 2007.](#)):

- земљишта са ниским садржајем органских материја (<2%),
- земљишта са средњим садржајем органских материја (од 2 до <6%) и
- земљишта са високим садржајем органских материја (од 6 до 10%).

5.5. Одређивање киселости узоркованог земљишта

pH вредност земљишта је битна карактеристика која утиче на раст и развој биљака. pH скала се креће од 0 до 14, при чему pH вредност 7 означава неутрално земљиште. Већина биљака преферира благо киселу до благо алкалну средину, па је оптималан pH опсег за адекватан раст и развој биљака обично између 6,5 и 7,8. У том pH опсегу, већина хранљивих материја је најлакше доступна биљкама, што омогућава оптималну апсорпцију хранљивих састојака кроз корен биљке ([Eash N.S., 2016.](#)).

Одређивање рН вредност земљишта обављено је у хемијској лабораторији на Хемијском факултету у Београду. ISO стандард 10390:2005 се односи на одређивање рН вредности земљишта и користи се за мерење како активне (рН(H₂O)), тако и потенцијалне киселости земљишта (рН(KCl)), ([ISO., 2005.](#)). Одређивање рН вредности је вршено у суспензији 1g земљишта и 100 ml дестиловане воде или 1g земљишта и 1M раствора KCl коришћењем инструмента Orion Star A221, Thermo Scientific.

Према USDA (Америчко министарство пољопривреде) класификацији земљишта према киселости, рН вредности су подељене у различите категорије како би се описала киселост или алкалност земљишта ([USDA., 1988.](#)). Категорије су:

- екстремно кисело: рН = 3,5-4,4,
- веома јако кисело: рН = 4,5-5,0,
- јако кисело: рН = 5,1-5,5,
- умерено кисело: рН = 5,6-6,0,
- слабо кисело: рН = 6,1-6,5,
- неутрално: рН = 6,6-7,3,
- слабо алкално: рН = 7,4-7,8,
- умерено алкално: рН = 7,9-8,4,
- јако алкално: рН = 8,5-9,0.

5.6. Микроталасно растварање узорка земљишта и биљног материјала

Микроталасно растварање узорка земљишта и биљног материјала обављено је на Хемијском факултету у Београду. Микроталасна дигестија је изведена у SpeedWave XPERT инструменту, произвођача Berghof. У тefлонским киветама је измерено око 0,4 g узорка. Додато је 6 ml пречишћене азотне киселине и 2 ml водоник пероксида (30%, Fluka). Пречишћена азотна киселина је направљена пречишћавањем 65% HNO₃, p.a., Sigma Aldrich on Berghof -уређају за пречишћавање- BSB-939-IR. Деградација узорка је извршена у складу са микроталасном разградњом земљишта према EPA 3051A, Application Note

Environment & Geology, Digestion, Berghof (<https://www.berghof-instruments.com/en/application/microwave-digestion-of-soilaccording-to-epa-3051a/>).

Након завршетка програма и хлађења кивета, узорци су квантитативно пренети и разблажени ултра чистом водом (Milli Q water, Thermo Scientific, UK) у нормалним боцама од 50 ml. Сви узорци су филтрирани помоћу шприца филтера (25 mm, PTFE мембране 0.45 μm).

5.7. Одређивање концентрације елемената у земљишту и биљном материјалу

У узорцима је анализирано 12 елемената (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn). На ICP – OES (ICP – OES, iCAP 6500 Duo, Thermo Scientific, UK) анализирани су Al, Fe и Zn, а на ICP - MS (ICP-MS, iCAP Qc, Thermo Scientific, UK) As, Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Mo, Ni и Pb. Стандардне серије су направљене од интерних стандарда од 1000 ppb и разблажене ултра чистом водом до одговарајуће концентрације. Подаци о концентрацији сваког елемента добијени су на основу три мерења. За анализе, калибрациони раствори су направљени од стандардних залиха (Multi – Element Plasma Standard Solution 4, Specture®, Alfa Aesar; Major Elements Stock, EPA Method Standard, VHG Labs, Merck; Arsen Standard, Merck).

5.8. Метода статистичке обраде података

Анализа и обрада података је обављена коришћењем софтверског пакета SPSS 20.0. Спирманов коефицијент корелације је статистичка мера која се користи за процену повезаности између две променљиве, у овом случају концентрације елемената у земљишту и делова испитиваних биљних врста. Спирманов коефицијент корелације може се кретати у опсегу од -1 до 1. Вредност -1 указује на савршену негативну корелацију, 1 на савршену позитивну. ([Pallant J., 2009.](#)) предлаже следећу интерпретацију јачине корелационе везе:

- мала јачина: $r = 0,10-0,29$,
- средња јачина: $r = 0,30-0,49$ и

- велика јачина: $r = 0,50-1,0$.

Вредности Спирмановог коефицијента ([Spearman's correlation](#)) корелација креће се у следећим опсезима :

- нема корелације; $\rho = 0$,
- веома слабо; $0 < |\rho| \leq 0.19$,
- слабо; $0.20 \leq |\rho| \leq 0.39$,
- умерено; $0.40 \leq |\rho| \leq 0.59$,
- јако; $0.60 \leq |\rho| \leq 0.79$,
- веома јако; $0.80 \leq |\rho| \leq 1.00$ и
- монотона корелација; 1.00

Ове вредности се односе на Спирманов коефицијент корелације и користе се за процену снаге везе између концентрација елемената у земљишту и делова испитиваних биљних врста. Међутим, битан фактор за процену значајности корелације је и ниво статистичке значајности, који се често изражава као р-вредност. Уобичајене вредности за статистичку значајност су $p < 0,05$ и $p < 0,001$, што указује на то колико су добијене вредности поуздане. Р-вредност не одражава директно јачину везе, већ указује на вероватноћу да се добијена корелација може приписати случајности. Нижа р-вредност указује на већу статистичку значајност везе.

5.9. Анализа биолошких фактора

Разумевање мобилности елемената у земљишту и биљкама је кључно за правилно управљање хранљивим материјама и разумевање процеса акумулације и транслокације унутар биљака.

Фактор обogaћења (Enrichment Factor) је мера која се користи за процену антропогеног порекла елемената и степена њихове контаминације у земљишту и биљном материјалу. EF се често користи у истраживањима загађења и студијама утицаја људске активности на екосистеме ([Mingorance M.D., 2007.](#), [Christou A.](#),

[2017.](#)). Фактор обогаћења земљишта и биљног материјала може се израчунати на основу следеће једначине:

$$EF = \frac{c}{c_k} \quad (2)$$

где су:

C - концентрација елемента у делу биљке или земљишту (mg/kg) са одређеног места узорковања.

C_k - концентрација истог елемента у земљишту или деловима биљке (mg/kg) из контролне зоне.

Пет категорија које се на основу вредности користе у тумачењу фактора обогаћења ([Enuneku A., 2017.](#)):

- минимално обогаћење (EF<2): вредности ЕФ мање од 2 указују на минимално обогаћење и ниску контаминацију елемента. То сугерише да је концентрација елемента слична или близу природној концентрацији у контролној зони,
- умерено обогаћење (2≤EF<5): вредности ЕФ између 2 и 5 указују на умерено обогаћење. То сугерише да је концентрација елемента нешто већа од природне концентрације, што може бити резултат благог утицаја антропогених активности,
- значајно обогаћење (5≤EF<20): вредности ЕФ између 5 и 20 указују на значајно обогаћење. То указује на повећану контаминацију елемента и већи утицај антропогених активности на његово присуство у узорку,
- веома високо обогаћење (20≤EF<40): вредности ЕФ веће од 20 указују на веома високо обогаћење. То указује на значајно повећану концентрацију елемента и јак утицај антропогених активности на његову контаминацију,

- екстремно високо обогаћење ($EF > 40$): вредности EF веће од 40 указују на екстремно високо обогаћење. То указује на изузетно високу концентрацију елемента и врло јак утицај антропогених активности, што може представљати озбиљан проблем контаминације.

Фактора обогаћења у опсегу вредности од 0.5 до 1.5 обично се сматрају индикатором да је садржај одређеног елемента у земљишту резултат природних процеса. Ове вредности сугеришу да је концентрација елемента слична или близу природној концентрацији у околини, без значајног утицаја антропогених активности. С друге стране, вредности EF веће од 1.5 указују на могућност контаминације земљишта као резултат антропогених активности. То значи да је концентрација тог елемента повећана у односу на природну концентрацију, што може бити последица индустријских процеса, пољопривредних активности, отпада или других људских активности које доводе до уношења тих елемената у екосистем ([Kowalska J.B., 2018.](#)).

Биоконцентрациони фактор (енгл. *Bioconcentration Factor*) је мера која се користи за процену способности биљака да апсорбују елементе из земљишта преко корена. BCF се израчунава помоћу једначине (3), која је обично коришћена у истраживањима акумулације елемената у биљкама. Једначина за израчунавање BCF је:

$$BCF = \frac{C_{koren}}{C_{zemljište}} \quad (3)$$

где су:

C_{koren} - концентрација одређеног елемента у корену биљке (mg/kg) и

$C_{zemljište}$ - концентрација одређеног елемента у земљишту (mg/kg).

Уколико је вредност биоконцентрационог фактора већа од 1, то указује на акумулацију елемената из земљишта у корену биљке. BCF вредност већа од 1

указује на то да је концентрација одређеног елемента већа у корену биљке у поређењу са концентрацијом у земљишту ([Radojevic A.A., 2017.](#)).

Биолошким апсорпционим коефицијентом (енгл. *Biological Absorption Coefficient*) се процењује однос концентрација елемената у лишћу биљке и земљишта на којем расте ([Favas P.J.C., 2013.](#)) На основу једначине може се израчунати биолошки апсорпциони коефицијент ([Bravo S., 2017.](#), [Kabata-Pendias A., 2011.](#)):

$$BAC = \frac{C_{\text{lišće}}}{C_{\text{zemljište}}} \quad (4)$$

где су:

$C_{\text{lišće}}$ - концентрација елемента у лишћу (или надземном делу биљке) (mg/kg) и

$C_{\text{zemljište}}$ - концентрација истог елемента у земљишту (mg/kg).

У зависности од опсега биолошког апсорпционог коефицијента апсорпцију елемената у надземним деловима биљака, посебно у лишћу, на основу њихове концентрације у биљци можемо класификовати у неколико категорија. ВАС представља однос концентрације елемента у надземним деловима биљке и концентрације тог елемента у земљишту у којем биљка расте. Категорија апсорпције елемената на основу ВАС -а:

- интензивна апсорпција (ВАС=10-100): ова категорија се односи на елементе који се веома интензивно апсорбују и накупљају у надземним деловима биљака. То значи да су концентрације ових елемената у биљци високе у поређењу са концентрацијом у земљишту,
- јака апсорпција (ВАС=1-10): ова категорија се односи на елементе који се јако апсорбују и накупљају у надземним деловима биљака, али у мањој мери у односу на претходну категорију. Концентрације елемената у биљци су и даље високе у односу на концентрацију

елемената у земљишту, али мање изражене него код интензивне апсорпције,

- средња апсорпција ($BAC=0,1-1$): ова категорија се односи на елементе који се умерено апсорбују и накупљају у надземним деловима биљака. Концентрације ових елемената у биљци су умерене у поређењу с концентрацијом у земљишту,
- слаба апсорпција ($BAC=0,01-0,1$): ова категорија се односи на елементе који се слабо апсорбују и накупљају у надземним деловима биљака. Концентрације ових елемената у биљци су ниске у поређењу с концентрацијом у земљишту и
- веома слаба апсорпција ($BAC=0,001-0,01$): ова категорија се односи на елементе који се веома слабо апсорбују и накупљају у надземним деловима биљака. Концентрације ових елемената у биљци су веома ниске у поређењу с концентрацијом у земљишту ([Favas P.J.C., 2013.](#), [Nagaraju A., 2002](#)).

Механизми усвајања елемената су:

- акумулација ($BAC>1$): када је BAC већи од 1, то указује на акумулацију елемената од стране биљака. Ово значи да биљке ефикасно апсорбују и накупљају високе концентрације елемената из земљишта у својим надземним деловима, посебно у лишћу. Акумулација се обично јавља за елементе који се интензивно или јако апсорбују,
- индикација ($BAC\approx 1$): када је BAC приближно 1, то указује на индикацију елемената од стране биљака. Ово значи да биљке апсорбују и накупљају елементе из земљишта у сличним концентрацијама као што су присутне у земљишту. Индикација се обично јавља за елементе који се умерено апсорбују и
- ексклузија ($BAC<1$): када је BAC мањи од 1, то указује на ексклузију елемената од стране биљака. Ово значи да биљке апсорбују и накупљају ниже концентрације елемената из земљишта у поређењу с

њиховим концентрацијама у земљишту. Ексклузија се обично јавља за елементе који се слабо или веома слабо апсорбују ([Baker A.J.M., 1981.](#)).

Транслокациони фактор (Translocation Factor) је мера која указује на могућност биљака да пренесу или транслоцирају одређене елементе из корена до надземних делова биљке, посебно до лишћа. TF може се израчунати (5) ([Nouri J., 2011.](#), [Mendoza R.E., 2015.](#)):

$$TF = \frac{C_{\text{lišće}}}{C_{\text{koren}}} \quad (5)$$

где је:

$C_{\text{lišće}}$ - је концентрација одређеног елемента у надземном делу биљке, као што је лишће (mg/kg) и

C_{koren} - је концентрација истог елемента у корену биљке (mg/kg).

Према наведеним референцама ([Marbaniang D., 2014.](#), [Yildirim D., 2017.](#), [Shiyab S., 2018.](#)), из корена до надземних делова биљке транслокација елемената се сматра ефикасном када је вредност транслокационог фактора (TF) већа од 1. То значи да биљке успешно преносе и транслоцирају елементе из корена до надземних делова, посебно лишћа.

5.9.1. Критеријуми за дефинисање могућности коришћења биљака у фиторемедијацији

Фиторемедијација је процес коришћења биљака за уклањање загађујућих материја из земљишта, воде или ваздуха. У оквиру фиторемедијације, постоје две основне методе: фитоекстракција и фитостабилизација. Фитоекстракција је метода у којој биљке усвајају загађујуће материје из земљишта и акумулирају их у деловима биљке који се лако одстрањују, као што су изданци или надземни делови. Биљке које имају високе вредности биоконцентрационог фактора (BCF) и

транслокационог фактора (TF) за одређене елементе ($BCF > 1$ и $TF > 1$) сматрају се погодним за фитоекстракцију. Висока вредност BCF указује на то да биљка ефикасно усваја елемент из земљишта, док висока вредност TF указује на ефикасну транслокацију елемента до надземних делова. Ове биљке могу се користити за уклањање загађујућих елемената из земљишта. Са друге стране, фитостабилизација је метода у којој биљке редукују транслокацију загађујућих материја из корена до надземних делова. Ово је корисно на површинама које су загађене, пример рударских јаловишта. Биљке које имају $BCF > 1$, али $TF < 1$, сматрају се погодним за фитостабилизацију. Висока вредност BCF указује на то да биљка усваја елемент из земљишта, али ниска вредност TF указује на ограничену транслокацију елемента до надземних делова. Ове биљке могу помоћи у смањењу даљег ширења загађујућих материја из земљишта. Важно је напоменути да вредности BCF и TF фактора могу варирати у зависности од врсте биљке и загађујућег елемента. Пре него што се одреди да ли је одређена биљка погодна за фитоекстракцију или фитостабилизацију, потребно је извршити анализу вредности ових фактора за конкретну биљку и елемент који се жели уклонити или стабилизovati ([Kabata-Pendias A., 2011.](#), [Nouri J., 2011.](#), [Lorestani B., 2013.](#)).

6. Резултати и дискусија

6.1. Карактеристике земљишта из зоне корена белог бора и клеке на површинском копу Кижевак и непосредној близини

6.1.1. Садржај органских материја у узоркованом земљишту

Садржај органских материја (ОМ) из зоне корена у земљишту белог бора и клеке на испитиваном подручју дат је у табели 3. Садржај органских материја у узоркованом земљишту кретао се од у земљишту белог бора (узорак 1) до 13.12 % у земљишту белог бора (узорак 3). Према класификацији садржаја органских материја у земљишту, већина узорака земљишта из зоне корена за обе биљне врсте је имала висок садржај органских материја (> 6%).

Табела 3. Садржај органских материја (ОМ) из зоне корена у земљишту белог бора и клеке на испитиваном подручју

Зоне узорковања	Органске материје ОМ (%) Кижевак				
	Места узорковања	Бели бор	Места узорковања	Клека	Просек
Зона I	Узорак 1	3.97	Узорак 2	7.08	5.53
Зона II	Узорак 3	13.12	Узорак 4	7.46	10.29
Зона III	Узорак 5	7.29	Узорак 6	11.74	9.51

Органске материје у земљишту играју важну улогу у одржавању плодности земљишта и подржавању здравог биљног раста. Ево неколико начина на које органске материје доприносе стабилизацији земљишта и подршци биљкама:

- смањење ерозије: органске материје помажу у формирању агрегата у земљишту, што доводи до побољшане структуре земљишта. Ова структура помаже у задржавању воде и смањењу ерозије услед јаких киша или ветра,

- повећање задржавања воде: органске материје имају способност да задрже воду у земљишту. Оне делују као сунђер, апсорбујући воду и задржавајући је на располагању биљкама током сушних периода и
- хранљиве материје: органске материје у земљишту разграђују се током процеса декомпозиције и ослобађају хранљиве материје, као што су азот, фосфор, калијум и микроелементи. Биљке користе ове хранљиве материје за раст и развој.

Органске материје (ОМ) у земљишту имају значајан утицај на размену катјона, што се односи на способност земљишта да задржи и отпусти хранљиве материје и метале. Ова својства ОМ су кључна за регулацију и смањење мобилности метала у земљишту ([McCauley A., 2017.](#), [USDA., 1996.](#), [Sparks D. L., 2003.](#), [Quenea K., 2009.](#)).

6.1.2. Киселост узоркованог земљишта

Вредности активне и потенцијалне киселости земљишта из зоне корена белог бора и клеке дате су у табели 4. На основу категорија класификације земљишта према киселости, узорковано земљиште се може класификовати од слабо киселе до умерено алкалне. Узорковано земљиште из контролне зоне за обе биљне врсте је било слабо кисело.

Табела 4. Киселост земљишта из зоне корења белог бора и клеке на испитиваном подручју

Зоне узорковања	Места узорковања	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	ΔpH ^a
Зона I	Узорак 1 (Бели бор)	8.01	7.12	0.89
	Узорак 2 (Клека)	7.58	6.53	1.05
Зона II	Узорак 3 (Бели бор)	7.46	6.51	0.95
	Узорак 4 (Клека)	8.1	7.03	1.07
Зона III	Узорак 5 (Бели бор)	6.56	5.77	0.79
	Узорак 6 (Клека)	7.64	6.63	1.01
Контролна зона	Узорак (Бели бор)	6.12	5.35	0.77
	Узорак (Клека)	6.32	5.12	1.20

*ΔpH^a = pH (H₂O) - pH (KCl)

Разлика између активне и потенцијалне киселости земљишта, изражена као ΔpH , може пружити информације о тенденцији ацидификације земљишта. Овде су неке основне тачке које треба имати у виду:

- активна киселост: активна киселост се односи на тренутну киселост земљишта и мери се директно из узорка земљишта. Ова вредност може бити резултат присуства киселих материја, као што су киселине које потичу од органске материје или киселине које су резултат минералних процеса. Активна киселост може варирати током времена и бити подложна променама услед различитих фактора као што су климатски услови и употреба ђубрива,
- потенцијална киселост: потенцијална киселост земљишта се односи на киселост коју би земљиште имало када би се сви јони водоника (H^+) из земљишних компоненти ослободили. Мерење потенцијалне киселости обухвата издвајање јона водоника из земљишта и мерење pH вредности добијене након овог процеса и
- ΔpH : ΔpH представља разлику између вредности потенцијалне киселости и активне киселости земљишта. Ако је вредност ΔpH близу 1 или већа од 1, то указује на тенденцију ацидификације земљишта. Ово значи да је активна киселост већа од потенцијалне киселости, што може бити резултат акумулације киселих материја у земљишту или других фактора који доприносе повећању киселости ([Zseni A., 2003.](#)).

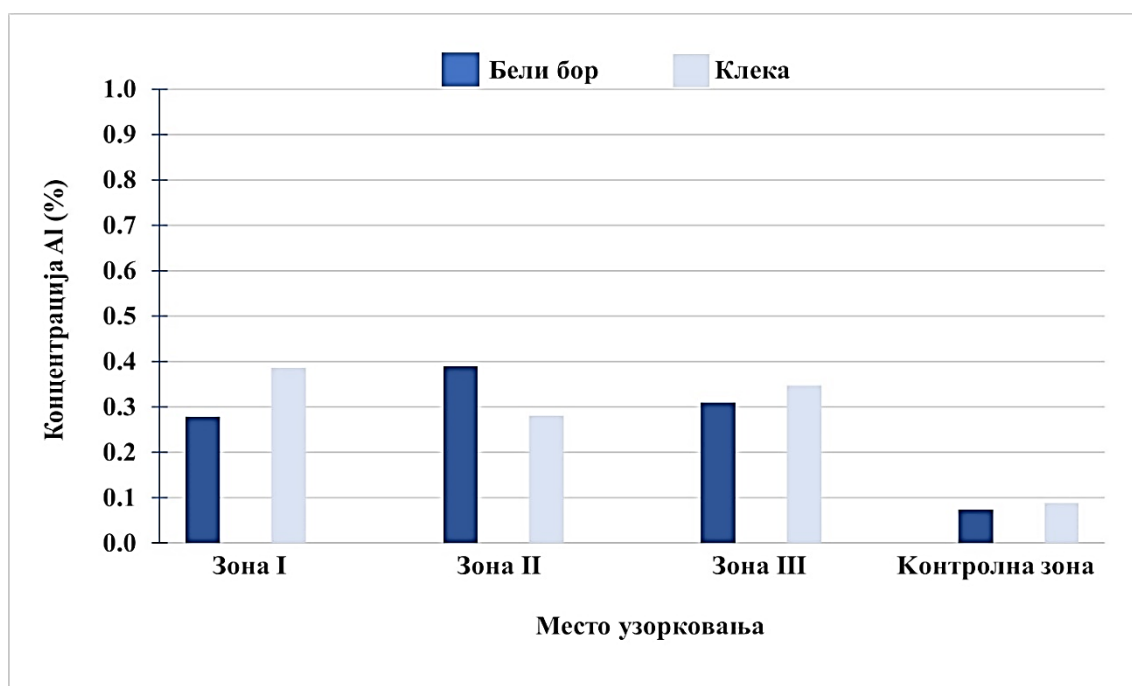
На местима узорковања, узорак 2, 4 и 6 вредност $\Delta pH = pH (H_2O) - pH (KCl)$ била је нешто више од 1, што указује на тенденцију закишељавања земљишта на овим местима узорковања.

6.2. Елементи у земљишту на испитиваном површинском копу Кижевак и непосредној околини

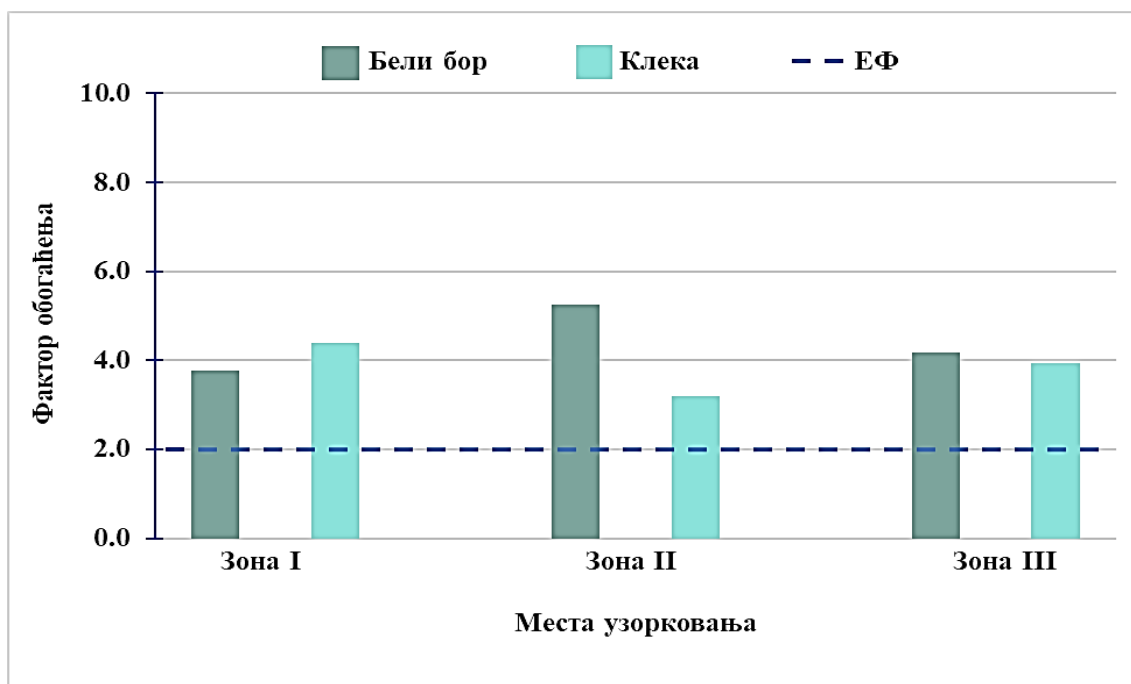
Концентрације Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у земљишту из зоне корена белог бора и клеке, узорковане у три зоне на испитиваном подручју, као и фактор обогаћења земљишта, дате су на сликама од 10. до 33. Концентрације добијених елемената упоређиване су са одговарајућим граничним вредностима (ГВ) и ремедијационим вредностима (РВ) које су прописане Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)). Уколико долази до прекорачења прописаних вредности указује нам на висину контаминације земљишта одређеним елементом.

6.2.1. Алуминијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Концентрација Al у земљишту из зоне корена белог бора и клеке биле су испод просечних вредности (1- 5 %) у земљишту (слика 10.), ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Запажа се да су концентрације Al у узорцима земљишта белог бора и клеке биле испод 0.4 %.



Слика 10. Концентрација Al (%) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак



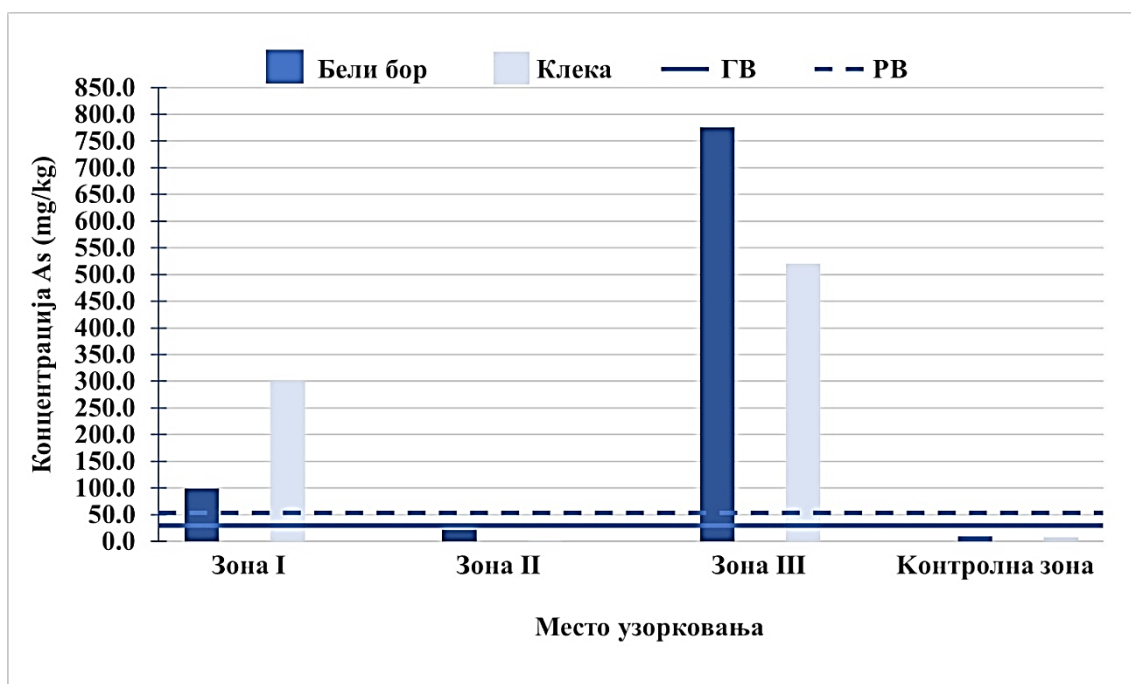
Слика 11. Фактор обогаћења земљишта Al из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

Вредност фактора обогаћења земљишта Al биле су >2 (слика 11), што указује да има умереног обогаћења, односно контаминације земљишта алуминијумом. Може се сматрати да је присуство алуминијума у земљишту на свим местима узорковања, антропогеног порекла.

6.2.2. Арсен у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

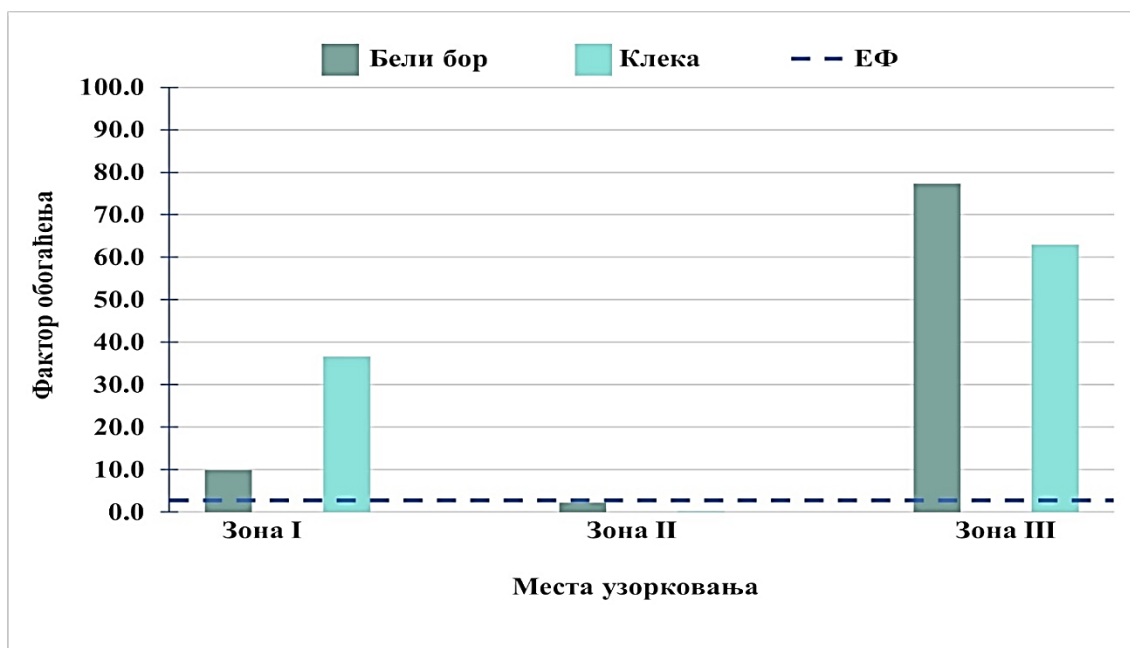
Према литературним подацима, светски просек концентрације арсена у земљишту износи 6.83 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). На испитиваном подручју површинског копа Кижевак и непосредне околине, концентрација арсена у земљишту из зоне корена белог бора и клеке биле су изнад светског просека. Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)), прописана гранична вредност за арсен (ГВ) износи 29 mg/kg а ремедијациона вредност (РВ) износи 55 mg/kg . У зони II за узорак 3 и узорак 4 није било прекорачења граничних вредности нити ремедијационих вредности. Међутим, у зони I за узорке 1 и 2 и зони III за узорке 5 и 6 било је значајних прекорачења како граничних тако и ремедијационих

вредности. Велика ремедијациона прекорачења се уочавају у земљишту белог бора и клеке у првој зони где је узорковање вршено на самом површинском копу, међутим нарочито велика ремедијациона прекорачења су у земљишту белог бора и клеке у трећој зони.



Слика 12. Концентрација As (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

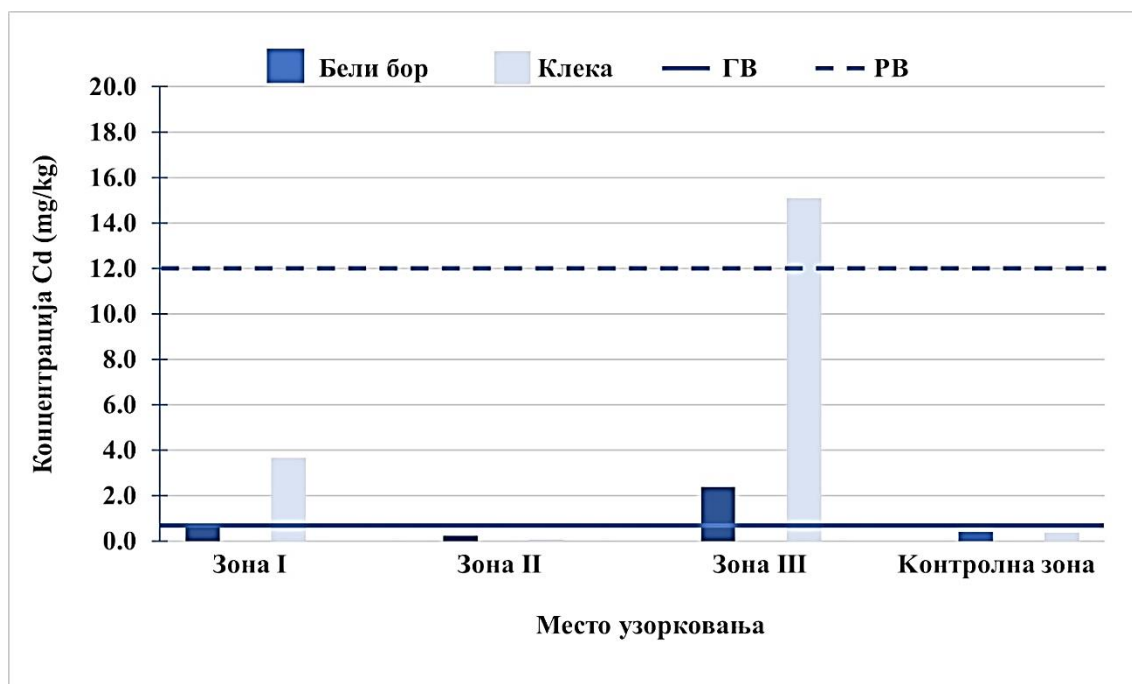
Обогаћења земљишта As није било у другој зони (слика 13.) за обе биљне врсте. На основу вредности фактора обогаћења земљишта арсеном у зони I, земљиште узорка 1 је било значајно обогаћено, док је узорак 2 окарактерисан као земљиште које је веома високо обогаћено арсеном. Узорак 5 и узорак 6 у зони III је земљиште са екстремно високим обогаћењем арсеном.



Слика 13. Фактор обогаћења земљишта As из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

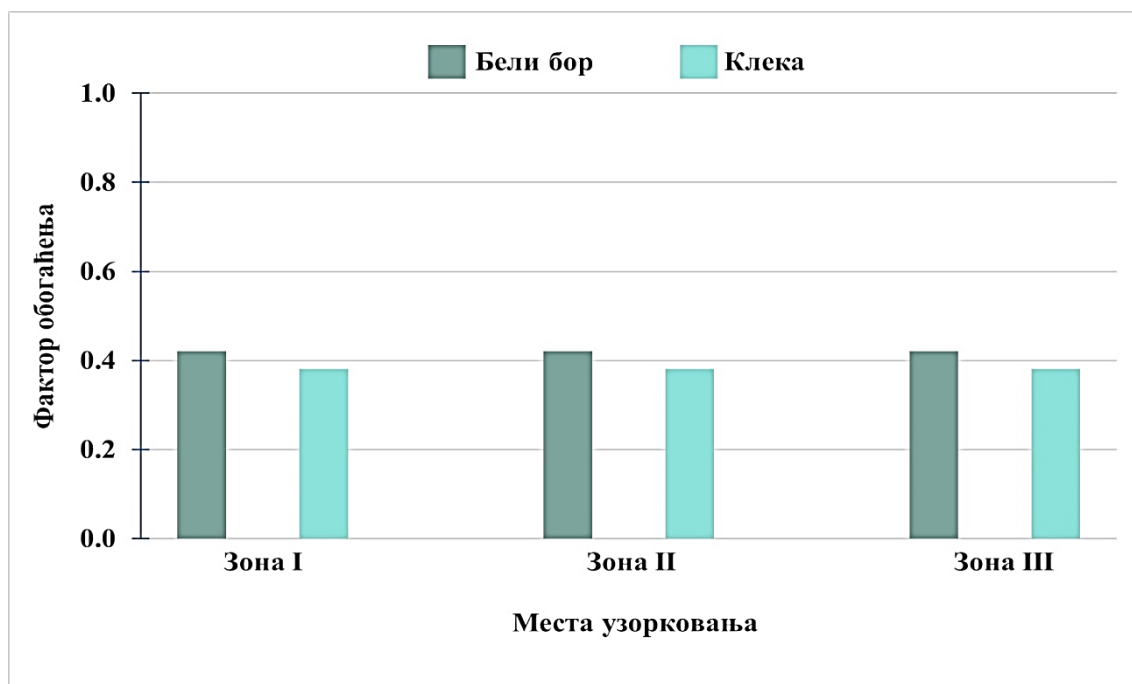
6.2.3. Кадмијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Светски просек Cd у земљишту износи 0.41 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Концентрације кадмијума у земљишту из зоне корена за бели бор и клеку дате на слици 14. У узорцима земљишта као и у узорцима 3 и 4 у другој зони, концентрације кадмијума су биле испод границе одређивања за обе биљне врсте. Прописане граничне вредности за кадмијум по Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) износи 0.8 mg/kg док ремедијациона вредност износи 12 mg/kg. Концентрације Cd које су прелазиле граничне вредности забележене су у земљишту узоркованом у зони I и зони III за узорке 1, 2, 5 и 6. Прекорачења ремедијационе вредности било је само у зони III, узорак 6.



Слика 14. Концентрација Cd (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

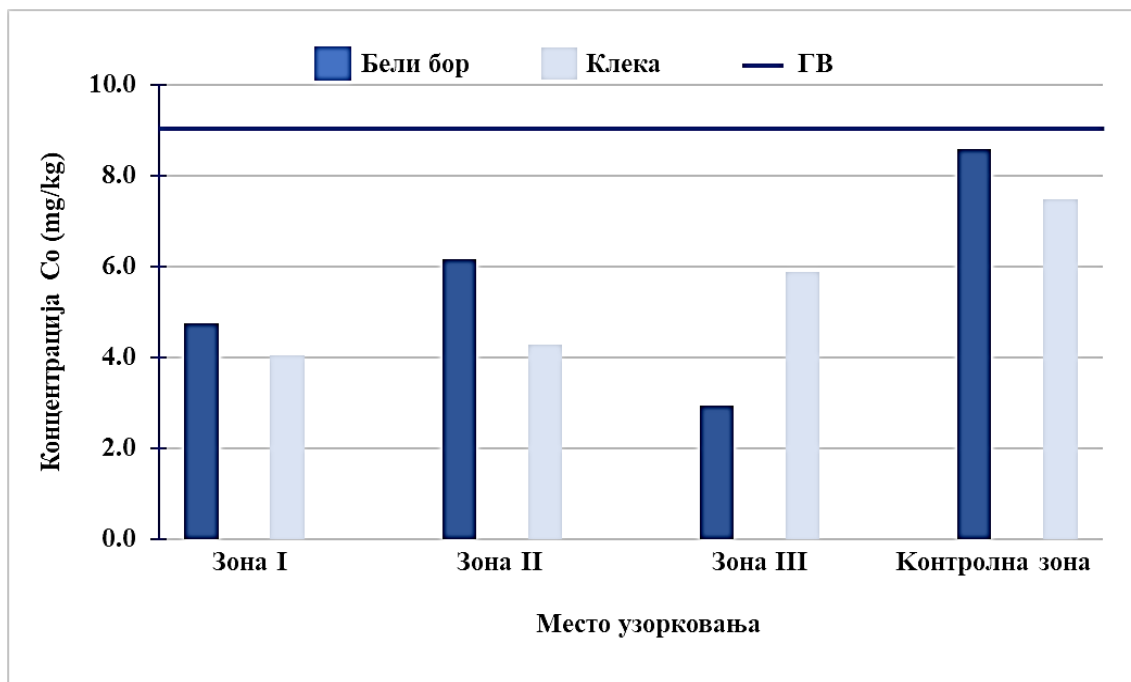
Обогаћење земљишта кадмијумом (слика 15.) није забележено нити у једном узорку на испитиваном подручју. С обзиром да су концентрације елемента у већини узорака биле <2 , може да се закључи да је порекло никла у земљишту на испитиваном подручју природног порекла.



Слика 15. Фактор обогаћења земљишта Cd из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

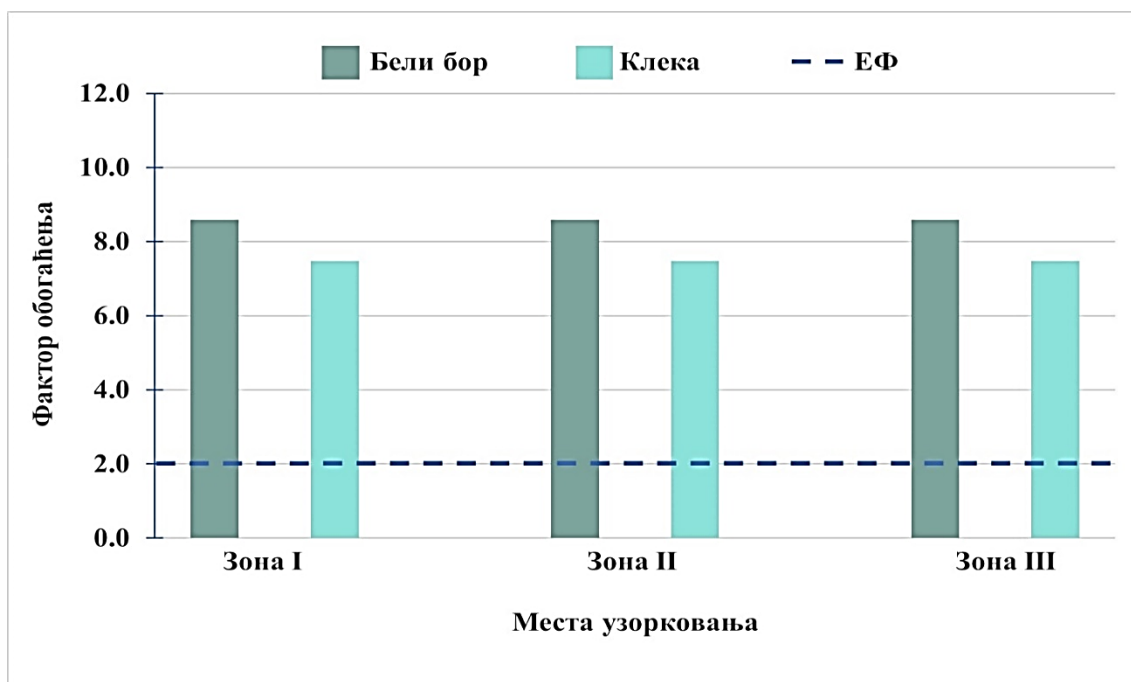
6.2.4. Кобалт у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Граничне вредности дате Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) за кобалт износи 9 mg/kg, док ремедијациона вредност износи 240 mg/kg. Светски просек концентрације Co у земљишту износи 11.3 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Прекорачења ремедијационих као ни граничних вредности за кобалт на испитиваном подручју није било (слика 16.).



Слика 16. Концентрација Co (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

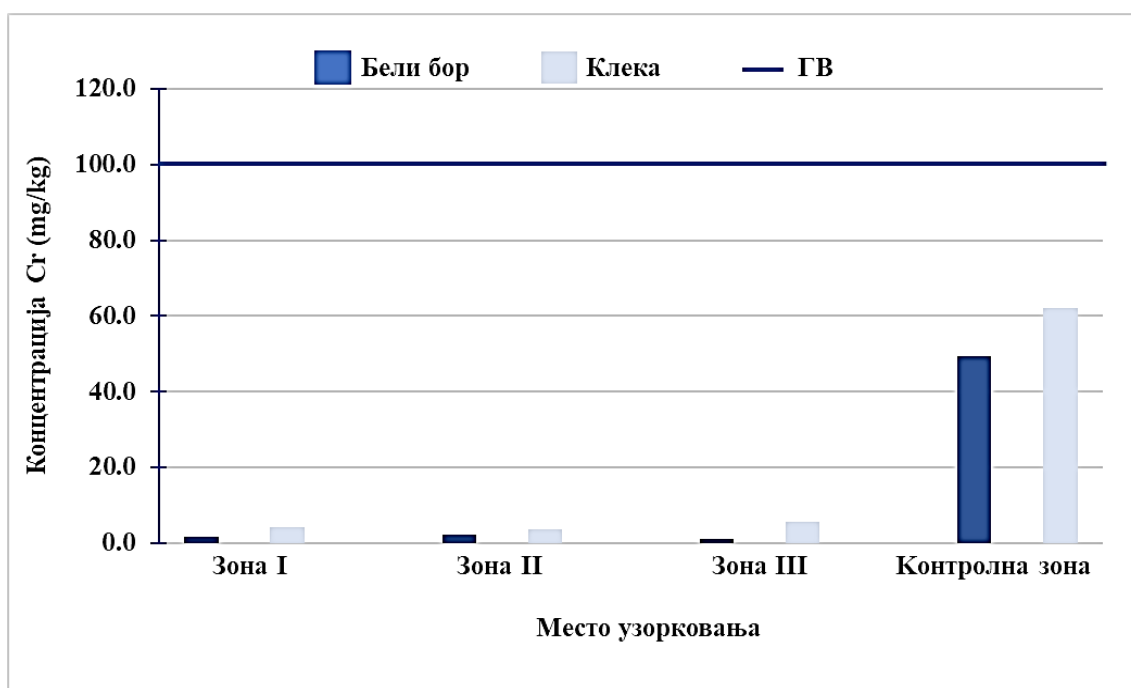
Обогаћење кобалтом (слика 17.) забележено је у свим испитиваним узорцима земљишта. Земљиште је значајно обогаћено кобалтом што нам потврђује да је присуство кобалта у испитиваном подручју углавном антропогеног порекла.



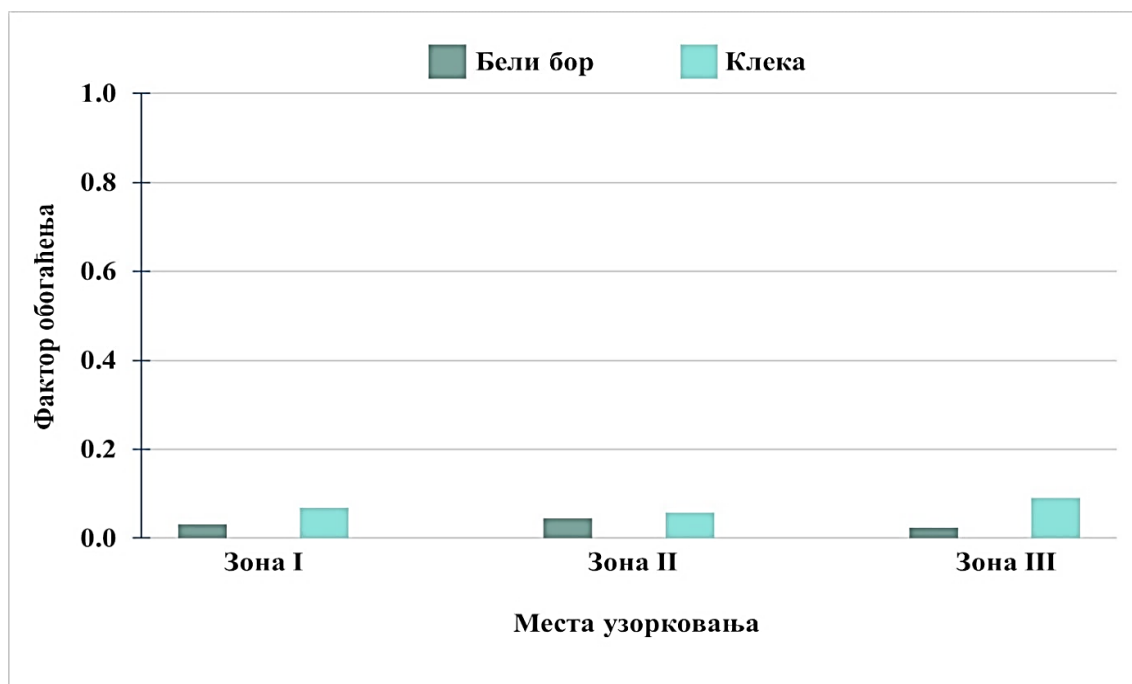
Слика 17. Фактор обогаћења земљишта Co из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

6.2.5. Хром у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Литературни подаци нам показују да је светски садржај хрома у земљишту 59.5 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) гранична вредност за хром износи 100 mg/kg док ремедијациона вредност износи 380 mg/kg. Концентрације хрома у земљишту из зоне корена белог бора и клеке из контролне зоне биле су веће у односу на вредности концентрације хрома у земљишту на испитиваном подручју (слика 18). Ни на једном месту узорковања није било обогаћења хромом (слика 19.), на основу чега може да се закључи да је порекло хрома природно из зоне корена белог бора и клеке на испитиваном подручју.



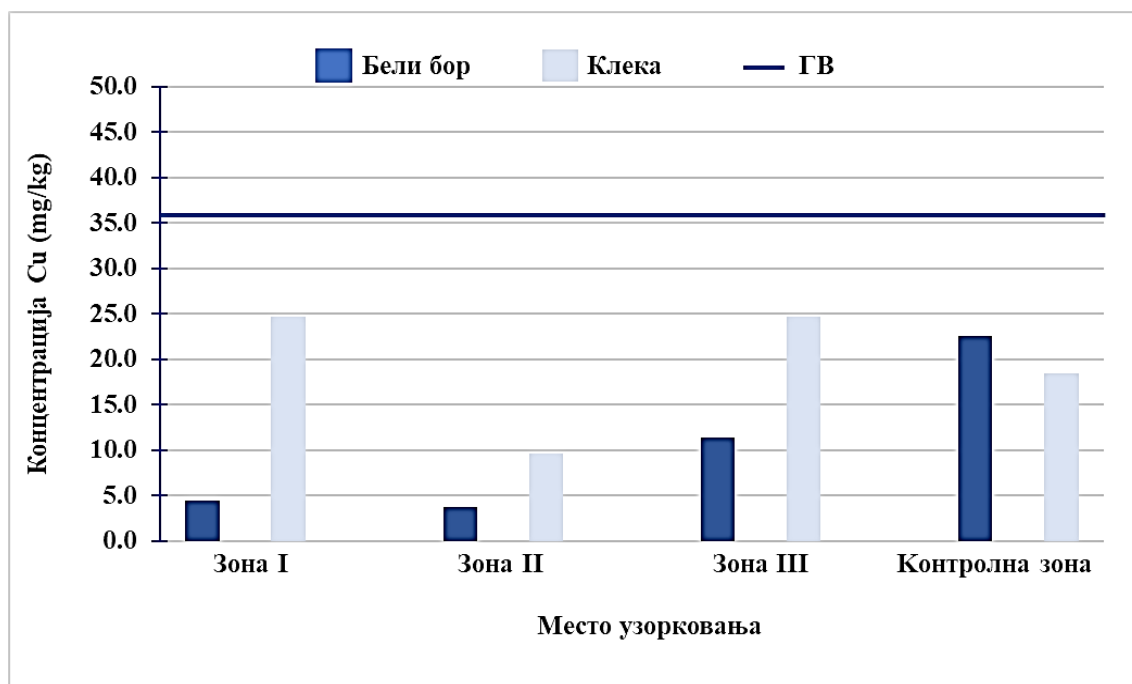
Слика 18. Концентрација Cr (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак



Слика 19. Фактор обогаћења земљишта Sr из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

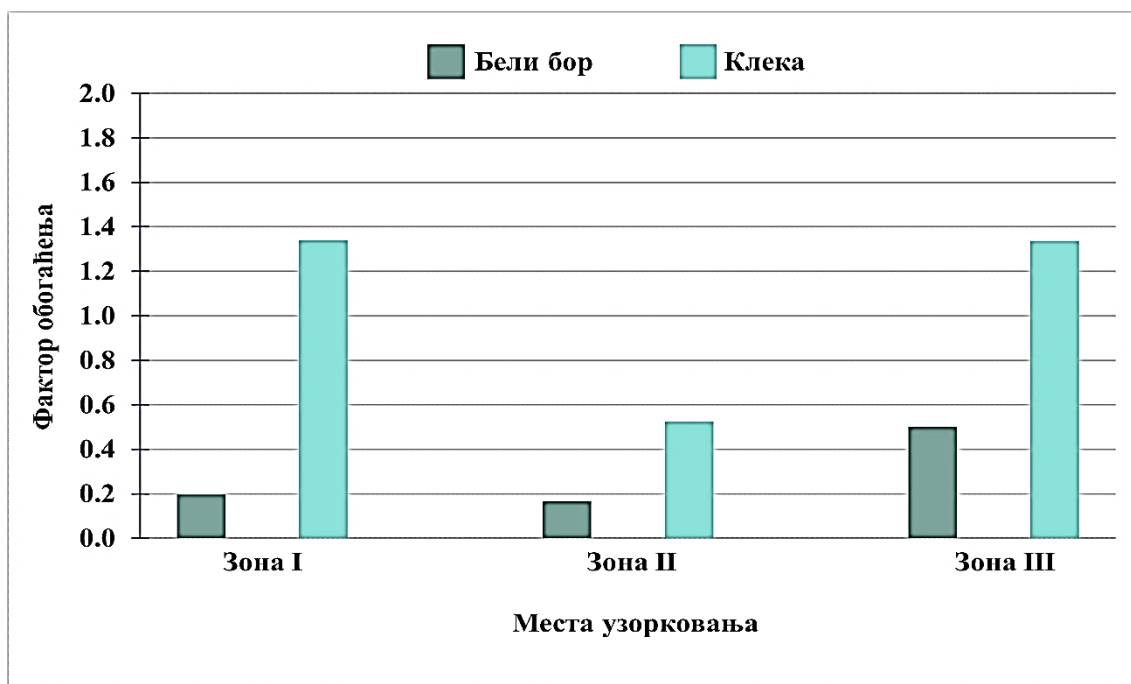
6.2.6. Бакар у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) гранична вредност за бакар је 36 mg/kg док је ремедијациона вредност 190 mg/kg, док светски просек бакра у свет износи 190 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). У земљишту из зоне корена испитиваних биљних врста није било прекорачења граничних нити ремедијационих вредности на испитиваном подручју (слика 20.).



Слика 20. Концентрација Cu (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

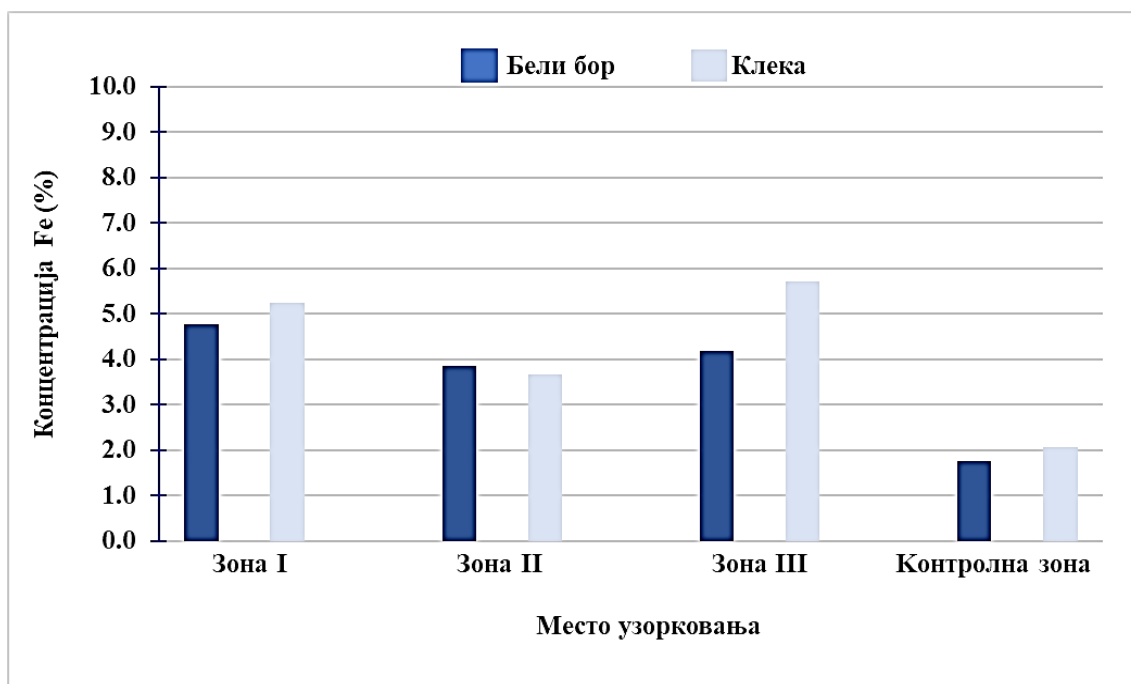
Вредности фактора обогаћења бакром биле су <2 (слика 21.), што нам показује да нема обогаћења, тј. контаминације земљишта испитиваним елементом. На основу ових података, може се сматрати да је присуство овог елемента у земљишту природног порекла.



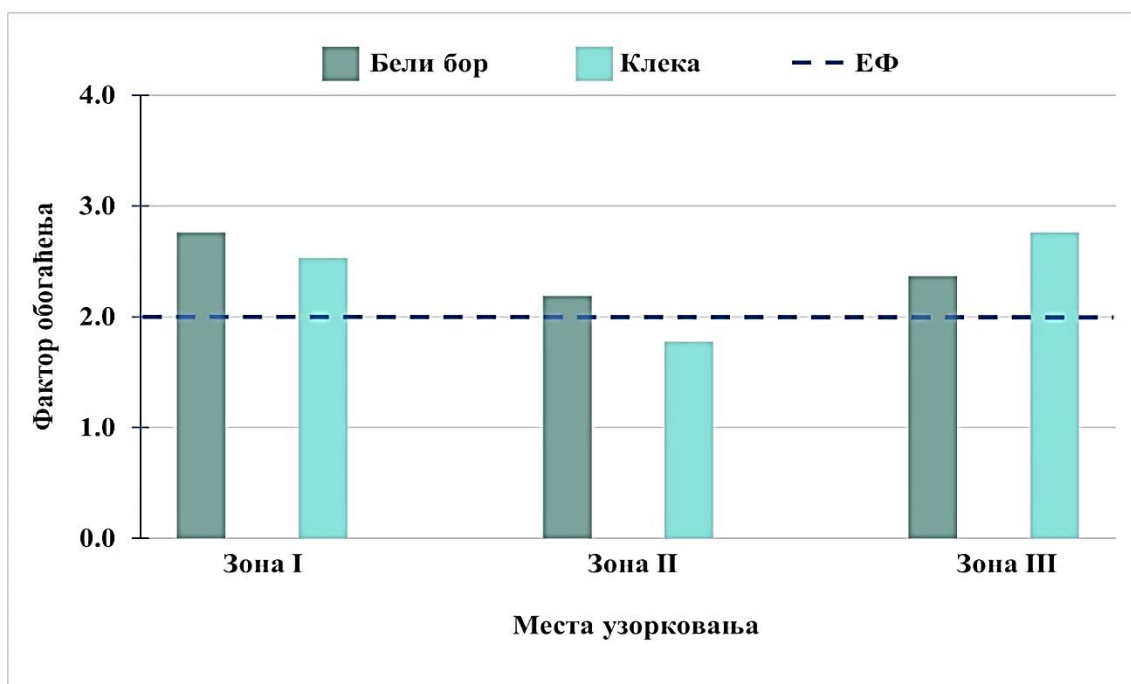
Слика 21. Фактор обогаћења земљишта Си из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

6.2.7. Гвожђе у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Уредбом Републике Србије нису дефинисане граничне и ремедијационе вредности за гвожђе у земљишту. Светски просек садржаја гвожђа је 3.5 %, а садржај гвожђа у великој мери зависи од природног садства самог земљишта ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). У земљишту из зоне корена испитиваних биљних врста у контролној зони није било прекорачења, док је концентрација гвожђа из зоне корена испитиваних биљних врста (слика 22.) била изнад просечних вредности у земљишту за све три зоне испитивања. Вредности фактора обогаћења (слика 23.), указују на умерено обогаћење земљишта гвожђем у земљишту из зоне корена белог бора и клеке за све узорке осим за узорак 4, где нема обогаћења земљишта гвожђем. На основу добијених вредности фактора обогаћења може се рећи да је присуство гвожђа на испитиваном подручју у већини узорака антропогеног порекла.



Слика 22. Концентрација Fe (%) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

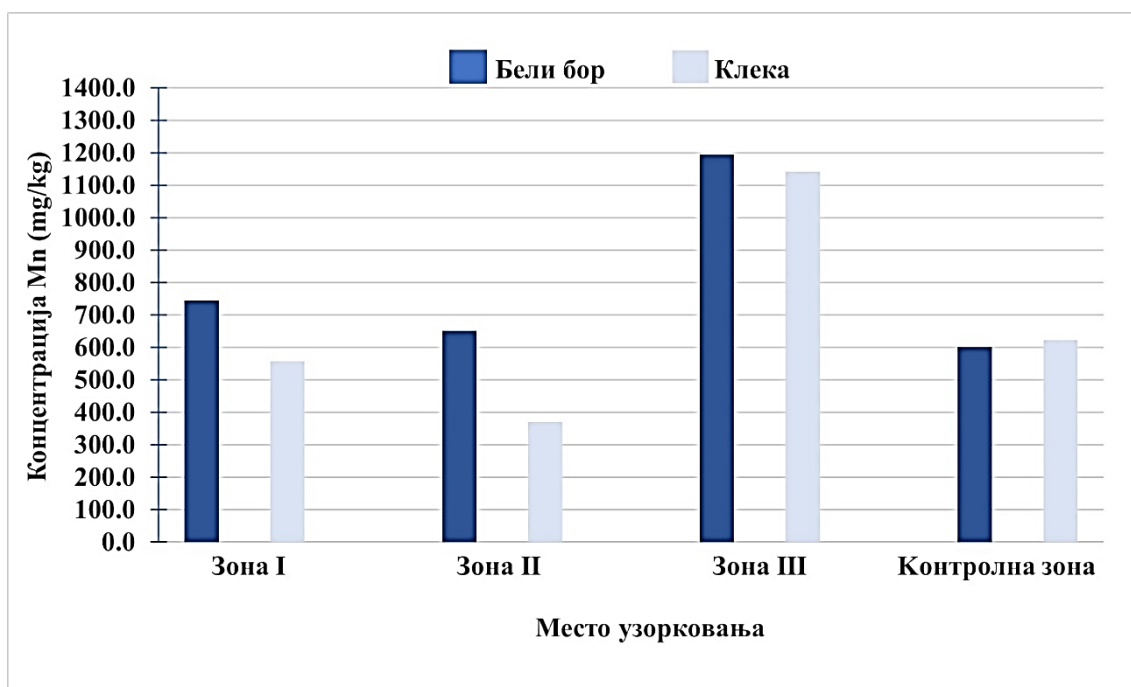


Слика 23. Фактор обогаћења земљишта Fe из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

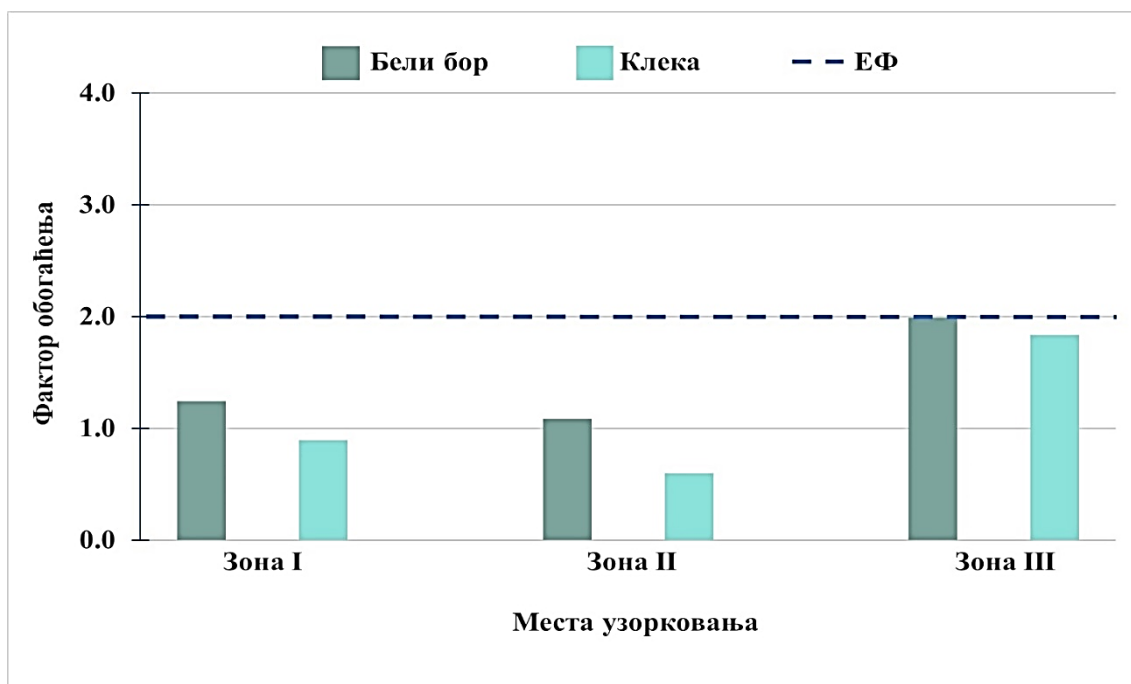
6.2.8. Манган у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Светски просек концентрације мангана у земљишту је од 411 mg/kg до 550 mg/kg земљишта ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)) док граничне и ремедијационе вредности нису дефинисане Уредбом Републике Србије. Највеће концентрације мангана забележене су у земљишту из зоне корена белог бора и клеке у трећој зони, док је најнижа вредност забележена у другој зони, узорка 4 (слика 24.).

Није било обогаћења манганом (слика 25.), ни на једном од узоркованих места. На основу добијених концентрација мангана у земљишту може се рећи да је његово постојање на испитиваном подручју природног порекла.



Слика 24. Концентрација Mn (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

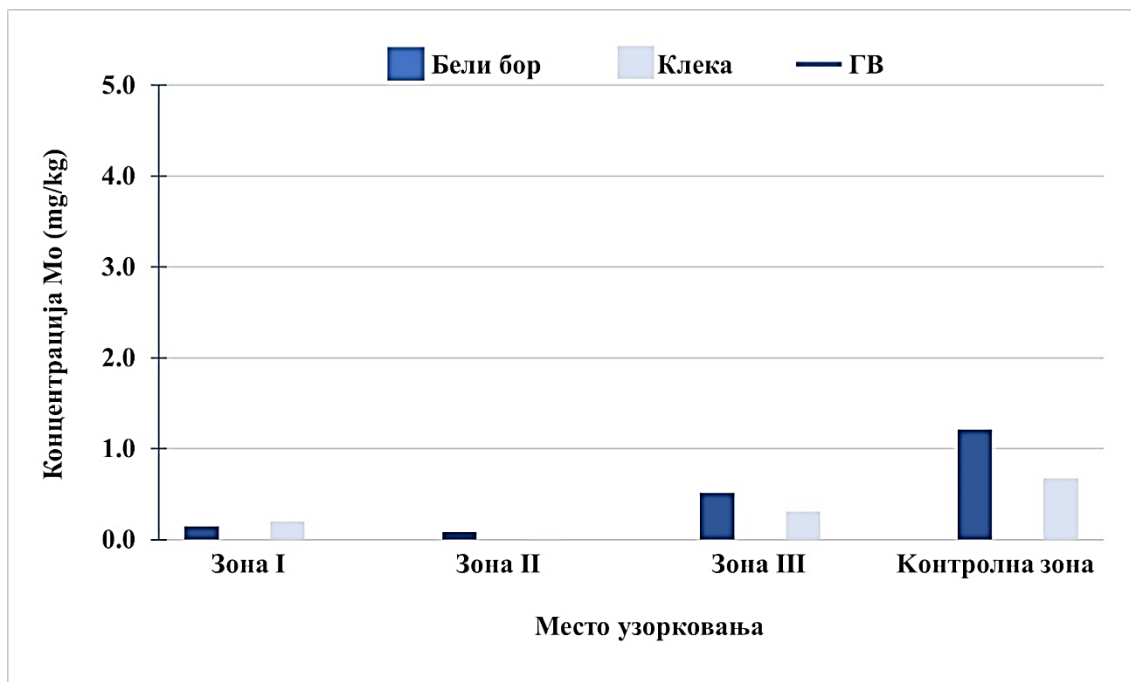


Слика 25. Фактор обогаћења земљишта Mn из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

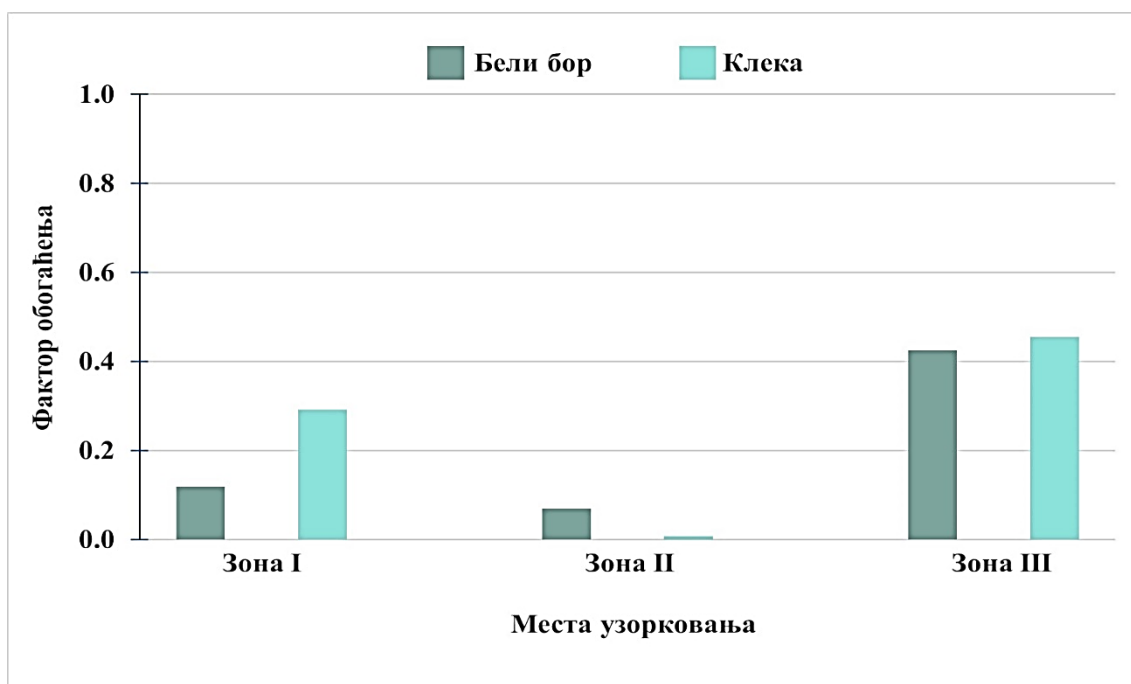
6.2.9. Молибден у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) гранична вредност за молибден је 3 mg/kg док је ремедијациона вредност 200 mg/kg, а светски просек Мо у свету је 1.1 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Може да се види (слика 26.) да немамо прекорачења нити ремедијационих нити граничних вредности по Уредби Републике Србије, једино прекорачење је из контролне зоне у земљишту из зоне корена белог бора у односу на светски просек концентрације молибдена у земљишту.

Према вредностима фактора обогаћења (слика 27.), земљиште из зоне корена белог бора и клеке припада категорији земљишта које није обогаћено молибденом.



Слика 26. Концентрација Мо (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

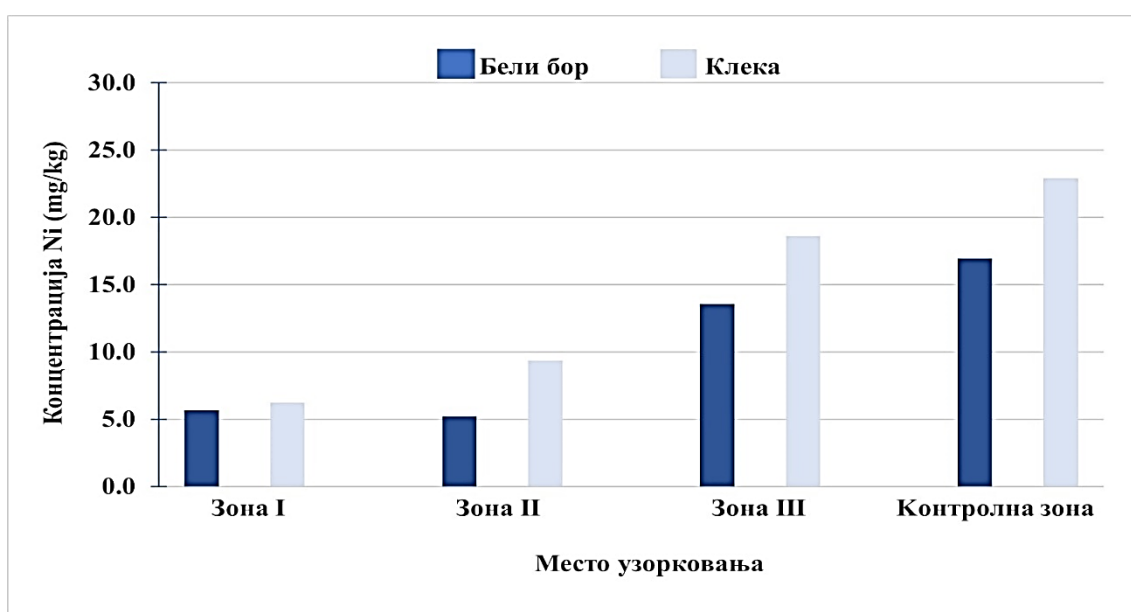


Слика 27. Фактор обогаћења земљишта Мо из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

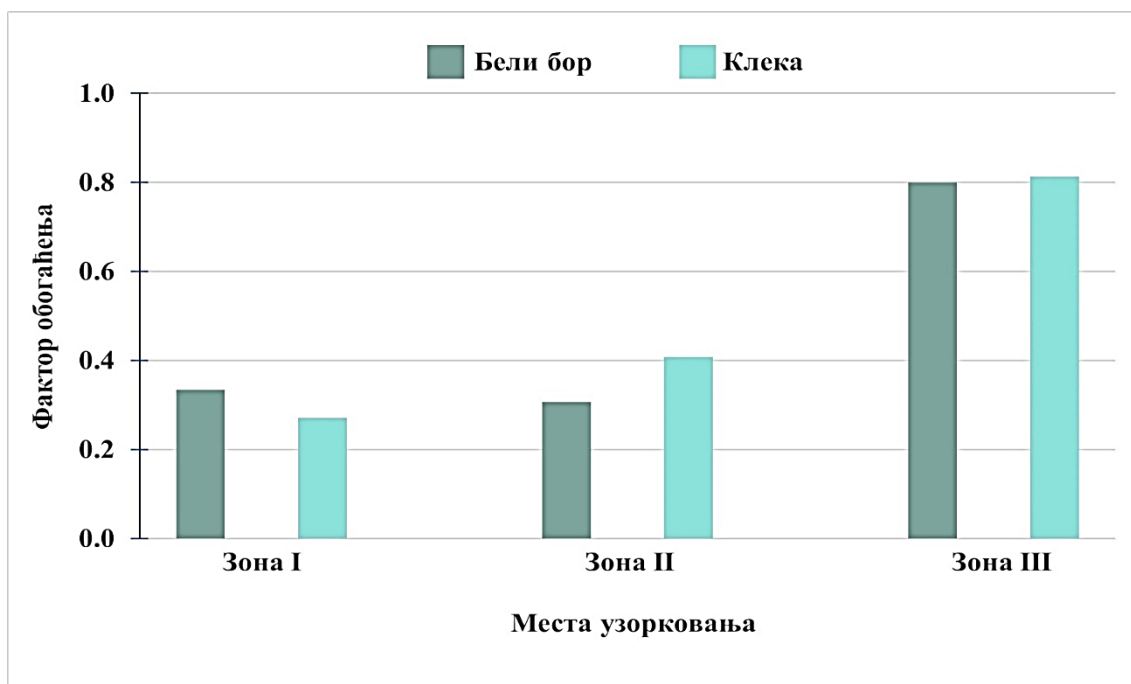
6.2.10. Никл у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Гранична вредност за никл је 35 mg/kg док је ремедијациона вредност 210 mg/kg према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) а светски просек никла износи 29 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Концентрације никла испитиваног у земљишту у зони корена белог бора и клеке су испод просека ремедијационих и граничних вредности (слика 28).

Вредности фактора обогаћења земљишта никлом су биле <2 (слика 29), што нам указује на природно постојање овог елемента у земљишту.



Слика 28. Концентрација Ni (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

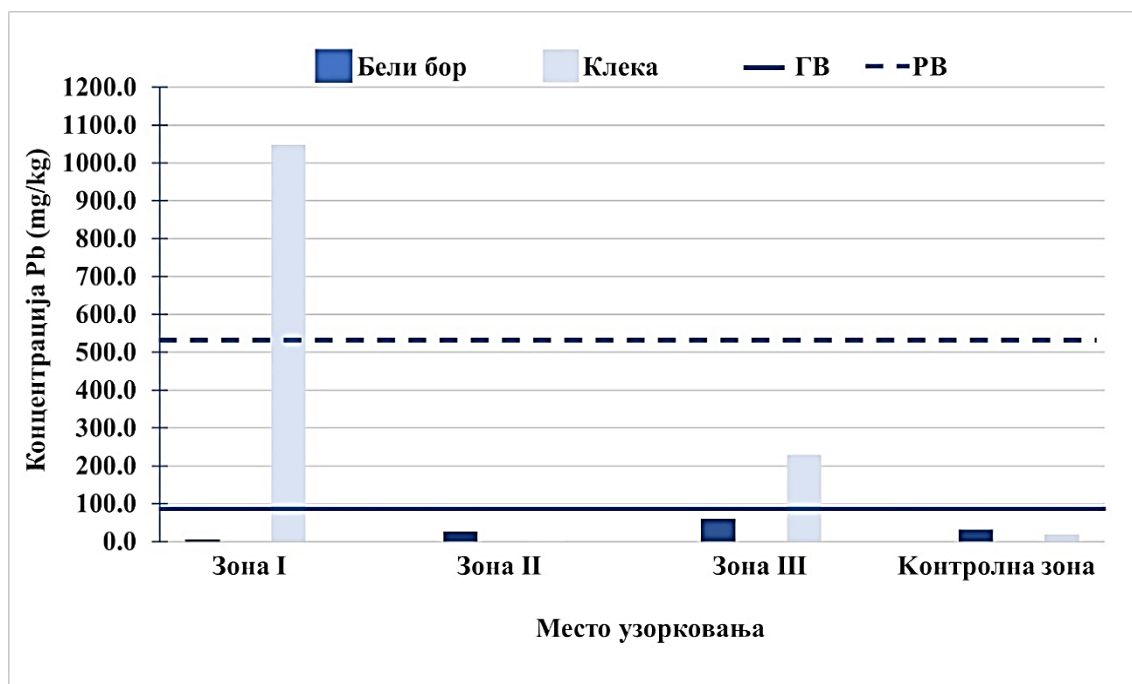


Слика 29. Фактор обогаћења земљишта Ni из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

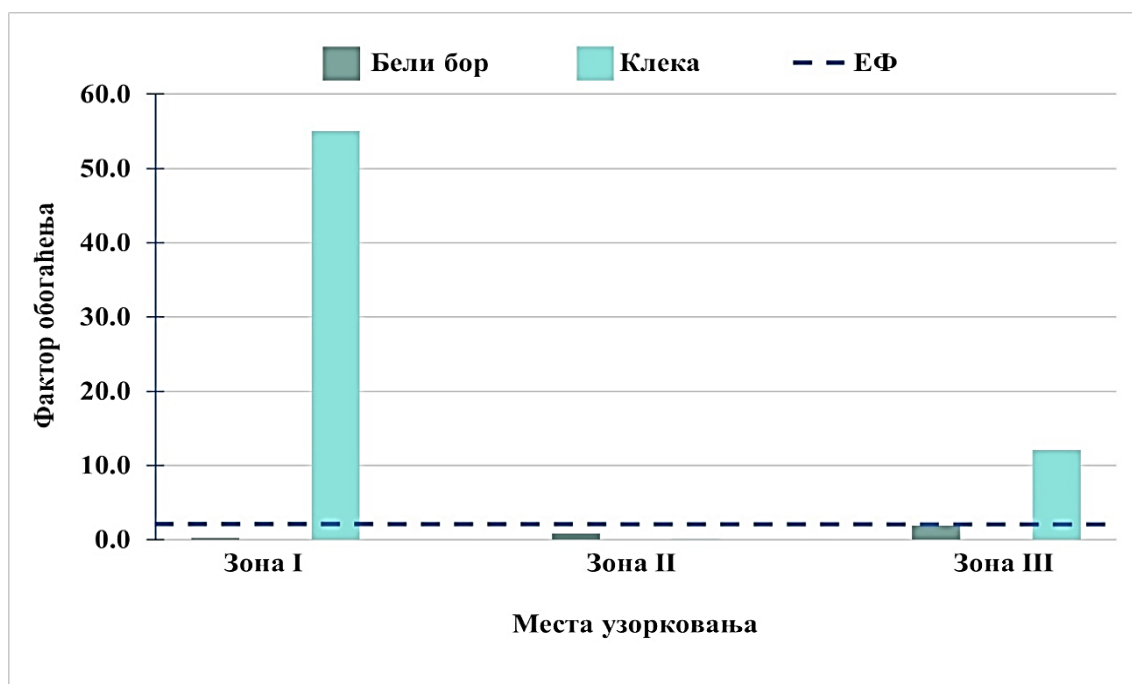
6.2.11. Олово у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижевак

Гранична вредност за олово износи 85 mg/kg док је ремедијациона вредност 530 mg/kg према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) а светски просек олова у земљишту износи 27 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Прекорачење граничне вредности је у земљишту из зоне корена клеке у зони I и зони III (слика 30.), док је и ремедијационог прекорачења било и за та два узорка из зоне I и III.

Према вредностима фактора обогаћења (слика 31.), земљиште из зоне корена клеке у зони I, кретало се до категорије екстремно високог обогаћења, док се земљиште из зоне корена клеке у зони III кретало до категорије значајно обогаћеног земљишта оловом. Прекорачење граничних вредности као и вредности фактора обогаћења земљишта нам указује на је олово у земљишту из зоне корена клеке у зони I и зони III антропогеног порекла.



Слика 30. Концентрација Рb (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

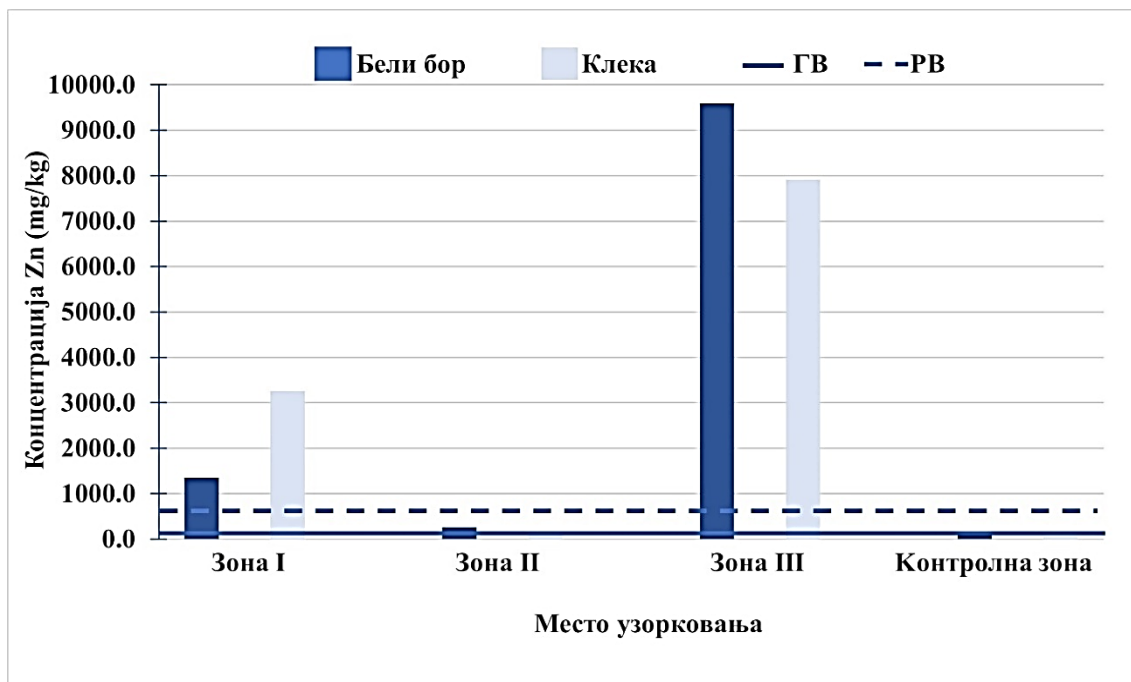


Слика 31. Фактор обогаћења земљишта Рb из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

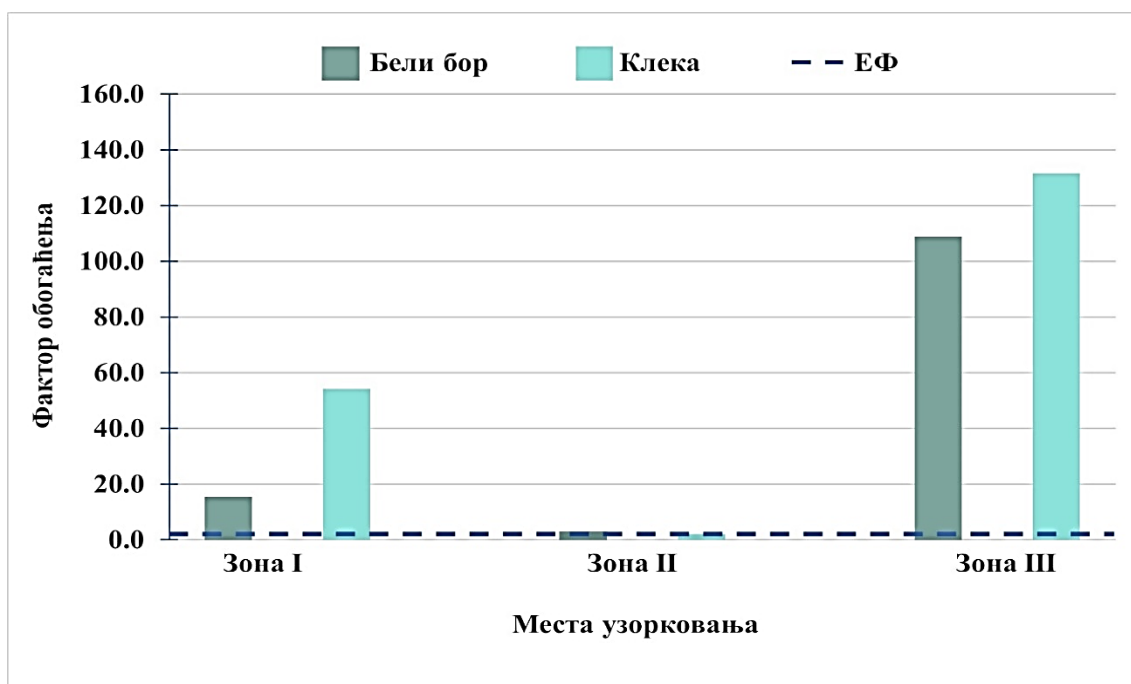
6.2.12. Цинк у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Кижсвак

Гранична вредност за цинк износи 140 mg/kg док је ремедијациона вредност 720 mg/kg према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) а светски просек цинка у земљишту износи 70 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Концентрације цинка у већини узорака, на испитиваном подручју, биле су изнад светског просека. Прекорачења граничних вредности (слика 32.) приказана су у земљишту из зоне корена белог бора у све три зоне и за клеку у првој и трећој зони. Концентрације цинка вишеструко прелазе ремедијациону вредност у првој и трећој зони за обе биљне врсте и може се рећи да је испитивано подручје значајно загађено.

Обогаћење земљишта цинком (слика 33.) нам показује да фактор обогаћења из зоне корена белог бора у првој зони припада категорији значајно обогаћеног земљишта овим елементом, док земљиште из зоне корена белог бора и клеке у тећој зони и земљиште из зоне корена клеке у првој зони, припада екстремно високом обогаћењу земљишта овим елементом. На основу концентрације овог елемента у земљишту из зоне корена испитиваних биљних врста може се закључити да је порекло овог елемента антропогено.



Слика 32. Концентрација Zn (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак



Слика 33. Фактор обогаћења земљишта Zn из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Кижевак

6.2.13. Анализа корелација између концентрација елемената у земљишту и параметара земљишта на испитиваном подручју, Кижевак

Дати су Спирманови коефицијенти корелације у табелама 5., и 6. између концентрација елемената из зоне корена у земљишту белог бора и клеке са активном и потенцијалном киселошћу земљишта, као и садржај органских материја на испитиваном подручју.

Табела 5. Спирманови коефицијенти корелације ρ између концентрације елемената и рН (H_2O), рН (KCl) и ОМ у земљишту из зоне корена белог бора на испитиваном подручју, Кижевак

	<i>Al</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
<i>pH</i> <i>(H₂O)</i>	-0.500	$\bar{1.000}^{**}$	$\bar{0.500}$	0.500	0.500	$\bar{0.500}$	0.500	-0.500	-0.500	$\bar{0.500}$	$\bar{1.000}^{**}$	$\bar{0.500}$
<i>pH</i> <i>(KCl)</i>	-0.500	$\bar{1.000}^{**}$	$\bar{0.500}$	0.500	0.500	$\bar{0.500}$	0.500	-0.500	-0.500	$\bar{0.500}$	$\bar{1.000}^{**}$	$\bar{0.500}$
<i>OM</i>	$\bar{1.000}^{**}$	0.500	$\bar{0.500}$	0.500	0.500	$\bar{0.500}$	$\bar{1.000}^{**}$	-0.500	-0.500	$\bar{0.500}$	0.500	$\bar{0.500}$

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 6. Спирманови коефицијенти корелације ρ између концентрације елемената и рН (H_2O), рН (KCl) и ОМ у земљишту из зоне корена клеке на испитиваном подручју, Кижевак

	<i>Al</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
<i>pH</i> <i>(H₂O)</i>	$\bar{1.000}^{**}$	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	$\bar{1.000}^{**}$	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	$\bar{1.000}^{**}$	-0.500
<i>pH</i> <i>(KCl)</i>	$\bar{1.000}^{**}$	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	$\bar{1.000}^{**}$	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	$\bar{1.000}^{**}$	-0.500
<i>OM</i>	0.500	$\bar{1.000}^{**}$	$\bar{1.000}^{**}$	0.500	$\bar{1.000}^{**}$	0.500	$\bar{1.000}^{**}$	$\bar{1.000}^{**}$	$\bar{1.000}^{**}$	0.500	0.500	$\bar{1.000}^{**}$

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

На основу добијених слабих и статистички незначајних корелација, може се потврдити да рН вредност земљишта нема значајан утицај на концентрацију елемената на испитиваном подручју осим за *As* и *Pb* из зоне земљишта за бели бор и *Al*, *Cu* и *Pb* из зоне земљишта клеке. Ово имплицира да постоји мала или да нема повезаност између рН вредности земљишта и концентрације елемената.

Забележено је неколико значајних корелација између органских материја и концентрација неких елемената у земљишту белог бора (Al и Fe) и клеке (As, Cd, Cr, Fe, Mn, Mo и Zn). На основу ових корелација, као и Спирманове коефицијенте који нису имали високе вредности, не можемо тврдити коликог утицаја има садржај органских материја у земљишту на концентрације елемената.

6.2.14. Анализа корелација између концентрација елемената у земљишту из зоне корена белог бора и клеке на испитиваном подручју, Кижевак

Спирманови коефицијенти корелације између елемената у земљишту из зоне корена белог бора и клеке дати су у табелама 7., и 8. Статистички значајне позитивне корелације између концентрација елемената у земљишту испитиваних биљних врста указују на заједничко порекло тих елемената који су природно присутни у земљишту. То значи да постоји тенденција да се концентрације одређених елемената у биљкама повећавају са повећањем њихових концентрација у земљишту. Ово може бити последица природне геохемијске дистрибуције елемената у земљишту, али може указивати на антропогени утицај, као што су индустријске или рударске активности које могу довести до повећане концентрације одређених елемената у земљишту али и у биљкама. Статистички добијене значајне позитивне корелације између концентрације елемената у земљишту испитиваних биљних врста, указивале су на заједничко порекло испитиваних елемената које су биле природно присутне у земљишту (на пример: Cd, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni и делимично As и Pb) и/или из антропогених извора (Al, Co, Fe и Zn). Најјаче позитивне корелације (1.000) као и негативне корелације (-1.000) у земљишту из зоне корена белог бора (табела 7.), добијене су за парове елемената: Al-Fe, As-Pb, Cd-Co, Cd-Zn, Co-Cr, Co-Cu, Co-Mn, Co-Mo, Co-Ni, Co-Zn, Cr-Zn, Cu-Zn, Mn-Zn, Mo-Zn, Ni-Zn, чије је порекло искључиво антропогено, али и између Cd-Cr, Cd-Cu, Cd-Mn, Cd-Mo, Cd-Ni, Cr-Cu, Cr-Mn, Cr-Mo, Cr-Ni, Cu-Mn, Cu-Mo, Cu-Ni, Mn-Mo, Mn-Ni, Mo-Ni чије је порекло углавном природно, при чему у мањој мери антропогене делатности могу допринети количини ових елемената на испитиваном подручју.

У земљишту из зоне корена клеке (табела 8.), најјаче позитивне корелације (1.000) у земљишту из зоне корена клеке биле су између парова елемената: Al-Cu, Al-Pb, As-Cd, As-Cr, As-Fe, As-Mn, As-Mo, As-Zn, Cd-Fe, Cd-Zn, Co-Ni, Cr-Fe, Cr-Zn, Cu-Pb, Fe-Mn, Fe-Mo, Fe-Zn, Mn-Zn, Mo-Zn чије је порекло било антропогено, као и између Cd-Cr, Cd-Mn, Cd-Mo, Cr-Mn, Cr-Mo, Mn-Mo, чије је порекло природно.

Може да се приметити да се у земљишту из зоне корена белог бора остварене нешто другачије корелације између елемената него у земљишту из зоне корена клеке, на шта може имати утицај и сама биљка и њене способности усвајања елемената из земљишта.

Табела 7. Спирманови коефицијенти корелација између концентрација елемената у земљишту белог бора на испитиваном подручју, Кижевак

	<i>Al</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
<i>Al</i>	1.000											
<i>As</i>	0.500	1.000										
<i>Cd</i>	-0.500	0.500	1.000									
<i>Co</i>	0.500	-0.500	-1.000**	1.000								
<i>Cr</i>	0.500	-0.500	-1.000**	1.000**	1.000							
<i>Cu</i>	-0.500	0.500	1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000						
<i>Fe</i>	-1.000**	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000					
<i>Mn</i>	-0.500	0.500	1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000**	0.500	1.000				
<i>Mo</i>	-0.500	0.500	1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000			
<i>Ni</i>	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000		
<i>Pb</i>	0.500	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	
<i>Zn</i>	-0.500	0.500	1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

**Ниво значајности $p < 0.01$ (двострано),

* Ниво значајности $p < 0.05$ (двострано).

Табела 8. Спирманови коефицијенти корелација између концентрација елемената у земљишту клеке на испитиваном подручју, Кижевак

	<i>Al</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
<i>Al</i>	1.000											
<i>As</i>	0.500	1.000										
<i>Cd</i>	0.500	1.000**	1.000									
<i>Co</i>	-0.500	0.500	0.500	1.000								
<i>Cr</i>	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000							
<i>Cu</i>	1.000**	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000						
<i>Fe</i>	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000					
<i>Mn</i>	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000				
<i>Mo</i>	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000			
<i>Ni</i>	-0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000		
<i>Pb</i>	1.000**	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	
<i>Zn</i>	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

**Ниво значајности $p < 0.01$ (двострано),

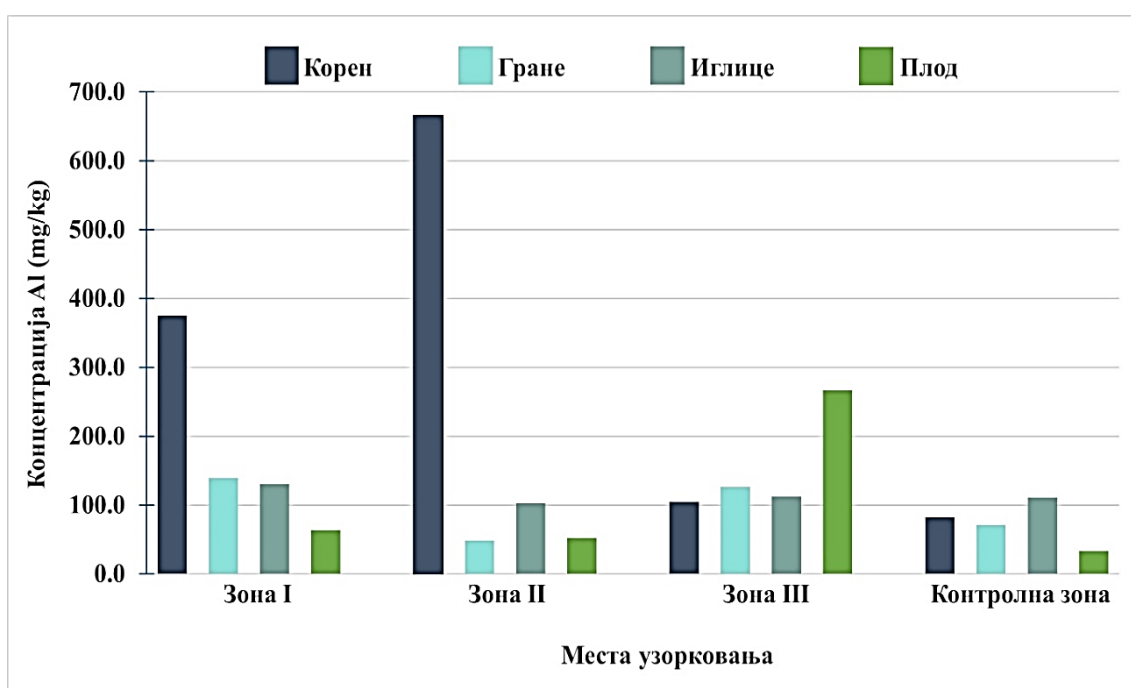
*Ниво значајности $p < 0.05$ (двострано).

6.3. Могућност коришћења биљног материјала белог бора и клеке у биомониторингу, површински коп Кижевак и непосредна близина

У овом поглављу дисертације приказане су концентрација елемената (*Al*, *As*, *Cd*, *Co*, *Cr*, *Cu*, *Fe*, *Mn*, *Mo*, *Ni*, *Pb* и *Zn*) у биљном материјалу белог бора и клеке (корен, гране, лишће и плодови) са шест места узорковања у три зоне на површинском копу Кижевака и непосредне околине. Концентрације елемената у биљном материјалу су упоређиване у односу на места узорковања, део биљке али и биљну врсту. Дати су и фактори обогаћења биљног материјала, како би се проценио антропогени утицај на акумулацију елемената у деловима белог бора и клеке.

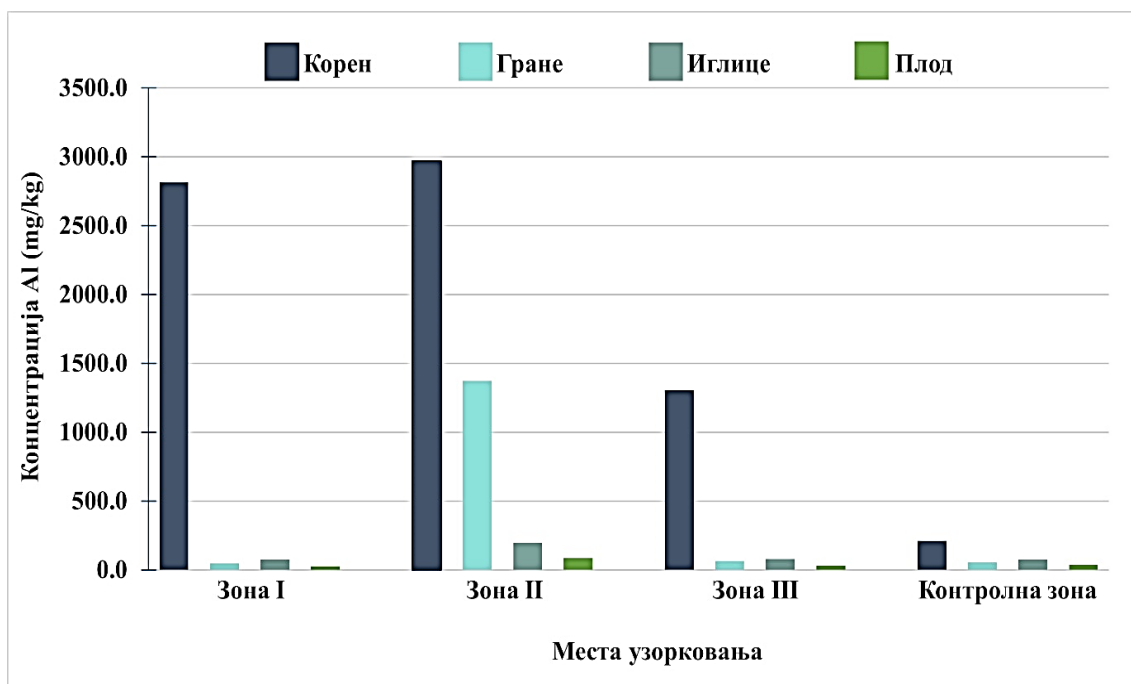
6.3.1. Алуминијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Алуминијум се уобичајено налази у биљкама у концентрацијама од неколико десетина до неколико стотина микрограма по килограму (mg/kg). Међутим, ове концентрације могу варирати у зависности од састава земљишта и карактеристика биљака ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Приказане су концентрације алуминијума (слика 34.) у биљном материјалу белог бора (корен, гране, лишће и плодови) узоркованом на површинском копу Кижевак и непосредној околини. Највећа концентрација алуминијума је била у корену, у зони II, док је повећана концентрација забележена и у корену у зони I.



Слика 34. Концентрација Al (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора

Концентрација алуминијума у биљном материјалу клеке (корен, гране, лишће и плодови) са површинског копа Кижевак и непосредне близине приказане су на слици 35. Највећа концентрација алуминијума је забележена у корену, у зони II, док је највећа концентрација у надземном делу клеке, гранама, забележена такође у зони II. Најниже концентрације алуминијума су у плодовима клеке.



Слика 35. Концентрација Al (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 9., и 10. приказане су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке алуминијумом. На основу израчунатог фактора обогаћења белог бора, може се истакнути да је свега неколико узорка корен (узорак 1 и 3) и плодови (узорак 5) било умерено до значајно обогаћено.

Табела 9. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора алуминијумом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	4.5764	1.9657	1.1713	1.8952
<i>Зона II</i>	Узорак 3	8.1216	0.6802	0.9210	1.5559
<i>Зона III</i>	Узорак 5	1.2706	1.7805	1.0066	8.0541

Назначене вредности означавају обогаћење узорка алуминијумом ($EF > 2$)

Табела 10. Фактор обогаћења биљног материјала клеке алуминијумом на испитиваном подручју

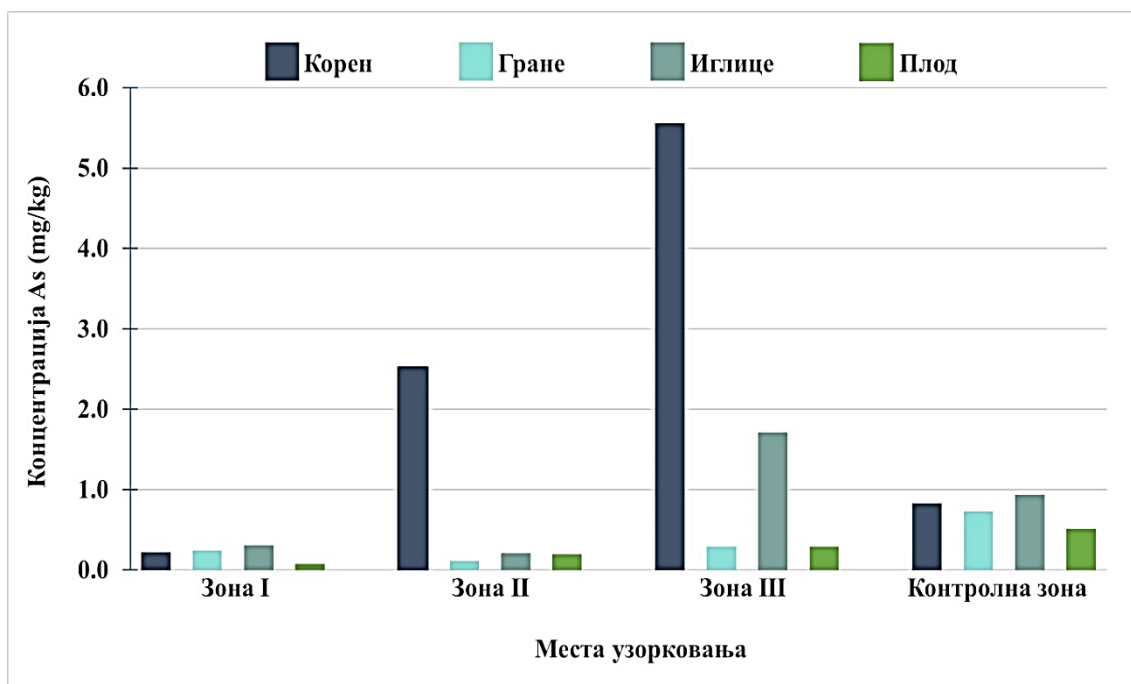
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	13.3909	0.8242	0.9870	0.7034
<i>Зона II</i>	Узорак 4	14.1298	25.3176	2.6172	2.3270
<i>Зона III</i>	Узорак 6	6.2136	1.1536	1.0424	0.8236

Назначене вредности означавају обогаћење узорка алуминијумом ($EF > 2$)

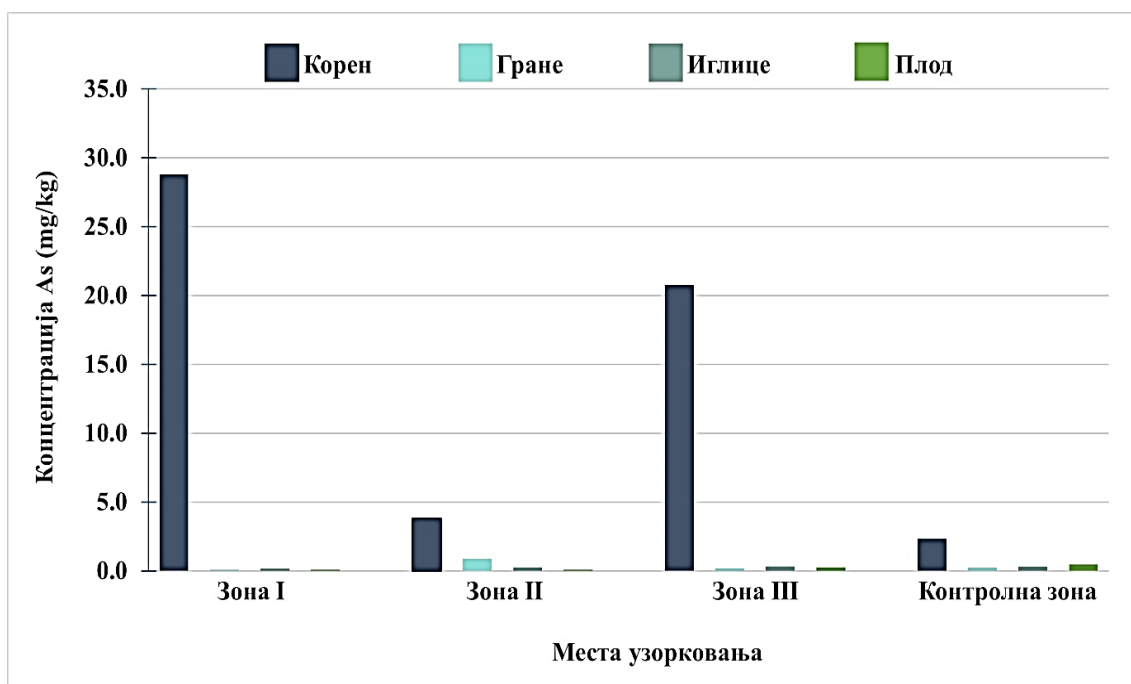
Код клеке фактор обогаћења се кретао од умереног до веома високог обогаћења. Највећа концентрација алуминијума је детектована у корену, узорак 4 и грани истог узорка. Уколико се направи поређење између биљних врста, закључује се да су највеће концентрације алуминијума детектоване у већини узорака клеке.

6.3.2. Арсен у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Концентрација арсена је била испод доње границе одређивања ($< 1 \text{ mg/kg}$) у већини узорака осим за корен у зони II где је концентрација арсена износила 2.52 mg/kg , у корену 5.5608 mg/kg и иглицама 1.7105 mg/kg у зони III (слика 36.). Концентрације арсена у деловима белог бора су биле испод границе одређивања. Детектована концентрације арсена у корену клеке (слика 37.) је била изнад граница одређивања и то, концентрација As корена у зони I износила је 28.7822 mg/kg , у зони II је износила 3.8101 mg/kg , док је концентрација арсена у зони III износила 20.7437 mg/kg . Може да се запази да је концентрација арсена била повећана у корену клеке из контролне зоне.



Слика 36. Концентрација As (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 37. Концентрација As (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

На основу добијених података, може се уочити да је највећа концентрација арсена детектована у деловима белог бора у зони II и зони III и док је код клеке

повећана концентрација арсена била у корену на самом површинском копу и у зони III.

Табела 11. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора арсеном на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	0.2651	0.3338	0.3323	0.1437
<i>Зона II</i>	Узорак 3	3.0422	0.1555	0.2198	0.3888
<i>Зона III</i>	Узорак 5	6.6998	0.4016	1.8392	0.5696

Назначене вредности означавају обогаћење узорка арсеном ($EF > 2$)

Табела 12. Фактор обогаћења биљног материјала клеке арсеном на испитиваном подручју

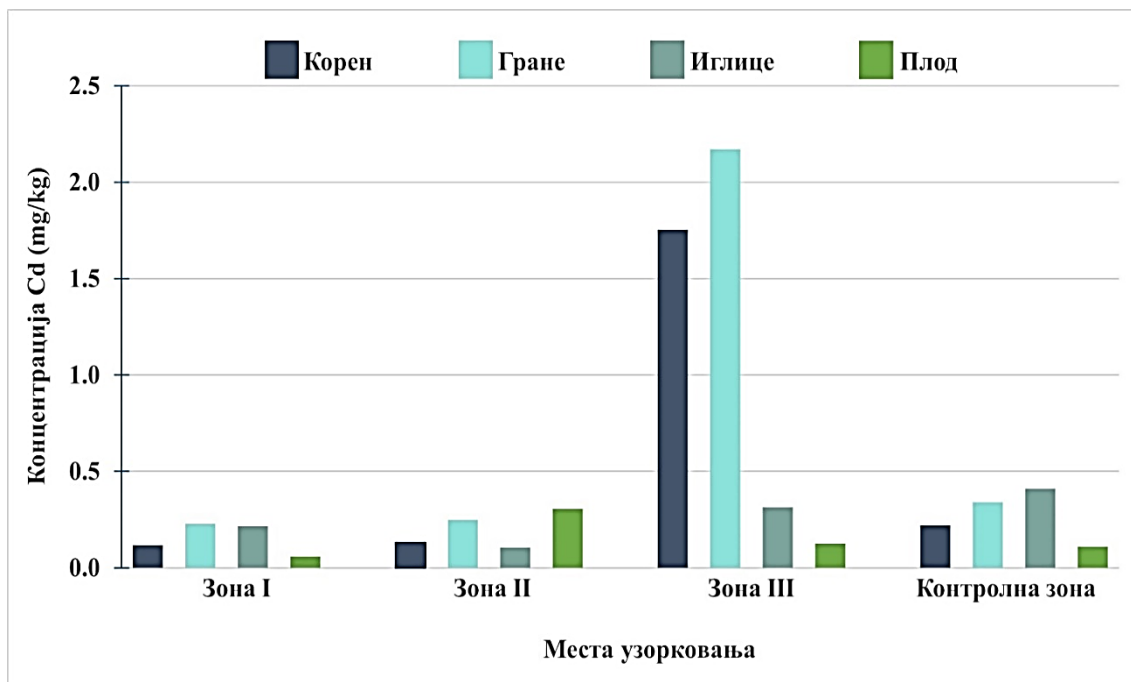
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	12.4598	0.2461	0.5530	0.1774
<i>Зона II</i>	Узорак 4	1.6494	3.8561	0.8963	0.1762
<i>Зона III</i>	Узорак 6	8.9800	0.8009	1.1574	0.5602

Назначене вредности означавају обогаћење узорка арсеном ($EF > 2$)

У табелама 11., и 12. приказане су вредности фактора обогаћења белог бора и клеке. Концентрације арсена су биле највеће у узорцима 3 и 5 за бели бор, од умереног од значајног обогаћења. Код клеке концентрација арсена у узорку 2 и 6 представља значајно обогаћење. Умерено обогаћење арсеном у грани клеке за узорак 4.

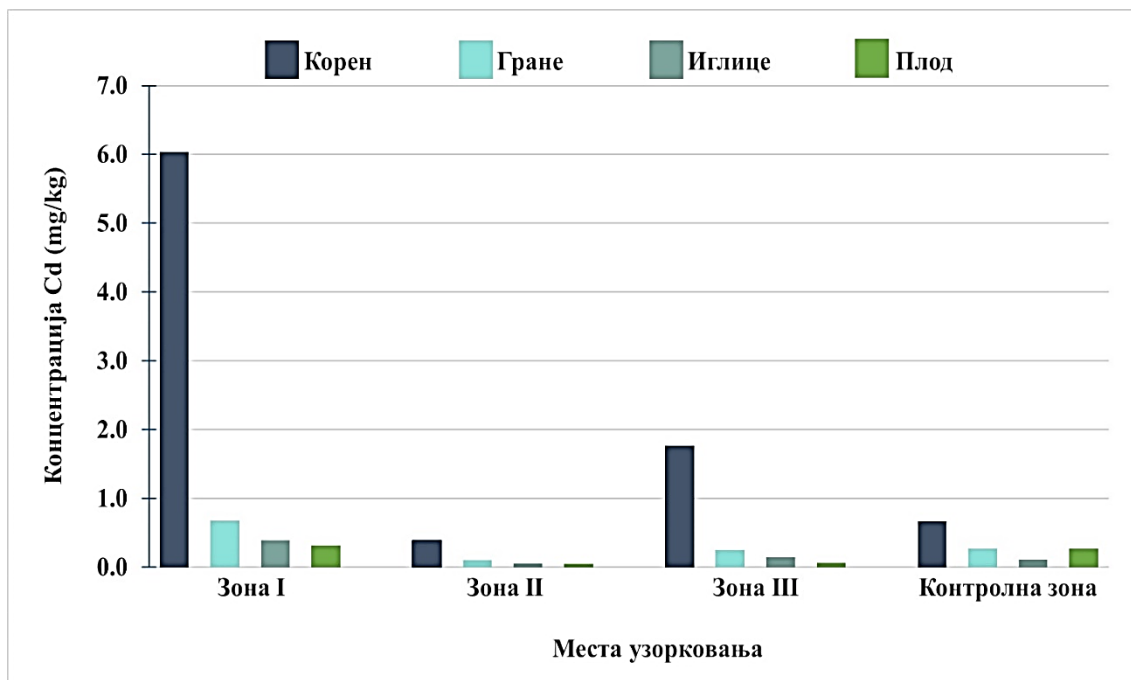
6.3.3. Кадмијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижсвак

Детектоване концентрације кадмијума у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице и плод) су приказане на слици 38. Концентрација кадмијума била је највећа у трећој зони у зони корена 1.7541 mg/kg и у грани 2.1724 mg/kg. Половина узорака ове биљне врсте имала је концентрацију кадмијума испод доње границе одређивања (< 0.2 mg/kg).



Слика 38. Концентрација Cd (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора

На слици 39. приказане су концентрације кадмијума у биљном материјалу клеке које је испитивано на површинском копу Кижевак и непосредној околини. Највећа концентрација кадмијума је забележена у корену у првој зони као и у корену у трећој зони.



Слика 39. Концентрација Cd (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 13., и 14. приказане су вредности обогаћења биљног материјала белог бора и клеке. Обогаћење биљног материјала се уочава у узорцима у којима је детектована највећа концентрација кадмијума. Обогаћење за обе биљне врсте се кретало од умерено до значајно обогаћено.

Табела 13. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора кадмијумом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	0.5395	0.6709	0.5271	0.5227
<i>Зона II</i>	Узорак 3	0.6014	0.7262	0.2549	2.7709
<i>Зона III</i>	Узорак 5	7.9732	6.3894	0.7595	1.1345

Назначене вредности означавају обогаћење узорка кадмијумом ($EF > 2$)

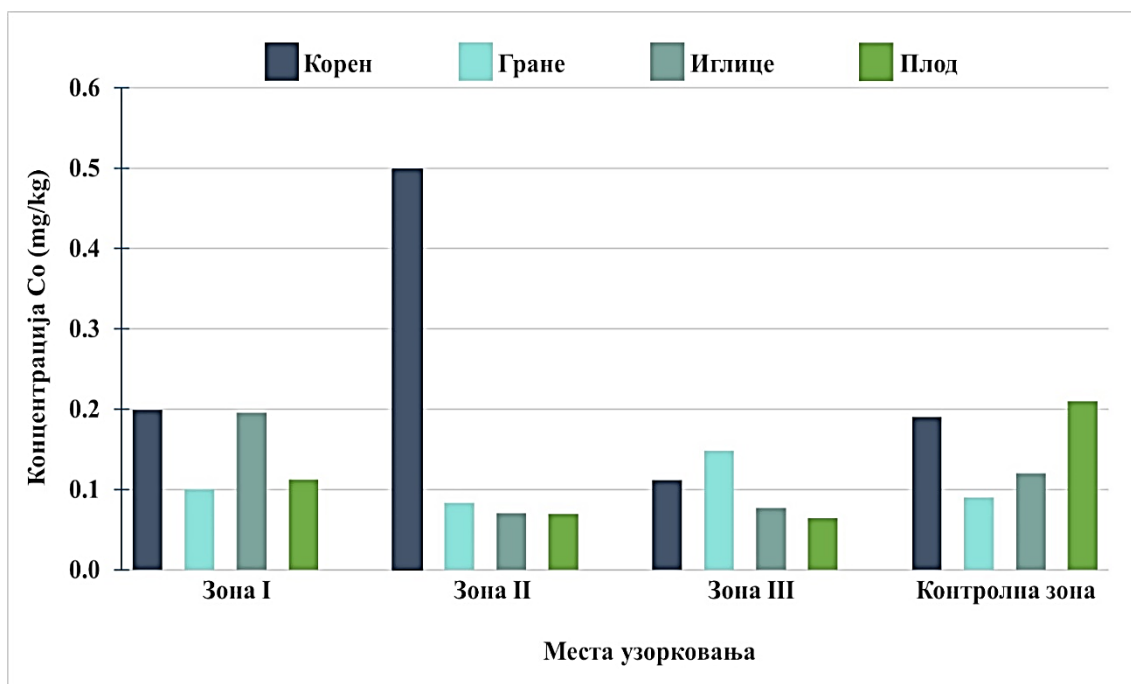
Табела 14. Фактор обогаћења биљног материјала клеке кадмијумом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	9.0057	2.4989	3.5500	1.1652
<i>Зона II</i>	Узорак 4	0.5749	0.3770	0.4973	0.1800
<i>Зона III</i>	Узорак 6	2.6381	0.9344	1.2909	0.2326

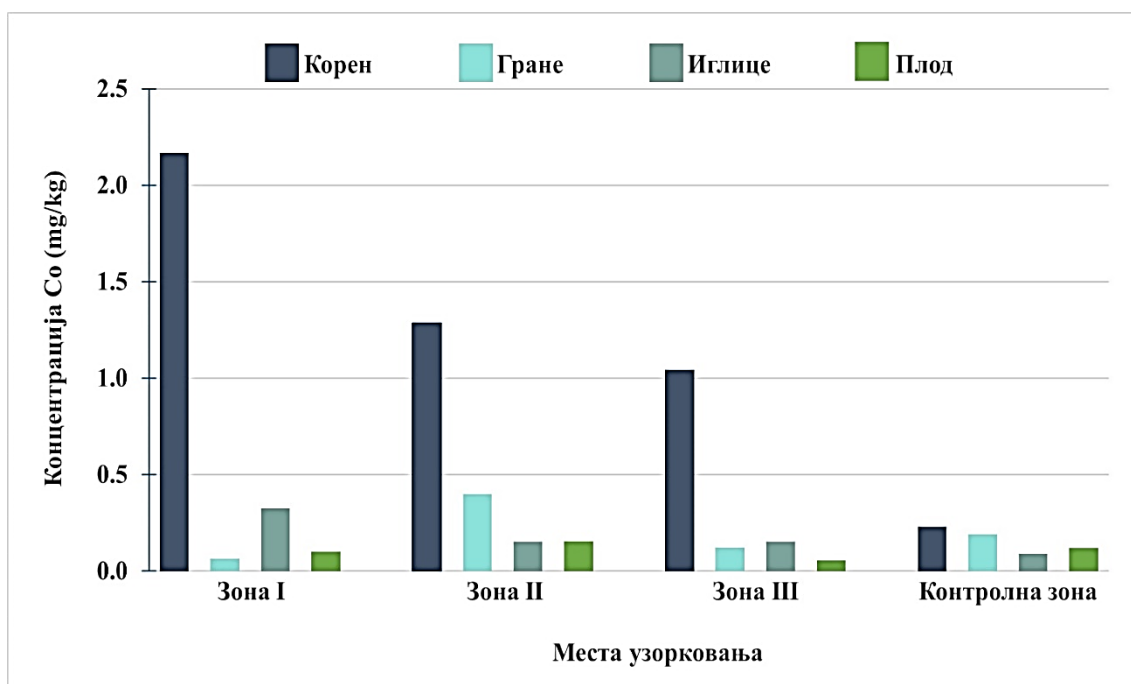
Назначене вредности означавају обогаћење узорка кадмијумом ($EF > 2$)

6.3.4. Кобалт у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

На сликама 40., и 41. приказане су концентрације кобалта у биљном материјалу белог бора и клеке (корен, гране, иглице и плод) узорковане на површинском копу Кижевак и непосредној околини. Концентрација кобалта у већини узорака белог бора биле су испод доње границе одређивања ($< 0.2 \text{ mg/kg}$, корен, иглице и плод) осим за концентрацију кобалта у другој зони за корен која је износила 0.4985 mg/kg . Концентрација кобалта у две зоне је била испод доње границе детекције ($< 0.1 \text{ mg/kg}$), док је трећој зони концентрација износила 0.1481 mg/kg . Концентрација кобалта у биљном материјалу клеке је била само повећана у зони корена и износила је 2.1677 mg/kg . Концентрација кобалта била је изнад граница одређивања, у другој зони у гранама износила је 0.3999 mg/kg и у трећој зону у грана 0.1218 mg/kg .



Слика 40. Концентрација Co (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 41. Концентрација Co (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 15., и 16. дат је фактор обогаћења биљног материјала белог бора и клеке. Фактор обогаћења белог бора кобалтом је био умерно обогаћен само у

другој зони, узорак 3. Обогаћење узорака клеке је било умерено, док је значајно обогаћење у зорку 2 и узорку 4.

Табела 15. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора кобалтом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	1.0495	1.1111	1.6275	0.5348
Зона II	Узорак 3	2.6237	0.9267	0.5858	0.3314
Зона III	Узорак 5	0.5863	1.6456	0.6417	0.3057

Назначене вредности означавају обогаћење узорка кобалтом ($EF > 2$)

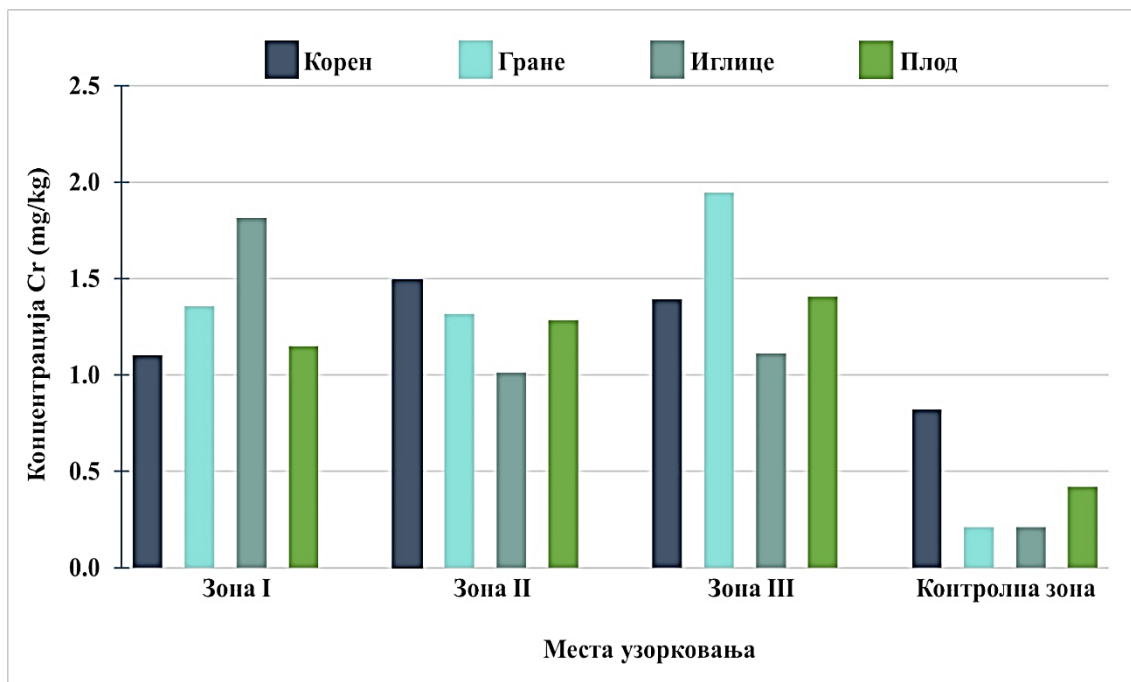
Табела 16. Фактор обогаћења биљног материјала клеке кобалтом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	9.4248	0.3405	3.6000	0.8217
Зона II	Узорак 4	5.5896	2.1047	1.6900	1.2808
Зона III	Узорак 6	4.5383	0.6411	1.6800	0.4575

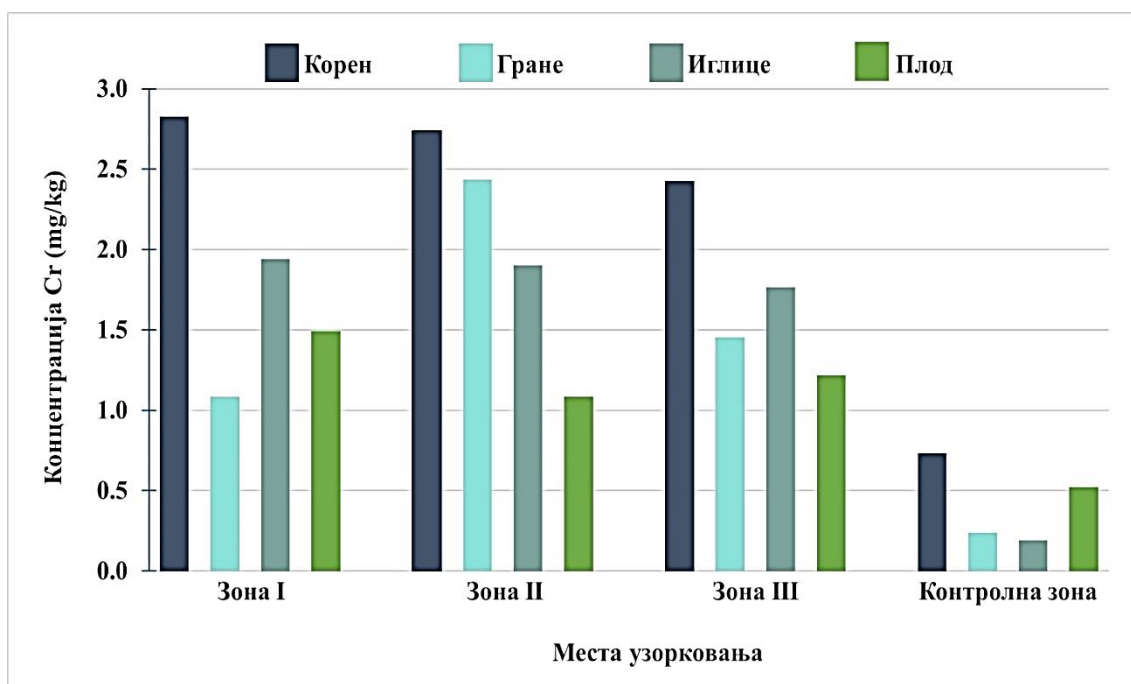
Назначене вредности означавају обогаћење узорка кобалтом ($EF > 2$)

6.3.5. Хром у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Преглед концентрације хрома у деловима белог бора (корен, гране, иглице и плод) дат је на слици 42. Концентрације хрома су биле изнад доње границе одређивања ($< 0.2 \text{ mg/kg}$). Највеће концентрације хрома забележене су иглицама 1.8135 mg/kg у првој зони и гранама 1.9478 mg/kg у трећој зони. На слици 43., дат је преглед концентрације хрома у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице и плод). Највећа концентрација хрома забележена је у узорцима корена у све три зоне, док је најнижа концентрација у плоду клеке у другој зони и износила је 1.0834 mg/kg .



Слика 42. Концентрација Cr (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 43. Концентрација Cr (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 17., и 18. приказане су вредности фактора обогађења биљног материјала белог бор и клеке. Обогађење узорака белог бора било је умерено, док

се свега неколико узорака белог бора било значајно обогаћено хромом. Док код клеке може се запазити да седам узоркованих делова припада умереном обогаћењу, док остали припадају значајном обогаћењу.

Табела 17. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора хром на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	1.3444	6.4633	8.6357	2.7376
Зона II	Узорак 3	1.8220	6.2714	4.8190	3.0567
Зона III	Узорак 5	1.7013	9.2752	5.2929	3.3481

Назначене вредности означавају обогаћење узорка хромом ($EF > 2$)

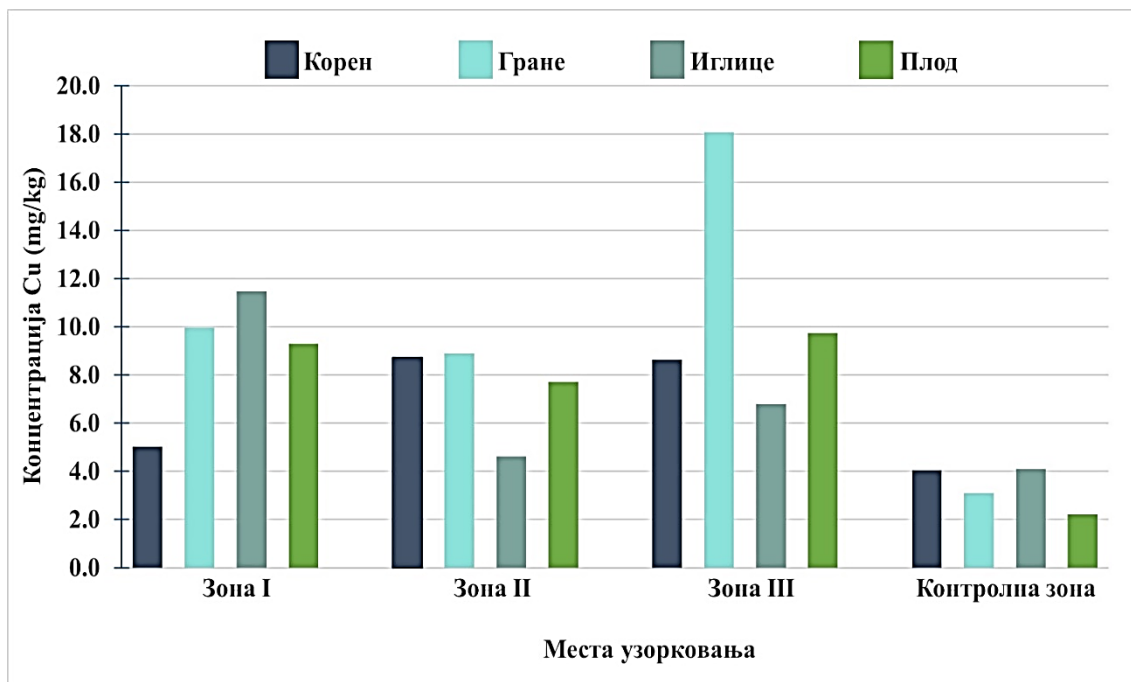
Табела 18. Фактор обогаћења биљног материјала клеке хром на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	3.8736	4.5183	10.2053	2.8667
Зона II	Узорак 4	3.7503	10.1363	9.9974	2.0835
Зона III	Узорак 6	3.3227	6.0483	9.2853	2.3363

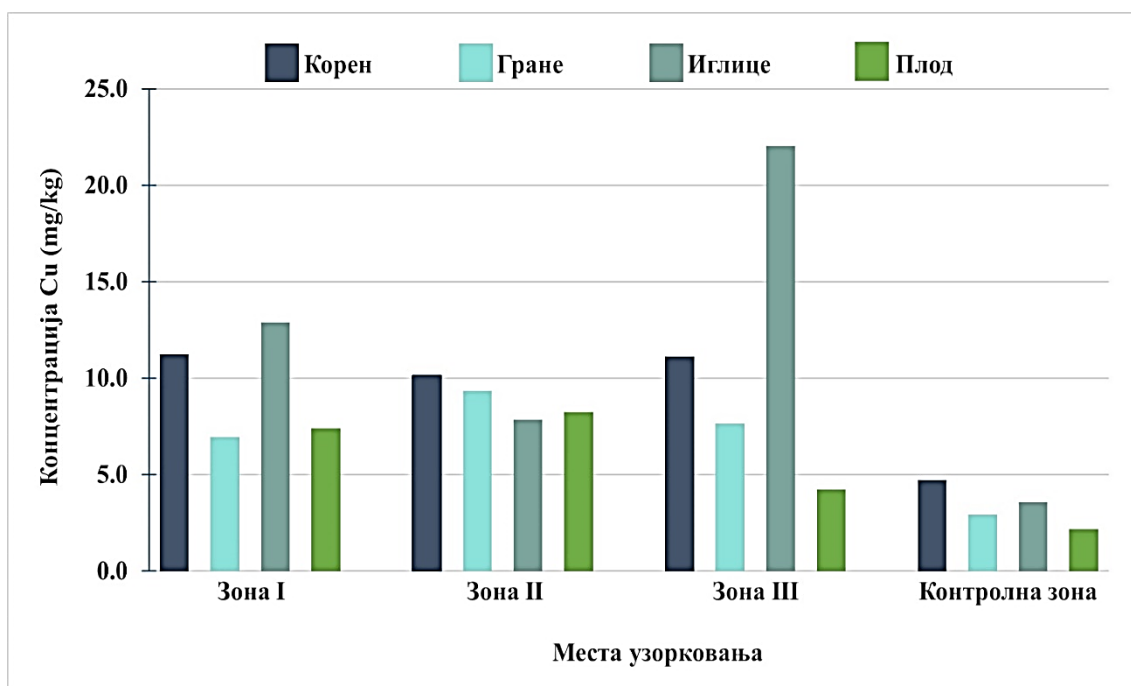
Назначене вредности означавају обогаћење узорка хромом ($EF > 2$)

6.3.6. Бакар у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Концентрација бакра у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице и плод) са површинског копа Кижевак и непосредне околине приказана је на слици 44. Највећа концентрација бакра детектована је у гранама у трећој зони. Најниже концентрације бакра су забележене у контролној зони. На слици 45., је приказана концентрација бакра у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице и плод). Највеће концентрација је детектована у иглицама клеке у трећој зони, док су најмање концентрације детектоване у контролној зони.



Слика 44. Концентрација Cu (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 45. Концентрација Cu (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 19., и 20. приказане су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке. Из приложених података може се закључити да је обогаћење углавном умерено за бели бор и клеку.

Табела 19. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора бакром на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	1.2455	3.2223	2.7987	4.1858
Зона II	Узорак 3	2.1667	2.8813	1.1246	3.4721
Зона III	Узорак 5	2.1433	5.8496	1.6599	4.3832

Назначене вредности означавају обогаћење узорка бакром ($EF > 2$)

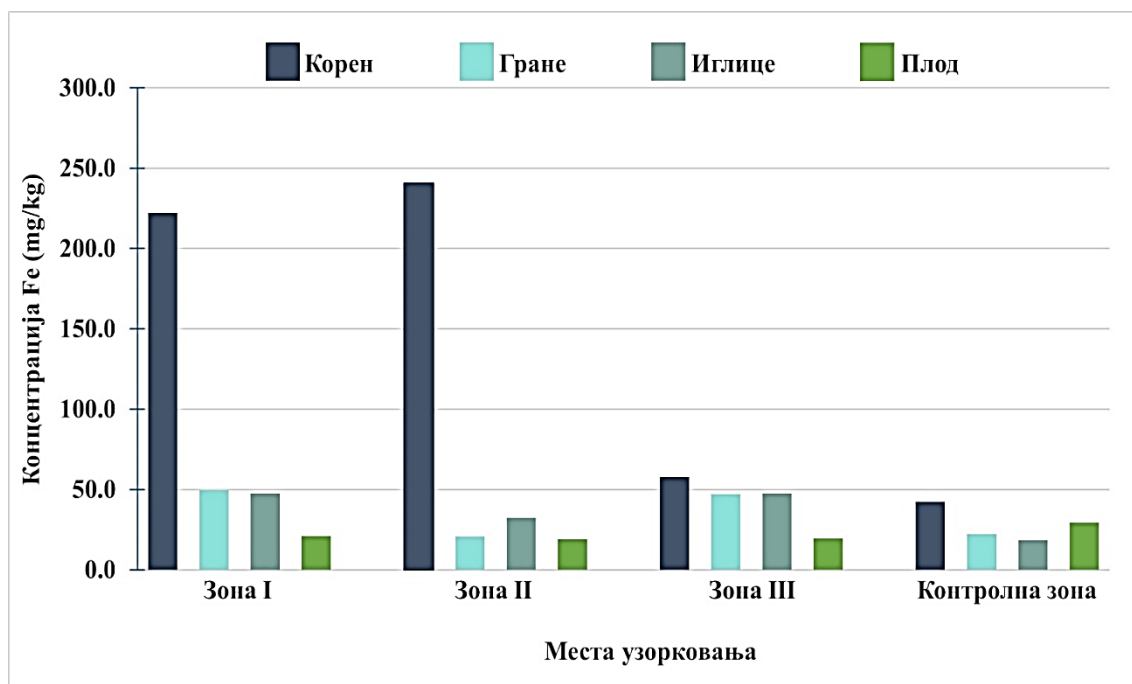
Табела 20. Фактор обогаћења биљног материјала клеке бакром на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	2.3786	2.3735	3.6078	3.4015
Зона II	Узорак 4	2.1430	3.2005	2.1943	3.7940
Зона III	Узорак 6	2.3522	2.6164	6.1687	1.9387

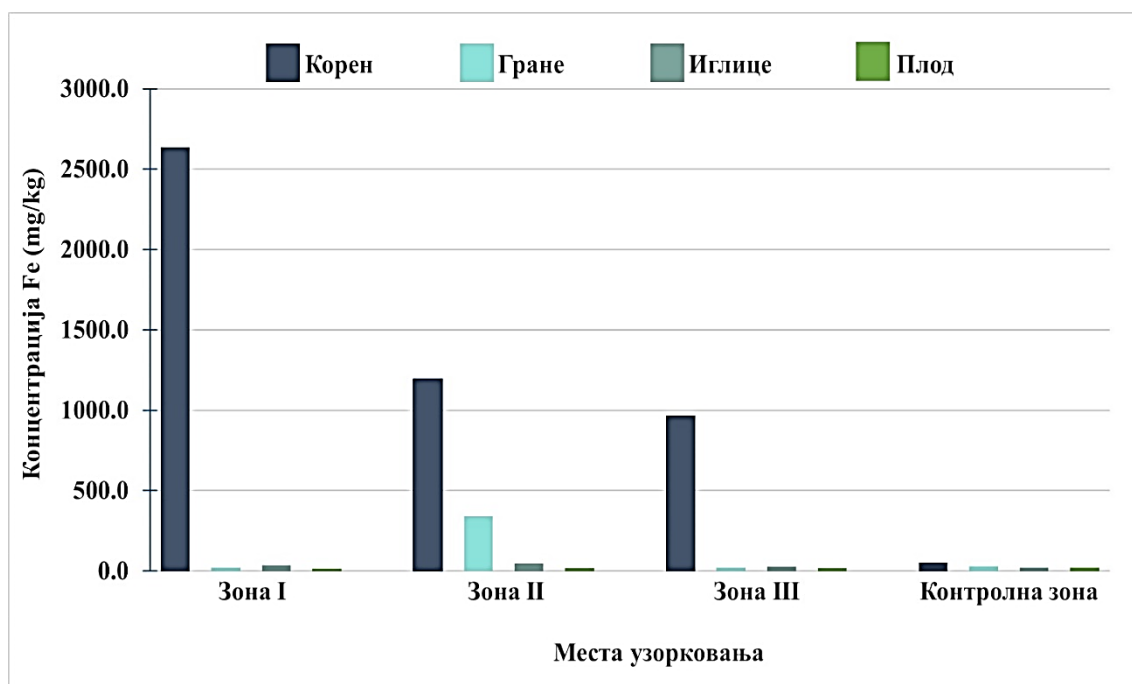
Назначене вредности означавају обогаћење узорка бакром ($EF > 2$)

6.3.7. Гвожђе у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Концентрација гвожђа у биљном материјалу белог бора са површинског копа Кижевак и непосредне околине дат је на слици 46. Највећа концентрација гвожђа забележена је у другој зони у корену белог бора. Најниже концентрације гвожђа измерене су у контролној зони. Концентрације гвожђа у биљном материјалу клеке са површинског копа књижевни непосредне околине приказане су на слици 47. У корену клеке је у зони један била највећа концентрација гвожђа.



Слика 46. Концентрација Fe (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 47. Концентрација Fe (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

Вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке на испитиваном површинском копу Кижевак и непосредне околине да те су у табелама

22., и 23. На основу добијених вредности фактора обогаћења за бели бор запажа се да припада групи умерено до значајно обогаћених узорака гвожђем. Док код клеке може да се запази да се фактор обогаћења креће од значајног до екстремно високог обогаћења.

Табела 21. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора гвожђем на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	5.2722	2.2326	2.5810	0.7116
Зона II	Узорак 3	5.7044	0.9345	1.7571	0.6368
Зона III	Узорак 5	1.3748	2.1284	2.5693	0.6630

Назначене вредности означавају обогаћење узорка гвожђем ($EF > 2$)

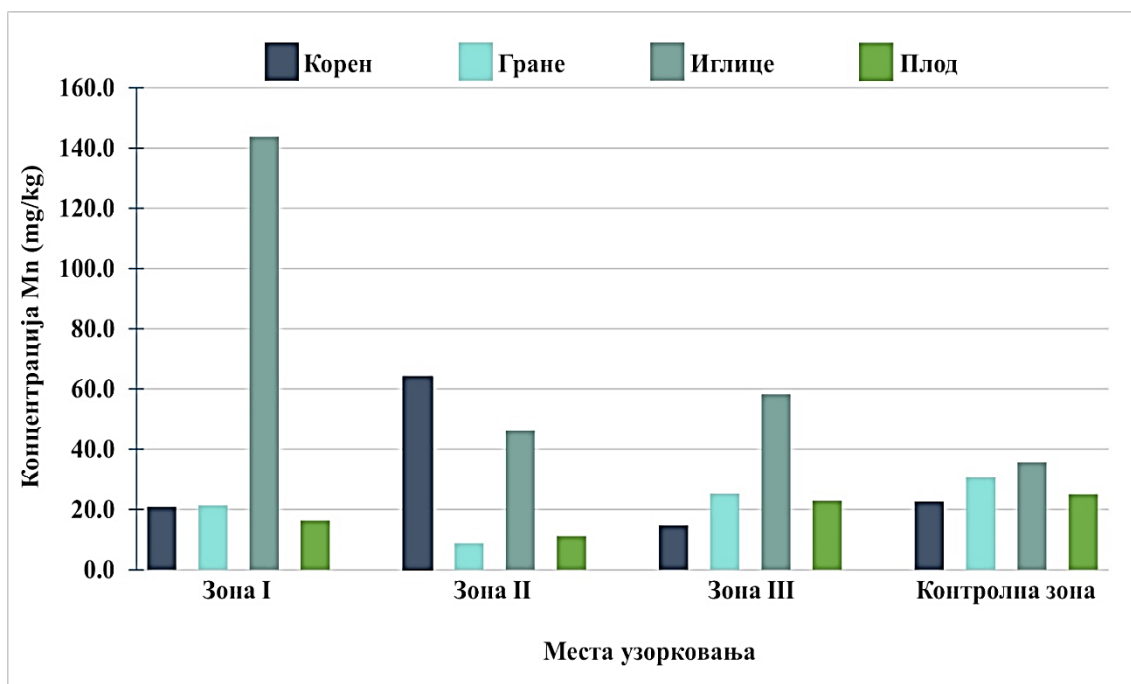
Табела 22. Фактор обогаћења биљног материјала клеке гвожђем на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	49.8704	0.7047	1.7164	0.7583
Зона II	Узорак 4	22.6168	11.3274	2.3902	0.8310
Зона III	Узорак 6	18.2964	0.6281	1.3064	0.9563

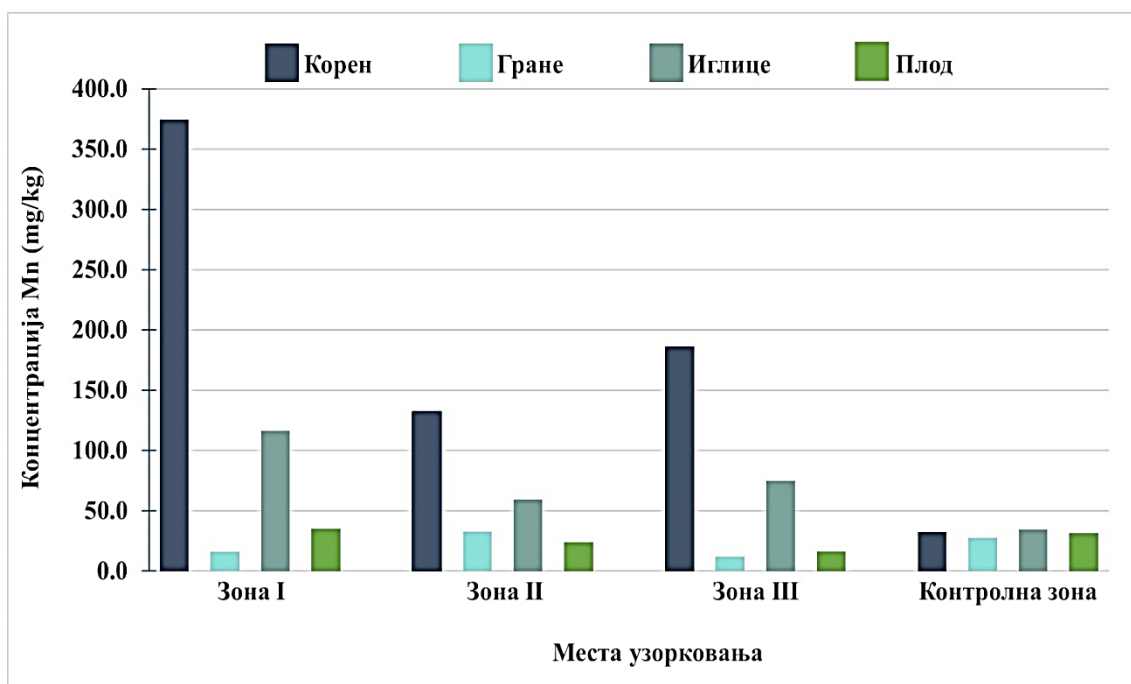
Назначене вредности означавају обогаћење узорка гвожђем ($EF > 2$)

6.3.8. Манган у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Детектоване концентрације мангана у деловима белог бора узорковане на површинском копу Кижевак и непосредној околини приказане су на слици 48. Највеће концентрације мангана забележене су у иглицама белог бора у зони један, док је најнижа концентрација мангана у белом бору забележена у гранама у зони два. На слици 49., приказана је детектована концентрација мангана у деловима клеке. Највећа концентрација мангана забележена је у зони један у корену док је најнижа концентрација мангана забележена у грани клеке у зони три.



Слика 48. Концентрација Mn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 49. Концентрација Mn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 23., и 24. приказане су вредности фактора обогаћења делова белог бора и клеке мангано, на испитиваном површинском копу и његовој

непосредној близини. На основу вредности фактора обогаћења за бели бор уочава се да су узорци углавном били умерено обогаћеном манганом. Док код клеке на основу вредности фактора обогаћења уочава се да су узорци углавном били умерено до значајно обогаћени манганом.

Табела 23. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора манганом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	0.9184	0.6984	4.0380	0.6479
Зона II	Узорак 3	2.8225	0.2877	1.2975	0.4469
Зона III	Узорак 5	0.6473	0.8231	1.6358	0.9091

Назначене вредности означавају обогаћење узорка манганом ($EF > 2$)

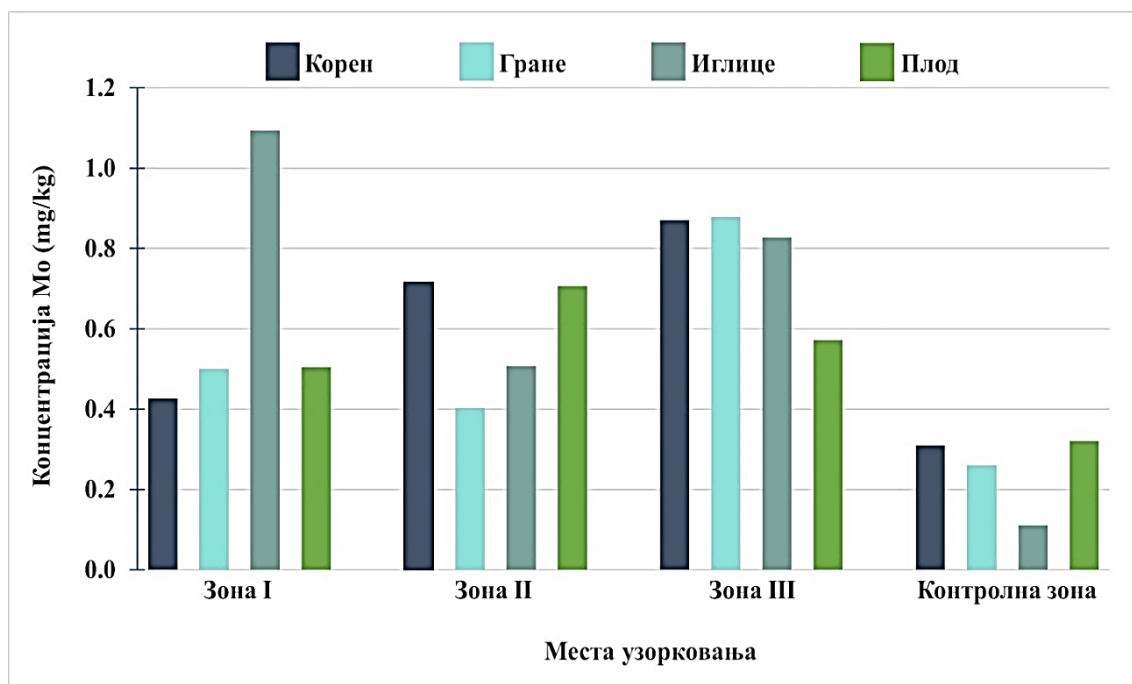
Табела 24. Фактор обогаћења биљног материјала клеке манганом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	11.5939	0.5808	3.3786	1.1168
Зона II	Узорак 4	4.0828	1.2020	1.7159	0.7539
Зона III	Узорак 6	5.7657	0.4301	2.1697	0.5106

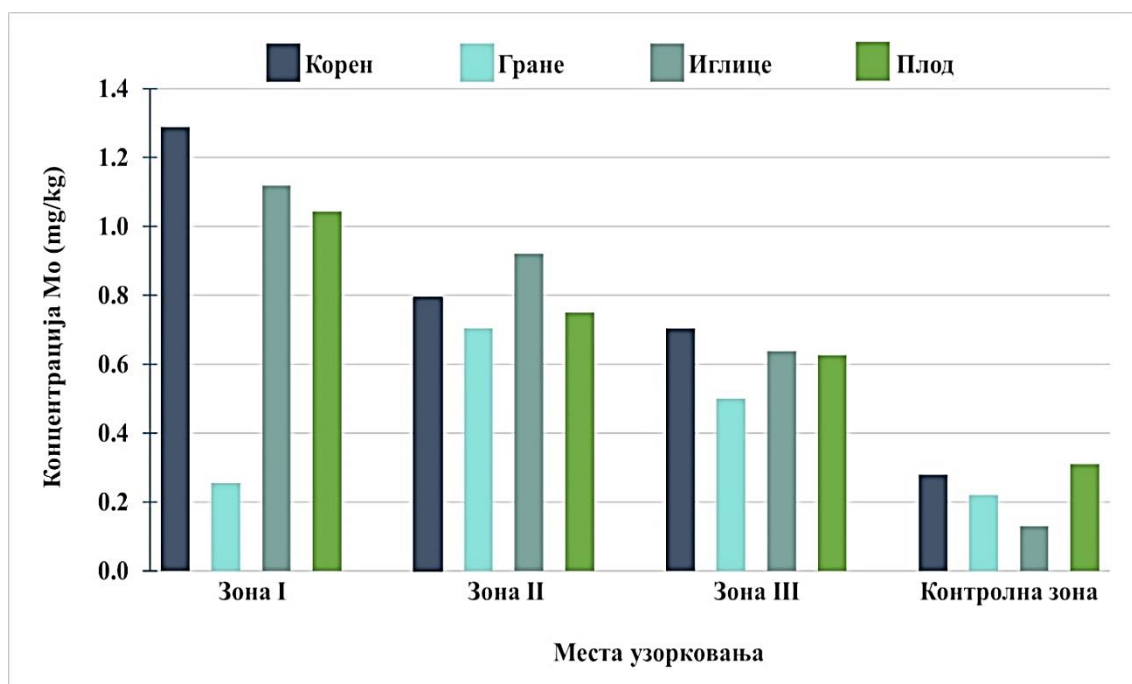
Назначене вредности означавају обогаћење узорка манганом ($EF > 2$)

6.3.9. Молибден у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Концентрација молибдена у биљном материјалу белог бора (корен, гране, плодови и лишће) који је узоркован на површинском копу и непосредној близини приказаној је на слици 50. Концентрација молибдена код свих узорака у све три зоне била је изнад горње границе одређивања ($< 0.2 \text{ mg/kg}$ за узорке гране и $< 0.3 \text{ mg/kg}$ за остале узорке). Концентрација молибдена у биљном материјалу клеке је приказана на слици 51. Концентрација молибдена је детектована у зони један у корену док је најнижа концентрација молибдена детектована у зони један у гранама.



Слика 50. Концентрација Мо (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 51. Концентрација Мо (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 25., и 26. приказано је обогаћење биљног материјала белог бора и клеке. Обогаћење биљног материјала белог бора и клеке у највећем броју узорака било је умерено у неколико узорака било је значајног обогаћења.

Табела 25. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора молибденом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	1.3745	1.9258	9.9409	1.5734
Зона II	Узорак 3	2.3077	1.5485	4.6155	2.2081
Зона III	Узорак 5	2.8094	3.3788	7.5245	1.7863

Назначене вредности означавају обогаћење узорка молибденом ($EF > 2$)

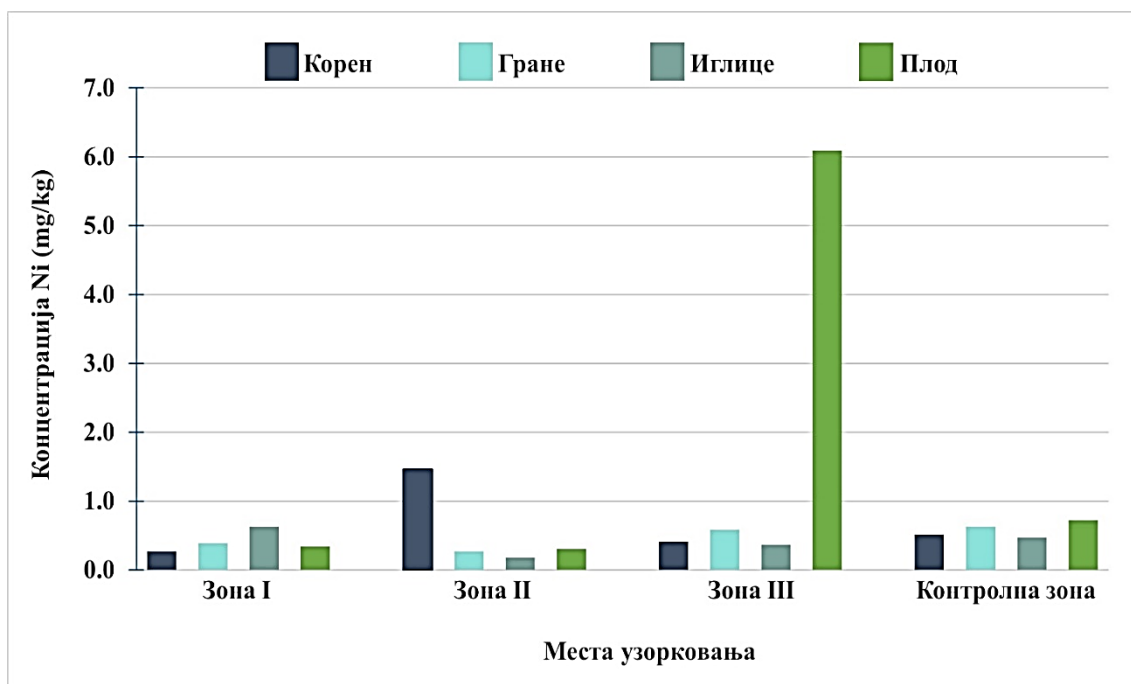
Табела 26. Фактор обогаћења биљног материјала клеке молибденом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	4.6025	1.1645	8.6092	3.3632
Зона II	Узорак 4	2.8361	3.2032	7.0885	2.4171
Зона III	Узорак 6	2.5114	2.2732	4.9054	2.0206

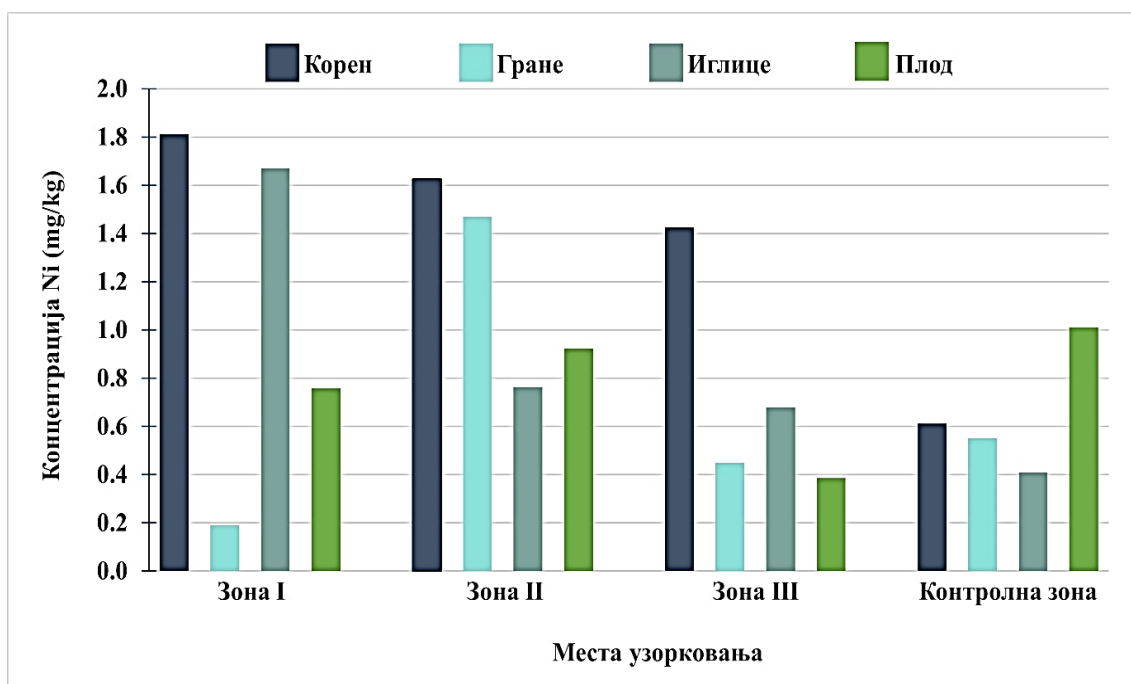
Назначене вредности означавају обогаћење узорка молибденом ($EF > 2$)

6.3.10. Никл у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Преглед концентрације никла у биљном материјалу белог бора и клеке узоркованом на површинском копу Кижевак и непосредној околини да је на сликама 52., и 53. Највећа концентрација никла је у корену белог бора у другој зони и највећа концентрација никла је у плоду је у трећој зони. Запажа се да су концентрације никла у деловима белог бора у контролној зони већи него у неким зонама узорковања. Највећа концентрација никла у биљном материјалу клеке је у зони један у корену док је најнижа концентрација испитивања никла у грани клек је у зони један.



Слика 52. Концентрација Ni (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 53. Концентрација Ni (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 27., и 28. приказане су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке николом. У зони корена у узорку 3 имамо умерено

обогаћење никела док у узорку 5 у плоду белог бора имамо значајно обогаћење никелом. Вредност фактора обогаћења код клеке била је у опсегу умереног обогаћења никелом.

Табела 27. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора никлом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	0.5247	0.6247	1.3315	0.4672
<i>Зона II</i>	Узорак 3	2.8600	0.4276	0.3664	0.4163
<i>Зона III</i>	Узорак 5	0.7937	0.9410	0.7768	8.4588

Назначене вредности означавају обогаћење узорка никлом ($EF > 2$)

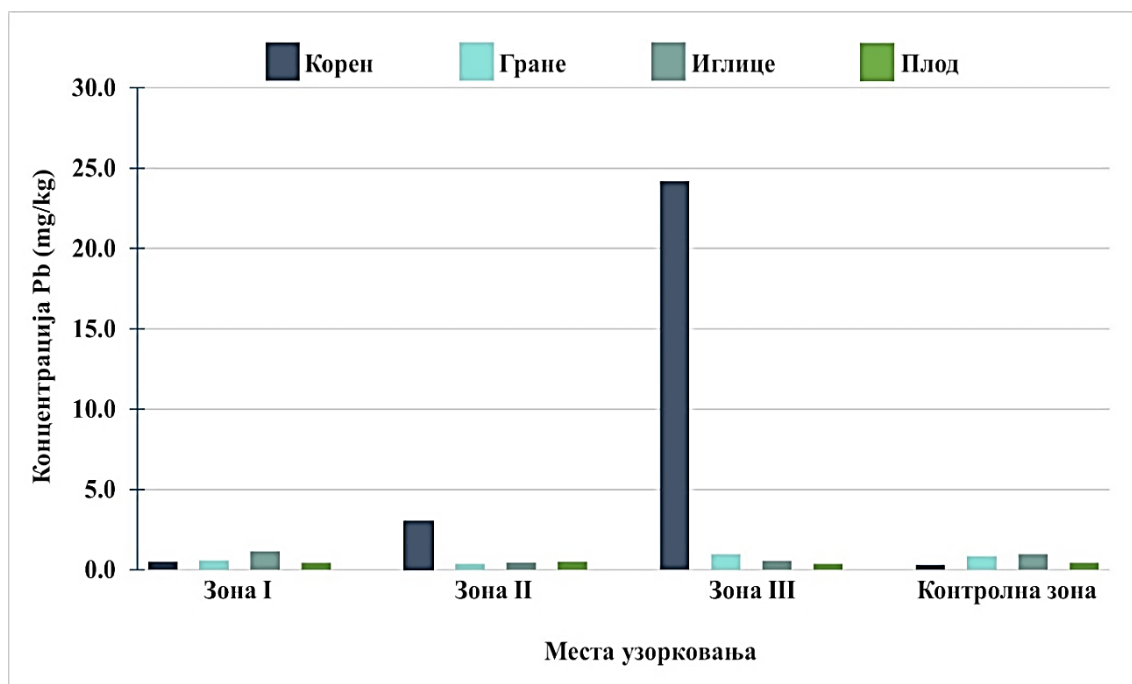
Табела 28. Фактор обогаћења биљног материјала клеке никлом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	2.9669	0.3440	4.0724	0.7502
<i>Зона II</i>	Узорак 4	2.6641	2.6689	1.8607	0.9137
<i>Зона III</i>	Узорак 6	2.3359	0.8158	1.6554	0.3811

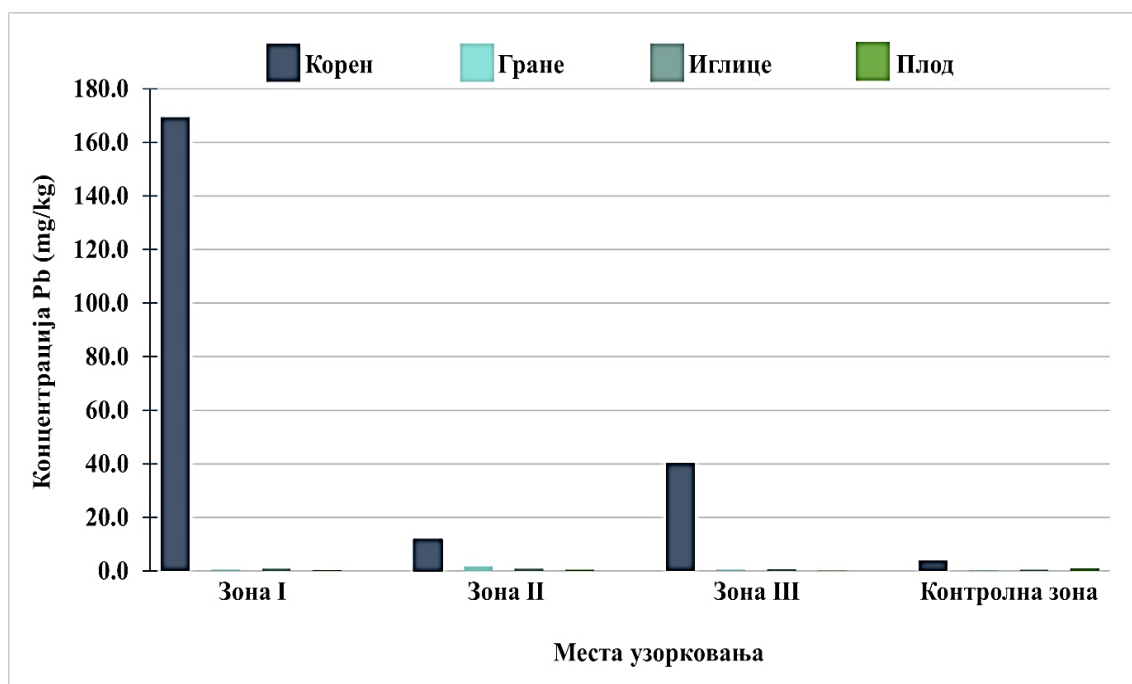
Назначене вредности означавају обогаћење узорка никлом ($EF > 2$)

6.3.11. Олово у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Детектоване концентрације олова у биљном материјалу белог бора и клеке са површинског копа Кижевак и непосредне околине приказане су на сликама 54., и 55. Највећа концентрација је детектована у корену белог бора у зони три. Најнижа концентрација олова детектована је у плоду у трећој зони. Код клеке највећа концентрација олова детектована је у корену у зони један док је најнижа концентрација олова детектована у плоду у зони три.



Слика 54. Концентрација Pb (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 55. Концентрација Pb (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

Вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке оловом на површинском копу Кижевак и непосредној околини приказане су табеларно

(табела 29., и 30.). На основу табеларних података код фактора обогаћења биљног материјала белог бора може да се види да код узорка 3 имамо значајно обогаћење олова у зони корена док код узорка 5 имамо екстремно високо обогаћење оловом. Обогаћење делова биљке код клеке се креће од умерено до екстремно високо обогаћених делова оловом, а екстремно високо обогаћење се односи на узорак два уз зоне корена.

Табела 29. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора оловом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	1.6393	0.6986	1.1897	1.0329
<i>Зона II</i>	Узорак 3	10.4083	0.4327	0.4745	1.2027
<i>Зона III</i>	Узорак 5	83.4824	1.1357	0.5689	0.8749

Назначене вредности означавају обогаћење узорка оловом ($EF > 2$)

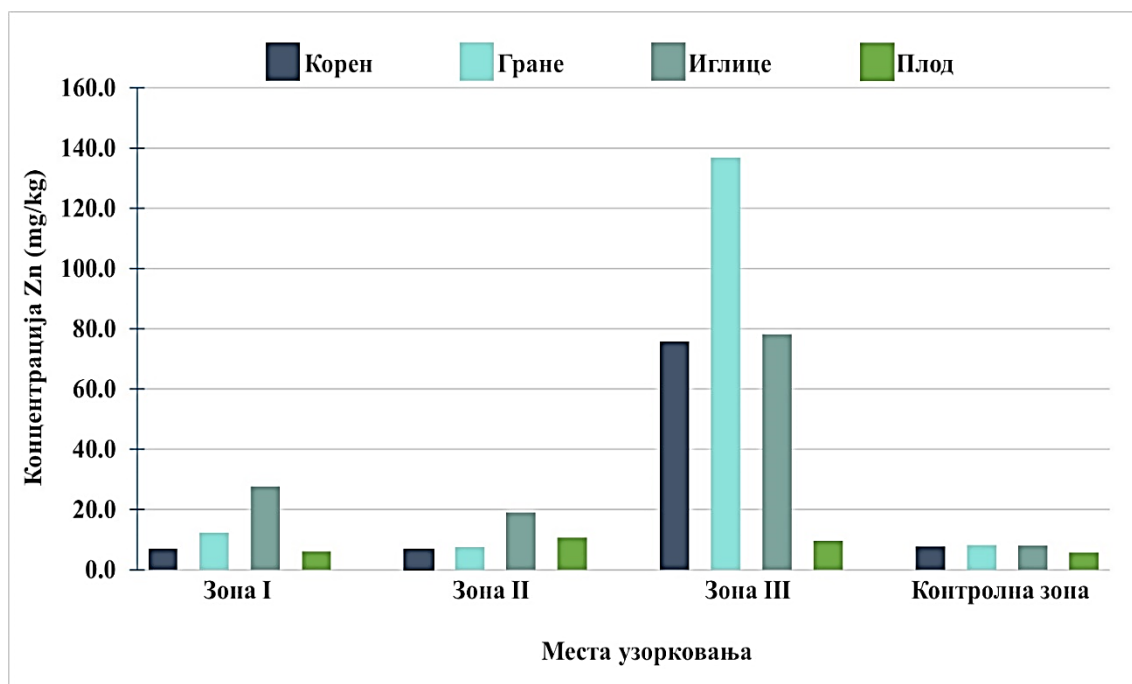
Табела 30. Фактор обогаћења биљног материјала клеке оловом на испитиваном подручју

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	43.6397	1.2990	1.8240	0.2276
<i>Зона II</i>	Узорак 4	3.0038	5.5458	1.8226	0.4078
<i>Зона III</i>	Узорак 6	10.4282	1.8284	1.5283	0.1962

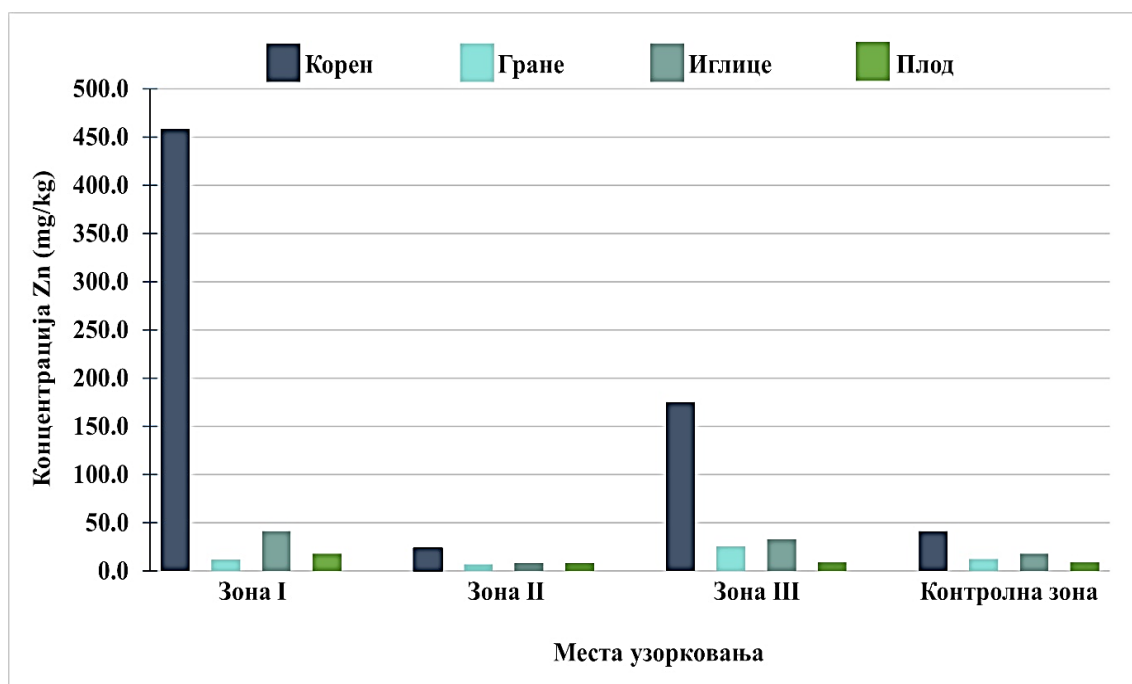
Назначене вредности означавају обогаћење узорка оловом ($EF > 2$)

6.3.12. Цинк у биљном материјалу белог бора и клеке, Кижевак

Детектоване концентрације цинка у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора и клеке дате су на сликама 56., и 57 са испитиваног површинског копа Кижевак и његовој непосредној близини. Највећа концентрација цинка је забележена у зони три у гранама белог бора док је најнижа концентрација цинка забележена у зони један у плодовима белог бора. Концентрација цинка у испитиваној биљној врсти клеке је била највећа у корену у зони један док је најмања концентрација цинка била у гранама у зони два.



Слика 56. Концентрација Zn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 57. Концентрација Zn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 31., и 32. приказане су вредности фактора обogaћења биљног материјала белог бора и клеке на испитиваном подручју. Вредности фактора

обогаћења кретале су од умерено до значајног обогаћења белог бора одређеним елементом. вредности фактора обогаћења заклетву кретале су се у опсегу умереног обогаћења док је једино код узорка два уз они корена примећено значајно обогаћење овим елементима.

Табела 31. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора цинком на испитиваном подручју

Зоне узорковања	Места узорковања	Корен	Гране	Иглице	Плодови
Зона I	Узорак 1	0.9033	1.5015	3.4540	1.0572
Зона II	Узорак 3	0.8902	0.9228	2.3829	1.8573
Зона III	Узорак 5	9.7999	16.6642	9.7689	1.6861

Назначене вредности означавају обогаћење узорка цинком ($EF > 2$)

Табела 32. Фактор обогаћења биљног материјала клека цинком на испитиваном подручју

Зоне узорковања	Места узорковања	Корен	Гране	Иглице	Плодови
Зона I	Узорак 2	11.1041	0.9333	2.2961	1.9733
Зона II	Узорак 4	0.5670	0.5612	0.4564	0.9068
Зона III	Узорак 6	4.2469	2.0345	1.8125	0.9531

Назначене вредности означавају обогаћење узорка цинком ($EF > 2$)

6.3.13. Корелација елемената у биљном материјалу белог бора и клеке на површинском копу Кижевак и непосредној близини

6.3.13.1. Корелација елемената у биљном материјалу белог бора на површинском копу Кижевак и непосредној близини

Спирманови коефицијенти корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у корену К и иглицама И белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 33., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у гранама Г и иглицама И белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 34., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у гранама Г и плодова П белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 35., корелација (ρ) између концентрација елемената између

концентрација у иглицама И и плодовима П белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 36.

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности добијени су између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у корену и између Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама белог бора (табела 33.). Негативне корелације веће статистичке значајности добијене између елемената у корену и иглицама белог бора **Al_(k)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Co_(k)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Cr_(k)-Al_(n)**, **Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Cu_(k)-Al_(n)**, **Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Fe_(k)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Mn_(k)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Ni_(k)-Al_(n)**, **Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)** и позитивне корелације веће статистичке значајности добијене су између елемената у корену и иглицама белог бора **Pb_(k)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**.

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности добијени су између концентрација Al, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у гранама белог бора и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама белог бора су приказани у табели 34. Између концентрација елемената у гранама и иглицама белог бора, остварене су веће позитивне статистичке значајности остварене између **Al_(r)-Al_(n)**, **Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **As_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Co_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Cr_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Cu_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Fe_(r)-Al_(n)**, **Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Mn_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Fe_(n)**, **Zn_(n)**; **Ni_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Zn_(n)**; **Pb_(r)-Al_(n)**, **As_(n)**, **Zn_(n)**; **Zn_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Zn_(n)** а негативне корелације веће статистичке значајности добијене су између **Mo_(r)-Al_(n)**, **Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**. На основу добијених вредности, може се закључити да има активног транспорта између елемената у гранама до иглица белог бора. Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности добијени су између концентрација Al, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у гранама белог бора (табела 35.) и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима белог бора. Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **As_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)**; **Cd_(r)-As_(n)**, **Cr_(n)**; **Co_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Cr_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)**; **Cu_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Mn_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)**; **Mo_(r)-Mo_(n)**, **Zn_(n)**; **Ni_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)**; **Pb_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)**; **Zn_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Mn_(n)**, **Ni_(n)** а

статистички значајна негативна корелација остварена је између **Al**_(r)-**Mo**_(n), **Zn**_(n); **As**_(r)- **Pb**_(n); **Cd**_(r)-**Cd**_(n), **Co**_(n); **Cr**_(r)-**Pb**_(n); **Fe**_(r)-**Fe**_(n), **Mo**_(n), **Zn**_(n); **Mn**_(r)-**Pb**_(n); **Ni**_(r)- **Pb**_(n), **Pb**_(r)-**Pb**_(n); **Zn**_(r)-**Pb**_(n).

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени су између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама белог бора и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима белог бора (табела 36.). Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **As**_(n)-**Al**_(n), **Cu**_(n), **Mn**_(n), **Ni**_(n); **Cd**_(n)-**Al**_(n), **Cu**_(n), **Mn**_(n), **Ni**_(n); **Fe**_(n)-**Al**_(n), **Cu**_(n), **Mn**_(n), **Ni**_(n); **Zn**_(n)-**Al**_(n), **Cu**_(n), **Mn**_(n), **Ni**_(n) као и статистичка значајна негативна корелација између **Al**_(n)-**Fe**_(n), **Mo**_(n), **Zn**_(n); **As**_(n)- **Pb**_(n), **Cd**_(n)- **Pb**_(n); **Co**_(n)-**Mo**_(n), **Zn**_(n); **Cr**_(n)-**Mo**_(n), **Zn**_(n); **Cu**_(n)-**Mo**_(n), **Zn**_(n), **Mn**_(n)- **Mo**_(n), **Zn**_(n); **Mo**_(n)- **Mo**_(n), **Zn**_(n); **Ni**_(n)-**Mo**_(n), **Zn**_(n); **Pb**_(n)- **Mo**_(n), **Zn**_(n); **Zn**_(n)-**Pb**_(n).

Табела 33. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у корену К и иглицама И белог бора на испитиваном подручју

	Al_K	As_K	Cd_K	Co_K	Cr_K	Cu_K	Fe_K	Mn_K	Mo_K	Ni_K	Pb_K	Zn_K	Al_I	As_I	Cd_I	Co_I	Cr_I	Cu_I	Fe_I	Mn_I	Mo_I	Ni_I	Pb_I	Zn_I	
Al_K	1.000																								
As_K	-0.500	1.000																							
Cd_K	-0.500	1.000**	1.000																						
Co_K	1.000**	-0.500	-0.500	1.000																					
Cr_K	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																				
Cu_K	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000																			
Fe_K	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000																		
Mn_K	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000																	
Mo_K	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000																
Ni_K	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000															
Pb_K	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000														
Zn_K	1.000**	0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	0.500	1.000													
Al_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000												
As_I	1.000**	0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000											
Cd_I	1.000**	0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	-1.000**	0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000										
Co_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000									
Cr_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000								
Cu_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000							
Fe_I	1.000**	0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000						
Mn_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000				
Mo_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000				
Ni_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000			
Pb_I	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000		
Zn_I	1.000**	0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000

Означене вредности означавају статистички значајне корелације ** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 34. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у гранама Γ и иглицама И бели бор на испитиваном подручју

	Al Γ	As Γ	Cd Γ	Co Γ	Cr Γ	Cu Γ	Fe Γ	Mn Γ	Mo Γ	Ni Γ	Pb Γ	Zn Γ	Al И	As И	Cd И	Co И	Cr И	Cu И	Fe И	Mn И	Mo И	Ni И	Pb И	Zn И	
Al Γ	1.000																								
As Γ	0.500	1.000																							
Cd Γ	-0.500	0.500	1.000																						
Co Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000																					
Cr Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000																				
Cu Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000																			
Fe Γ	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																		
Mn Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000																	
Mo Γ	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000																
Ni Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000															
Pb Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000														
Zn Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	1.000													
Al И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000												
As И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000											
Cd И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000										
Co И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000									
Cr И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000								
Cu И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000							
Fe И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000	-0.500	1.000	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000						
Mn И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000					
Mo И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000			
Ni И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000		
Pb И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000	
Zn И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 35. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација грана Γ и плодови Π белог бор на испитиваном подручју

	Al_Г	As_Г	Cd_Г	Co_Г	Cr_Г	Cu_Г	Fe_Г	Mn_Г	Mo_Г	Ni_Г	Pb_Г	Zn_Г	Al_Π	As_Π	Cd_Π	Co_Π	Cr_Π	Cu_Π	Fe_Π	Mn_Π	Mo_Π	Ni_Π	Pb_Π	Zn_Π	
Al_Г	1.000																								
As_Г	0.500	1.000																							
Cd_Г	-0.500	0.500	1.000																						
Co_Г	0.500	1.000**	0.500	1.000																					
Cr_Г	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000																				
Cu_Г	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000																			
Fe_Г	1.000**	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																		
Mn_Г	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000																	
Mo_Г	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000																
Ni_Г	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000															
Pb_Г	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000														
Zn_Г	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000	1.000													
Al_Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000												
As_Π	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000											
Cd_Π	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000										
Co_Π	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000									
Cr_Π	-0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000								
Cu_Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000							
Fe_Π	-0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500**	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000						
Mn_Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000					
Mo_Π	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000				
Ni_Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000			
Pb_Π	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000		
Zn_Π	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације * Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 36. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација иглица И и плодови П белог бор на испитиваном подручју

	Al_И	As_И	Cd_И	Co_И	Cr_И	Cu_И	Fe_И	Mn_И	Mo_И	Ni_И	Pb_И	Zn_И	Al_П	As_П	Cd_П	Co_П	Cr_П	Cu_П	Fe_П	Mn_П	Mo_П	Ni_П	Pb_П	Zn_П	
Al_И	1.000																								
As_И	0.500	1.000																							
Cd_И	0.500	1.000**	1.000																						
Co_И	1.000**	0.500	0.500	1.000																					
Cr_И	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000																				
Cu_И	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000																			
Fe_И	0.500**	1.000**	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000																		
Mn_И	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000																	
Mo_И	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000																
Ni_И	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000															
Pb_И	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000														
Zn_И	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000													
Al_П	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000												
As_П	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000											
Cd_П	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	1.000										
Co_П	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	1.000**	1.000									
Cr_П	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000								
Cu_П	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000							
Fe_П	-0.500**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000**	0.500	1.000						
Mn_П	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000					
Mo_П	-1.000**	-0.500	-0.500	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000				
Ni_П	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000			
Pb_П	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000		
Zn_П	-1.000**	-0.500	-0.500	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације ** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

6.3.13.2. Корелација елемената у биљном материјалу клеке на површинском копу Кижсвак и непосредној близини

Спирманови коефицијенти корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у корену К и иглицама И белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 37., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у гранама Г и иглицама И белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 38., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у гранама Г и плодова П белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 39., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у иглицама И и плодовима П белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 40.

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени су између концентрација As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn у корену (табела 37.) и између Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn у иглицама клеке. Позитивне корелације веће статистичке значајности између елемената у узорцима корена и иглица клеке остваре су између **Al**_(к)-**Fe**_(и); **As**_(к)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Cd**_(к)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Co**_(к)-**Co**_(и), **Cr**_(и), **Mo**_(и), **Ni**_(и), **Pb**_(и); **Cr**_(к)-**Co**_(и), **Cr**_(и), **Mo**_(и), **Ni**_(и), **Pb**_(и); **Cu**_(к)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Fe**_(к)-**Co**_(и), **Cr**_(и), **Mo**_(и), **Ni**_(и), **Pb**_(и); **Mn**_(к)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Mo**_(к)-**Co**_(и), **Cr**_(и), **Mo**_(и), **Ni**_(и), **Pb**_(и); **Ni**_(к)-**Co**_(и), **Cr**_(и), **Mo**_(и), **Ni**_(и), **Pb**_(и); **Pb**_(к)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Zn**_(к)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и), поред позитивних корелација запажају се и негативне корелације између следећих елемената **Al**_(к)-**Cu**_(и); **As**_(к)-**Al**_(и); **Cd**_(к)-**Al**_(и); **Co**_(к)-**As**_(и); **Cr**_(к)-**As**_(и); **Cu**_(к)-**Al**_(и); **Fe**_(к)-**As**_(и); **Mn**_(к)-**Al**_(и); **Mo**_(к)-**As**_(и); **Ni**_(к)-**As**_(и); **Pb**_(к)-**Al**_(и); **Zn**_(к)-**Al**_(и);

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени су између концентрација елемената Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn добијених у корену (табела 38.) и између Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама клеке. Позитивне корелације веће статистичке значајности између елемената у узорцима гранама и иглицама клеке остваре су између **Al**_(г)-**Al**_(и); **As**_(г)-**Al**_(и); **Cd**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Co**_(г)-**Al**_(и); **Cr**_(г)-**Al**_(и); **Cu**_(г)-**Al**_(и); **Fe**_(г)-**Fe**_(и); **Mn**_(г)-**Fe**_(и); **Mo**_(г)-**Al**_(и); **Ni**_(г)-**Al**_(и); **Pb**_(г)-**Al**_(и); **Zn**_(г)-**Cu**_(и), поред позитивних корелација запажају се и негативне корелације између елемената **Al**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **As**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Cd**_(г)-**Al**_(и); **Co**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Cr**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Cu**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Fe**_(г)-**Cu**_(и); **Mn**_(г)-**Cu**_(и); **Mo**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Ni**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Pb**_(г)-**Cd**_(и), **Mn**_(и), **Zn**_(и); **Zn**_(г)-**Fe**_(и).

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени су између концентрација елемената Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn добијених у гранама (табела 39.) и између Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима клекe. Позитивне корелације веће статистичке значајности између елемената у узорцима гранама и плодовима клекe остваре су између **Al_(r)-Al_(n)**; **As_(r)-Al_(n)**; **Cd_(r)-Cd_(n)**, Cr_(n), Zn_(n); **Co_(r)-Al_(n)**; **Cr_(r)-Al_(n)**; **Cu_(r)-Al_(n)**; **Fe_(r)-Fe_(n)**; **Mn_(r)-Fe_(n)**; **Mo_(r)-Al_(n)**; **Ni_(r)-Al_(n)**; **Pb_(r)-Al_(n)**; **Zn_(r)-Cu_(n)**, а негативне значајне корелације остварене су између **Al_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **As_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **Cd_(r)-Al_(n)**; **Co_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **Cr_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **Cu_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **Fe_(r)-Cu_(n)**; **Mn_(r)-Cu_(n)**; **Mo_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **Ni_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **Pb_(r)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **Zn_(r)-Fe_(n)**.

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени су између концентрација елемената Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама клекe (табела 40.) и између Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима клекe. Позитивне корелације веће статистичке значајности између елемената у узорцима иглицама и плодовима клекe остваре су између **Al_(n)-Al_(n)**; **As_(n)-Fe_(n)**; **Cd_(n)-Cd_(n)**, Cr_(n), Zn_(n); **Co_(n)-Mn_(n)**, Mo_(n); **Cr_(n)-Mn_(n)**, Mo_(n); **Cu_(n)-As_(n)**; **Fe_(n)-Co_(n)**, Cu_(n), Ni_(n), Pb_(n); **Mn_(n)-Cd_(n)**, Cr_(n), Zn_(n); **Mo_(n)-Mn_(n)**, Mo_(n); **Ni_(n)-Mn_(n)**, Mo_(n); **Pb_(n)-Mn_(n)**, Mo_(n); **Zn_(n)-Cd_(n)**, Cr_(n), Zn_(n) а негативне корелације су остварене између **Al_(n)-Cd_(n)**, Mn_(n), Zn_(n); **As_(n)-Mn_(n)**, Mo_(n); **Cd_(n)-Al_(n)**; **Co_(n)-Fe_(n)**; **Cr_(n)-Fe_(n)**; **Cu_(n)-Co_(n)**, Cu_(n), Ni_(n), Pb_(n); **Fe_(n)-As_(n)**; **Mn_(n)-Al_(n)**; **Mo_(n)-Fe_(n)**; **Ni_(n)-Fe_(n)**; **Pb_(n)-Fe_(n)**; **Zn_(n)-Al_(n)**.

Табела 37. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у корену К и иглицама И клеке на испитиваном подручју

	Al_K	As_K	Cd_K	Co_K	Cr_K	Cu_K	Fe_K	Mn_K	Mo_K	Ni_K	Pb_K	Zn_K	Al_I	As_I	Cd_I	Co_I	Cr_I	Cu_I	Fe_I	Mn_I	Mo_I	Ni_I	Pb_I	Zn_I	
Al_K	1.000																								
As_K	-0.500	1.000																							
Cd_K	-0.500	1.000**	1.000																						
Co_K	0.500	0.500	0.500	1.000																					
Cr_K	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000																				
Cu_K	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000																			
Fe_K	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000																		
Mn_K	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000																	
Mo_K	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000																
Ni_K	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000															
Pb_K	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000														
Zn_K	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000													
Al_I	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000												
As_I	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	1.000											
Cd_I	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000										
Co_I	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000									
Cr_I	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000								
Cu_I	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000							
Fe_I	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000						
Mn_I	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000					
Mo_I	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000				
Ni_I	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000			
Pb_I	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000		
Zn_I	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације ** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 38. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у гранама Γ и иглицама И клекe на испитиваном подручју

	Al_Г	As_Г	Cd_Г	Co_Г	Cr_Г	Cu_Г	Fe_Г	Mn_Г	Mo_Г	Ni_Г	Pb_Г	Zn_Г	Al_И	As_И	Cd_И	Co_И	Cr_И	Cu_И	Fe_И	Mn_И	Mo_И	Ni_И	Pb_И	Zn_И	
Al_Г	1.000																								
As_Г	1.000**	1.000																							
Cd_Г	-1.000**	-1.000**	1.000																						
Co_Г	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000																					
Cr_Г	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000																				
Cu_Г	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000																			
Fe_Г	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																		
Mn_Г	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000																	
Mo_Г	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000																
Ni_Г	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000															
Pb_Г	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000														
Zn_Г	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	-1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000													
Al_И	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000												
As_И	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000											
Cd_И	-1.000**	-1.000**	1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000										
Co_И	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	0.500	1.000									
Cr_И	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	0.500	1.000**	1.000								
Cu_И	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000							
Fe_И	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	-1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-1.000**	1.000						
Mn_И	-1.000**	-1.000**	1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000					
Mo_И	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000				
Ni_И	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000			
Pb_И	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000		
Zn_И	-1.000**	-1.000**	1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације ** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 39. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација грана Γ и плодови Π клекe на испитиваном подручју

	Al Γ	As Γ	Cd Γ	Co Γ	Cr Γ	Cu Γ	Fe Γ	Mn Γ	Mo Γ	Ni Γ	Pb Γ	Zn Γ	Al Π	As Π	Cd Π	Co Π	Cr Π	Cu Π	Fe Π	Mn Π	Mo Π	Ni Π	Pb Π	Zn Π	
Al Γ	1.000																								
As Γ	1.000**	1.000																							
Cd Γ	1.000**	1.000**	1.000																						
Co Γ	1.000**	1.000**	1.000**	1.000																					
Cr Γ	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000																				
Cu Γ	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000																			
Fe Γ	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																		
Mn Γ	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000																	
Mo Γ	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000																
Ni Γ	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000															
Pb Γ	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000														
Zn Γ	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500**	1.000													
Al Π	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000												
As Π	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000											
Cd Π	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000										
Co Π	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000									
Cr Π	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000								
Cu Π	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	-0.500	1.000							
Fe Π	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000				
Mn Π	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000				
Mo Π	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000				
Ni Π	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000			
Pb Π	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000		
Zn Π	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације ** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 40. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација иглица И и плодови П клеке на испитиваном подручју

	Al_И	As_И	Cd_И	Co_И	Cr_И	Cu_И	Fe_И	Mn_И	Mo_И	Ni_И	Pb_И	Zn_И	Al_П	As_П	Cd_П	Co_П	Cr_П	Cu_П	Fe_П	Mn_П	Mo_П	Ni_П	Pb_П	Zn_П	
Al_И	1.000																								
As_И	0.500	1.000																							
Cd_И	-1.000**	-0.500	1.000																						
Co_И	-0.500	1.000**	0.500	1.000																					
Cr_И	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000																				
Cu_И	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000																			
Fe_И	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000																		
Mn_И	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000																	
Mo_И	-0.500	1.000**	0.500	1.000	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000																
Ni_И	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000															
Pb_И	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000														
Zn_И	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000													
Al_П	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000												
As_П	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000											
Cd_П	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000										
Co_П	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	1.000									
Cr_П	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000								
Cu_П	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000							
Fe_П	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000					
Mn_П	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000				
Mo_П	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000			
Ni_П	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000			
Pb_П	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000		
Zn_П	1.000**	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$

6.4. Биолошки фактори и могућност коришћења белог бора и клеке у фиторемедијацији замљишта на површинском копу Кижевак и непосредној близини

На основу вредности биолошких фактора могу се проценити способности биљних врста да усвајају елементе из земљишта или супстрата, као и њихова способност транслокације елемената кроз саму биљку. Ови фактори укључују морфологију корена, активност ензима, метаболизам биљке, рН вредност земљишта, као и присуство других елемената и супстанци које могу утицати на усвајање и транслокацију елемената. Осим биолошких фактора, постоји велики број других параметара који утичу на усвајање елемената у биљкама. Неки од тих параметара су:

- биљна врста: различите биљне врсте имају различите потребе за храњивим материјама и способност усвајања. На пример, неке биљке су прилагођене расту у сиромашном земљишту и имају бољу способност усвајања одређених елемената,
- рН вредност земљишта: рН вредност земљишта може утицати на расположивост храњивих материја за биљке. Неке биљке преферирају кисело земљиште, док друге преферирају алкално. рН вредност може утицати на хемијске облике елемената у земљишту и њихову расположивост за усвајање,
- садржај органских материја: органске материје у земљишту, као што су хумус и остаци биљака, могу утицати на усвајање елемената. Органске материје могу везивати и ослобађати храњиве материје, што може утицати на њихову доступност за биљке,
- физичка својства земљишта: састав земљишта, као што су текстура, структура и водено-ваздушни односи, могу утицати на усвајање елемената. На пример, иловаста земљишта могу имати већу способност задржавања храњивих материја у поређењу са песковитим земљиштима и
- присуство других елемената: интеракције између различитих елемената у земљишту могу утицати на њихову усвајање. На пример, конкуренција између елемената може ограничити усвајање неких елемената ако су присутни у превеликој количини.

Приликом доношења коначних закључака о пореклу елемената у биљкама, неопходно је узети у обзир све ове факторе и пажљиво анализирати њихов међусобни утицај. Може се процентити на основу добијених вредности биолошких фактора, да ли су одређене биљне врсте погодне за употребу у фиторемедијацији.

6.4.1. Биолошки фактор за бели бор на површинском копу Кижевак и непосредној близини

У табелама 41., 42., и 43. приказане су вредности добијеног биоконцентрационог фактора (BCF), транслокационог фактора (TF) и биолошког коефицијента апсорпције (BAC) за бели бор, Кижевак.

Израчунате вредности биоконцентрационог фактора за бели бор, Кижевак (табела 41.), биле су <1 , скоро за већину елемената, на свим местима узорковања, што је указивало на веома слабо усвајање из земљишта преко корена белог бора. Повећане вредности су биле за Cr у III зони где је вредност BCF била >1 , (BCF=1.1869), за Cu у зони I и зони, где је вредност BCF износила 1.1338 за узорак 1 и 2.3303 за узорак 3 док је израчуната вредност BCF за Mo била >1 за сва три узорка у све три зоне (BCF=2.9631, BCF=8.516, BCF=1.6911). Највећа концентрација молибдена је забележена у зони II, узорак 3 у корену белог бора у односу на остале узорке, а концентрација у земљишту била најнижа у поређењу са осталим узорцима земљишта. рН вредност у зони II, узорак 3, била је слабо алкална (7.46), док је садржај органских материја износио 13.12%. Неки елементи су доступнији биљкама при нижим рН вредностима земљишта. рН вредност земљишта утиче на хемијске процесе који се одвијају у земљишту и може имати значајан утицај на расположивост хранљивих елемената за биљке. Релативно висок садржај органских материја (ОМ) у земљишту може утицати на задржавање елемената на честицама земљишта, чиме се умањује њихова покретљивост и доступност биљкама ([Kwiatkowska-Malina J., 2018](#)). У табели 44. дате су вредности Спирманових коефицијената корелације између концентрација елемената у земљишту и корена белог бора које су биле позитивно статистички значајне за As, Co, Pb и Zn и негативно статистички значајне за Mn.

Транслокациони фактор за бели бор, Кижевак (TF) био је >1 , (табела 42.), за већину елемената у зони I, осим за Al, Co и Fe, што нам указује на ефикасну транслокацију елемената из корена до лишћа, међутим, транслокациони фактора за бели бор у зони II и зони III је био <1 , осим за Zn у II зони, узорак 3 (TF=2.7702) и Al, Mn и

Zn у III зони, узорак 5, (TF=1.0716, TF=3.9605, TF=1.0316) што нам указује на неефикасну транслокацију елемената из корена до лишћа.

Вредност биолошког коефицијента апсорпције (BAC) (табела 43.), нам показује да се апсорпција елемената из земљишта до лишћа белог бора креће од веома слабе до јаке апсорпције. У узорку 1, зона I за елементе Cr, Cu и Mo забележена је јака апсорпција, у зони II за узорак 3, је забележена јака апсорпција за Cu и Mo као и за Mo у III зони, узорак 5. Ови резултати указују на високу способност белог бора да апсорбује и акумулира наведене елементе, посебно Cu и Mo. Остали елементи су показали вредности апсорпције од веома слабе до средње. У табели 44. дате су статистички значајне позитивне корелације које су добијене између концентрација елемената у земљишту и иглицама белог бора за Cd и Zn као и негативна статистички значајна корелација за Al.

6.4.1.1. Могућност коришћења белог бора у фиторемедијацији на површинском копу Кижевак и непосредној близини

Биљна врста је погодна за сврхе фиторемедијације (фитоекстракцију/фитостабилизацију) уколико задовољава критеријуме описане у одељку „Критеријуми за дефинисање могућности коришћења биљака у фиторемедијацији”. На основу података за бели бор, које су приказане у табелама 41., и 42., критеријуми да је BCF>1 и TF>1, испуњавају два елемента и то бакар и молибден, на основу чега може да се закључи да бели бор у испитиваном подручју се није показао погодним за фитоекстракцију. На основу критеријума (BCF>1 и TF<1) за фитостабилизацију за бели бор испуњени су услови за Cr, Cu и Mo.

Вредности BAC које су мање од 1 ([Baker A.J.M., 1981.](#)) указују на то да је бели бор ексклудер за већину испитиваних елемената у датим условима на испитиваном подручју. То значи да бели бор има малу способност акумулације тих елемената у својим иглицама. Међутим, за неке елементе као што су Cr (узорак 1, зона I), Cu (узорци 1 и 2, зона I и зона II) и Mo (узорци 1, 3 и 5 у све три зоне), вредности BAC су веће од 1. То указује на потенцијалну могућност акумулације тих елемената у иглицама белог бора.

Ови резултати сугеришу да бели бор може имати одређену способност акумулације Cr, Cu и Mo у иглицама, док за остале испитиване елементе не показује значајну способност акумулације.

Табела 41. Биоконцентрациони фактор (BCF) елемената за бели бор на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 1	Узорак 3	Узорак 5
<i>Al</i>	0.1345	0.1709	0.0337
<i>As</i>	0.0661	0.1153	0.0072
<i>Cd</i>	0.1788	0.6005	0.7406
<i>Co</i>	0.0419	0.0810	0.0378
<i>Cr</i>	0.7064	0.6787	1.1869
<i>Cu</i>	1.1338	2.3303	0.7612
<i>Fe</i>	0.0046	0.0062	0.0014
<i>Mn</i>	0.0280	0.0985	0.0123
<i>Mo</i>	2.9631	8.5167	1.6911
<i>Ni</i>	0.0473	0.2802	0.0299
<i>Pb</i>	0.0814	0.1151	0.4050
<i>Zn</i>	0.0052	0.0266	0.0079

Назначене вредности BCF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 42. Транслокациони фактор (TF) елемената за бели бор на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 1	Узорак 3	Узорак 5
<i>Al</i>	0.3462	0.1534	1.0716
<i>As</i>	1.4045	0.0810	0.3076
<i>Cd</i>	1.8206	0.7899	0.1775
<i>Co</i>	0.9794	0.1410	0.6912
<i>Cr</i>	1.6450	0.6774	0.7967
<i>Cu</i>	2.2860	0.5281	0.7879
<i>Fe</i>	0.2137	0.1345	0.8159
<i>Mn</i>	6.8912	0.7205	3.9605
<i>Mo</i>	2.5663	0.7097	0.9504
<i>Ni</i>	2.3386	0.1181	0.9019
<i>Pb</i>	2.3774	0.1494	0.0223
<i>Zn</i>	3.9570	2.7702	1.0316

Назначене вредности TF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 43. Биолошки коефицијент апсорпције (BAC) елемената за бели бор на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 1	Узорак 3	Узорак 5
<i>Al</i>	0.0466	0.0262	0.0361
<i>As</i>	0.0929	0.0093	0.0022
<i>Cd</i>	0.3255	0.4744	0.1315
<i>Co</i>	0.0411	0.0114	0.0261
<i>Cr</i>	1.1621	0.4597	0.9456
<i>Cu</i>	2.5920	1.2306	0.5997

<i>Fe</i>	0.0010	0.0008	0.0011
<i>Mn</i>	0.1929	0.0710	0.0488
<i>Mo</i>	7.6043	6.0440	1.6072
<i>Ni</i>	0.1106	0.0331	0.0270
<i>Pb</i>	0.1935	0.0172	0.0090
<i>Zn</i>	0.0204	0.0736	0.0082

Назначене вредности ВАС означавају ефикасну апсорпцију елемената

Табела 44. Спирманови коефицијенти корелације између концентрација елемената у земљишту и концентрација елемената у корену и иглицама белог бора на испитиваном подручју, Кижевак

Елементи	ρ	
	Земљиште-корен	Земљиште-лишће
<i>Al</i>	0.500	-1.000**
<i>As</i>	1.000**	0.500
<i>Cd</i>	0.500	1.000**
<i>Co</i>	1.000**	-0.500
<i>Cr</i>	0.500	-0.500
<i>Cu</i>	-0.500	0.500
<i>Fe</i>	-0.500	0.500
<i>Mn</i>	-1.000**	0.500
<i>Mo</i>	0.500	0.500
<i>Ni</i>	-0.500	0.500
<i>Pb</i>	1.000**	-0.500
<i>Zn</i>	1.000**	1.000**

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

**Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

6.4.2. Биолошки фактор за клеку на површинском копу Кижевак и непосредној близини

Вредности биоконцентрационог (BCF), транслокационог (TF) и биолошког коефицијента апсорпције (ВАС) за клеку, дате су у табелама 45., 46., и 47. Вредности BCF испод 1 (табела 45.) указују на слабо усвајање елемената из земљишта преко корена биљке, док вредности изнад 1 указују на повећано усвајање и акумулацију елемената. На основу наведених вредности BCF за клеку (узорке 2, 4 и 6), може се закључити следеће: узорак 2 је показао $BCF > 1$ за Cd и Mo, што указује на повећано усвајање и акумулацију ових елемената у биљци, узорак 4 је показао $BCF > 1$ за Al, As, Cd, Cu, Mo и Pb, што указује на повећано усвајање и акумулацију ових елемената у биљци и узорак 6 је показао да $BCF > 1$ само за Mo, што указује на повећано усвајање и акумулацију овог елемента у биљци. С друге стране, за већину осталих елемената вредности BCF су биле мање од 1, што указује на слабо усвајање тих елемената из земљишта преко корена клеке.

У табели 48. дата је вредност Спирманових коефицијената корелације између концентрација елемената у земљишту и корену клеке које су биле позитивно статистички значајне за *Cu* и *Pb*, док су негативно статистички значајни били за *Co* и *Ni* чиме се потврђује усвајање елемената из земљишта преко корена клеке.

Према вредностима транслокационог фактора (TF) (табела 46.) за клеку (узорке 2, 3 и 4), већина елемената је имала TF вредности мање од 1, што указује на мању способност биљке да транслоцира те елементе из корена до надземних делова. Међутим, приметно је да је TF за *Cu* био 1.1472 у узорку 2, 1.9836 у узорку 3, док је TF за *Mo* био 1.1604 у узорку 4. Вредности TF веће од 1 указују на већу способност транслокације ових елемената из корена у надземне делове клеке. Ови резултати сугеришу да постоји одређена способност клеке да транслоцира *Cu* и *Mo* из корена до надземних делова.

На основу вредности биолошког коефицијента апсорпције (BAC) (табела 47.) види се да је апсорпција елемената из земљишта до иглица клеке у опсегу од веома слабе до средње, у два случаја је јака и у једном случају се ради о интензивној апсорпцији. На основу вредности BAC за узорак 4 за *Cd* (BAC=1.0832) и за узорак 2 за *Mo* (BAC=5.7015), могуће је закључити да обе вредности припадају категорији јаке апсорпције. То значи да су биљке у узорку 4 показале високу способност апсорпције и акумулације *Cd*, док су биљке у узорку 2 показале високу способност апсорпције и акумулације *Mo*. Интензивна апсорпција уочена је у узорку 2 за *Mo*, BAC=18.5786. Статистички значајне негативне корелације (табела 48.), које су добијене између концентрација елемената у земљишту и иглицама клеке за *Al*, *Co*, *Fe* и *Ni*.

Табела 45. Биоконцентрациони фактор (BCF) елемената за клеку на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 2	Узорак 4	Узорак 6
<i>Al</i>	0.7277	1.0563	0.3755
<i>As</i>	0.0952	2.2030	0.0399
<i>Cd</i>	1.6381	7.6277	0.1171
<i>Co</i>	0.5362	0.3011	0.1776
<i>Cr</i>	0.6666	0.7623	0.4347
<i>Cu</i>	0.4542	1.0470	0.4501
<i>Fe</i>	0.0503	0.0325	0.0169
<i>Mn</i>	0.6714	0.3554	0.1630
<i>Mo</i>	6.5650	16.0101	2.2980
<i>Ni</i>	0.2915	0.1739	0.0766
<i>Pb</i>	0.1617	7.4178	0.1763
<i>Zn</i>	0.1406	0.1943	0.0221

Назначене вредности BCF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 46. Транслокациони фактор (TF) елемената за клеку на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 2	Узорак 4	Узорак 6
Al	0.0262	0.0659	0.0597
As	0.0052	0.0635	0.0151
Cd	0.0647	0.1420	0.0803
Co	0.1495	0.1183	0.1449
Cr	0.6857	0.6938	0.7273
Cu	1.1472	0.7745	1.9836
Fe	0.0130	0.0398	0.0269
Mn	0.3106	0.4480	0.4011
Mo	0.8685	1.1604	0.9069
Ni	0.9226	0.4694	0.4763
Pb	0.0045	0.0657	0.0159
Zn	0.0903	0.3516	0.1864

Назначене вредности TF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 47. Биолошки коефицијент апсорпције (BAC) елемената за клеку на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 2	Узорак 4	Узорак 6
Al	0.0191	0.0696	0.0224
As	0.0005	0.1399	0.0006
Cd	0.1060	1.0832	0.0094
Co	0.0801	0.0356	0.0257
Cr	0.4571	0.5289	0.3161
Cu	0.5210	0.8109	0.8928
Fe	0.0007	0.0013	0.0005
Mn	0.2086	0.1592	0.0654
Mo	5.7015	18.5786	2.0840
Ni	0.2689	0.0817	0.0365
Pb	0.0007	0.4872	0.0028
Zn	0.0127	0.0683	0.0041

Назначене вредности BAC означавају ефикасну апсорпцију елемената

Табела 48. Спирманови коефицијенти корелације између концентрација елемената у земљишту и концентрација елемената у корену и иглицама клеке на испитиваном подручју, Кижевак

Елементи	ρ	
	Земљиште-корен	Земљиште-лишће
Al	-0.500	-1.000**
As	0.500	0.500
Cd	0.500	0.500
Co	-1.000**	-1.000**
Cr	-0.500	-0.500
Cu	1.000**	0.500
Fe	-0.500	-1.000**

Mn	0.500	0.500
Mo	-0.500	-0.500
Ni	-1.000**	-1.000**
Pb	1.000**	0.500
Zn	0.500	0.500

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

**Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

6.4.2.1. Могућност коришћења клеке у фоторемедијацији на површинском кону Кижевак и непосредној близини

На основу израчунатих биолошких фактора за клеку које су приказане у табели 45., и 46. види се да је критеријум $BCF > 1$, $TF > 1$ је остварен само за један елемент Мо у зони II узорак 4. На основу критеријума ($BCF > 1$ и $TF < 1$) за фитостабилизацију, уочава се да су за одређене елементе испуњени ти услови у одређеним зонама: I зона: Cd и Mo испуњавају критеријуме за фитостабилизацију, II зона: Al, As, Cd, Cu и Pb испуњавају критеријуме за фитостабилизацију и III зона: Mo испуњава критеријум за фитостабилизацију.

На основу вредност ВАС (табела 47.) које су биле < 1 , може се закључити да клека има својства ексклудера за испитиване елементе у постојећим условима испитиваног подручја. За елементе Cd и Mo, $VAC > 1$, због чега се може рећи да је потенцијално могућа акумулација ових елемената у иглицама клеке.

6.5. Карактеристике земљишта из зоне корена белог бора и клеке на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

6.5.1. Садржај органских материја у земљишту

Садржај органских материја у земљишту и зони корена белог бора и клеке дат је у табели 49., са површинског копа Саставци (Бадањ) и његове непосредне близине. У узрокованом земљишту садржај органских материјала кретао се од 4.78 % до 15.96 %. На основу класификације садржаја органских материја већина узорака земљишта из зона корена је имала висок садржај органских материја.

У односу на сама места узорковања највише органске материје у земљишту било је из зоне корена белог бора узорак 5, док је најмања концентрација органских материја била у зони корена клеке узорак 2.

Табела 49. Садржај органских материја (ОМ) из зоне корена у земљишту белог бора и клеке на испитиваном подручју

Зоне узорковања	Органске материје ОМ (%) Саставци (Бадањ)				
	Места узорковања	Бели бор	Места узорковања	Клека	Просек
Зона I	Узорак 1	11.13	Узорак 2	4.78	7.955
Зона II	Узорак 3	6.95	Узорак 4	8.08	7.515
Зона III	Узорак 5	15.96	Узорак 6	12.22	14.09

6.5.2. Киселост узрокованог земљишта на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној околини

У табели 50., дате су вредности активне и потенцијалне киселости земљишта и зоне корена белог бора и клеке. На основу класификације за обе биљне врсте активна киселост земљишта кретала се од екстремно киселог земљишта до слабо киселог. Узорковано земљиште из контролне зоне за обе биљне врсте бели бор и клеку је било слабо кисело.

Табела 50. Киселост земљишта из зоне корења белог бора и клеке на испитиваном подручју

Зоне узорковања	Места узорковања	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	ΔpH ^a
Зона I	Узорак 1 (Бели бор)	5.77	4.72	1.05
	Узорак 2 (Клека)	4.72	4.01	0.71
Зона II	Узорак 3 (Бели бор)	6.07	5.43	0.64
	Узорак 4 (Клека)	6.11	5.03	1.08
Зона III	Узорак 5 (Бели бор)	6.16	5.29	0.87
	Узорак 6 (Клека)	6.33	5.19	1.14
Контролна зона	Узорак (Бели бор)	6.12	5.35	0.77
	Узорак (Клека)	6.32	5.12	1.20

*ΔpH^a = pH (H₂O) - pH (KCl)

Упоредивање pH вредности земљишта на испитиваном подручју уочавамо да је највећа киселост земљишта била у првој зони, узорак 2, док је најмања киселост била у зони три, узорака 6. На местима узорковања, узорак 1, 4 и 6 вредност ΔpH=pH (H₂O) - pH (KCl) била је нешто више од 1, што указује на тенденцију закишељавања земљишта на овим местима узорковања.

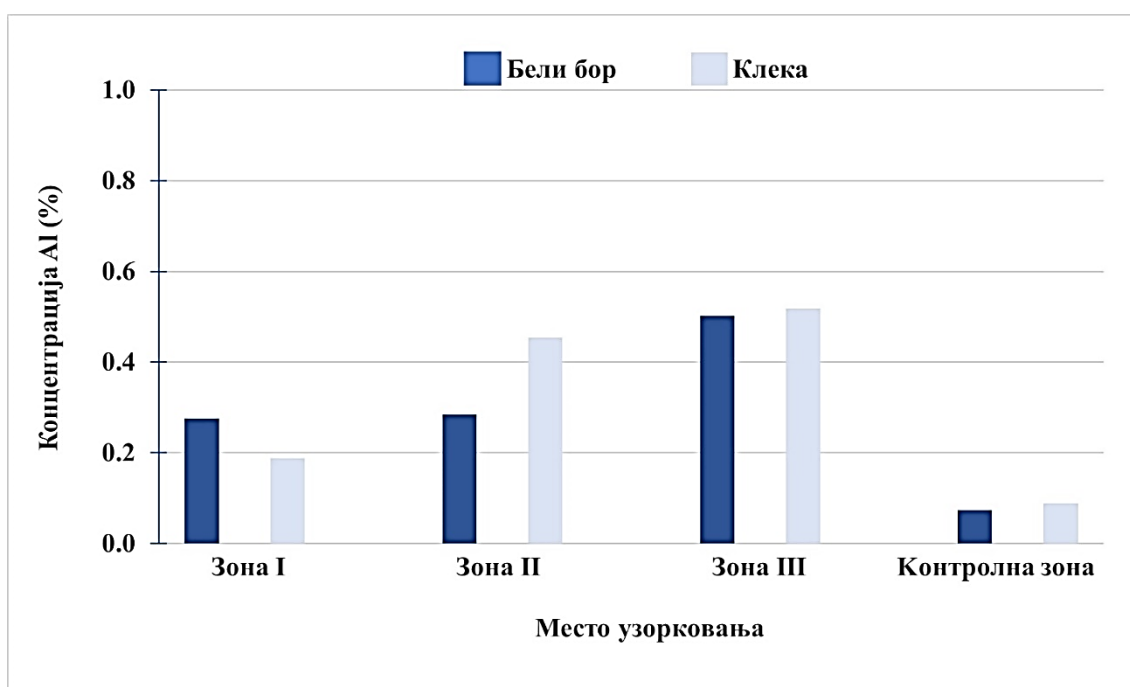
6.6. Елементи у земљишту на испитиваном површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној околини

Из зоне корена белог бора и клеке, које су узорковане у три зоне на испитиваном подручју, дате су концентрације Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у земљишту, као и фактор обогаћења земљишта, који су приказани на сликама од 57. до 80. Добијене концентрације елемената упоређиване су са одговарајућим ремедијационим вредностима (РВ) и граничним вредностима (ГВ) прописаним Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)), прекорачење тих прописаних вредности може указивати на висок ниво контаминације земљишта одређеним елементом. Када дође до прекорачења прописаних вредности, то може бити показатељ високог степена контаминације земљишта тим елементом. У таквим случајевима, препоручује се предузимање мера ремедијације или чишћења контаминираног земљишта како би се смањио ризик за животну средину и људско здравље.

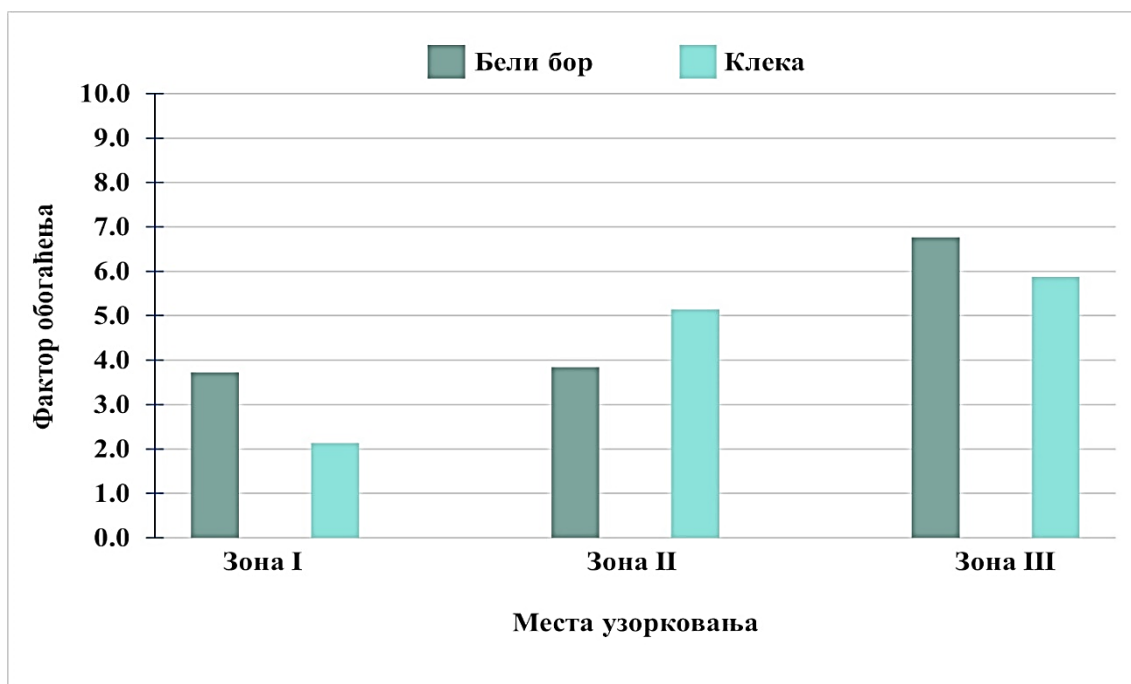
6.6.1. Алуминијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Концентрације алуминијума (Al) у земљишту из зоне корена анализираних биљних врста је испод просечних вредности у земљишту (1-5%) ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)), то значи да су концентрације алуминијума ниже од уобичајених ниво. Ово може указивати на релативно ниску концентрацију алуминијума у земљишту или на присуство фактора који могу утицати на смањење концентрације алуминијума. У таквим случајевима, ниске концентрације алуминијума могу бити повољне за напредак и развој биљака, посебно ако су високе концентрације алуминијума штетне за биљке. Нешто већи садржај алуминијума запажа се у зони III за обе биљне врсте.

Вредности фактора обогаћења земљишта Al биле су >2 (слика 58.), што указује да има обогаћења, односно контаминације земљишта алуминијумом. На основу резултата може се сматрати да је присуство алуминијума у земљишту на свим местима узорковања, иако постоји разлика концентрација алуминијума у зависности од места узорковања, антропогеног порекла.



Слика 57. Концентрација Al (%) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)



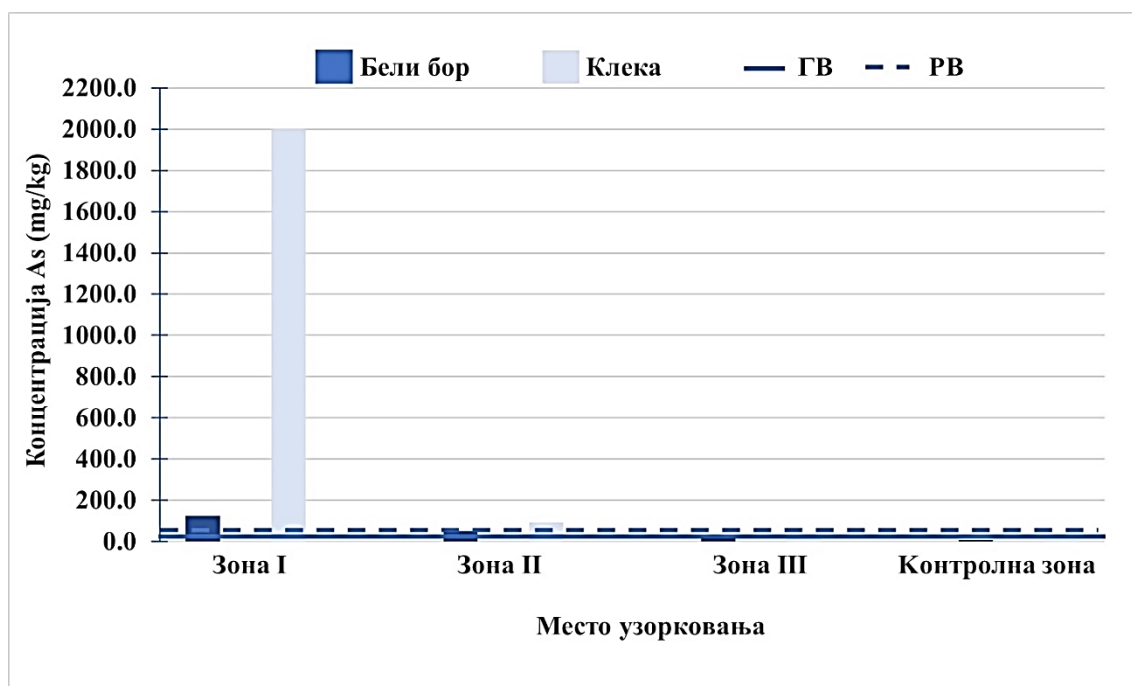
Слика 58. Фактор обогаћења земљишта Al из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

6.6.2. Арсен у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

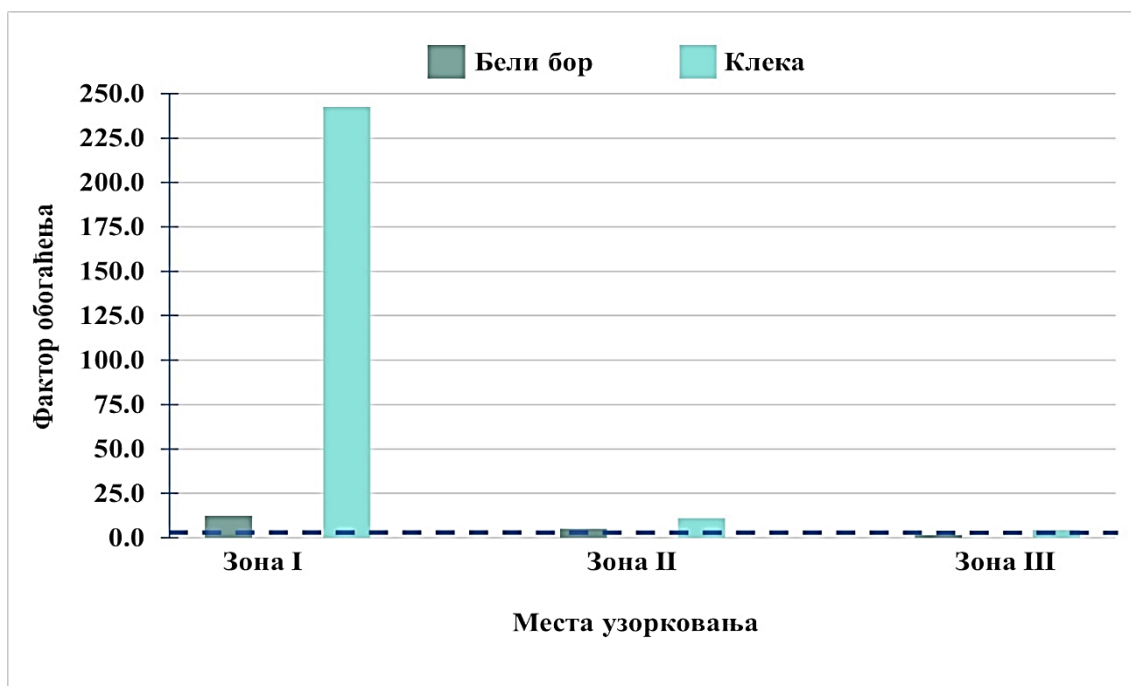
Светска просечна концентрација арсена (As) у земљишту износи 6,83 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Ова вредност представља глобални просечан ниво арсена у земљишту на глобалном нивоу. На испитиваном подручју Саставака (Бадањ) и околине, биле су вишеструко изнад светског просека. Гранична вредност (ГВ) која је прописана Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) износи 29 mg/kg а ремедијациона вредност (РВ) износи 55 mg/kg. Није било прекорачења граничних вредности у III зони за бели бор, као што није било прекорачења у контролној зони, док је за остале узорке било значајних прекорачења ГВ. Ремедијациона прекорачења се уочавају у зони I, за обе биљне врсте, где је се запажа да је прекорачење вишеструко за клеку. Прекорачење РВ уочава се у земљишту клеке у II зони узорковања.

На основу вредности фактора обогаћења земљишта арсеном, у III зони, код белог бора није било обогаћења $EF=1.6499$, док је за сва остала узоркована места земљиште је било умерено до значајно обогаћено, док је у зони корена клеке, зона I, земљиште било екстремно високо обогаћено, $EF=242.3383$. На основу информације о вредностима фактора обогаћења, може се закључити да већина узорака земљишта из испитиване

области је контаминирана овим елементом. Рударско-металуршки процеси производње олово-цинкане руде могу резултирати отпуштањем арсена у околину, што може довести до контаминације земљишта у подручјима где се одвија та индустријска активност. Као што је и раније наведено, са престанком експлоатације са површинског копа Саставци (Бадањ) управо је дошло због повећаног садржаја арсена.



Слика 59. Концентрација As (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)



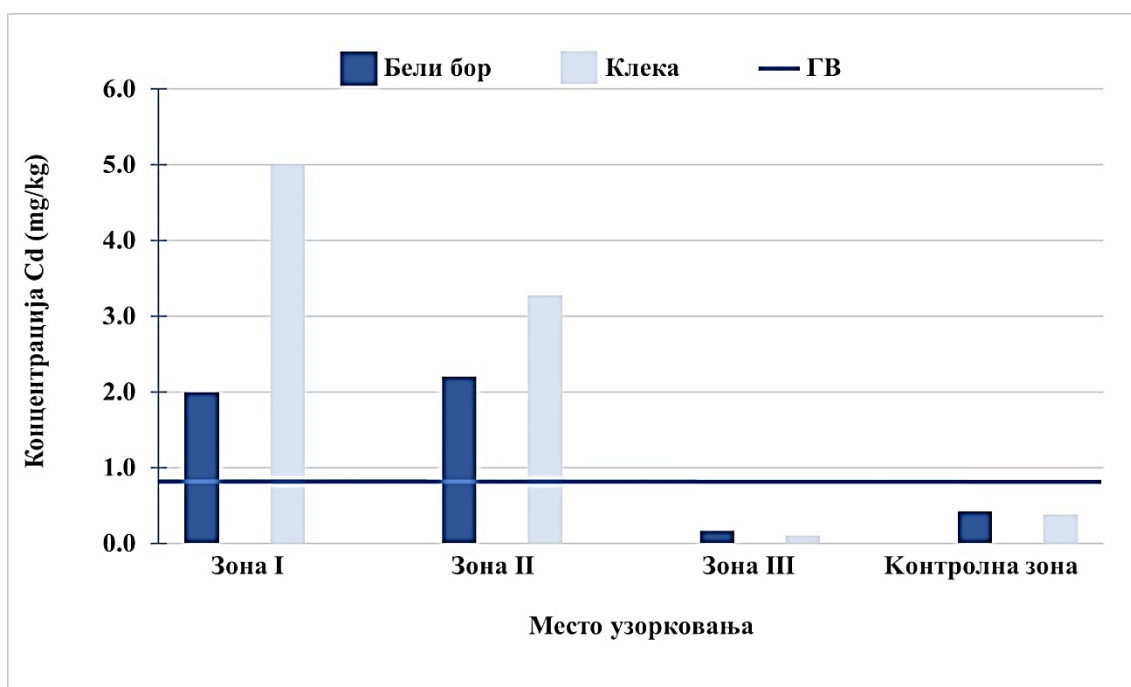
Слика 60. Фактор обогаћења земљишта As из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

6.6.3. Кадмијум у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

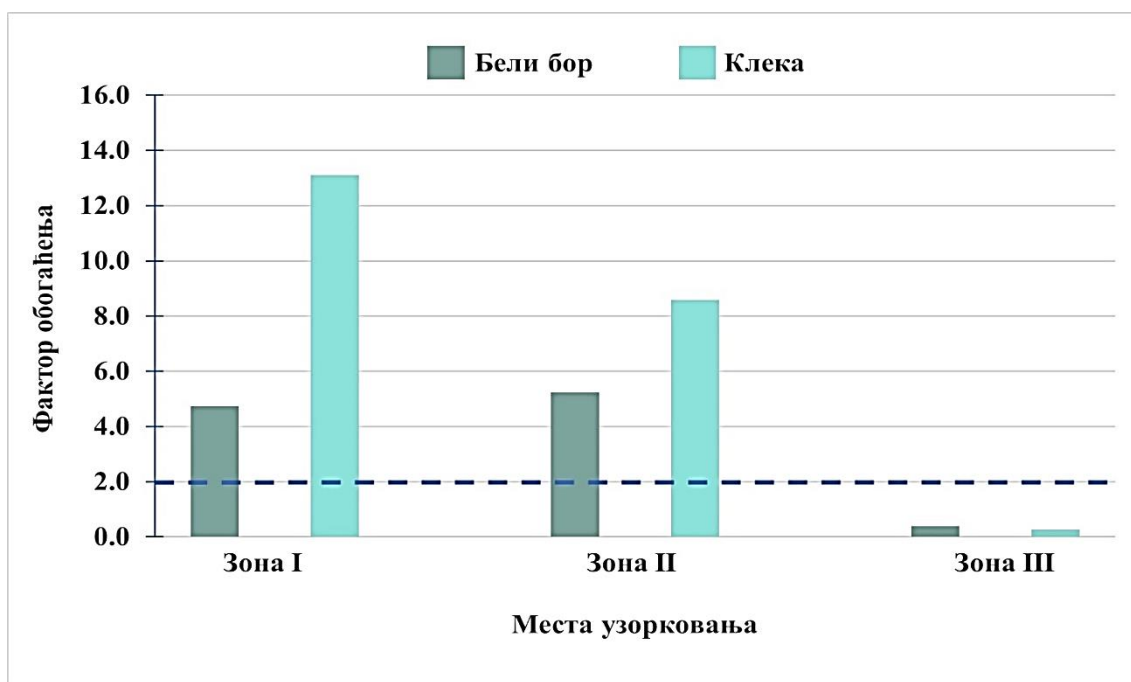
На слици 61., приказане су концентрације кадмијума у земљишту из зоне корена белог бора и клеке. Прописане граничне вредности за кадмијум у земљишти према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) износи 0.8 mg/kg. Светски просек концентрација кадмијума (Cd) у земљишту износи 0.41 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). У узорцима земљишта из III зоне, као и из контролне зоне, концентрација кадмијума је била испод граница одређивања за обе биљне врсте. Концентрације Cd које су прелазиле граничне вредности, забележене су за обе биљне врсте у зони I и зони II. Прекорачења ремедијационих вредности није било, по Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) износи 12 mg/kg. С обзиром на концентрације кадмијума које су у већини узорака изнад граничних вредности, може се сматрати да је присуство кадмијума у земљишту у испитиваном подручју у зони I и зони II, антропогеног порекла.

Обогаћење земљишта кадмијумом (слика 62.), забележено је у обе биљне врсте у зони I и зони II, док обогаћења земљишта кадмијумом немамо за бели бор и клеку у

зони III. Највећи број испитиваних узорака земљишта припада категорији од умереног до значајног обогаћења земљишта кадмијумом.



Слика 61. Концентрација Cd (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

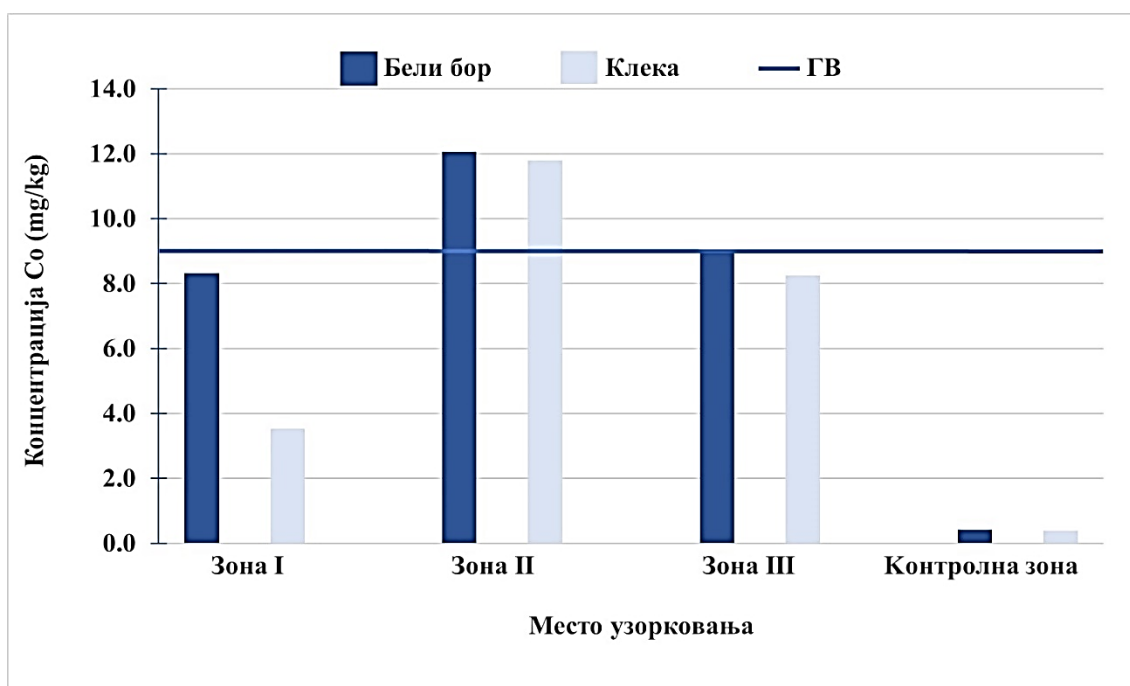


Слика 62. Фактор обогаћења земљишта Cd из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

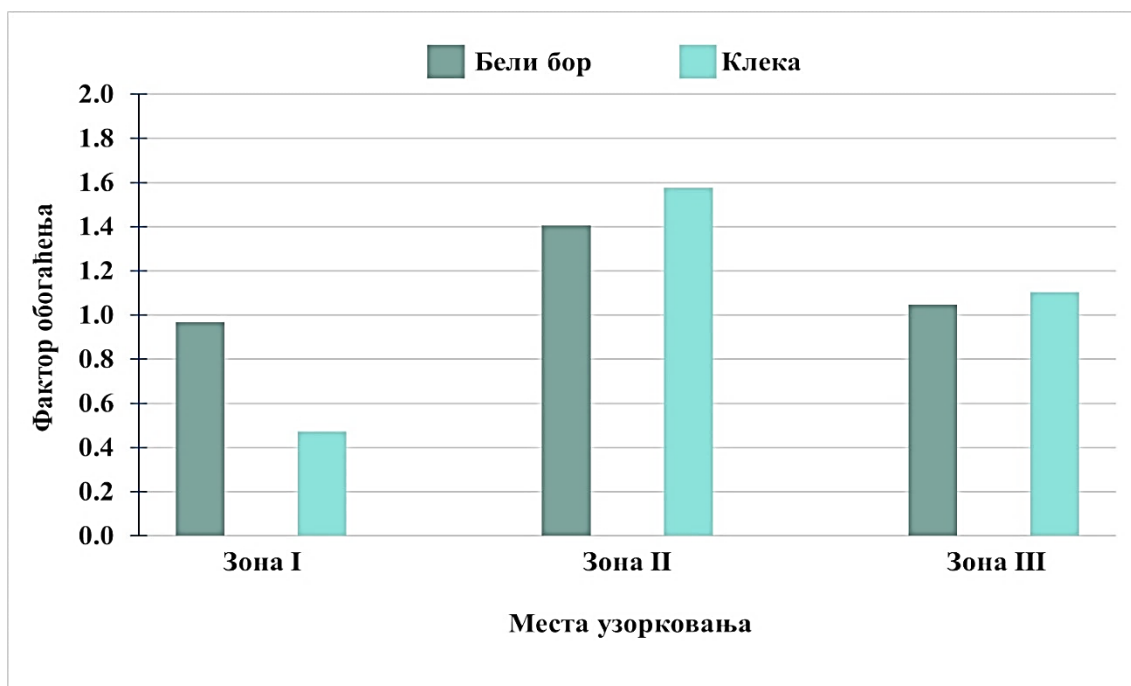
6.6.4. Кобалт у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Светска просечна концентрација кобалта (Co) у земљишту износи 11.3 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Гранична вредност (ГВ) која је прописана Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) износи 9 mg/kg а ремедијациона вредност (РВ) износи 240 mg/kg. Прекорачења ремедијационих вредности није било на испитиваном подручју. Садржај кобалта у земљишту је био изнад прописаних граничних вредности за бели бор и клеку у зони II, док је гранична вредност за бели бор у зони III износила ГВ=8.9806 mg/kg. Најниже концентрације кобалта забележене су у контролној зони.

Обогаћење кобалтом (слика 64.), није забележено нити у једном од испитиваних узорака. То нам потврђује да је присуство кобалта у испитиваном подручју природног порекла.



Слика 63. Концентрација Co (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

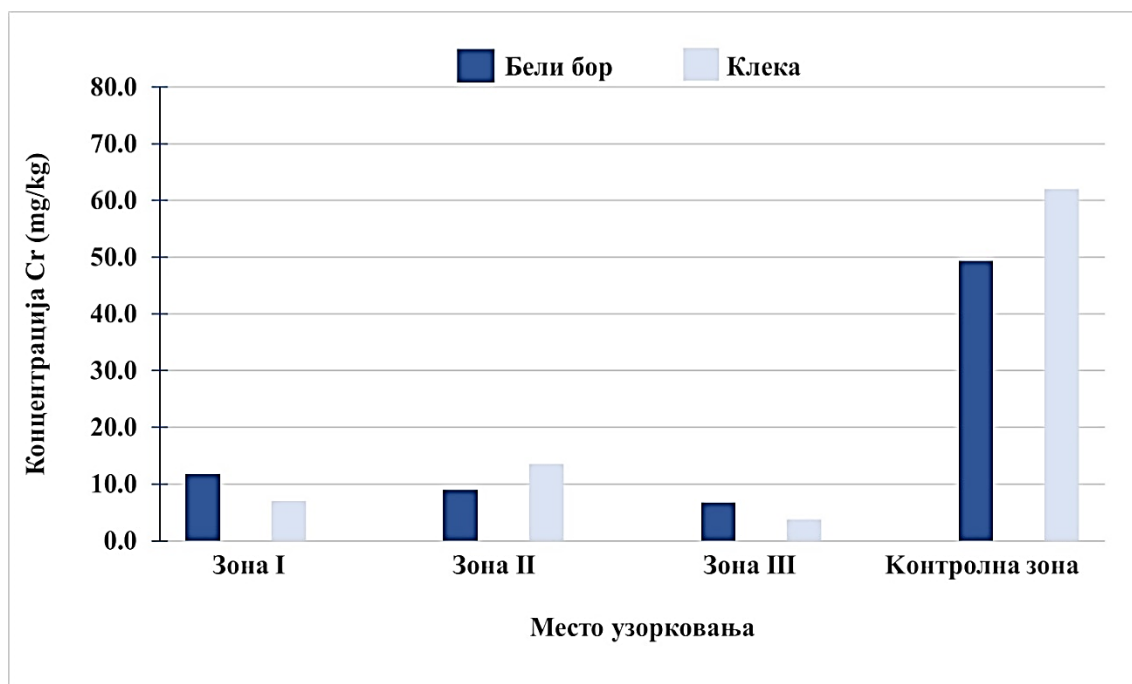


Слика 64. Фактор обогаћења земљишта Со из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

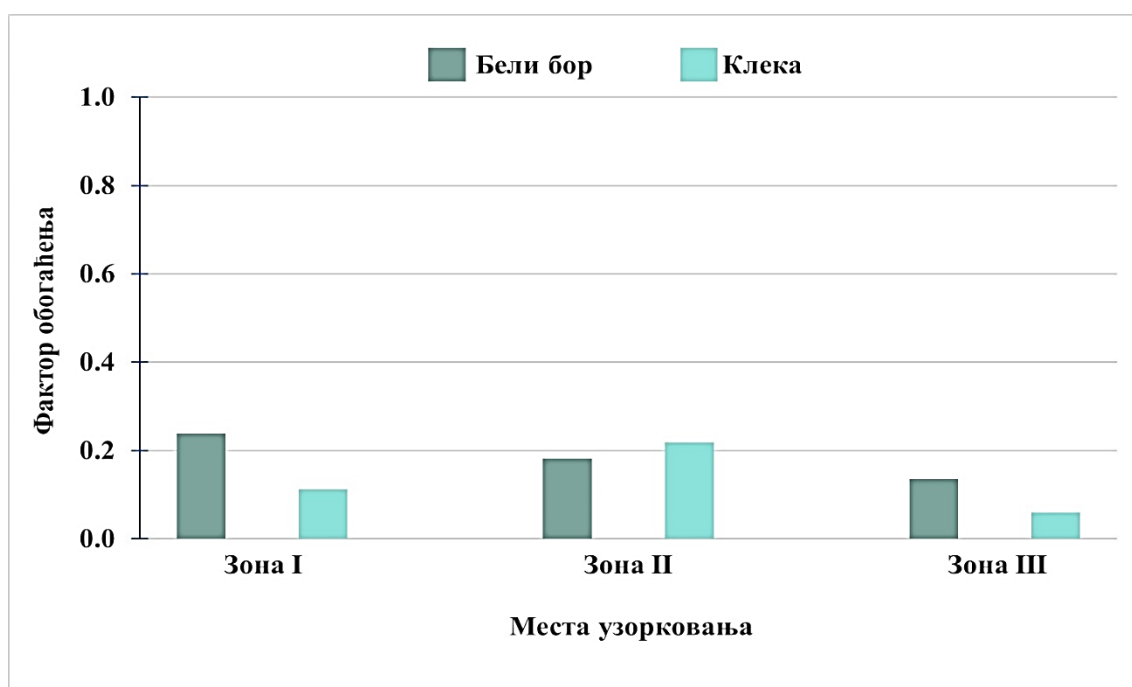
6.6.5. Хром у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) гранична вредности (ГВ) за хром износи 100 mg/kg, док ремедијациона вредност (РВ) износи 380 mg/kg. Концентрације Cr у земљишту из зоне корена белог бора и клеке, са испитиваног подручја приказане су на слици 65. На основу добијених резултат концентрација хрома није прелазила ГВ према Уредби Републике Србије. Док у поређењу са светским просеком хрома у земљишту, који износи 59.5 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)), просечне концентрације хрома су биле доста ниже, осим за концентрацију хрома у контролној зони за клеку која је била нешто изнад светског просека.

Није било обогаћења хромом нити на једном месту узорковања, на основу чега може да се закључи да је његово порекло природно.



Слика 65. Концентрација Cr (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

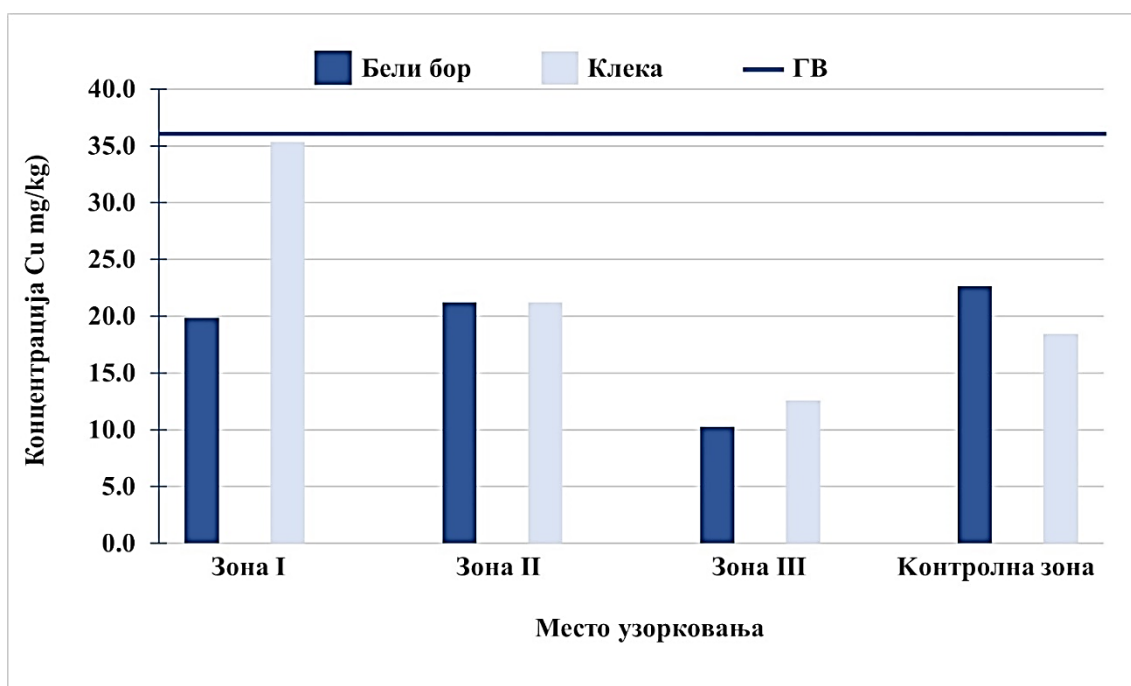


Слика 66. Фактор обогаћења земљишта Cr из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

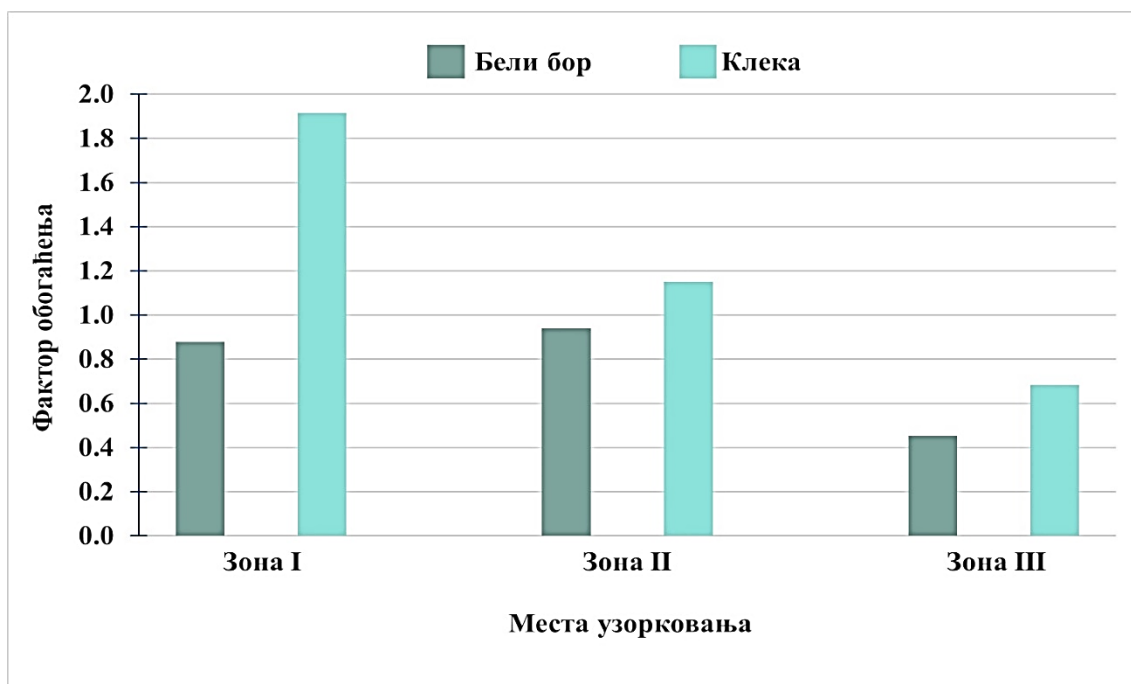
6.6.6. Бакар у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Гранична вредност за концентрацију бакра (Cu) у земљишту износи 36 mg/kg, док је ремедијациона вредност 190 mg/kg према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)). Са друге стране, светски просечна концентрација бакра у земљишту је 38,9 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Концентрације бакра у земљишту из зоне белог бора и клеке су биле испод граничних вредности према Уредби Републике Србије као и испод просечних светских вредности (слика 67.).

На основу добијених вредности фактора обогаћења земљишта бакром, може се закључити да нема обогаћења овим елементом на испитиваном подручју (слика 68.). Може да се закључи на основу добијених анализа да је природно постојање бакра у земљишту из зоне корена испитиваних биљних врста.



Слика 67. Концентрација Cu (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

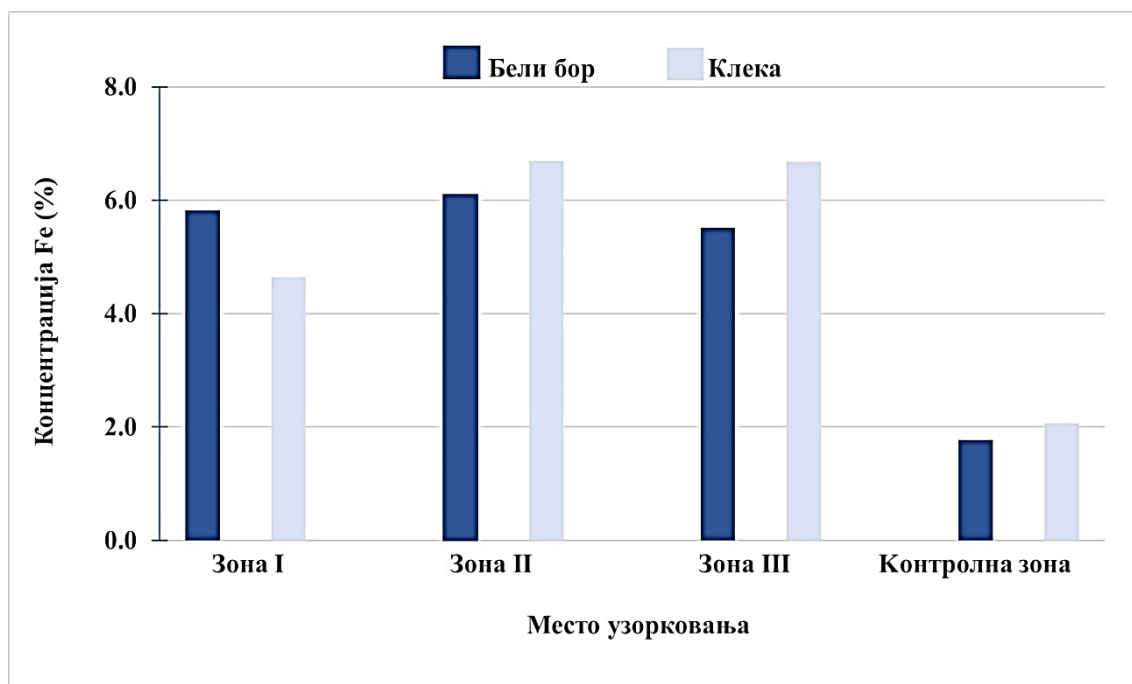


Слика 68. Фактор обогаћења земљишта Си из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

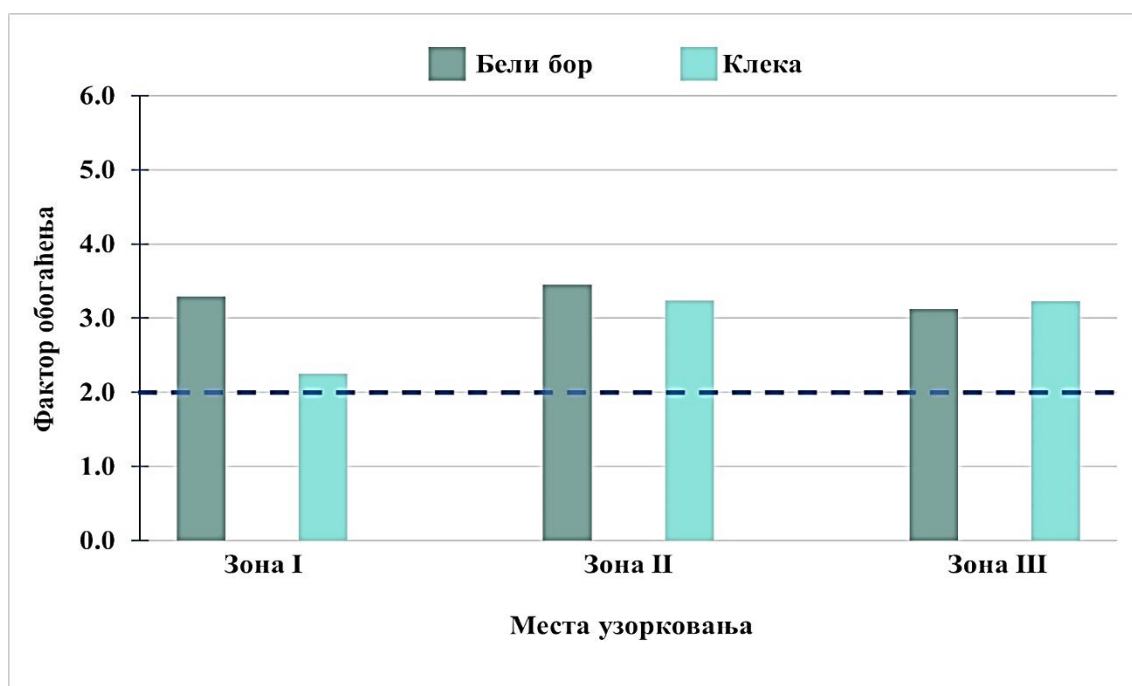
6.6.7. Гвожђе у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Може се закључити да гранична и ремедијациона вредност за гвожђе у земљишту нису дефинисане Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)). Стога, за гвожђе није прецизно одређена доња или горња граница која би указивала на ниво контаминације. Светски просек концентрације гвожђа у земљишту износ 3.5%, а садржај гвожђа у земљишту у великој мери може зависити од природног састава земљишта ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Најмање концентрације гвожђа су забележене у контролној зони, док су у све три зоне концентрација гвожђа прелазиле светски просек концентрације гвожђа у земљишту (слика 69.).

Вредности фактор обогаћења указивале су на умерено обогаћење земљишта гвожђем за обе биљне врсте у све три зоне (слика 70.). На основу донијених концентрација гвожђа и вредности фактора обогаћења, може се рећи да је присуство гвожђа на испитиваном подручју природног порекла.



Слика 69. Концентрација Fe (%) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

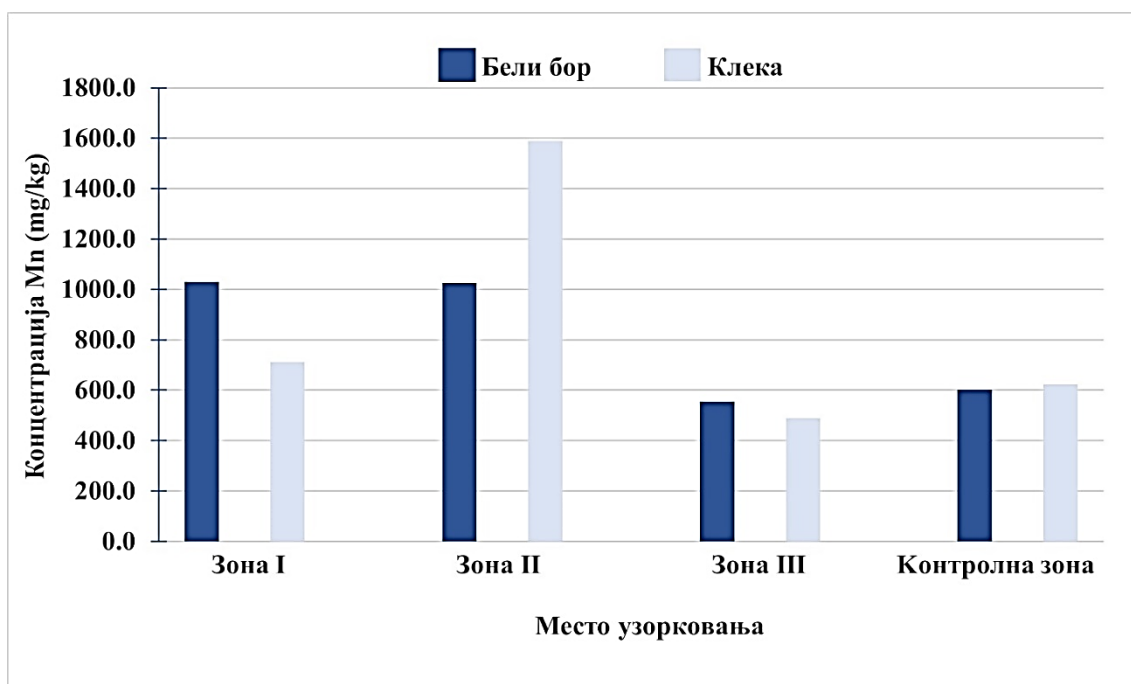


Слика 70. Фактор обогаћења земљишта Fe из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

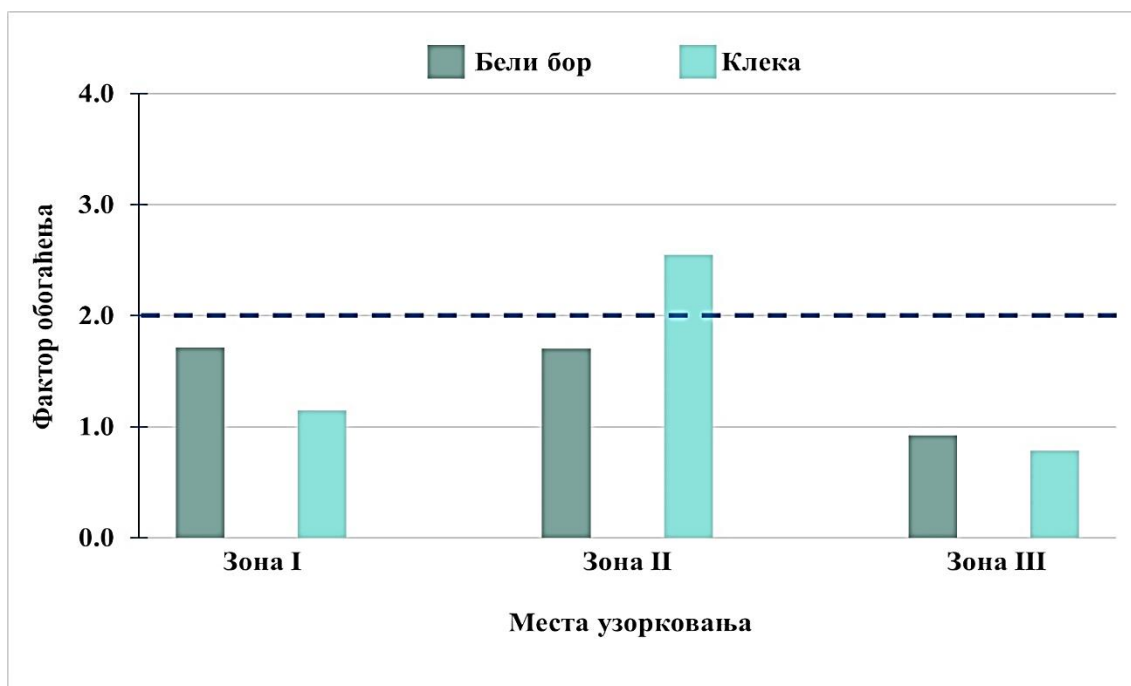
6.6.8. Манган у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) нису дефинисане граничне и ремедијационе вредности за манган у земљишту. Светски просек концентрације мангана у земљишту износи од 411 до 550 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Концентрације мангана у земљишту из зоне корена белог бора и клеке су биле у све три зоне као и у самој контролној зони је био изнад светског просека концентрације мангана у земљишту (слика 71.)

Вредности фактора обогаћења (слика 72.), указују нам да нема обогаћења земљишта код већине узорака, док је умерено обогаћење манганом забележено у земљишту клеку у зони II.



Слика 71. Концентрација Mn (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

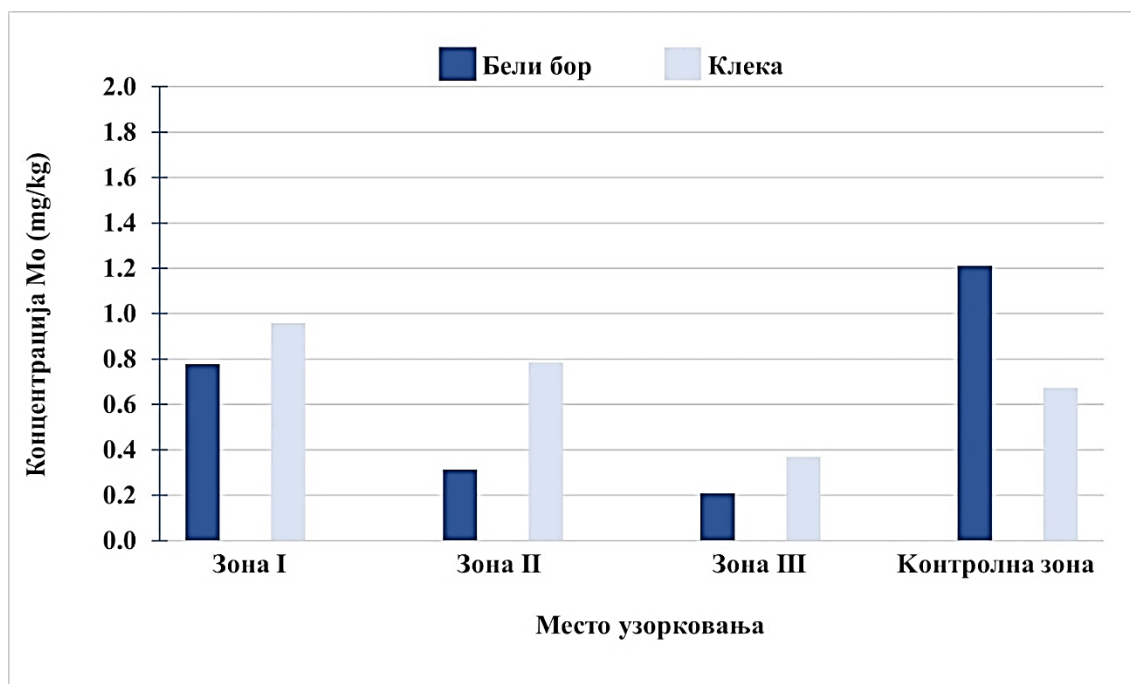


Слика 72. Фактор обогаћења земљишта Mn из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

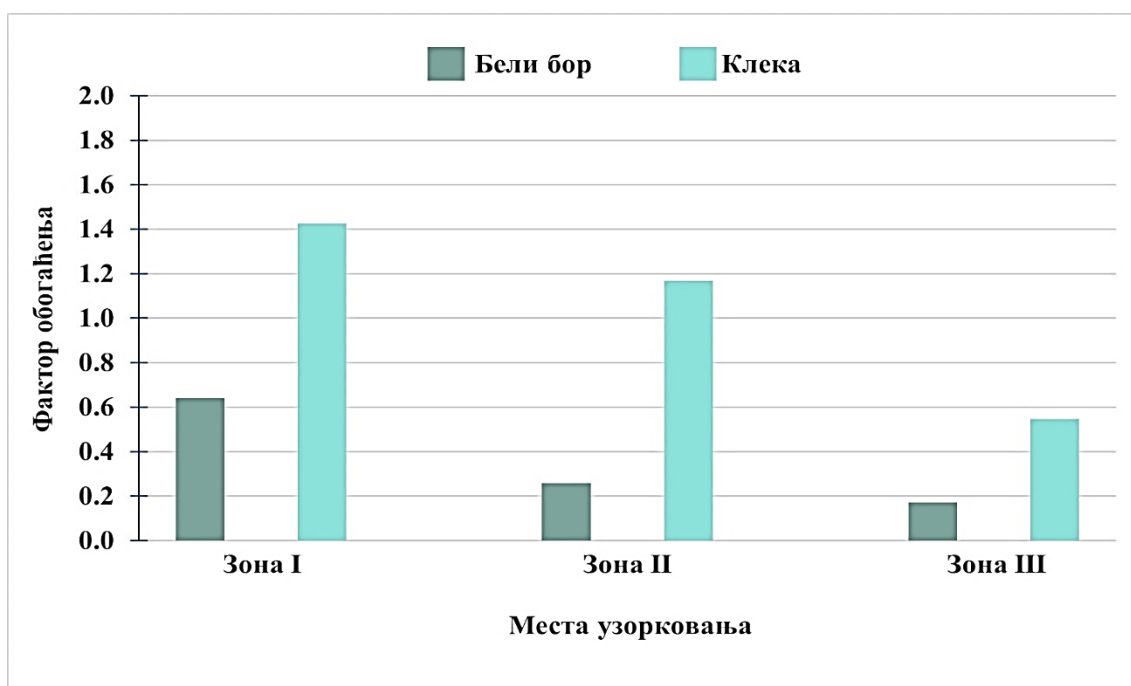
6.6.9. Молибден у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Просечна вредност молибдена (Mo) у земљишту у свету износи око 1,1 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)), с друге стране, према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) гранична вредност за концентрацију молибдена у земљишту је 3 mg/kg, док је ремедијациона вредност 200 mg/kg. На слици 73. може да се види да нема прекорачења граничних вредности у земљишту из зоне корена белог бора и клеке. Није било ни ремедијационих прекорачења.

На слици 74. према вредностима фактора обогаћења, земљиште из зоне корена белог бора и клеке, било је у категорији земљишта које није обогаћено молибденом, на основу чега може да се закључи да је његово присуство природног порекла.



Слика 73. Концентрација Мо (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

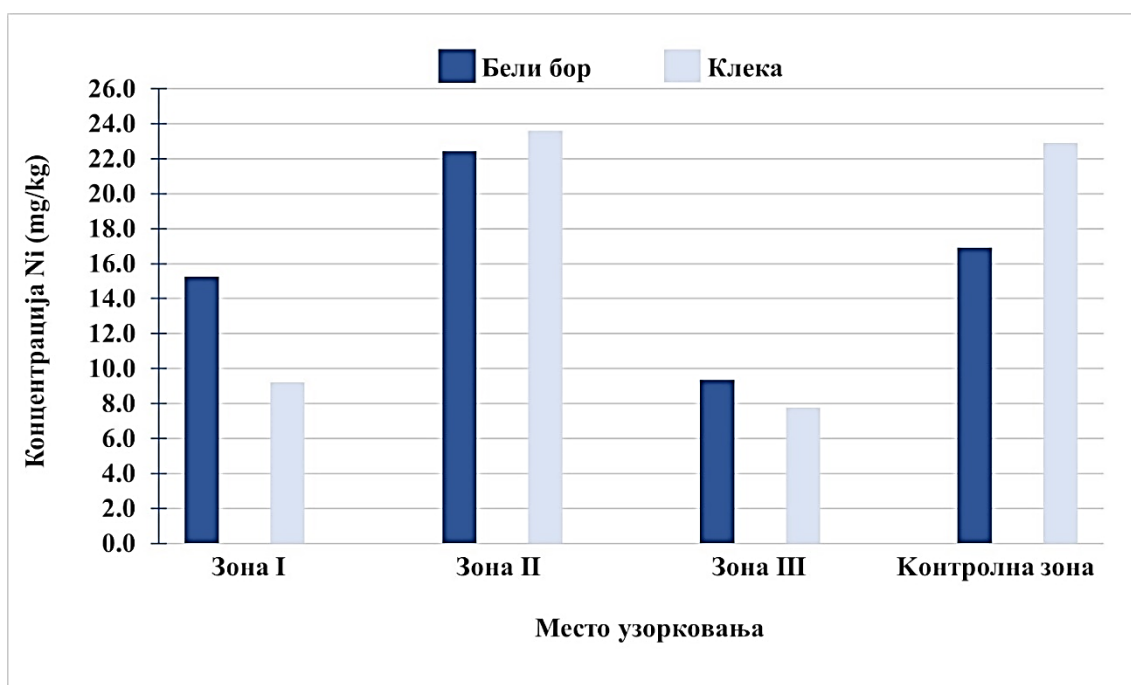


Слика 74. Фактор обогаћења земљишта Мо из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

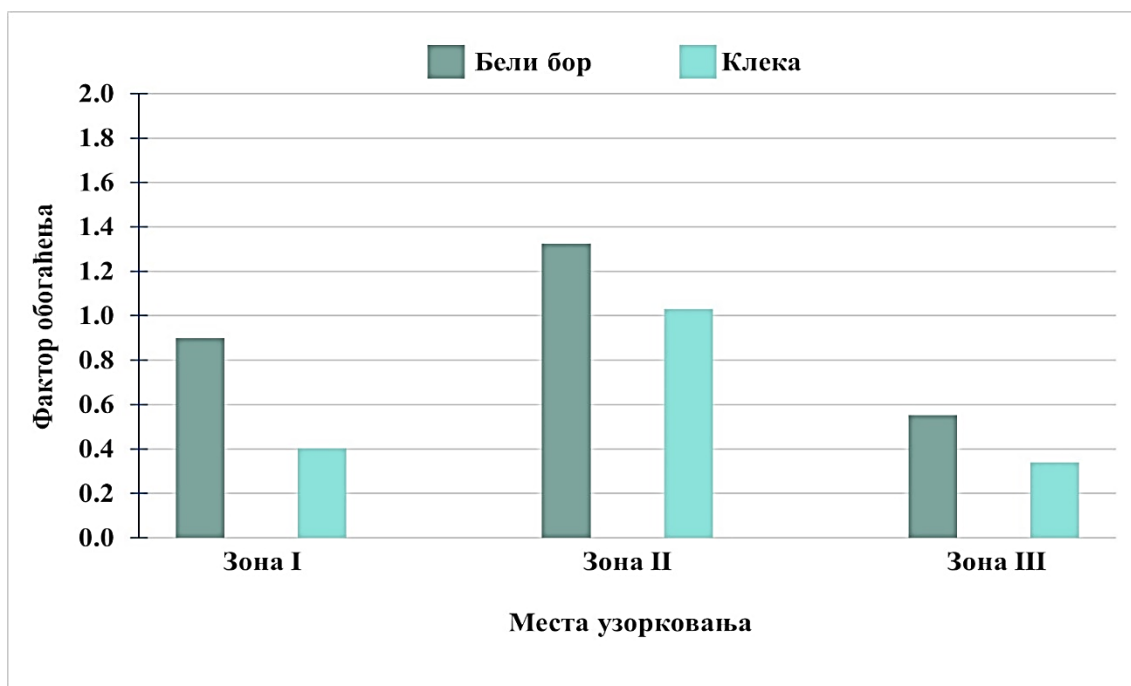
6.6.10. Никл у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Свестски просек концентрације никла у земљишту је 29 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)) док гранична вредност (ГВ) која је прописана Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) износи 35 mg/kg а ремедијациона вредност (РВ) износи 210 mg/kg. На основу добијених резултат (слика 75.) може се уочити да нема прекорачења нити граничних нити ремедијационих вредности у земљишту из зоне корена белог бора и клеке за све три зона као и за контролну зону.

Вредности фактора обogaћења земљишта никлом (слика 76.) које су биле <2, нам указују на природно порекло овог елемента на испитиваном подручју.



Слика 75. Концентрација Ni (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

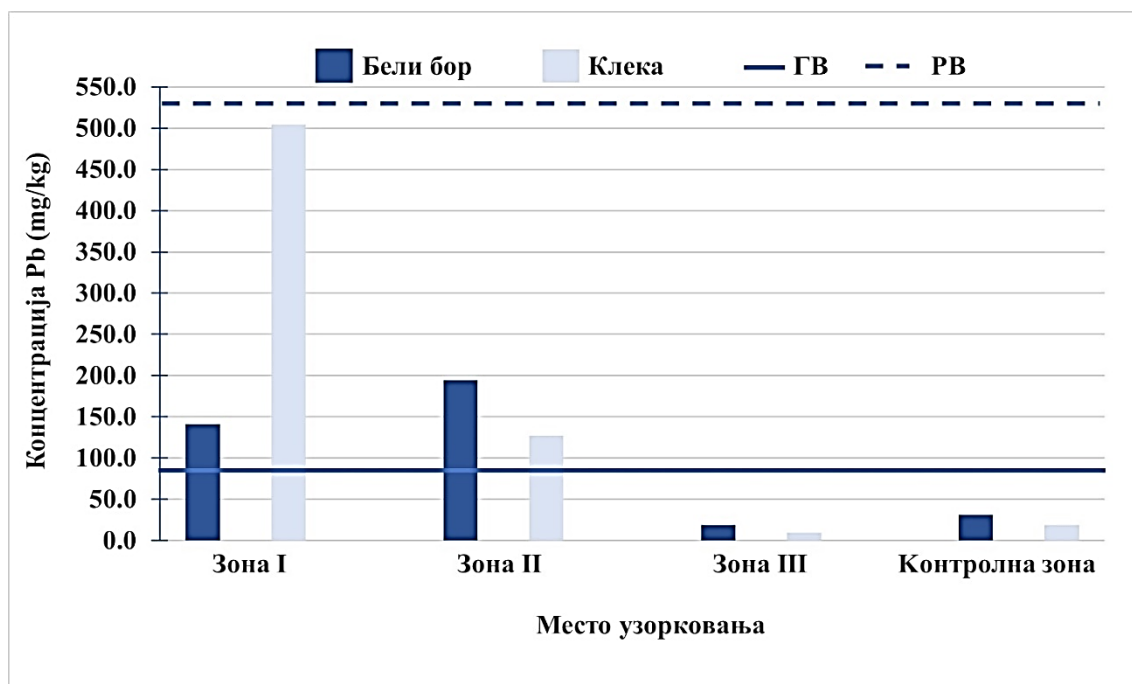


Слика 76. Фактор обогаћења земљишта Ni из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

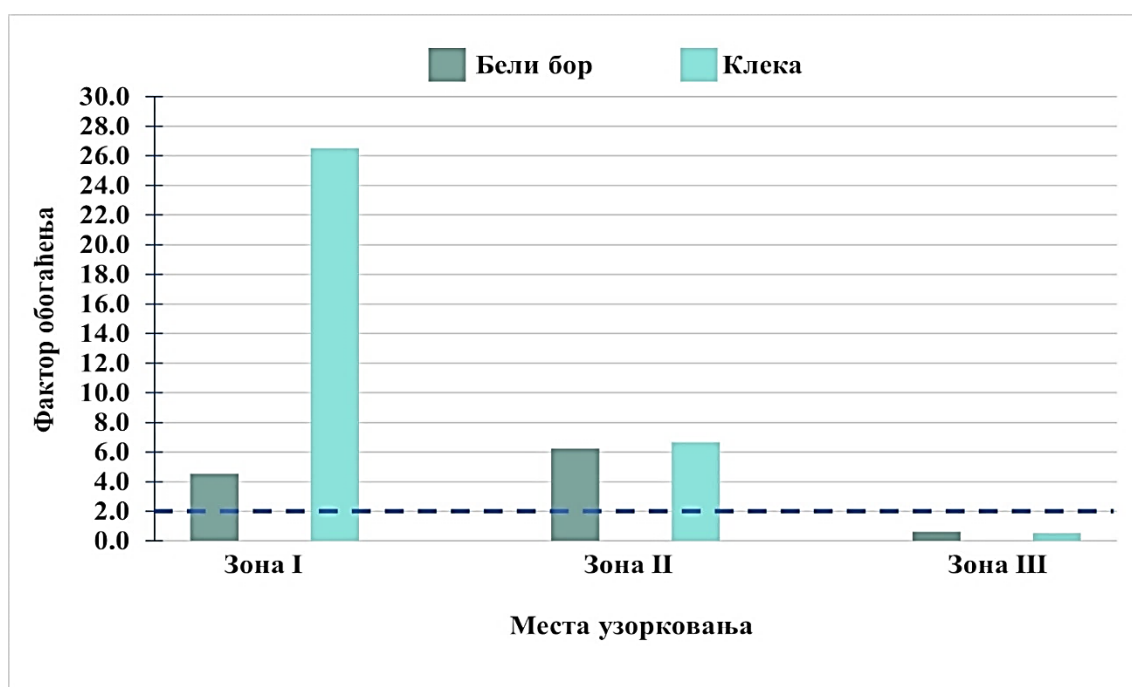
6.6.11. Олово у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Гранична вредност олова (ГВ) која је прописана Уредбом Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)) износи 85 mg/kg док ремедијациона вредност (РВ) износи 530 mg/kg. Светски просек за концентрацију олова у земљишту износи 27 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Концентрације олова у земљишту из зоне корена белог бора и клеке биле су неколико пута веће од светског просека у зонама I и II. Прекорачења граничних вредности су евидентирана у земљишту за обе биљне врсте, у зонама I и II, највеће прекорачење је забележено у земљишту из зоне корена клеке, које је било и до шест пута веће од дозвољених вредности. Прекоречења ремедијационих вредности није било (слика 77.).

Вредности фактора обогаћења оловом (слика 78.), земљиште из зоне корена белог бора и клеке, кретало се категорије необогаћеног, умереног, значајног до веома високог обогаћења земљишта које се односи на највећу концентрацију олова забележену у земљишту из зоне корена клеке, зона I. На основу добијених концентрација олова као и вредности фактора обогаћења, може се речи да је присуство олова на испитиваном подручју антропогеног порекла, у зони I и зони II.



Слика 77. Концентрација Pb (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

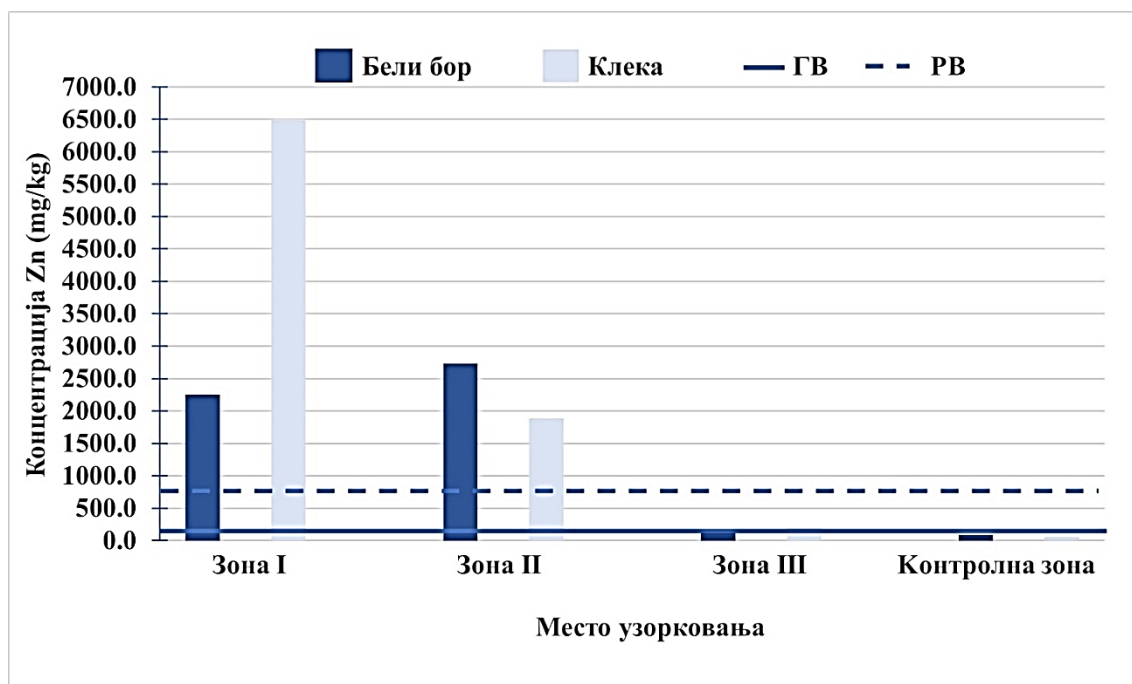


Слика 78. Фактор обогаћења земљишта Pb из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

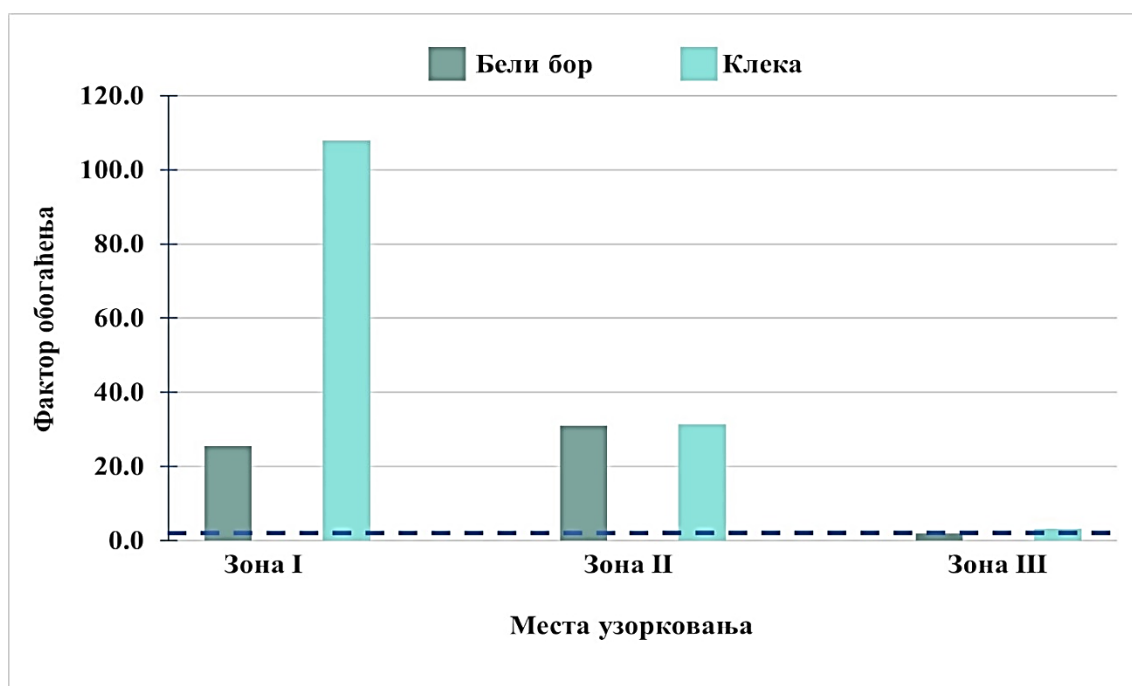
6.6.12. Цинк у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према местима узорковања, Саставци (Бадањ)

Према Уредби Републике Србије ([Уредба бр. 30/2018-50, 64/2019-3](#)), гранична вредност за концентрацију цинка (Zn) у земљишту износи 140 mg/kg, док је ремедијациона вредност 720 mg/kg. Ове вредности се користе као смернице за оцену нивоа контаминације земљишта цинком. Ако су концентрације цинка у испитиваним узорцима земљишта изнад граничне вредности од 140 mg/kg, то указује на прекорачење прописане границе и на присуство контаминације земљишта цинком. Просечна концентрација цинка (Zn) у земљишту у свету износи 70 mg/kg ([Kabata-Pendias A. 2011.](#)). Прекорачења граничних вредности (слика 79.), забележена су у земљишту из зоне корена белог бора и клеке у свим зонама осим у контролној зони. Екстремно висока концентрација цинка од 6485.9975 mg/kg забележена је у земљишту из зоне корена клеке, зона I. Прекорачења ремедијационих вредности било је у земљишту из зоне корена белог бора и клеке у зонама I и II.

Фактор обогаћење земљишта цинком (слика 80.), из зоне корена белог бора и клеке указовао је на умерено обогаћење цинком из зоне корен клеке у III зони, значајно обогаћење цинком за бели бор у I и II зони, клеку у II зони и екстремно високо обогаћење земљишта у зони корена клеке у I зони. На основу концентрација цинка у земљишту али и вредности фактора обогаћења, може се закључити да је порекло цинка на испитиваном подручју антропогено.



Слика 79. Концентрација Zn (mg/kg) у земљишту из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)



Слика 80. Фактор обогаћења земљишта Zn из зоне корена белог бора и клеке према зонама и местима узорковања Саставци (Бадањ)

6.6.13. Анализа корелација између концентрација елемената у земљишту и параметара земљишта на испитиваном подручју на површинском копу

Саставци (Бадањ) и непосредној близини

Спирмановим коефицијентима корелације између концентрација елемената у земљишту белог бора и клек са активном и потенцијалном киселошћу земљишта, као и садржајем органских материја на испитиваном подручју дати су у табелама 51., и 52. На основу табеларних података, тј. добијених корелација који су биле веома слабе и нису статистички значајне може да се закључи да рН вредност земљишта нема велики утицај на концентрацију елемената на испитиваном подручју, међутим може да се запази да имамо неколико значајних негативних корелација средње јачине између органских материја и концентрација неких елемената у земљишту белог бора (As, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb и Zn) и клек позитивних корелација (Al и Fe) као и негативних корелација за следеће елементе (As, Cd, Cu, Mo, Pb, Zn). На основу малог броја корелација за обе биљне врсте, као и Спирманових коефицијената који нису имале високе вредности осим за алуминијум код клек, не може се са сигурношћу утврдити колико утицаје има садржај органских материја у земљишту на концентрацију елемената.

Табела 51. Спирманови коефицијенти корелације ρ између концентрације елемената рН (H₂O), рН (KCl) и ОМ у земљишту из зоне корена белог бора на испитиваном подручју Саставци (Бадањ)

	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
pH (H₂O)	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500
pH (KCl)	0.500	0.500	0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500
OM	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 52. Спирманови коефицијенти корелације ρ између концентрације елемената рН (H₂O), рН (KCl) и ОМ у земљишту из зоне корена клек на испитиваном подручју Саставци (Бадањ)

	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
pH (H₂O)	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**
pH (KCl)	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**
OM	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

6.6.14. Анализа корелација између концентрација елемената у земљишту и параметара земљишта на испитиваном подручју Саставци (Бадањ)

У табелама 53., и 54. приказани су Спирманови коефицијенти корелације између елемената у земљишту из зоне белог бора и клеке. Статистички добијене значајне позитивне корелације између концентрације елемената у земљишту испитиваних биљних врста, показале су на заједничко порекло испитиваних елемената које су биле природно присутне у земљишту (на пример: Co, Cr, Cu, Mo, Ni и делимично Cd, Mn, Pb) и/или из антропогених извора (Al, As, Fe и Zn). У земљишту из зоне корена белог бора (табела 51.), најјаче позитивне корелације (1.000) биле су између парова: As-Cd, As-Cu, As-Fe, As-Ni, As-Pb, As-Zn, Cd-Cu, Cd-Fe, Cd-Ni, Cd-Pb, Cd-Zn, Cr-Mn, Cu-Fe, Cu-Pb, Cu-Zn, Fe-Ni, Fe-Pb, Fe-Zn, Mn-Mo, Ni-Pb, Ni-Zn, Pb-Zn чије је порекло искључиво антропогено али и између Cr-Mo и Cu-Ni чије је порекло природно, док је негативна корелација остварена између Al-Cr, Al-Mn, Al-Mo чије је пореко антропогено.

У земљишту из зоне корена клеке (табела 52.), најјаче позитивне корелације (1.000) биле су између парова: Al-Fe, As-Cd, As-Cu, As-Mo, As-Pb, As-Zn, Cd-Cu, Cd-Mo, Cd-Pb, Cd-Zn, Cr-Mn, Cu-Pb, Cu-Zn, Mn-Ni, Mo-Pb, Mo-Zn, Pb-Zn, чије је порекло било антропогено и Cr-Ni и Cu-Mo чије је порекло природно, а најјаче негативне корелације (-1.000) су биле између следећих парова Al-As, Al-Cd, Al-Cu, Al-Mo, Al-Pb, Al-Zn, As-Fe, Cd-Fe, Cu-Fe, Fe-Mo, Fe-Pb, Fe-Zn.

На основу добијених корелација за обе биљне врсте може се уочити да је остварена нешто другачија корелација између елемената, с обзиром да с ради о различитим типовима биљне врсте сама биљка имају различите утицаје и способности усвајања елемената из земљишта.

Табела 53. Спирманови коефицијенти корелација између концентрација елемената у земљишту белог бора на испитиваном подручју, Саставци (Бадањ)

	<i>Al</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
<i>Al</i>	1.000											
<i>As</i>	-0.500	1.000										
<i>Cd</i>	-0.500	1.000**	1.000									
<i>Co</i>	0.500	-0.500	0.500	1.000								
<i>Cr</i>	1.000**	0.500	0.500	0.500	1.000							
<i>Cu</i>	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000						

<i>Fe</i>	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000					
<i>Mn</i>	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000				
<i>Mo</i>	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000			
<i>Ni</i>	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000		
<i>Pb</i>	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000	
<i>Zn</i>	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$

* Ниво значајности $p < 0.05$

Табела 54. Спирманови коефицијенти корелација између концентрација елемената у земљишту клекe на испитиваном подручју, Саставци (Бадањ)

	<i>Al</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
<i>Al</i>	1.000											
<i>As</i>	1.000**	1.000										
<i>Cd</i>	1.000**	1.000**	1.000									
<i>Co</i>	0.500	-0.500	-0.500	1.000								
<i>Cr</i>	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000							
<i>Cu</i>	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	1.000						
<i>Fe</i>	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000					
<i>Mn</i>	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000				
<i>Mo</i>	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000			
<i>Ni</i>	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000	0.500	1.000		
<i>Pb</i>	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000	
<i>Zn</i>	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

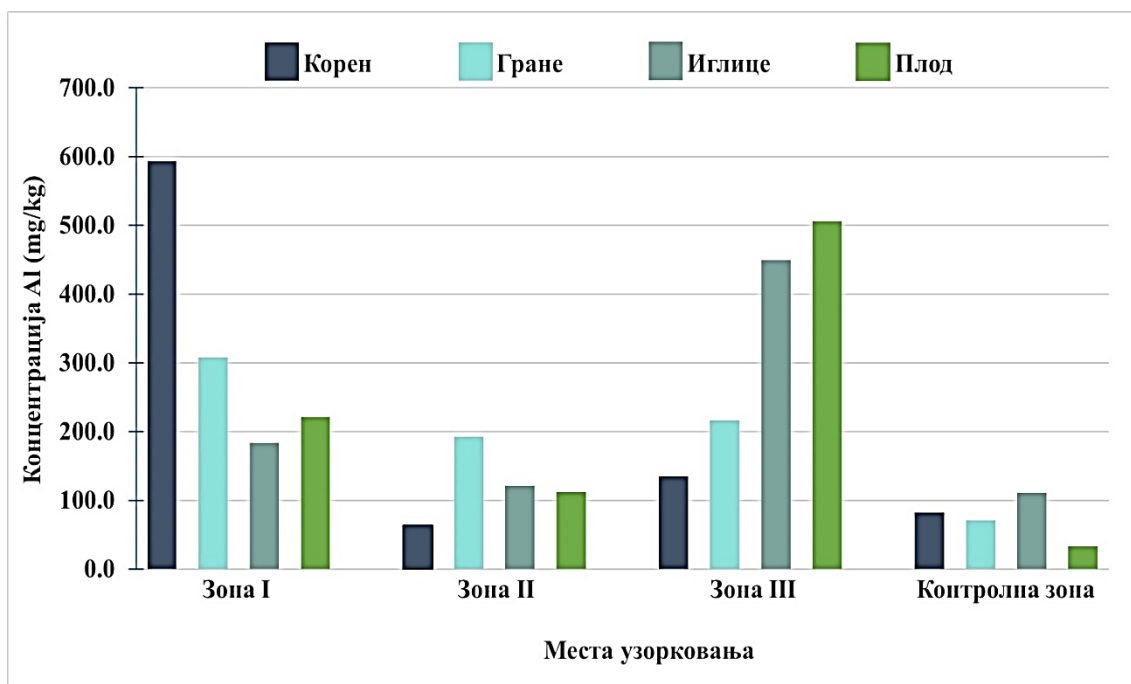
6.7. Могућност коришћења биљног материјала белог бора и клеке у биомониторингу, Саставци (Бадањ)

У овом поглављу приказане су концентрације елемената (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn) у биљном материјалу белог бора и клеке, који је узоркован на шест локација у три зоне на површинском копу Саставци (Бадањ) и његовој непосредној околини. Концентрације елемената у биљном материјалу су упоређиване у односу на локацију узорковања, део биљке и биљну врсту. Дати су и фактори обогаћења биљног материјала како би се проценио антропогени утицај на акумулацију елемената у деловима белог бора и клеке.

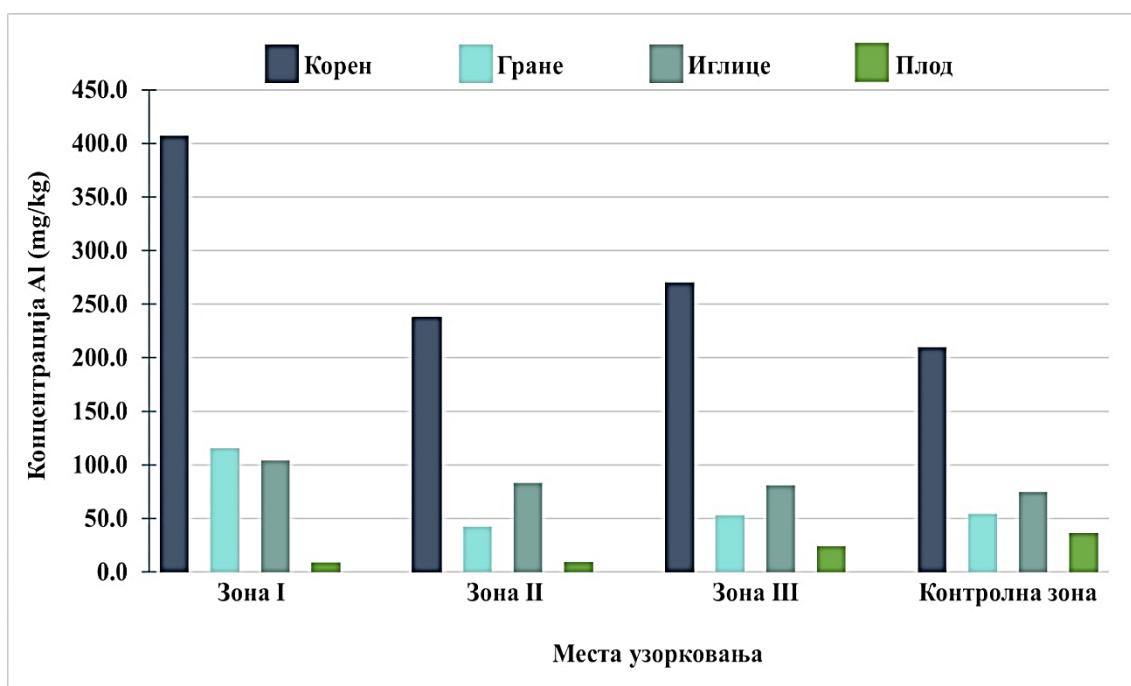
6.7.1. Алуминијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

На слици 81., приказана је концентрација алуминијума у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице и плодови) узоркованом на површинском копу Саставци (Бадањ). Највећа концентрација алуминијума забележена у корену белог бора у зони I док је најнижа концентрација забележена у плоду (шишарка) у контролној зони.

Концентрација алуминијума у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице и плодови) на испитиваном подручју су приказане на слици 82. У корену клеке у првој зони, измерена је највећа концентрација алуминијума, док је најнижа концентрација алуминијума забележена у контролној зони код плодова клеке.



Слика 81. Концентрација Al (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 82. Концентрација Al (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 55., и 56. дате су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке алуминијумом. Обогаћење биљног материјалаза обе биљне врсте кретало се од категорије да нема обогаћења до значајно обогаћеног. Може да се закључи на основу добијених података, да је највећа концентрација алуминијума у деловима

белог бора у односу на клеку где је обогаћење алуминијумом само у гранама у узорку 2. Код белог бора имамо обогаћење грана и плодова, док је корен обогаћен алуминијумом само у узорку 1 и иглице које су обогаћене алуминијумом у узорку 5. На основу добијених вредности фактора обогаћења, може се сматрати да је присуство алуминијума у узорцима обе биљне врсте једним делом природног порекла.

Табела 55. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора алуминијумом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	7.2332	4.3385	1.6523	6.6909
Зона II	Узорак 3	0.7767	2.7174	1.0904	3.3865
Зона III	Узорак 5	1.6464	3.0510	4.0520	15.2968

Назначене вредности означавају обогаћење узорка алуминијумом ($EF > 2$)

Табела 56. Фактор обогаћења биљног материјала клеке алуминијумом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

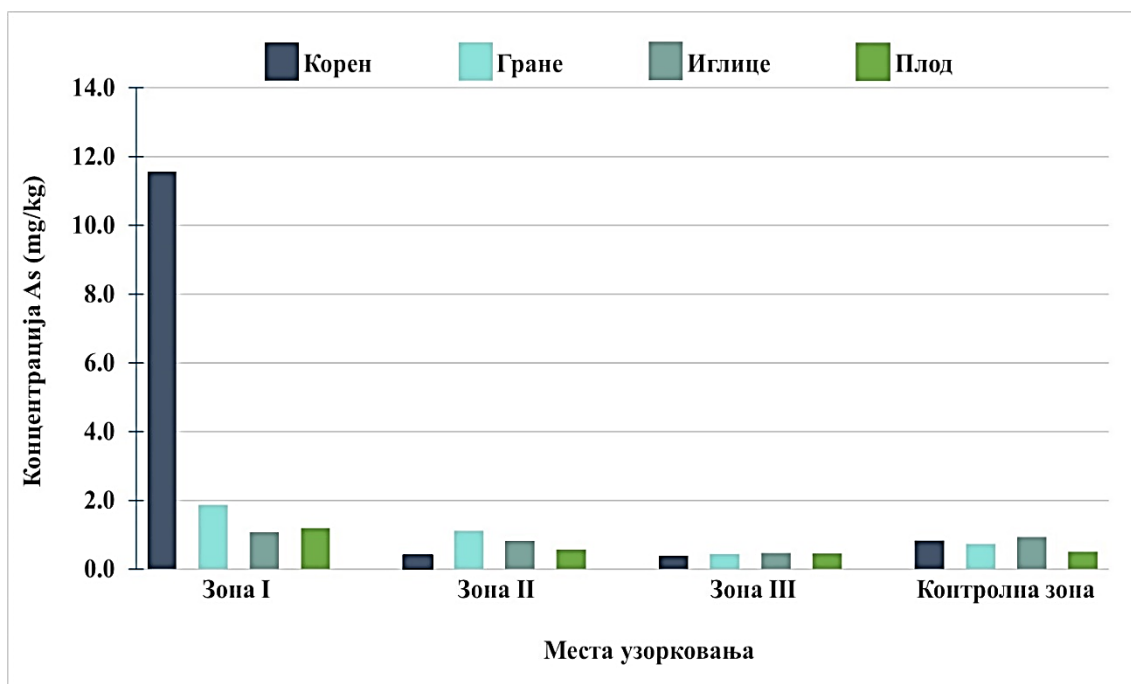
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	1.9365	2.1261	1.3971	0.2481
Зона II	Узорак 4	1.1303	0.7806	1.1099	0.2606
Зона III	Узорак 6	1.2872	0.9790	1.0793	0.6707

Назначене вредности означавају обогаћење узорка алуминијумом ($EF > 2$)

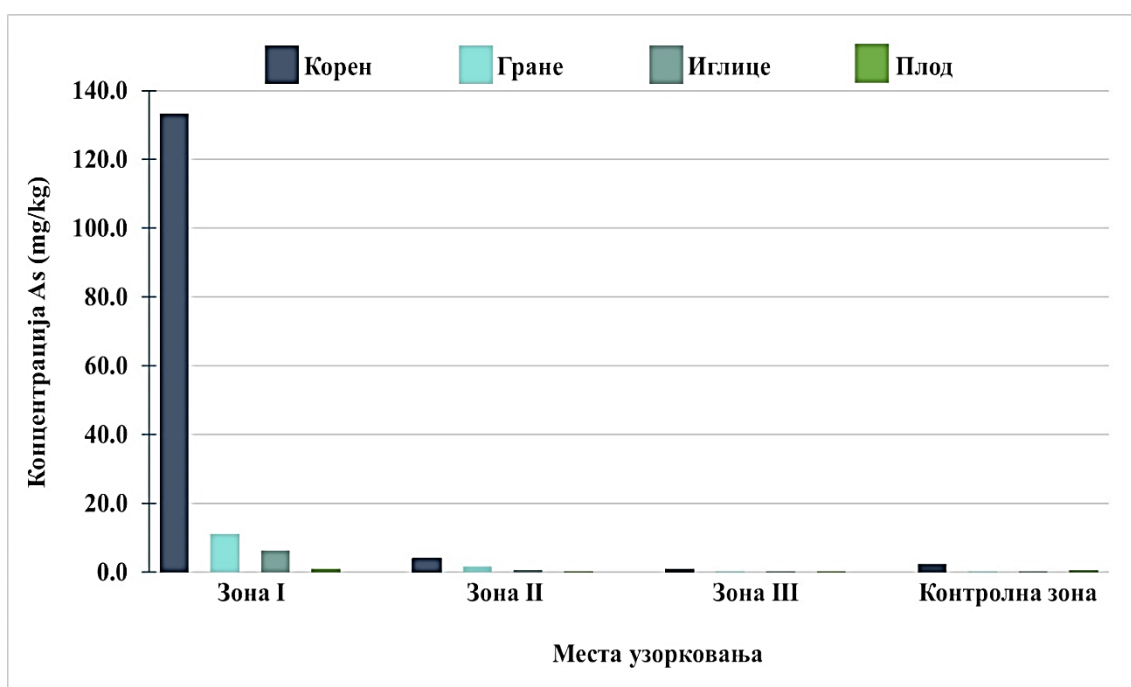
6.7.2. Арсен у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Концентрација арсена у већини узорака корена, грана, иглива и плода била је < 2 mg/kg, осим за корен белог бора у првој зони. На слици 83., приказане су концентрације арсена у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице и плодови), које је узорковано на површинском копу Саставци, Бадањ. У корену белог бора концентрација арсена која је детектована је износила 11.5514 mg/kg.

На слици 84., приказана је концентрација арсена у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице и плодови), које је узорковано на површинском копу Саставци, Бадањ. Највећа детектована концентрација забележена је у корену клеке у првој зони и износила је 133.2877 mg/kg, док је најнижа концентрација детектована у плоду клеке у трећој зони.



Слика 83. Концентрација As (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 84. Концентрација As (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

Вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке арсеном су дате у табелама 57., и 58. На основу израчунатих фактора обогаћења, може да се закључи да је код белог бора, само за узорак 1, да су корен, гране и плод били умерено до значајно обогаћени арсеном, док код клеке за узорак 2, уочавамо да постоји од значајно за иглице

до екстремно високог обогаћења корена и грана арсеном. Иглице и гране код клеке се крећу са умереним до значајним обогаћењем арсеном. На основу добијених резултата, може се сматрати да је порекло овог елемента у биљном материјалу већински антропогеног порекла.

Табела 57. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора арсеном на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	13.9173	2.5464	1.1492	2.3447
Зона II	Узорак 3	0.4847	1.5227	0.8746	1.1116
Зона III	Узорак 5	0.4575	0.6027	0.4929	0.8859

Назначене вредности означавају обогаћење узорка арсеном ($EF > 2$)

Табела 58. Фактор обогаћења биљног материјала клеке арсеном на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

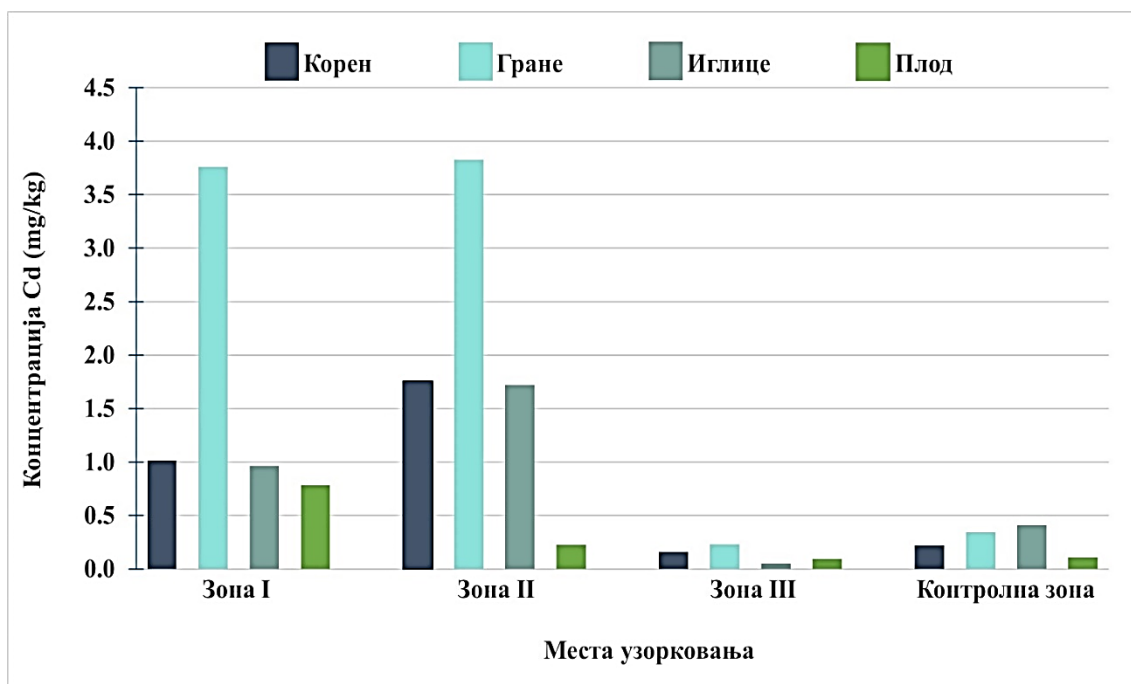
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	57.7003	48.2604	23.3307	1.9502
Зона II	Узорак 4	1.6951	7.3196	2.3333	0.5113
Зона III	Узорак 6	0.3915	1.1874	0.9381	0.4330

Назначене вредности означавају обогаћење узорка арсеном ($EF > 2$)

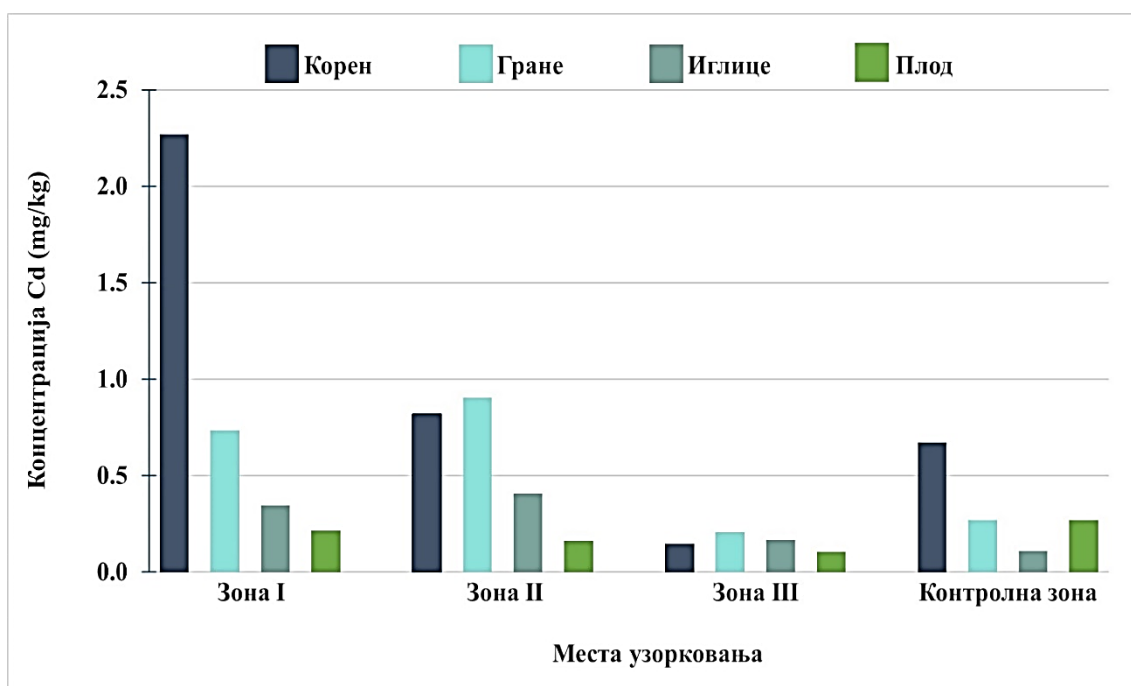
6.7.3. Кадмијум у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

У већем броју узорка биљног материјала за обе биљне врсте на испитиваном подручју, концентрација кадмијума је била испод доње границе одређивања $< 0.2 \text{ mg/kg}$. Детектоване концентрације кадмијума у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице, плодови) који је узоркован на површинском копу и непосредној околини приказане су на слици 86. Повећана концентрација кадмијума је детектована у гранама белог бора у зони I, на самом површинском копу и у непосредној близини површинског копа, зона II.

На слици 87. приказане су концентрације кадмијума у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице, плодови) које је испитивано на површинском копу и непосредној околини. Највећа концентрација кадмијума је детектована у корену клеке у зони I, док је најнижа концентрација детектована у плоду клеке у зони III.



Слика 86. Концентрација Cd (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 87. Концентрација Cd (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 59., и 60. приказане су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке кладмијумом. Обогаћење биљног материјала белог бора и клеке углавном се уочава у узорцима у којима је детектована и највећа концентрација кадмијума, што је и очекивана појава. Највећа обогаћења су забележена у прве две зоне.

На основу добијених вредности фактор обogaћења нам показује да нема обogaћења у узорку 5, за бели бор, док обogaћење осталих узорака испитиване биљне врсте кретало се од умерено обogaћене до значјно обogaћеног кадмијумом. Обogaћење биљног материјала клеке, за одређене делове биљне материје, припадало је категорији умерено обogaћеног кадмијумом.

Табела 59. Фактор обogaћења биљног материјала белог бора кадмијумом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	4.6100	11.0621	2.3473	7.1164
<i>Зона II</i>	Узорак 3	7.9864	11.2612	4.1954	2.0391
<i>Зона III</i>	Узорак 5	0.7091	0.6812	0.1249	0.8455

Назначене вредности означавају обogaћење узорка кадмијумом ($EF > 2$)

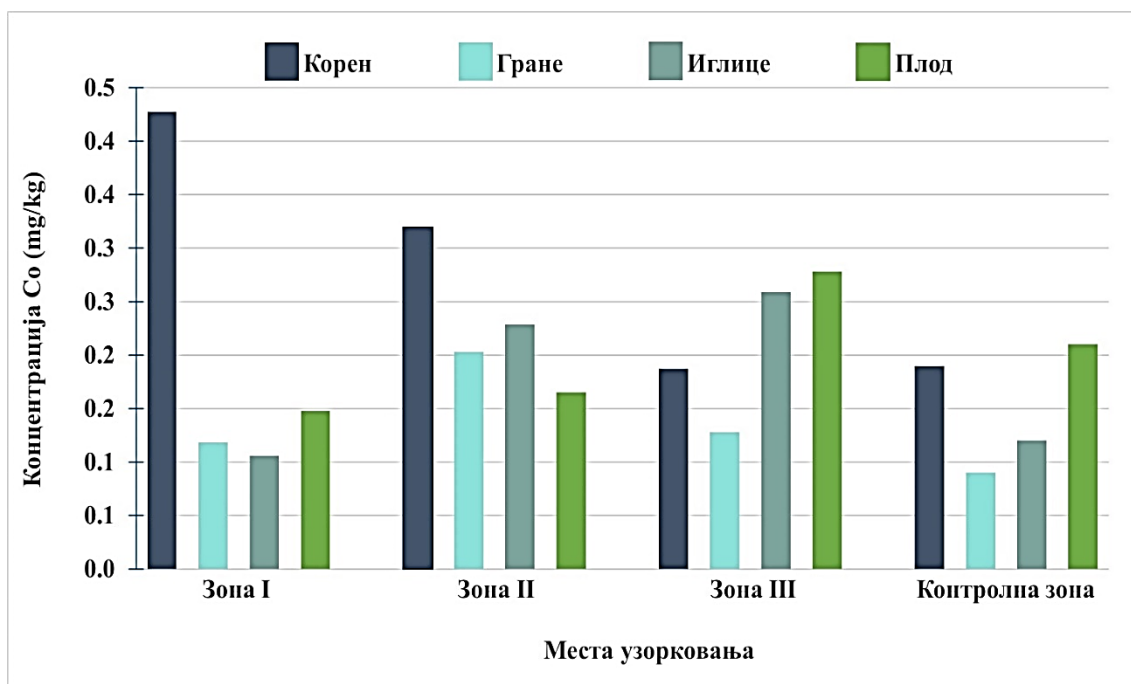
Табела 60. Фактор обogaћења биљног материјала клеке кадмијумом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	3.3845	2.7152	3.1318	0.7911
<i>Зона II</i>	Узорак 4	1.2190	3.3489	3.6964	0.6011
<i>Зона III</i>	Узорак 6	0.2188	0.7681	1.5236	0.3878

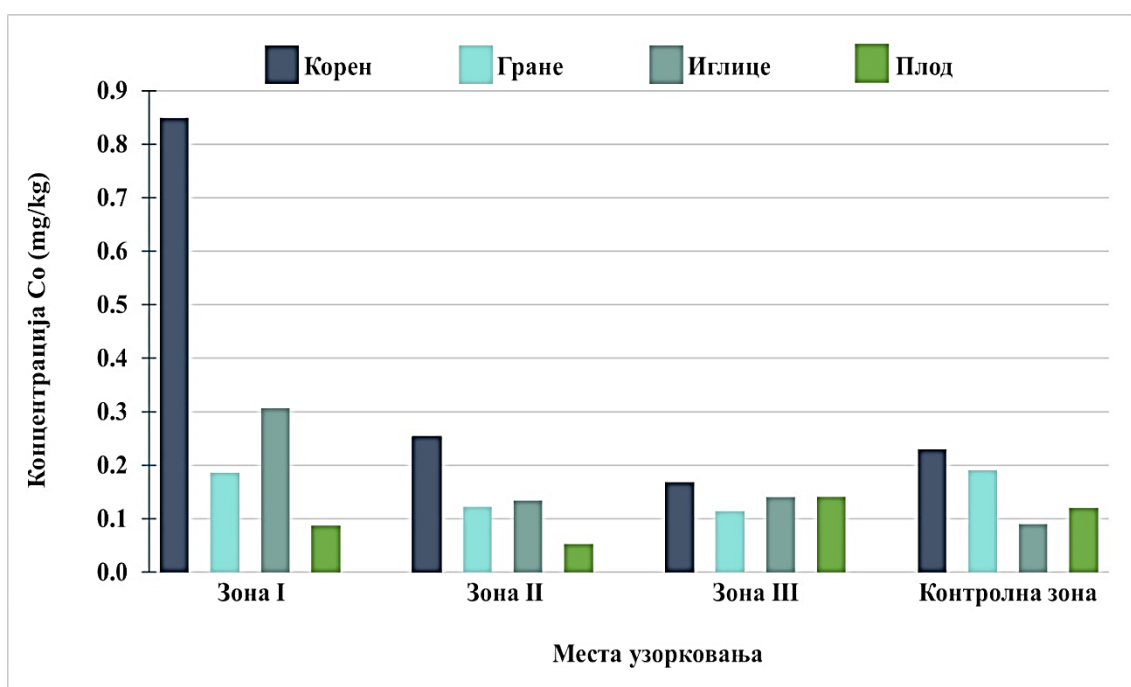
Назначене вредности означавају обogaћење узорка кадмијумом ($EF > 2$)

6.7.4. Кобалт у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

На сликама 88., и 89. приказане су концентрације кобалта у биљном материјалу белог бора и клеке (корен, гране, иглице, плод) узоркованом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини. Концентрација кобалта у биљном материјалу ($< 0.1 \text{ mg/kg}$ за узорке грана и $< 2 \text{ mg/kg}$ за остале узорке) за обе биљне врсте биле су углавном изнад доње границе одређивања. Највећа концентрација кобалта је детектована у корену белог бора у зони I, док је најмања концентрација детектована у грани белог бора у контролној зони (слика 88.). Највећа концентрација (слика 89.), кобалта је детектована у корену клеке у зони I а нанижа концентрација је детектована у плоду клеке у у зони II.



Слика 88. Концентрација Co (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 89. Концентрација Co (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

Фактор обогаћења биљног материјала (табела 61., и 62.) белог бора и клеке, израчуната је за мали број узорка који припадају умереном обогаћењу. Код белог бора, имамо обогаћења у корену у узорку 1, гранама у узорку 3 и иглицама у узорку 5. Док код клеке се запажа умерено обогаћење кобалтом у узорку 2, за корен и иглице.

Табела 61. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора кобалтом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	2.2484	1.3167	0.8808	0.7029
Зона II	Узорак 3	1.6821	2.2556	1.9050	0.7862
Зона III	Узорак 5	0.9858	1.4211	2.1592	1.3238

Назначене вредности означавају обогаћење узорка кобалтом ($EF > 2$)

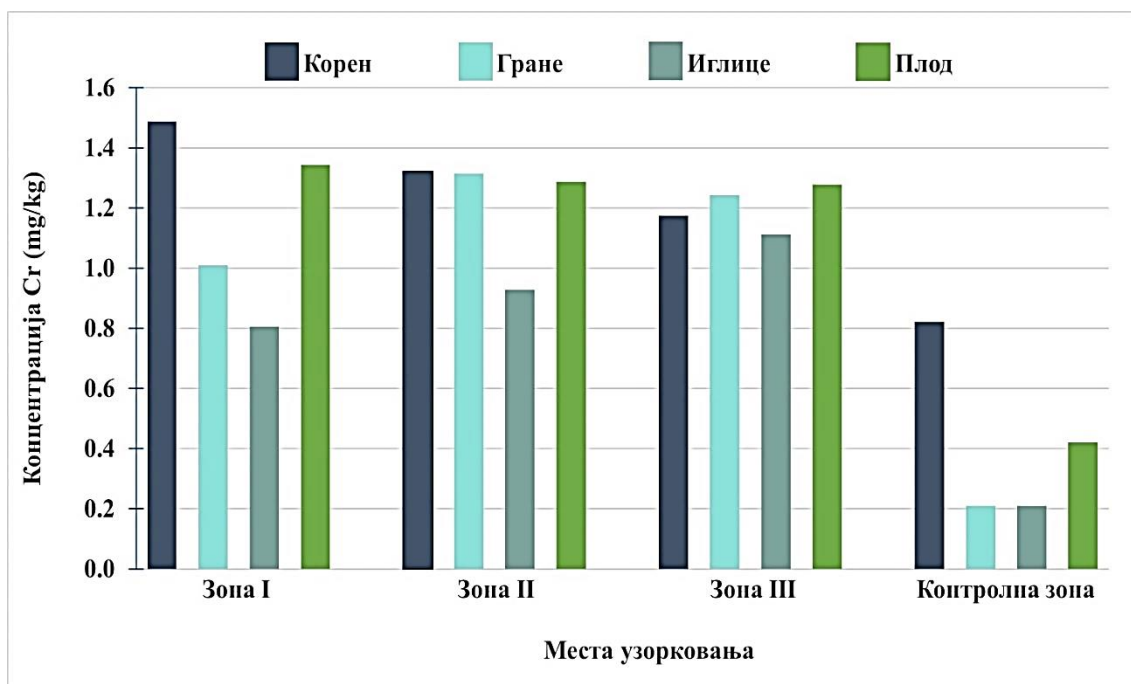
Табела 62. Фактор обогаћења биљног материјала клеке кобалтом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	3.6917	0.9789	3.4056	0.7275
Зона II	Узорак 4	1.1013	0.6421	1.4844	0.4392
Зона III	Узорак 6	0.7313	0.5979	1.5522	1.1767

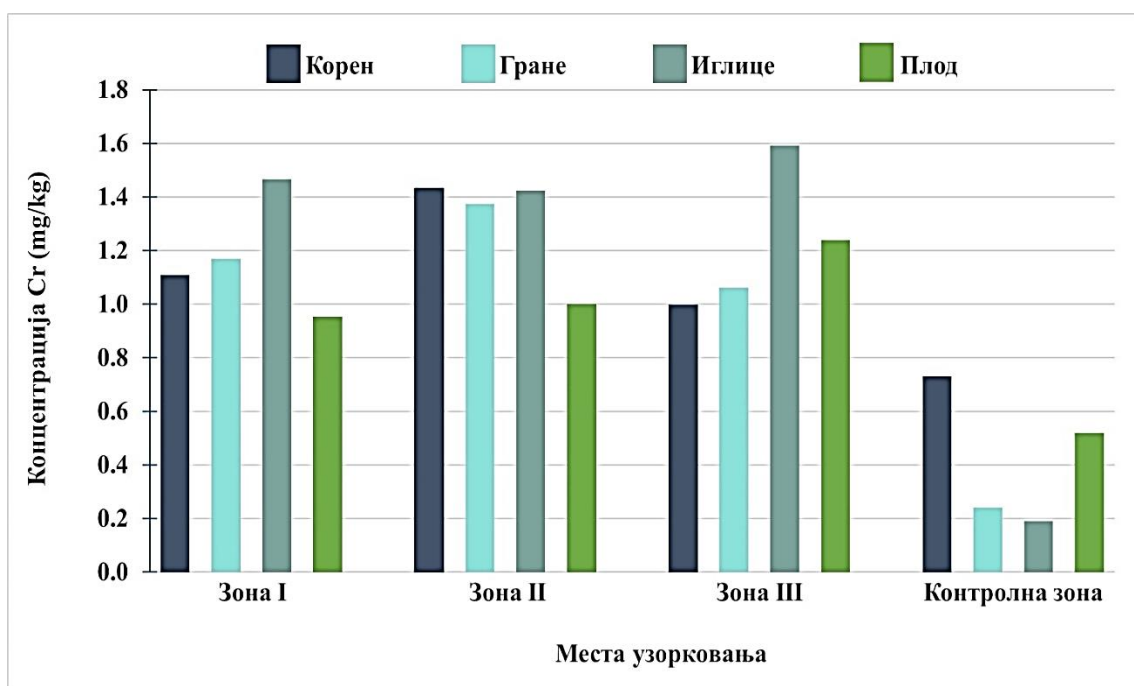
Назначене вредности означавају обогаћење узорка кобалтом ($EF > 2$)

6.7.5. Хром у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Концентрације хрома у деловима белог бора и клеке (корен, гране, иглице и плодови) узоркованим на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини приказана је на сликама 90., и 91. У корену белог бора (слика 90.) детектована је највећа концентрација хрома док су најниже концентрације детектоване у иглицама и грани белог бора у контролној зони. Преглед концентрација хрома у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице и плодови) дате је на слици 91., које узоркован на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини. Највеће концентрације хрома су детектоване у иглицама клеке у зони I и зони III. Најмање концентрације хрома детектоване су у гранама и иглицама клеке у контролној зони.



Слика 90. Концентрација Cr (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 91. Концентрација Cr (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 63., и 64. приказане су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке. Обогаћење узорака белог бора и клеке било је значајно обогаћење у већини случајева. Може се закључити, на основу добијених података, да су сви делови белог бора сем корена, чије је обогаћење хромом било минимално, остали

делови биљне материје биле обогаћене хромом. У табели 59. уочава се да је фактор значајног обогаћења забележен у гранама и иглицама клеке у свим испитиваним узорцима као и у плодовима клеке у узорку 6. Може да се закључи, на основу добијених резултата, да је хром већинским делом антропогеног порекла.

Табела 63. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора хром на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	1.8144	4.8043	3.8348	3.1983
<i>Зона II</i>	Узорак 3	1.6115	6.2605	4.4143	3.0667
<i>Зона III</i>	Узорак 5	1.4306	5.9157	5.2914	3.0436

Назначене вредности означавају обогаћење узорка хромом ($EF > 2$)

Табела 64. Фактор обогаћења биљног материјала клеке хром на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

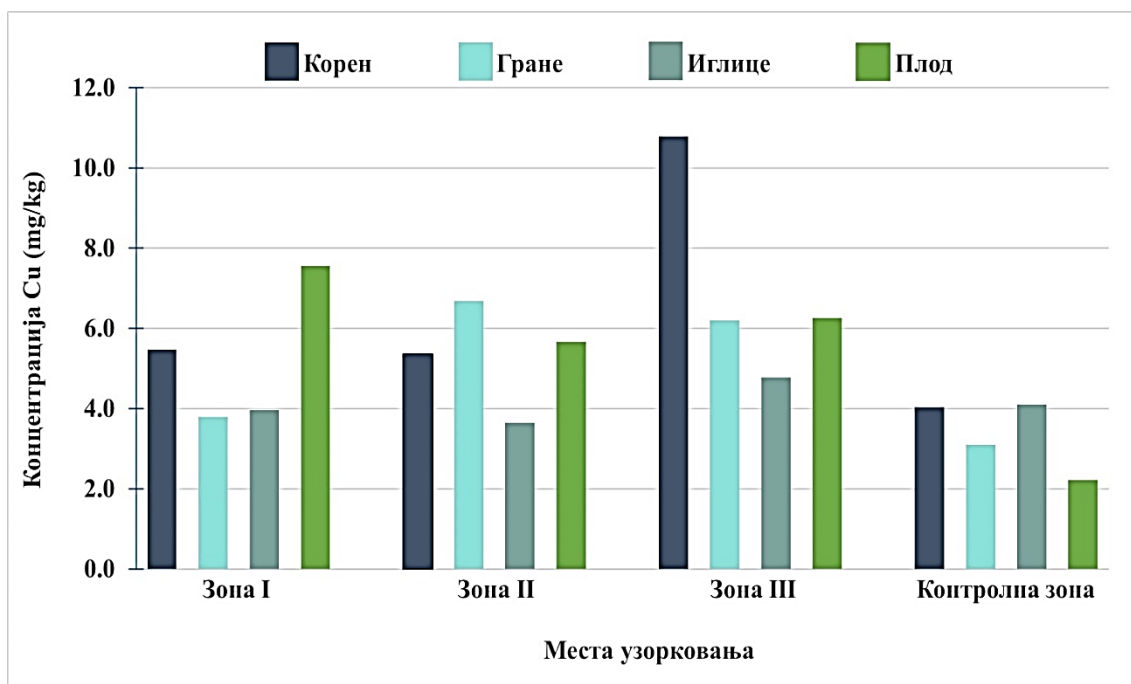
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	1.5184	4.8658	7.7121	1.8312
<i>Зона II</i>	Узорак 4	1.9589	5.7208	7.4816	1.9238
<i>Зона III</i>	Узорак 6	1.3679	4.4221	8.3716	2.3835

Назначене вредности означавају обогаћење узорка хромом ($EF > 2$)

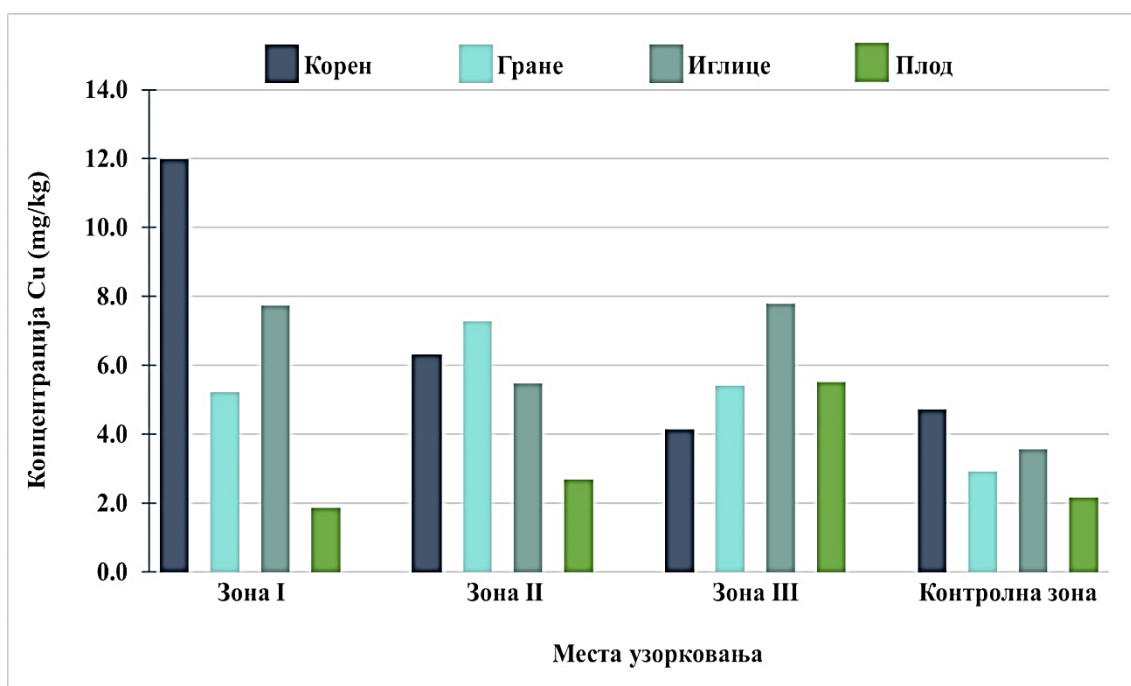
6.7.6. Бакар у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Концентрација бакра у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице, плодови) са површинског копа Саставци (Бадањ) и непосредној близини приказани су на слици 92. Највећа концентрација бакра детектована је у корену белог бора у зони три док је најнижа концентрација бакра детектована у плоду у контролној зони.

Приказ концентрације бакра у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице, плодови) са површинског копа Саставци (Бадањ) и непосредној близини приказани су на слици 93. Највећа концентрације бакра забележена је у корену клеке у првој зони док је најнижа концентрација бакра забележена у плоду клеке у првој зони.



Слика 92. Концентрација Cu (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 93. Концентрација Cu (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 65., и 66. приказани су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и клеке бакумом. Из приложених података можемо да закључимо да је обогаћење умерено и присутно је скоро у свим деловима испитиваних делова биљке на већем броју узорковања. На основу приказаних података из табеле 65., уочава се да

су узорци плодова белог бора били обогаћени бавром (Cu) у свим узорцима. С друге стране, гране белог бора су биле обогаћене бавром само у узорку 3 и 5, док је корен био обогаћен бавром само у узорку 5. Ово указује на варијацију у концентрацијама бакра у различитим деловима биљке, где су плодови највише обогаћени, а гране и корен имају мање изражено обогаћење. На основу добијених концентрације бакра у биљном материјалу белог бора се испитиваном подручју уочава се да су највеће концентрације било је у трећој зони које нису биле под највећим утицајем загађења.

У табели 66., приказани су резултати фактора обогаћења биљног материјала клеке који нам показују да је обогаћење бавром умерено. Из табеле 66., може се закључити да постоје обогаћења бавром (Cu) у одређеним деловима белог бора. У узорку 2, уочава се обогаћење бавром у корену и иглицама. У узорку 4, постоји обогаћење бавром у гранама. У узорку 6, уочава се обогаћење бавром у иглицама и плодовима. Ове информације указују на варијацију у концентрацијама бакра у различитим деловима белог бора на испитиваном подручју.

Табела 65. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора бавром на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 1	1.3558	1.2249	0.9643	3.4033
<i>Зона II</i>	Узорак 3	1.3276	2.1638	0.8893	2.5509
<i>Зона III</i>	Узорак 5	2.6757	2.0050	1.1631	2.8186

Назначене вредности означавају обогаћење узорка бавром ($EF > 2$)

Табела 66. Фактор обогаћења биљног материјала клеке бавром на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

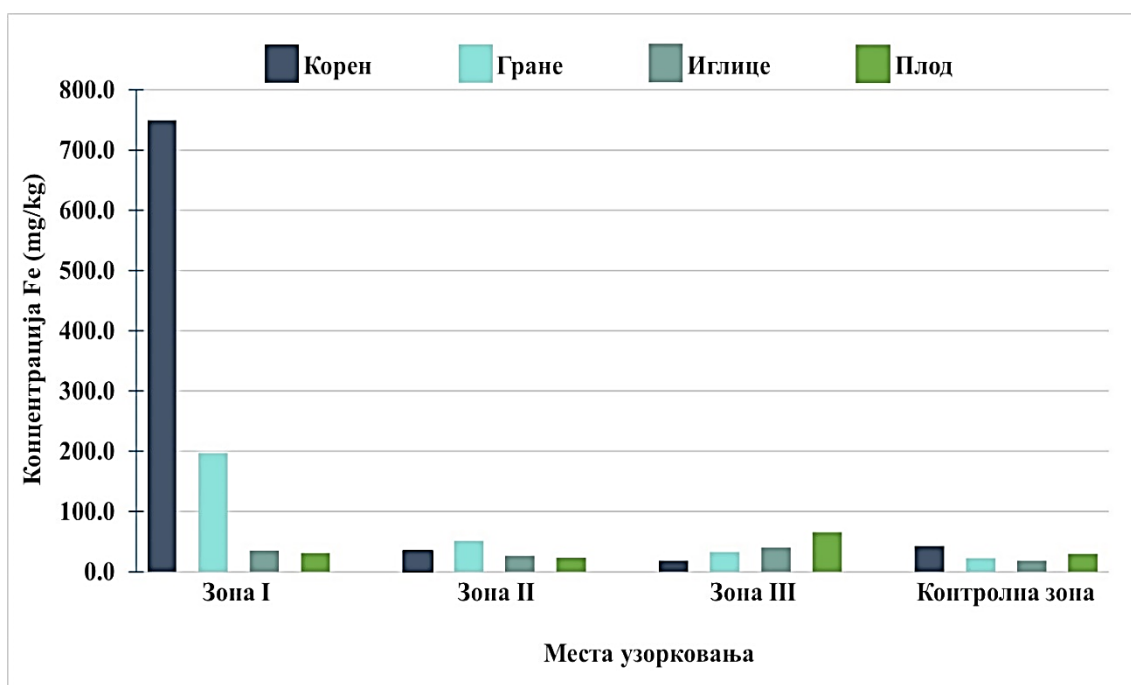
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
<i>Зона I</i>	Узорак 2	2.5388	1.7859	2.1646	0.8555
<i>Зона II</i>	Узорак 4	1.3355	2.4912	1.5307	1.2365
<i>Зона III</i>	Узорак 6	0.8759	1.8505	2.1809	2.5399

Назначене вредности означавају обогаћење узорка бавром ($EF > 2$)

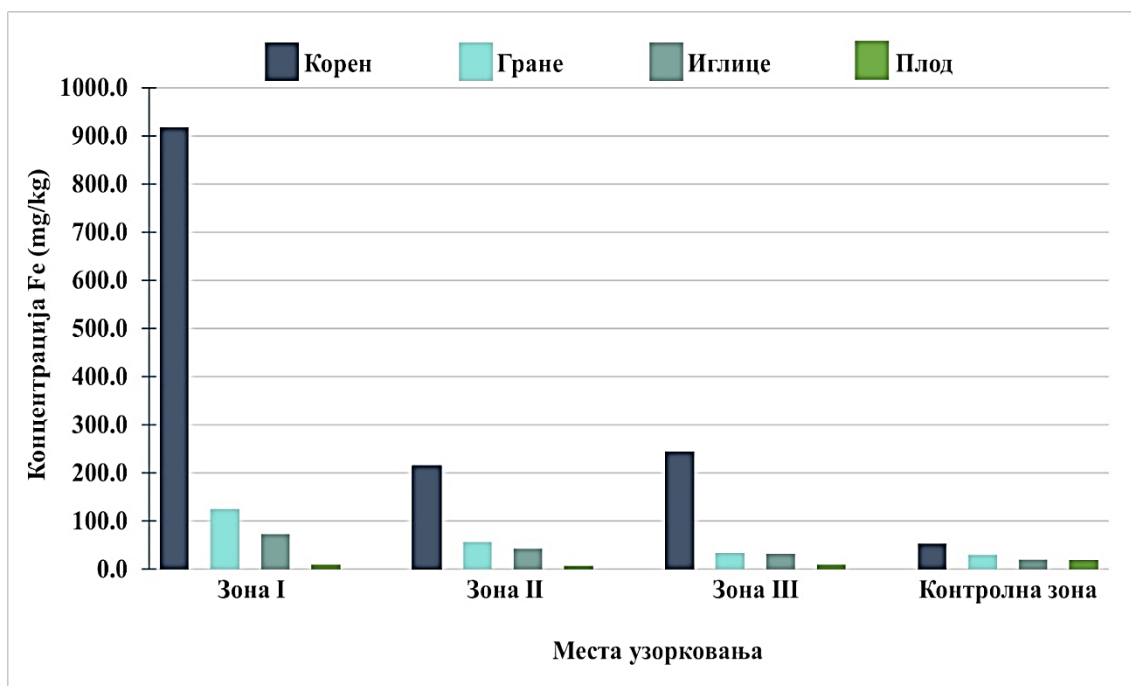
6.7.7. Гвожђе у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Концентрација гвожђа у биљном материјалу белог бора (корен, гране, игрице, плодови) са испитиваног површинског копа Саставци (Бадањ) дате су на слици 94. Највећа концентрација гвожђа забележена је у корену белог бора у првој зони док су најниже концентрације забележене у контролној зони тачније у иглицама белог бора.

Концентрација гвожђа у материјалу клеке (корен, гране, игрице, плодови) са испитиваног површинског копа Саставци (Бадањ) приказани су на слици 95. Може да се закључи, на основу добијених резултата да је повећана концентрација гвожђа у корену клеке у све три зоне, док је ипак највећа концентрација гвожђа измерена у корену клеке у првој зони.



Слика 94. Концентрација Fe (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 95. Концентрација Fe (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

На основу табела 67. и 68., уочава се да су највеће вредности фактора обогаћења забележене у корену белог бора и клеке на испитиваном подручју. Ово указује на високу акумулацију елемената у коренима ових биљних врста. Обогаћење у корену белог бора и клеке може бити резултат различитих фактора, укључујући путове усвајања елемената из земљишта, специфичне особине биљних врста и утицај локалних извора контаминације. Високе вредности фактора обогаћења у корену сугеришу да су ове биљке способне да ефикасно акумулирају и задрже елементе у својим коренима. На основу добијених резултата фактора обогаћења за биљни материјал белог бора и клеке, може се закључити да постоји од умереног до значајног обогаћења ових биљних врста гвожђем. Може да се закључи, на основу добијених података да је концентрација бакра у узорцима делимично антропогеног порекла.

Табела 67. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора гвожђем на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

Зоне узорковања	Места узорковања	Корен	Гране	Иглице	Плодови
Зона I	Узорак 1	17.7750	8.8835	1.8935	1.0566
Зона II	Узорак 3	0.8249	2.3263	1.4571	0.7958
Зона III	Узорак 5	0.4469	1.4865	2.1601	2.2331

Назначене вредности означавају обогаћење узорка гвожђем ($EF > 2$)

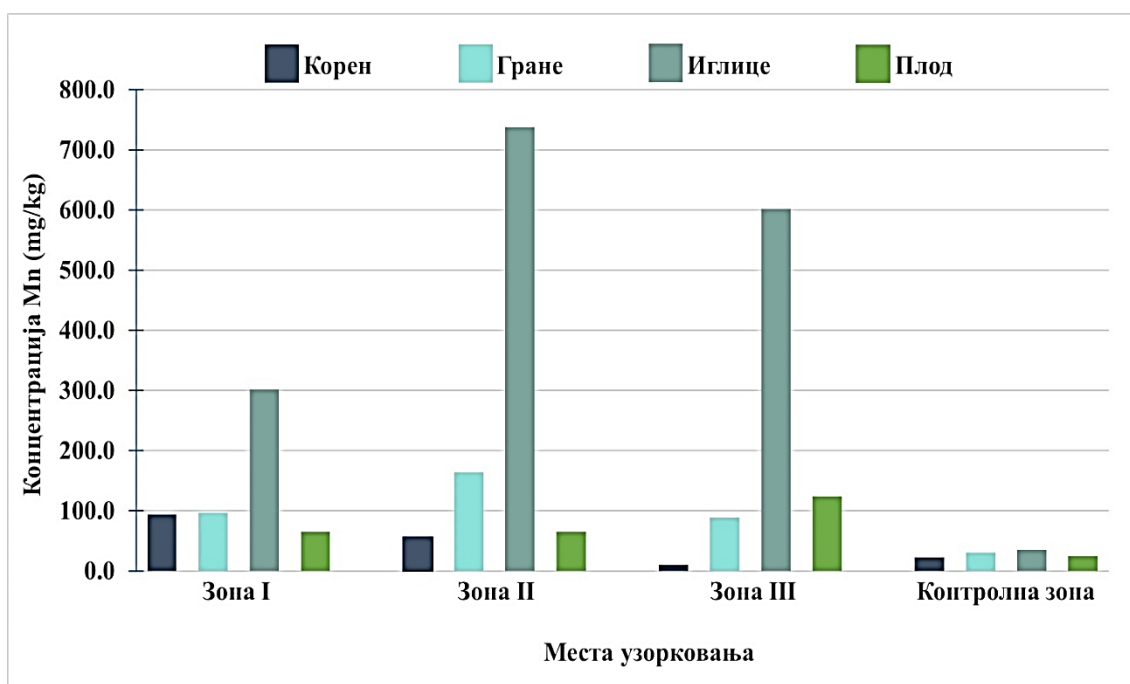
Табела 68. Фактор обогаћења биљног материјала клеке гвожђем на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

Зоне узорковања	Места узорковања	Корен	Гране	Иглице	Плодови
Зона I	Узорак 2	17.3618	4.1521	3.6230	0.5007
Зона II	Узорак 4	4.0455	1.8671	2.1505	0.3349
Зона III	Узорак 6	4.6325	1.1079	1.5689	0.5114

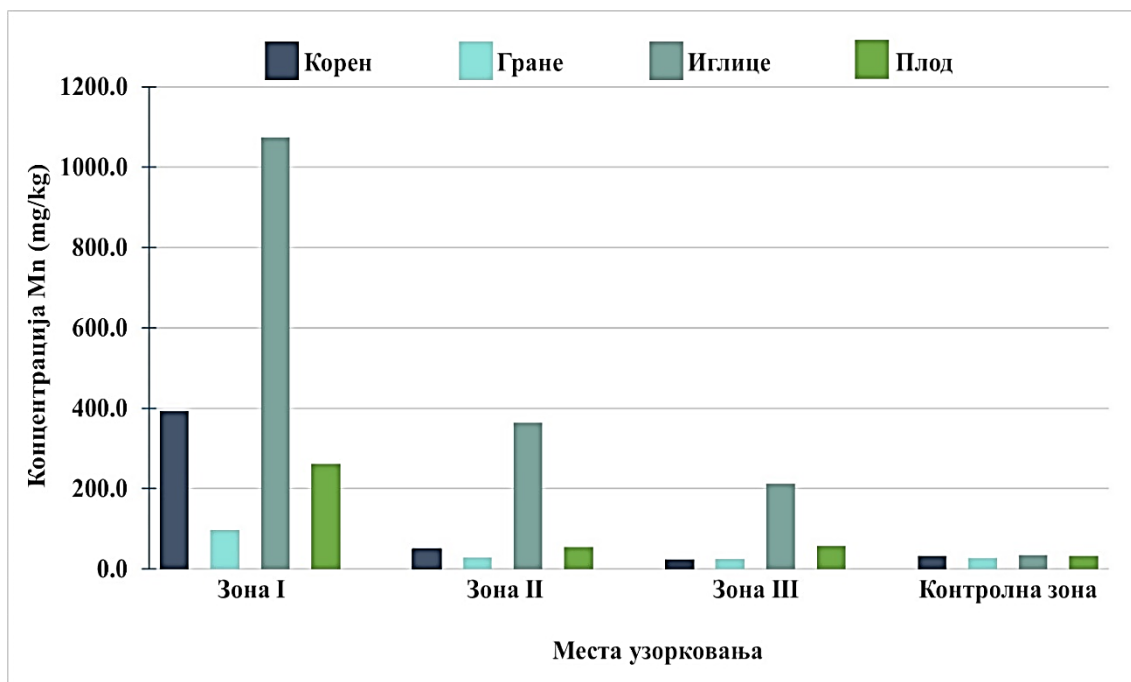
Назначене вредности означавају обогаћење узорка гвожђем ($EF > 2$)

6.7.8. Манган у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Детектоване концентрације мангана (Mn) у деловима белог бора (корен, гране, иглице, листови) узоркованим на површинском копу Саставци (Бадањ) и у непосредној близини приказане су на слици 96. Према подацима са слике 96., уочава се да су највеће концентрације мангана забележене у иглицама белог бора у другој зони испитиваног подручја. Са друге стране, најниже концентрације мангана забележене су у контролној зони. На слици 97., приказани су концентрације мангана у биљном материјалу (корен, гране, иглице, листови) узоркованим на површинском копу Саставци (Бадањ) и у непосредној близини приказане. Према подацима уочава се да су највеће концентрације мангана забележене у иглицама клеке у првој зони испитиваног подручја. Са друге стране, најниже концентрације мангана забележене су у контролној зони.



Слика 96. Концентрација Mn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 97. Концентрација Mn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 69. и 70., приказане су вредности фактора обогаћења делове белог бора и клеке манганом на испитиваном подручју. На основу вредности фактора обогаћења за обе биљне врсте уочава се да су узорци углавном били умерено до веома високо обогаћени манганом. Према табели 69., уочава се да је само у узорку 5 биљног материјала белог бора (корен) фактор обогаћења мангана мањи од 1, што указује на недостатак обогаћења овим елементом у том узорку. Сви остали узорци биљног материјала белог бора (гране, иглице, листови) показују факторе обогаћења мангана веће од 1, што указује на присуство обогаћења у тим узорцима. У неким случајевима, обогаћење је чак класификовано као умерено или веома високо. Ови резултати указују на варијацију у обогаћењу мангана у различитим деловима биљке белог бора на испитиваном подручју. То може бити последица различите доступности мангана у земљишту, специфичних карактеристика биљног материјала и других фактора који утичу на акумулацију овог елемента. Према табели 70., уочава се да се у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице, плодови) јавља обогаћење мангана у различитим степенима. Највеће обогаћење мангана је забележено у иглицама клеке у узорку два, где је фактор обогаћења веома висок. У другим узорцима биљног материјала клеке се уочава обогаћење манганом, које се креће од умереног до високог.

Табела 69. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора манганом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	4.1342	3.1541	8.4768	2.5908
Зона II	Узорак 3	2.4819	5.3504	20.7293	2.5828
Зона III	Узорак 5	0.4296	2.8919	16.9196	4.9355

Назначене вредности означавају обогаћење узорка манганом ($EF > 2$)

Табела 70. Фактор обогаћења биљног материјала клека манганом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

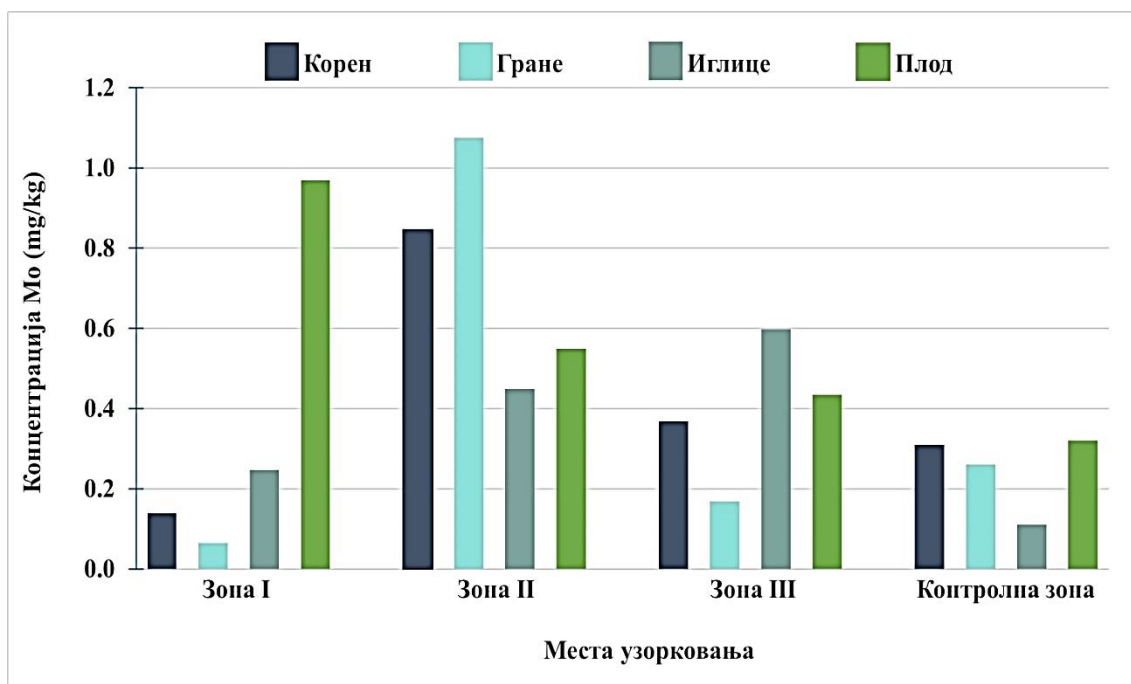
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	12.1525	3.5250	31.1922	8.2802
Зона II	Узорак 4	1.5237	1.0560	10.5669	1.7320
Зона III	Узорак 6	0.7262	0.9083	6.1722	1.8287

Назначене вредности означавају обогаћење узорка манганом ($EF > 2$)

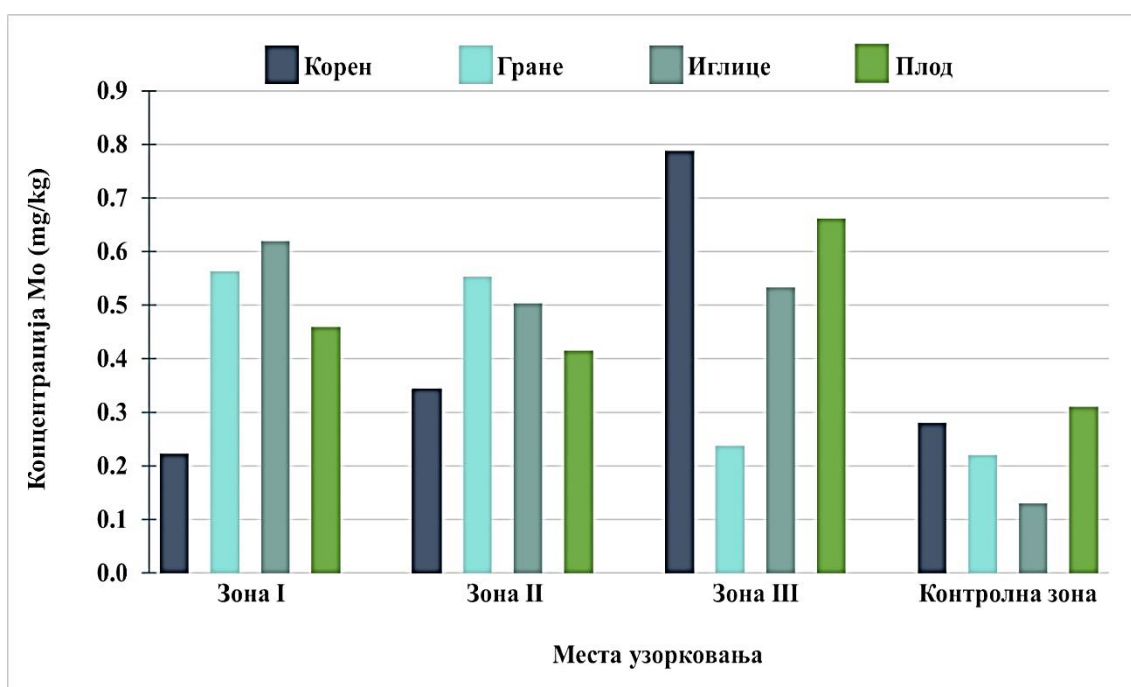
6.7.9. Молибден у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Концентрације молибдена у већини узорака корена, грана, иглица и плодова за обе биљне врсте биле су испод доње границе одређивања, која износи 1 mg/kg. Концентрација молибдена у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице и плодови) који су узорковани на површинском копу Саставци (Бадањ) приказане је на слици 98. На основу приказаних података, уочава се да је највећа концентрација молибдена забележена у гранама белог бора у зони два, док је најнижа концентрација молибдена забележена у гранама у зони један.

Концентрација молибдена у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице и плодови) који су узорковани на површинском копу Саставци (Бадањ) приказане је на слици 99. На основу приказаних резултата, уочава се да је највећа концентрација молибдена забележена у корену клеке у трећој зони, док је најнижа концентрација молибдена детектована у иглицама клеке у контролној зони.



Слика 98. Концентрација Мо (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 99. Концентрација Мо (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

На основу података из табела 71. и 72., уочава се да је већина узорака биљног материјала белог бора и клеке била умерено обогаћена молибденом. Ово значи да су концентрације молибдена у тим узорцима биле веће од позадинске концентрације, али нису прелазиле високе вредности обогаћења. У неколико узорака је постојало минимално обогаћење молибденом. Ово сугерише да постоји варијација у

концентрацијама молибдена у биљном материјалу белог бора и клеке у испитиваном подручју. На основу табеле 71., потврђује се да су умерена обогаћења молибдена детектована у биљном материјалу белог бора. Конкретно, умерено обогаћење је забележено у иглицама и плодовима у узорку 1, као и у корену, гранама и иглицама у узорку 3. Умерено обогаћење је уочено и у иглицама у узорку 5. Обогаћење биљног материјала клеке је било умерено у већем броју узорака (табела 72.). Конкретно, у узорцима 2 и 4, имамо обогаћење у гранама и иглицама. У узорку 6 имамо обогаћење у корену, гранама, иглицама и плодовима. На основу добијених резултата и обогаћења молибдена у биљном материјалу, можемо да закључимо да постоји одређени антропогени утицај на присуство молибдена у испитиваном подручју.

Табела 71. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора молибденом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	0.4497	0.2496	2.2500	3.0303
Зона II	Узорак 3	2.7303	4.1354	4.0782	1.7175
Зона III	Узорак 5	1.1877	0.6477	5.4291	1.3556

Назначене вредности означавају обогаћење узорка молибденом ($EF > 2$)

Табела 72. Фактор обогаћења биљног материјала клеке молибденом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

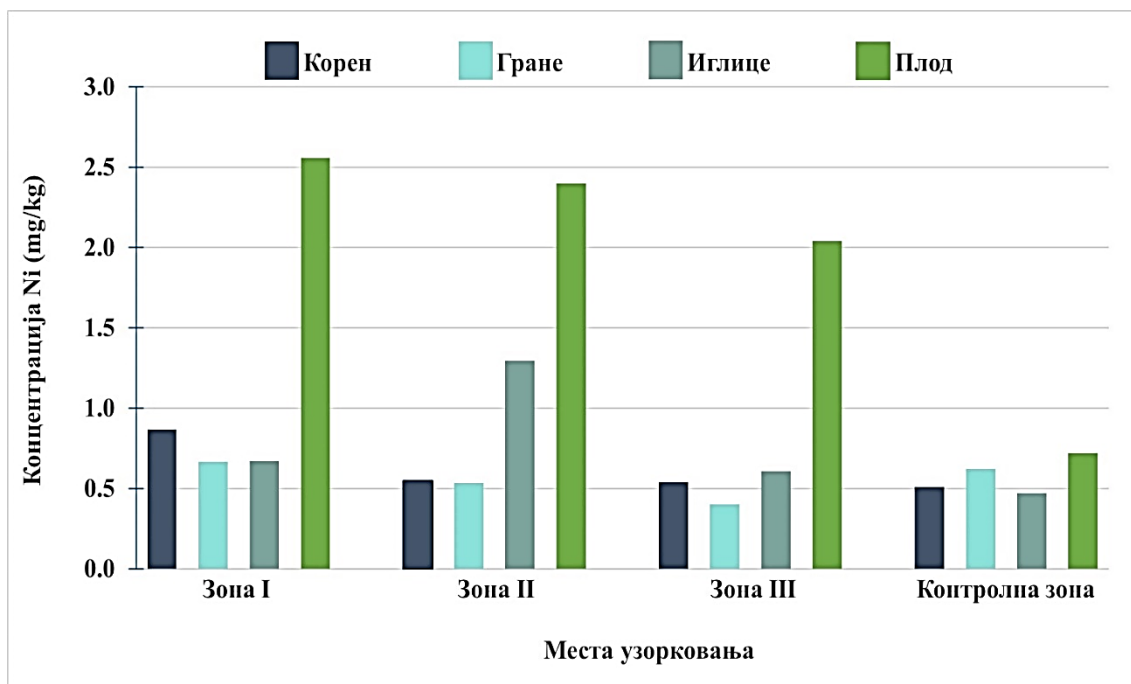
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	0.7961	2.5568	4.7638	1.4829
Зона II	Узорак 4	1.2250	2.5118	3.8715	1.3394
Зона III	Узорак 6	2.8118	1.0782	4.1008	2.1348

Назначене вредности означавају обогаћење узорка молибденом ($EF > 2$)

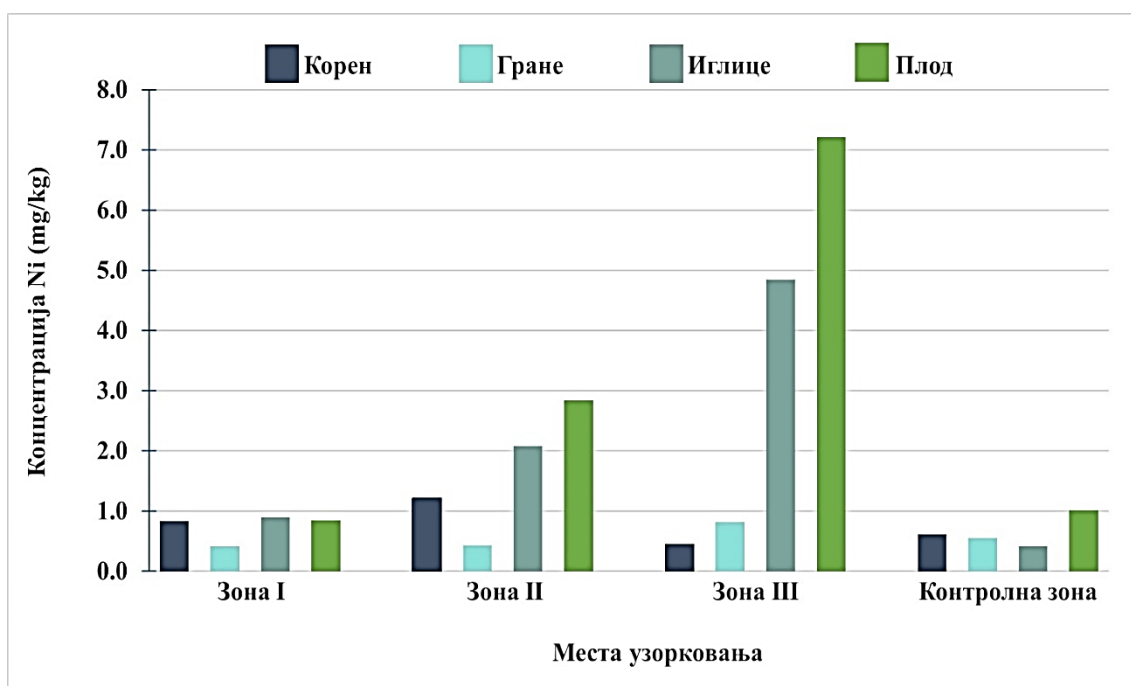
6.7.10. Никл у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Концентрације никла у биљном материјалу белог бора и клеке (корен, гране, иглице и плодови) узорковане на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини дате су на сликама 100., и 101. Може се приметити да је највећа концентрација никла (слика 100.) забележена у плодовима белог бора у зони један, док је најнижа концентрација забележена у гранама белог бора у зони три. Ови резултати указују на

варијацију концентрације никла у различитим деловима биљке и зонама узорковања. На основу приказаних вредности концентрација никла у деловима клеке, може се приметити да је највећа концентрација забележена у плодовима клеке, док је најнижа концентрација забележена у иглицама клеке у контролној зони (слика 101).



Слика 100. Концентрација Ni (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 101. Концентрација Ni (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табела 73. и 74., приказане су вредности фактора обогаћење биљног материјала белог бора и клеке никлом. На основу табеларних података може се закључити да се вредност фактор обогаћења ником кретала од умерено обогаћења до значајног обогаћења никлом. На основу приказане табеле 73., може се закључити да долази до обогаћења никлом у иглицама белог бора у узорку 3, као и обогаћења никлом у плодовима клеке у све три зоне, за сва три узорка. Ово указује на повећане концентрације никла у тим деловима биљке у односу на контролну зону. Обогаћење никлом може бити резултат различитих фактора, укључујући антропогени утицај и природне процесе. У табели 74., уочава се фактор обогаћења никлом у иглицама за сва три узорка клеке, што указује на повећане концентрације никла у тим деловима биљке у односу на контролну зону. У узорцима 4 и 6 забележено је и фактор обогаћења никлом у плодовима клеке. Ови резултати сугеришу да постоји присуство никла у биљном материјалу клеке на истраживаном подручју.

Табела 73. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора никлом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	1.6994	1.0745	1.4294	3.5513
Зона II	Узорак 3	1.0722	0.8602	2.7574	3.3315
Зона III	Узорак 5	1.0588	0.6476	1.2883	2.8307

Назначене вредности означавају обогаћење узорка никлом ($EF > 2$)

Табела 74. Фактор обогаћења биљног материјала клеке никлом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

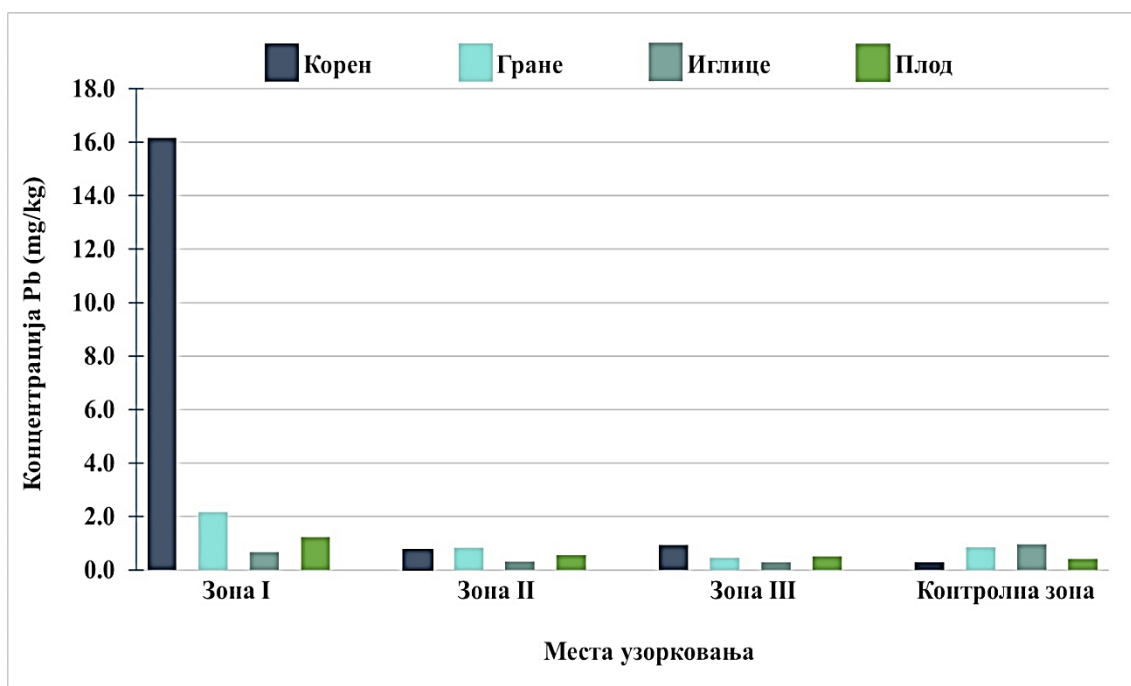
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	1.3557	0.7549	2.1832	0.8325
Зона II	Узорак 4	1.9748	0.7864	5.0649	2.8071
Зона III	Узорак 6	0.7372	1.4796	11.8180	7.1371

Назначене вредности означавају обогаћење узорка никлом ($EF > 2$)

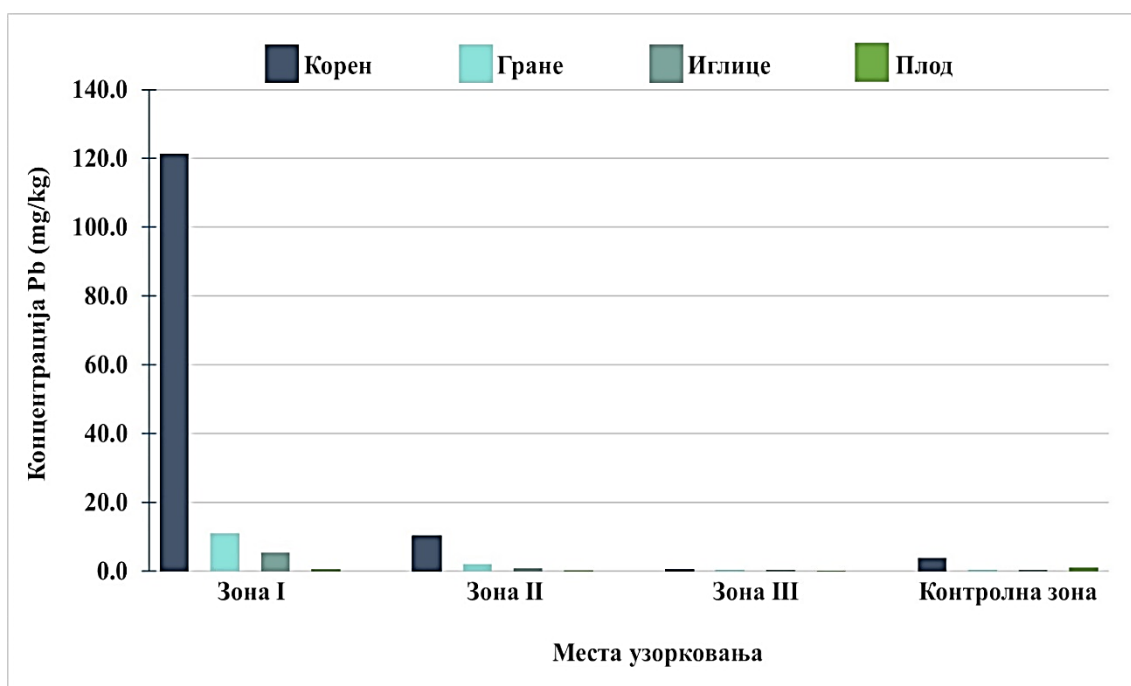
6.7.11. Олово у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Детектоване концентрације олова у биљном материјалу белог бора и клеке (корен, гране, иглице и плодови) узорковане на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини дате су на сликама 102., и 103. Највећа концентрација олова у

биљном материјалу белог бора је детектована у корену у зони један, док је најнижа концентрација олова детектован иглицама белог бора у контролној зони (слика 102.). Док је и код клеке слично ситуација, највећа концентрација олова је детектована у корену клеке у зони један, док је најнижа концентрација олова детектована у плоду клеке у контролној зони.



Слика 102. Концентрација Pb (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 103. Концентрација Pb (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

Вредности фактора обогаћења белог бора и клеке оловом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини приказане су у табелама 75., и 76. Може се закључити на основу добијених резултата да су вредности фактора обогаћења оловом у биљном материјалу белог бора и клеке разноврсне. У неким узорцима, фактор обогаћења је умерен, док су у другим узорцима забележена екстремно висока обогаћења оловом. Ово указује на присуство значајних концентрација олова у деловима биљака на истраживаном подручју. На основу табеларни података може да се види да у корену у узорку 3 и 5 имамо умерено обогаћење као и у гранама и у плодовима узорка 1, међутим екстремно високо обогаћење олово имамо у корену у узорку 1 (табела 75.).

Из табеле 76., може да се види да је обогаћење оловом у деловима клеке било од умереног до веома високог. Највећа концентрација веома високог обогаћења оловом забележена је у корену и гранама узорка 2. Узорак 4 је показао умерено обогаћење у корену и гранама, док је у иглицама узорка 2 забележено значајно обогаћење оловом. Ове вредности указују на присуство повишених концентрација олова у тим деловима клеке на испитиваном подручју.

Табела 75. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора оловом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 1	55.7138	2.5758	0.6966	2.9954
Зона II	Узорак 3	2.6648	0.9893	0.3214	1.3729
Зона III	Узорак 5	3.2221	0.5456	0.3089	1.2290

Назначене вредности означавају обогаћење узорка оловом ($EF > 2$)

Табела 76. Фактор обогаћења биљног материјала клеке оловом на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

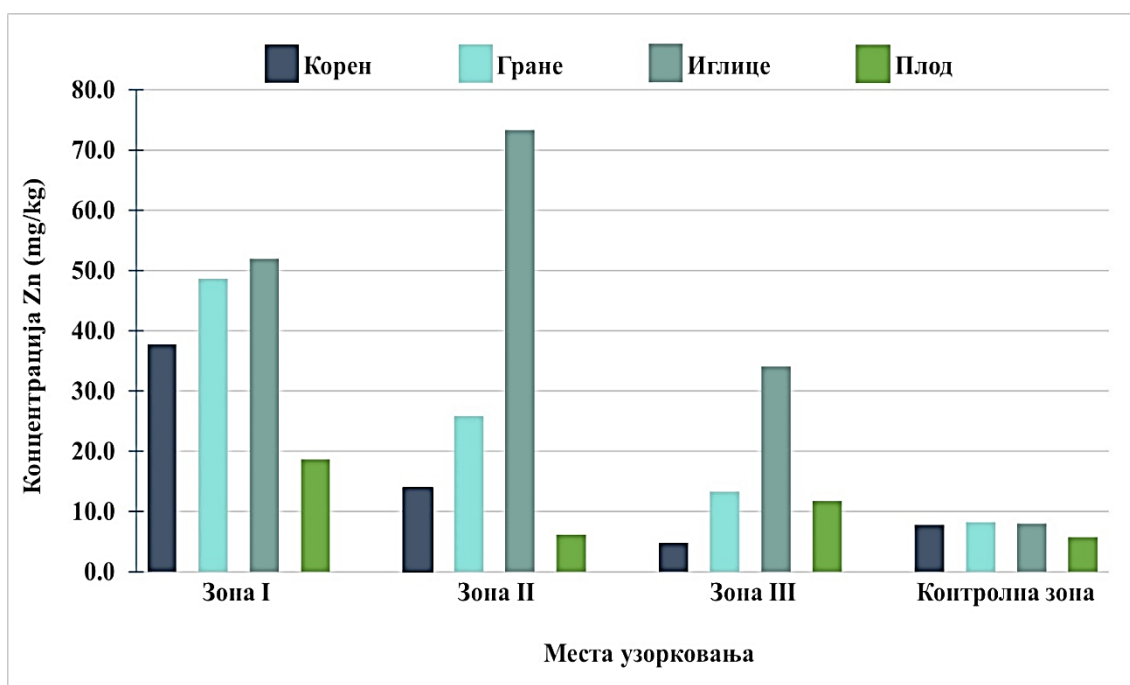
<i>Зоне узорковања</i>	<i>Места узорковања</i>	<i>Корен</i>	<i>Гране</i>	<i>Иглице</i>	<i>Плодови</i>
Зона I	Узорак 2	31.2930	35.4006	12.7295	0.4451
Зона II	Узорак 4	2.6521	6.5594	1.7524	0.1778
Зона III	Узорак 6	0.1367	1.1106	0.7338	0.1546

Назначене вредности означавају обогаћење узорка оловом ($EF > 2$)

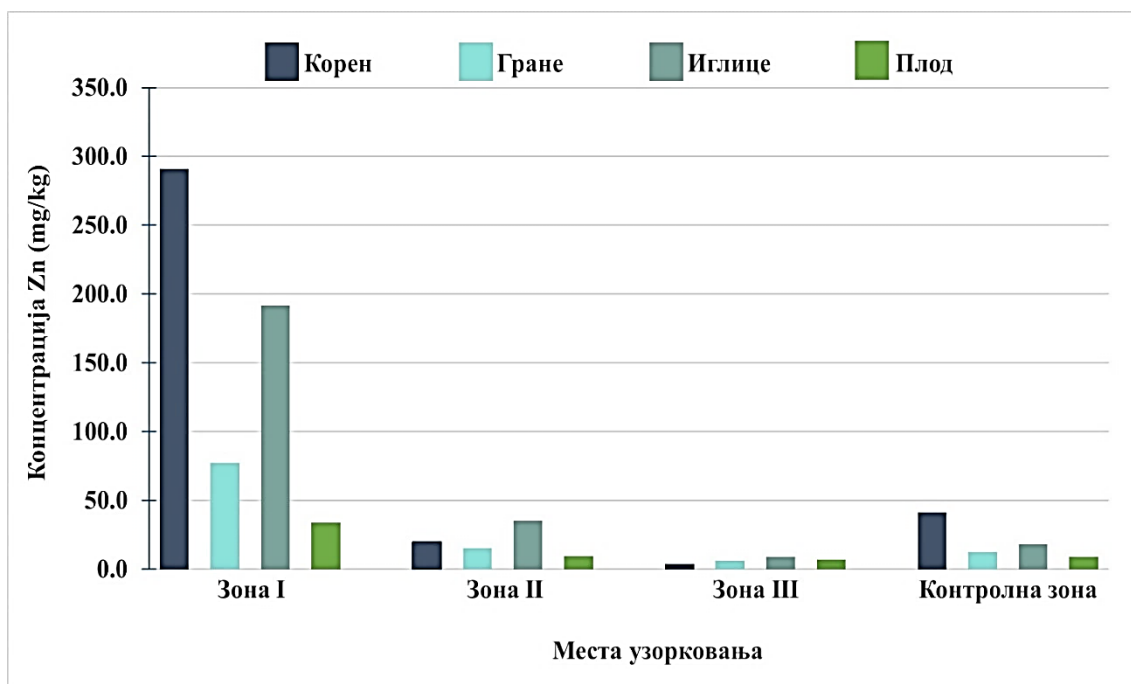
6.7.12. Цинк у биљном материјалу белог бора и клеке, Саставци (Бадањ)

Концентрација цинка у биљном материјалу белог бора (корен, гране, иглице и плодови) који су узорковани на површинском копу Саставци (Бадањ) приказане је на слици 104. Највећа концентрације цинка је детектована у иглицама белог бора у другој зони, док је најнижа концентрација цинка детектована у плоду у контролној зони.

Концентрација цинка у биљном материјалу клеке (корен, гране, иглице и плодови) који су узорковани на површинском копу Саставци (Бадањ) приказане је на слици 105. Највећа концентрација цинка у клеки је детектовано у корену у зони један, док је најнижа концентрација цинка детектована у корену у зони три.



Слика 104. Концентрација Zn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора



Слика 105. Концентрација Zn (mg/kg) у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке

У табелама 77. и 78., приказане су вредности фактора обогаћења биљног материјала белог бора и флека на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини. Вредност фактора обогаћења кретала се у опсегу од умерено до значајног обогаћења за обе биљне врсте. На основу фактора обогаћења приказаних у табели за биљни материјал белог бора, може се закључити да је обогаћење цинком било од умереног до значајног. Узорак 1 је показао обогаћење у корену, гранама, иглицама и плодовима. Узорак 2 је показао обогаћење у гранама и иглицама, док је узорак 3 показао обогаћење у иглицама и плодовима (табела 77.). На основу табеле 78., које приказују фактор обогаћења цинком у биљном материјалу клеке на испитиваном подручју, може се закључити да је обогаћење варијало од умереног до значајног. Посебно је приметно да је узорак 2., показао значајно обогаћење цинком у корену, гранама, иглицама и плодовима клеке.

Табела 77. Фактор обогаћења биљног материјала белог бора цинком на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

Зоне узорковања	Места узорковања	Корен	Гране	Иглице	Плодови
Зона I	Узорак 1	4.8737	5.9206	6.4878	3.2497
Зона II	Узорак 3	1.8021	3.1433	9.1561	1.0707
Зона III	Узорак 5	0.6205	1.6187	4.2506	2.0500

Назначене вредности означавају обогаћење узорка цинком ($EF > 2$)

Табела 78. Фактор обогаћења биљног материјала клека цинком на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

Зоне узорковања	Места узорковања	Корен	Гране	Иглице	Плодови
<i>Зона I</i>	Узорак 2	7.0508	6.2209	10.6391	3.7358
<i>Зона II</i>	Узорак 4	0.4776	1.2195	1.9569	1.0212
<i>Зона III</i>	Узорак 6	0.0870	0.5016	0.4999	0.7461

Назначене вредности означавају обогаћење узорка цинком ($EF > 2$)

6.7.13. Корелација елемената у биљном материјалу на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

6.7.13.1. Корелација елемената у биљном материјалу белог бора на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

Вредности Спирманови коефицијенти корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у корену К и иглицама И белог бора на испитиваном подручју Саставци (Бадањ) приказани су у табели 79., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у гранама Г и иглицама И белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 80., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у гранама Г и плодова П белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 81., корелација (ρ) између концентрација елемената између концентрација у иглицама И и плодовима П белог бора на испитиваном подручју приказани су у табели 82.

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности добијени су између концентрација Al, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у корену и између Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама белог бора (табела 79.). Између концентрација елемената у корену и иглицама белог бора, остварене су веће позитивне статистичке значајности остварене између **As_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)**; **Cd_(к)-Cd_(и)**, **Ni_(и)**, **Zn_(и)**; **Co_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)**; **Cr_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)**; **Cu_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**; **Fe_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)**; **Mn_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)**; **Mo_(к)-Mn_(и)**; **Ni_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)**; **Zn_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)** као и вредности негативне статистичке значајности (-1.000) између следећих елемената **Al_(к)-Mn_(и)**; **As_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**; **Cd_(к)-Al_(и)**, **Cu_(и)**, **Fe_(и)**; **Co_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**; **Cr_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**; **Cu_(к)-As_(и)**, **Pb_(и)**; **Fe_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**; **Mn_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**; **Ni_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**; **Pb_(к)-Mn_(и)**; **Zn_(к)-Co_(и)**, **Cr_(и)**, **Mo_(и)**. Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности

добијени су између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у гранама и између Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама белог бора (табела 80.). Између концентрација елемената у гранама и иглицама белог бора, остварене су веће позитивне статистичке значајности (1.000) између **Al_(r)-Cd_(n)**, **Ni_(n)**, **Zn_(n)**; **As_(r)-As_(n)**, **Pb_(n)**; **Cd_(r)-Cd_(n)**, **Ni_(n)**, **Zn_(n)**; **Co_(r)-Mn_(n)**; **Cr_(r)-Mn_(n)**; **Cu_(r)-Mn_(n)**; **Fe_(r)-As_(n)**, **Pb_(n)**; **Mn_(r)-Cd_(n)**, **Ni_(n)**, **Zn_(n)**; **Mo_(r)-Mn_(n)**; **Ni_(r)-As_(n)**, **Pb_(n)**; **Pb_(r)-As_(n)**, **Pb_(n)**; **Zn_(r)-As_(n)**, **Pb_(n)** док су негативне вредности веће статистичке значајности остварене између **Al_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Fe_(n)**; **As_(r)-Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**; **Cd_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Fe_(n)**; **Fe_(r)-Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**; **Mn_(r)-Al_(n)**, **Cu_(n)**, **Fe_(n)**; **Ni_(r)-Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**; **Pb_(r)-Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**; **Zn_(r)-Co_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**.

У табели 81. приказане су вредности Спирманових коефицијента корелације највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) који су добијени између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у гранама белог бора и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима белог бора. Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **As_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Fe_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Ni_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Pb_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Zn_(r)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)** док је негативна статистичка значајност остварена између следећих елемената **Al_(r)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**; **As_(r)-Co_(n)**; **Cd_(r)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**; **Co_(r)-Cu_(n)**, **Zn_(n)**; **Cr_(r)-Cu_(n)**, **Zn_(n)**; **Cu_(r)-Cu_(n)**; **Fe_(r)-Co_(n)**; **Mn_(r)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**; **Mo_(r)-Cu_(n)**, **Zn_(n)**; **Ni_(r)-Co_(n)**; **Pb_(r)-Co_(n)**; **Zn_(r)-Co_(n)**.

У табели 82. приказани су Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама белог бора и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима белог бора. Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **As_(n)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Co_(n)-Co_(n)**; **Cr_(n)-Co_(n)**; **Cu_(n)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**; **Fe_(n)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**; **Mo_(n)-Co_(n)**; **Pb_(n)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)** а негативне статистичке значајне корелације остварене су између **As_(n)-Co_(n)**; **Cd_(n)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**; **Co_(n)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Cr_(n)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Mn_(n)-Cu_(n)**, **Zn_(n)**; **Mo_(n)-As_(n)**, **Cd_(n)**, **Cr_(n)**, **Mo_(n)**, **Ni_(n)**, **Pb_(n)**; **Ni_(n)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**; **Pb_(n)-Co_(n)**; **Zn_(n)-Al_(n)**, **Fe_(n)**, **Mn_(n)**.

Табела 79. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у корену К и иглицама И белог бора на испитиваном подручју

	Al_K	As_K	Cd_K	Co_K	Cr_K	Cu_K	Fe_K	Mn_K	Mo_K	Ni_K	Pb_K	Zn_K	Al_И	As_И	Cd_И	Co_И	Cr_И	Cu_И	Fe_И	Mn_И	Mo_И	Ni_И	Pb_И	Zn_И	
Al_K	1.000																								
As_K	0.500	1.000																							
Cd_K	-0.500	0.500	1.000																						
Co_K	0.500	1.000	0.500	1.000																					
Cr_K	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000																				
Cu_K	-0.500	-1.000	-0.500	-1.000	-1.000	1.000																			
Fe_K	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000																		
Mn_K	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	1.000																	
Mo_K	-1.000	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000																
Ni_K	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000															
Pb_K	1.000	0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	-1.000	0.500	1.000														
Zn_K	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	0.500	1.000													
Al_И	0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000												
As_И	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	0.500	1.000	-0.500	1.000											
Cd_И	-0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	-1.000	0.500	1.000										
Co_И	-0.500	-1.000	-0.500	-1.000	-1.000	1.000	-1.000	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	1.000									
Cr_И	0.500	-1.000	-0.500	-1.000	-1.000	1.000	-1.000	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	1.000	1.000								
Cu_И	0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000							
Fe_И	0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000	1.000						
Mn_И	-1.000	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000					
Mo_И	-0.500	-1.000	-0.500	-1.000	-1.000	1.000	-1.000	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000				
Ni_И	-0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	-1.000	0.500	1.000	-0.500	-0.500	-1.000	-1.000	0.500	-0.500	1.000			
Pb_И	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	0.500	1.000	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000		
Zn_И	-0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	-1.000	0.500	1.000	-0.500	-0.500	-1.000	-1.000	0.500	-0.500	1.000	0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 80. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у гране Γ и иглицама И белог бора на испитиваном подручју

	Al_Г	As_Г	Cd_Г	Co_Г	Cr_Г	Cu_Г	Fe_Г	Mn_Г	Mo_Г	Ni_Г	Pb_Г	Zn_Г	Al_И	As_И	Cd_И	Co_И	Cr_И	Cu_И	Fe_И	Mn_И	Mo_И	Ni_И	Pb_И	Zn_И	
Al_Г	1.000																								
As_Г	0.500	1.000																							
Cd_Г	1.000	0.500	1.000																						
Co_Г	0.500	-0.500	0.500	1.000																					
Cr_Г	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000																				
Cu_Г	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000	1.000																			
Fe_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000																		
Mn_Г	1.000	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																	
Mo_Г	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	0.500	1.000																
Ni_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000															
Pb_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000														
Zn_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000													
Al_И	-1.000	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000												
As_И	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000											
Cd_И	1.000	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	-1.000	0.500	1.000										
Co_И	-0.500	-1.000	-0.500	0.500	0.500	0.500	-1.000	-0.500	0.500	-1.000	-1.000	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	1.000									
Cr_И	-0.500	-1.000	-0.500	0.500	0.500	0.500	-1.000	-0.500	0.500	-1.000	-1.000	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	1.000	1.000								
Cu_И	-1.000	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000							
Fe_И	-1.000	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000	1.000						
Mn_И	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	0.500	1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000					
Mo_И	-0.500	-1.000	-0.500	0.500	0.500	0.500	-1.000	-0.500	0.500	-1.000	-1.000	-1.000	0.500	-1.000	-0.500	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000				
Ni_И	1.000	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	-1.000	0.500	1.000	-0.500	-0.500	-1.000	-1.000	0.500	-0.500	1.000			
Pb_И	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000		
Zn_И	1.000	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	-1.000	0.500	1.000	-0.500	-0.500	-1.000	-1.000	0.500	-0.500	1.000	0.500	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 81. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у гране Γ и плодова Π белог бора на испитиваном подручју

	Al_Г	As_Г	Cd_Г	Co_Г	Cr_Г	Cu_Г	Fe_Г	Mn_Г	Mo_Г	Ni_Г	Pb_Г	Zn_Г	Al_П	As_П	Cd_П	Co_П	Cr_П	Cu_П	Fe_П	Mn_П	Mo_П	Ni_П	Pb_П	Zn_П	
Al_Г	1.000																								
As_Г	0.500	1.000																							
Cd_Г	1.000	0.500	1.000																						
Co_Г	0.500	-0.500	0.500	1.000																					
Cr_Г	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000																				
Cu_Г	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000	1.000																			
Fe_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000																		
Mn_Г	-0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																	
Mo_Г	-1.000	-0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	0.500	1.000																
Ni_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000															
Pb_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000														
Zn_Г	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000													
Al_П	-1.000	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000												
As_П	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000											
Cd_П	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	1.000										
Co_П	-0.500	-1.000	-0.500	0.500	0.500	0.500	-1.000	-0.500	0.500	-1.000	-1.000	-1.000	0.500	-1.000	-1.000	1.000									
Cr_П	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000								
Cu_П	-0.500	0.500	-0.500	-1.000	-1.000	-1.000	0.500	-0.500	-1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000							
Fe_П	-1.000	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000						
Mn_П	-1.000	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000					
Mo_П	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	0.500	-0.500	-0.500	1.000				
Ni_П	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	0.500	-0.500	-0.500	1.000	1.000			
Pb_П	0.500	1.000	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	0.500	-0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000		
Zn_П	-0.500	0.500	-0.500	-1.000	-1.000	-0.500	0.500	-0.500	-1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 82. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у иглицама И и плодовима П белог бора на испитиваном подручју

	Al_И	As_И	Cd_И	Co_И	Cr_И	Cu_И	Fe_И	Mn_И	Mo_И	Ni_И	Pb_И	Zn_И	Al_П	As_П	Cd_П	Co_П	Cr_П	Cu_П	Fe_П	Mn_П	Mo_П	Ni_П	Pb_П	Zn_П	
Al_И	1.000																								
As_И	-0.500	1.000																							
Cd_И	-1.000	0.500	1.000																						
Co_И	0.500	-1.000	-0.500	1.000																					
Cr_И	0.500	-1.000	-0.500	1.000	1.000																				
Cu_И	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000																			
Fe_И	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000	1.000																		
Mn_И	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000																	
Mo_И	0.500	-1.000	-0.500	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000																
Ni_И	-1.000	0.500	1.000	-0.500	-0.500	-1.000	-1.000	0.500	-0.500	1.000															
Pb_И	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000														
Zn_И	-1.000	0.500	1.000	-0.500	-0.500	-1.000	-1.000	0.500	-0.500	1.000	0.500	1.000													
Al_П	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000	1.000	-0.500	0.500	-1.000	-0.500	-1.000	1.000												
As_П	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000											
Cd_П	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000										
Co_П	0.500	-1.000	-0.500	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	-0.500	-1.000	-0.500	0.500	-1.000	-1.000	1.000									
Cr_П	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000								
Cu_П	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000							
Fe_П	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000	1.000	-0.500	0.500	-1.000	-0.500	-1.000	1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000						
Mn_П	1.000	-0.500	-1.000	0.500	0.500	1.000	1.000	-0.500	0.500	-1.000	-0.500	-1.000	1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000	1.000					
Mo_П	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	0.500	-0.500	-0.500	1.000				
Ni_П	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	0.500	-0.500	-0.500	1.000	1.000			
Pb_П	-0.500	1.000	0.500	-1.000	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000	0.500	1.000	0.500	-0.500	1.000	1.000	-1.000	1.000	0.500	-0.500	-0.500	1.000	1.000	1.000		
Zn_П	0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-1.000	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

6.7.13.2. Корелација елемената у биљном материјалу клеке на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

У табели 83. приказани су Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) који су добијени између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у корену клеке и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама клеке. Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **Al**_(к)-Co_(и), Mo_(и); **As**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Cd**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Co**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Cr**_(к)-Cd_(и); **Cu**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Fe**_(к)-Co_(и), Mo_(и); **Mn**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Mo**_(к)-Ni_(и); **Ni**_(к)-Cd_(и); **Pb**_(к)-Ni_(и); **Zn**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и) а негативна статистичка значајна корелација остварена је између следећих елемената **As**_(к)-Ni_(и); **Cd**_(к)-Ni_(и); **Co**_(к)-Ni_(и); **Cr**_(к)-Cr_(и), Cu_(и); **Cu**_(к)-Ni_(и); **Mn**_(к)-Ni_(и); **Mo**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Ni**_(к)-Cr_(и), Cu_(и); **Pb**_(к)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Zn**_(к)-Ni_(и).

Спирманови коефицијенти корелација (табела 84.), највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени су између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у грана клеке и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама клеке. Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **Al**_(г)-Co_(и), Mo_(и); **As**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Cd**_(г)-Cd_(и); **Co**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Cr**_(г)-Cd_(и); **Fe**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Mn**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Mo**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Ni**_(г)-Ni_(и); **Pb**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Zn**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и), а статистички негативна корелација (-1.000) дата је између следећих елемената **Al**_(г)-Co_(и), Mo_(и); **As**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Cd**_(г)-Cd_(и); **Co**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Cr**_(г)-Cd_(и); **Fe**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Mn**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Mo**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Ni**_(г)-Ni_(и); **Pb**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Zn**_(г)-Al_(и), As_(и), Fe_(и), Mn_(и), Pb_(и), Zn_(и).

У табели 85. приказани су Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у грана клеке и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима клеке. Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **Al**_(г)-Mn_(и); **As**_(г)-As_(и), Cd_(и), Pb_(и), Zn_(и); **Co**_(г)-As_(и), Cd_(и), Pb_(и), Zn_(и);

Fe(r)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Mn**(r)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Mo**(r)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Ni**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Pb**(r)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Zn**(r)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n), негативне корелације статистичке значајности дате су између следећих елемената **As**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Cd**(r)-Co_(n), Fe_(n), Mo_(n); **Co**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Cr**(r)-Fe_(n), Mo_(n); **Cu**(r)-Mn_(n); **Fe**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Mn**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Mo**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Ni**(r)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Pb**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Zn**(r)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n).

Спирманови коефицијенти корелација највеће статистичке значајности ($\rho < 0.01$) добијени су између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у иглицама клеке и између концентрација Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb и Zn у плодовима клеке (табела 86.). Статистички значајна позитивна корелација остварена је између **Al**(n)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **As**(n)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Co**(n)-Mn_(n); **Cr**(n)-Co_(n), Fe_(n), Mo_(n); **Cu**(n)-Co_(n), Fe_(n), Mo_(n); **Fe**(n)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Mn**(n)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Mo**(n)-Mn_(n); **Ni**(n)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Pb**(n)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Zn**(n)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n) док је негативна статистичка значајна корелација остварена између следећих елемената **Al**(n)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **As**(n)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Cd**(n)-Co_(n), Fe_(n), Mo_(n); **Fe**(n)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Mn**(n)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Ni**(n)-As_(n), Cd_(n), Pb_(n), Zn_(n); **Pb**(n)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n); **Zn**(n)-Al_(n), Cr_(n), Cu_(n), Ni_(n).

Табела 83. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у корену К и иглицама И клеке на испитиваном подручју

	Al_K	As_K	Cd_K	Co_K	Cr_K	Cu_K	Fe_K	Mn_K	Mo_K	Ni_K	Pb_K	Zn_K	Al_I	As_I	Cd_I	Co_I	Cr_I	Cu_I	Fe_I	Mn_I	Mo_I	Ni_I	Pb_I	Zn_I	
Al_K	1.000																								
As_K	0.500	1.000																							
Cd_K	0.500	1.000**	1.000																						
Co_K	0.500	1.000**	1.000**	1.000																					
Cr_K	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																				
Cu_K	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000																			
Fe_K	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000																		
Mn_K	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000																	
Mo_K	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000																
Ni_K	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000															
Pb_K	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000														
Zn_K	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000													
Al_I	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000												
As_I	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000											
Cd_I	-0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000										
Co_I	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000									
Cr_I	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000								
Cu_I	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000							
Fe_I	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000						
Mn_I	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000	1.000					
Mo_I	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000**	0.500	-0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000				
Ni_I	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000			
Pb_I	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000		
Zn_I	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 84. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у гранама Γ и иглицама И клекe на испитиваном подручју

	Al Γ	As Γ	Cd Γ	Co Γ	Cr Γ	Cu Γ	Fe Γ	Mn Γ	Mo Γ	Ni Γ	Pb Γ	Zn Γ	Al И	As И	Cd И	Co И	Cr И	Cu И	Fe И	Mn И	Mo И	Ni И	Pb И	Zn И	
Al Γ	1.000																								
As Γ	0.500	1.000																							
Cd Γ	-0.500	0.500	1.000																						
Co Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000																					
Cr Γ	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000																				
Cu Γ	-1.000**	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000																			
Fe Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000																		
Mn Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000																	
Mo Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000																
Ni Γ	-0.500	-1.000**	-0.500	-1.000**	-0.500	0.500	-1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000															
Pb Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000														
Zn Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000													
Al И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000												
As И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000											
Cd И	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000										
Co И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	-0.500	-1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000									
Cr И	0.500	-0.500	-1.000**	-0.500	-1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	0.500	1.000								
Cu И	0.500	-0.500	-1.000**	-0.500	-1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-1.000**	0.500	1.000**	1.000							
Fe И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000						
Mn И	0.500	1.000	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000					
Mo И	1.000**	0.500	-0.500	0.500	-0.500	-1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000				
Ni И	-0.500	-1.000**	-0.500	-1.000**	-0.500	0.500	-1.000**	-1.000**	-1.000**	1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-1.000**	-1.000**	-0.500	1.000			
Pb И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-1.000**	1.000		
Zn И	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	-1.000**	1.000**	1.000	1.000

Означене вредности означавају статистички значајне корелације** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 85. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у гранама Γ и плодовима Π клекe на испитиваном подручју

	Al Γ	As Γ	Cd Γ	Co Γ	Cr Γ	Cu Γ	Fe Γ	Mn Γ	Mo Γ	Ni Γ	Pb Γ	Zn Γ	Al Π	As Π	Cd Π	Co Π	Cr Π	Cu Π	Fe Π	Mn Π	Mo Π	Ni Π	Pb Π	Zn Π	
Al Γ	1.000																								
As Γ	0.500	1.000																							
Cd Γ	-0.500	0.500	1.000																						
Co Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000																					
Cr Γ	-0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000																				
Cu Γ	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	0.500	1.000																			
Fe Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000																		
Mn Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000																	
Mo Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000																
Ni Γ	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000															
Pb Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000														
Zn Γ	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000													
Al Π	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000												
As Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000											
Cd Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000										
Co Π	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	-1.000	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000									
Cr Π	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000								
Cu Π	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000							
Fe Π	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000						
Mn Π	1.000	0.500	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000					
Mo Π	0.500	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000				
Ni Π	-0.500	1.000**	-0.500	1.000**	-0.500	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	0.500	1.000			
Pb Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	1.000		
Zn Π	0.500	1.000**	0.500	1.000**	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000	-1.000	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације * Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$.

Табела 86. Спирманови коефицијенти корелација r између концентрација у иглицама И и плодовима П клекe на испитиваном подручју

	Al_И	As_И	Cd_И	Co_И	Cr_И	Cu_И	Fe_И	Mn_И	Mo_И	Ni_И	Pb_И	Zn_И	Al_П	As_П	Cd_П	Co_П	Cr_П	Cu_П	Fe_П	Mn_П	Mo_П	Ni_П	Pb_П	Zn_П	
Al_И	1.000																								
As_И	1.000**	1.000																							
Cd_И	0.500	0.500	1.000																						
Co_И	0.500	0.500	-0.500	1.000																					
Cr_И	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000																				
Cu_И	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000																			
Fe_И	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000																		
Mn_И	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000																	
Mo_И	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000																
Ni_И	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000															
Pb_И	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000														
Zn_И	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000													
Al_П	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000												
As_П	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000											
Cd_П	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000										
Co_П	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000									
Cr_П	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000								
Cu_П	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000							
Fe_П	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000						
Mn_П	0.500	0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000**	-0.500	0.500	0.500	-0.500	0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	1.000					
Mo_П	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	-0.500	-0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	0.500	0.500	1.000**	0.500	1.000				
Ni_П	1.000**	1.000**	-0.500	-0.500	0.500	0.500	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	0.500	-0.500	0.500	1.000			
Pb_П	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	1.000		
Zn_П	1.000**	1.000**	0.500	0.500	-0.500	-0.500	1.000**	1.000**	0.500	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	-0.500	1.000**	1.000**	-0.500	0.500	-0.500	1.000**	1.000**	1.000	

Означене вредности означавају статистички значајне корелације ** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$

6.8. Биолошки фактори и могућност коришћења белог бора и клеке у фиторемедијацији земљишта на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

Биолошки фактори имају значајан утицај на усвајање и транслокацију елемената у биљкама. Морфологија корена, као и присуство и активност ензима у корену, играју важну улогу у усвајању хранљивих материја из земљишта. Метаболизам биљке и рН вредност земљишта такође могу утицати на доступност и усвајање елемената. Присуство других елемената и супстанци у земљишту може позитивно или негативно утицати на усвајање и транслокацију одређених елемената. Постоје и други параметри који могу утицати на усвајање елемената у биљкама, као што су концентрација и доступност елемената у земљишту, влажност земљишта, осветљеност, температура и други околишки услови. Сви ови фактори требају бити узети у обзир при процењивању способности биљака да усвајају елементе и транспортују их кроз своје ткиво. Важно је истаћи да усвајање и транслокација елемената у биљкама могу варирати између различитих биљних врста, како унутар исте врсте тако и између различитих врста.

6.8.1. Биолошки фактора за бели бор на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

У табелама 87., 88., и 89., дате су вредности израчунатог биоконцентрационог фактора (BCF), транслокационог фактора (TF) и биолошког коефицијента апсорпције (BAC) за бели бор, Саставци (Бадањ). У табели 87., приказане су израчунате BCF вредности за бели бор, чија је вредност била <1 за скоро све елементе, на свим местима узорковања, у све три зоне, што је указивало на веома слабо усвајање преко корена белог бора. Једино је за Cu у зони III, узорак 5, вредност $BCF >1$, ($BCF=1.0525$) и за Mo у зони II и у зони III, узорак 3 и 5, ($BCF=2.7016$, $BCF=1.7770$). Земљиште у зони II и у зони III је било умерено кисело до слабо кисело ($pH=6.07$, $pH=6.16$) док је садржај органских материја био 6.95 у зони узорка 3 и 15.96 у зони узорка 5. При нижим рН вредностима елементи су биљкама доступнији, што је могао и бити разлог усвајања ова два елемента.

Транслокациони фактор за бели бор приказан у табели 88., био је <1 за већину испитиваних елемената, транслокациони фактор је био >1 за следеће елементе (на минимално два места узорковања) Al, As, Mn, Mo, Ni и Zn. Добијене вредности нам указују на неефикасну транслокацију из корена до лишћа. У табели 90. дате су вредности Спирманових коефицијената корелације између концентрација елемената у земљишту и корена белог бора које су биле позитивно статистички значајне за Cd, Cr и Mn. У табели 89., приказане су вредности биолошког коефицијента апсорпције (BAC) које нам указују да се апсорпција елемената из земљишта до лишћа белог бора креће од веома слабог до јаког интензитета. За већину елемената забележена је веома слаба до средња апсорпција, а јака апсорпција забележена је за Mo у узорцима 3 и 5, (BAC=1.4319, BAC=2.8822) и за Mn у узорку 5 (BAC=1.0879). У табели 90. дате су статистички значајне позитивне корелације које су добијене између концентрација елемената у земљишту и иглицама белог бора за Cd, Ni и Zn као и негативна статистички значајна корелација за Cr, Cu, Fe и Mo.

6.8.1.1. Могућност коришћења белог бора у фиторемедијацији на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

На основу приказаних података за бели бор, у табелема 87. и 88., критеријум $BSCF > 1$ и $TF > 1$ је испуњен само за Mo у зони III, узорак 5. Како више нити у једном случају није испуњен овај критеријум, сматра се да бели бор није погодан за фитоекстракцију испитиваних елемената, док једини потенцијал постоји за молибден. Да би биљна врста била погодна за фитостабилизацију, потребно је да $BSCF > 1$ и $TF < 1$, што је остварено за Cu у зони III, узорак 5 и за Mo у зони II, узорак 3. Међутим, само на основу ова два елемента се не може са сигурношћу рећи да је бели бор погодан за фитостабилизацију. На основу добијених вредности (BAC) које су биле <1 ([Baker A.J.M., 1981.](#)), закључује се да је бели бор ексклудер за испитиване елементе у датим условима испитиваног површинског копа Саставци (Бадањ) и његове непосредне близине.

Табела 87. Биоконцентрациони фактор (BCF) елемената за бели бор на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 1	Узорак 3	Узорак 5
<i>Al</i>	0.2149	0.0224	0.0269
<i>As</i>	0.0932	0.0077	0.0229
<i>Cd</i>	0.5081	0.7965	0.9512
<i>Co</i>	0.0514	0.0265	0.0209
<i>Cr</i>	0.1263	0.1475	0.1752
<i>Cu</i>	0.2753	0.2519	1.0525
<i>Fe</i>	0.0129	0.0006	0.0003
<i>Mn</i>	0.0913	0.0550	0.0176
<i>Mo</i>	0.1795	2.7016	1.7770
<i>Ni</i>	0.0568	0.0244	0.0578
<i>Pb</i>	0.1145	0.0040	0.0497
<i>Zn</i>	0.0168	0.0051	0.0281

Назначене вредности BCF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 88. Транслокациони фактор (TF) елемената за бели бор на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 1	Узорак 3	Узорак 5
<i>Al</i>	0.3090	1.8990	3.3290
<i>As</i>	0.0925	2.0219	1.2073
<i>Cd</i>	0.9489	0.9790	0.3282
<i>Co</i>	0.2474	0.7153	1.3833
<i>Cr</i>	0.5413	0.7015	0.9472
<i>Cu</i>	0.7236	0.6815	0.4422
<i>Fe</i>	0.0465	0.7712	2.1102
<i>Mn</i>	3.2137	13.0908	61.7261
<i>Mo</i>	1.7755	0.5300	1.6219
<i>Ni</i>	0.7751	2.3702	1.1213
<i>Pb</i>	0.0410	0.3951	0.3141
<i>Zn</i>	7.4326	5.2581	7.0890

Назначене вредности TF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 89. Биолошки коефицијент апсорпције (BAC) елемената за бели бор на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 1	Узорак 3	Узорак 5
<i>Al</i>	0.0664	0.0425	0.0896
<i>As</i>	0.0086	0.0155	0.0277

Cd	0.4821	0.7798	0.3122
Co	0.0127	0.0189	0.0289
Cr	0.0684	0.1035	0.1660
Cu	0.1992	0.1716	0.4654
Fe	0.0006	0.0004	0.0007
Mn	0.2933	0.7202	1.0879
Mo	0.3187	1.4319	2.8822
Ni	0.0440	0.0577	0.0648
Pb	0.0047	0.0016	0.0156
Zn	0.0231	0.0268	0.1995

Назначене вредности ВАС означавају ефикасну апсорпцију елемената

Табела 90. Спирманови коефицијенти корелације између концентрација елемената у земљишту и концентрација елемената у корену и иглицама белог бора на испитиваном подручју, Саставци (Бадањ)

Елементи	ρ	
	Земљиште-корен	Земљиште-лишће
<i>Al</i>	-0.500	0.500
<i>As</i>	0.500	0.500
<i>Cd</i>	1.000**	1.000**
<i>Co</i>	-0.500	0.500
<i>Cr</i>	1.000**	-1.000**
<i>Cu</i>	-0.500	-1.000*
<i>Fe</i>	0.500	-1.000**
<i>Mn</i>	1.000**	-0.500
<i>Mo</i>	-0.500	-1.000**
<i>Ni</i>	0.500	1.000**
<i>Pb</i>	-0.500	0.500
<i>Zn</i>	0.500	1.000**

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$,

* Ниво значајности $p < 0.05$.

6.8.2. Биолошки фактор за клеку на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

У табелама 91., 92., и 93., дате су вредности израчунатог биоконцентрационог фактора (BCF), транслокационог фактора (TF) и биолошког коефицијента апсорпције (ВАС) за клеку, Саставци (Бадањ). Вредности BCF које су добијене за клеку биле су < 1 , због чега се закључује да је мала доступна количина елемената у земљишту утицала на слабо усвајање преко корена клеке свим местима узорковања. Две вредности које су биле > 1 , забележене су у зони III, узорак 6, за

Cd (BCF=1.4500) и Мо (BCF=2.1417). Киселост земљишта у зони III, узорак 6 је износила pH=6.33 са нешто већим садржајем органских материја 12.22%. Вредности Спирманових коефицијената корелације (табела 94.), између концентрације елемената у земљишту и корену белог бора показале су позитивну статистичку значајност само за Cd, Cr и Mn, чиме се може потврдити да је усвајање елемената из земљишта преко корена белог бора мањег интензитета.

Вредности TF за клеку приказане у табели 92., за већину елемената су биле <1 на више места узорковања, указујући на неефективну транслокацију елемената од корена до лишћа.

Из табеле 87. се може закључити да се биолошки коефицијент апсорпције (BAC) за клеку креће од веома слабог до јаког интензитета. Ово указује на различиту способност клеке да апсорбује елементе из земљишта и преноси их до својих иглица. Јака апсорпција остварена је за Mn (узорак 2), Cd (узорак 6) и Мо (узорци 4 и 6). Статистички позитивне корелације (табела 94.), су остварене за Cd, Ni и Zn, а статистички негативне корелације су остварене за следеће елементе Cr, Cu, Fe и Mo.

6.8.2.1. Могућност коришћења клеке у фиторемедијацији на површинском копу Саставци (Бадањ) и непосредној близини

На основу табеларних података за клеку у фитиекстракцији, у табелама 91. и 92., критеријум BCF>1 и TF>1 је испуњен само за Cd, узорак 6, зона III. Што се тиче коришћења клеке у фитостабилизацији, критеријум BCF>1 и TF<1 је једино испуњен за Мо узорак 6, зона III. У табели 94., приказане су Спирманови коефицијенте позитивне корелација за As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn и негативну статистички значајну вредност за Мо за усвајање елемената из земљишта преко корена клеке.

У табели 93., на основу вредности BAC које су биле <1, закључује се да је клека ексклудер испитиваних елемената. У случају Cd, Mn и Mo, вредност BAC>1, што указује на могућу акумулацију ових елемената у иглицама клеке, али на основу ова три вредности не може се донети закључак о способности да клека акумулира ова три елемента. Статистички значајне позитивне корелације (табела 94.), које су

добијене између концентрације елемената у земљишту и иглицама клеке остварене су за As, Pb и Zn, а негативне статистички значајне вредности за Al, Co, Cr и Fe.

Табела 91. Биоконцентрациони фактор (BCF) елемената за клеку на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 2	Узорак 4	Узорак 6
<i>Al</i>	0.2163	0.0524	0.0523
<i>As</i>	0.0666	0.0426	0.0261
<i>Cd</i>	0.4538	0.2496	1.4500
<i>Co</i>	0.2408	0.0215	0.0204
<i>Cr</i>	0.1598	0.1058	0.2681
<i>Cu</i>	0.3390	0.2967	0.3282
<i>Fe</i>	0.0197	0.0032	0.0037
<i>Mn</i>	0.5507	0.0310	0.0480
<i>Mo</i>	0.2328	0.4373	2.1417
<i>Ni</i>	0.0897	0.0511	0.0580
<i>Pb</i>	0.2407	0.0811	0.0553
<i>Zn</i>	0.0448	0.0104	0.0187

Назначене вредности BCF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 92. Транслокациони фактор (TF) елемената за клеке на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 2	Узорак 4	Узорак 6
<i>Al</i>	0.2567	0.3493	0.2983
<i>As</i>	0.0473	0.1609	0.2801
<i>Cd</i>	0.1519	0.4979	1.1432
<i>Co</i>	0.3610	0.5274	0.8306
<i>Cr</i>	1.3220	0.9941	1.5928
<i>Cu</i>	0.6449	0.8669	1.8833
<i>Fe</i>	0.0787	0.2004	0.1277
<i>Mn</i>	2.7361	7.3924	9.0597
<i>Mo</i>	2.7784	1.4673	0.6771
<i>Ni</i>	1.0823	1.7239	10.7747
<i>Pb</i>	0.0440	0.0715	0.5810
<i>Zn</i>	0.6590	1.7893	2.5081

Назначене вредности TF означавају ефикасну апсорпцију елемената из земљишта у корену

Табела 93. Биолошки коефицијент апсорпције (ВАС) елемената за клеку на испитиваном подручју

Елементи	Места узорковања		
	Зона I	Зона II	Зона III
	Узорак 2	Узорак 4	Узорак 6
<i>Al</i>	0.0378	0.0291	0.0161
<i>As</i>	0.0508	0.0120	0.0153
<i>Cd</i>	0.1726	0.1843	1.0220
<i>Co</i>	0.0368	0.0111	0.0156
<i>Cr</i>	0.1244	0.1587	0.2376
<i>Cu</i>	0.3893	0.2572	0.7599
<i>Fe</i>	0.0012	0.0007	0.0006
<i>Mn</i>	1.0433	0.3549	0.3836
<i>Mo</i>	0.7976	1.6064	2.5729
<i>Ni</i>	0.0587	0.0925	0.5182
<i>Pb</i>	0.0379	0.0038	0.0164
<i>Zn</i>	0.0852	0.0129	0.0527

Назначене вредности ВАС означавају ефикасну апсорпцију елемената

Табела 94. Спирманови коефицијенти корелације између концентрација елемената у земљишту и концентрација елемената у корену и иглицама клеке на испитиваном подручју, Саставци (Бадањ)

Елементи	ρ	
	Земљиште-корен	Земљиште-лишће
<i>Al</i>	-0.500	-1.000**
<i>As</i>	1.000**	1.000**
<i>Cd</i>	1.000**	0.500
<i>Co</i>	-0.500	-1.000**
<i>Cr</i>	1.000**	-1.000**
<i>Cu</i>	1.000**	-0.500
<i>Fe</i>	-0.500	-1.000**
<i>Mn</i>	0.500	0.500
<i>Mo</i>	-1.000**	0.500
<i>Ni</i>	1.000**	-0.500
<i>Pb</i>	1.000**	1.000**
<i>Zn</i>	1.000**	1.000**

Наглашене вредности представљају статистички значајне корелације

** Ниво значајности $p < 0.01$, * Ниво значајности $p < 0.05$

7. Закључак

Испитивање које је реализовано у оквиру докторске дисертације огледало се у испитивању белог бора (*Pinus sylvestris L.*) и клеке (*Juniperus communis*) у циљу могућности употребе ових зимзелених биљних врста у фиторемедијације сврхе. Испитивање је обављено на површинским коповима Pb-Zn руде и њихове непосредне близине, где су одабране три зоне са по шест места узорковања земљишта и биљног материјала са различитим степеном загађења. Испитивано је 12 елемената Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn у узорцима земљишта и деловима белог бора и клеке (корен, грана, иглице и плод).

Анализа земљиште које је узорковано на површинским коповима и непосредној близини из зоне корена белог бора и клеке обухватало је одређивање изабраних елемената, израчунавање фактора обогаћења, корелациону анализу изабраних елемената као и одређивање статистичке значајности разлика концентрација елемената из зоне корена белог бора и клеке, између контролног места и осталих места узорковања. Добијене концентрације изабраних и анализираних елемената у земљишту су упоређиване са уредбом о прописаним граничним и ремедијационим вредностима. Добијени резултати за оба површинска копа Кижевак и Саставци (Бадањ), су указали да је испитивано земљиште садржало високе концентрације олова и цинка. На већем броју узоркованих места забележена су прекорачења граничних и/или ремедијационих вредности елемената у земљишту и то за As, Cd, Pb и Zn за површински коп Кижевак и As, Cd, Co, Pb и Zn за површински коп Саставци (Бадањ). На основу вредности фактора обогаћења земљишта за оба површинска копа процењен је степен контаминације земљишта из зоне корена белог бора и клеке. За оба површинска копа је урађен фактор обогаћења земљишта са одређеног места који су добијени у односу на концентрације елемената у земљишту из контролне зоне. Добијене концентрације елемената из контролне зоне за оба локалитетета нису биле изнад граничних и ремедијационих вредности. На основу добијених вредности фактора обогаћења констатовано је да је земљиште са површинског копа Кижевак, нарочито у првој зони контаминирано различитим елементима, али вредности нам показују да је и трећа зона такође контаминирана одређеним

елементима, док код другог површинског копа Саставци (Бадањ) потврђено је да је земљиште нарочито у тој првој зони, на самом површинском копу било у највећем броју контаминирано различитим елементима. Фактори обогаћења земљишта за површински коп Кижевак који су у највећем броју узорака били у категорији умереног и значајног обогаћења која су у већини узорака земљишта из зоне корена белог бора и клеке забележена су за Al, As (за неколико узоркована места), Co, Fe, Pb (једно узорковано место) и Zn (једно узорковано место) и веома високог и екстремно високог обогаћења које је забележено за As, Pb и Zn. Фактори обогаћења земљишта за површински коп Саставци (Бадањ) који су у највећем броју узорака били у категорији умереног и значајног обогаћења која су у већини узорака земљишта из зоне корена белог бора и клеке забележена су за Al, As, Cd, Fe, Mn (једно узорковано место), Pb и Zn, и веома високог и екстремно високог обогаћења које је забележено за As, Pb (једно узорковано место) и Zn (једно узорковано место). Детаљном анализом закључено је да Al, As, Co, Fe, Pb и Zn за површински коп Кижевак у земљишту из зоне корена белог бора и клеке потичу из процеса експлоатације Pb-Zn руде, а за површински коп Саставци (Бадањ) закључено је да Al, As, Cd, Fe, Mn, Pb и Zn у земљишту из зоне корена белог бора и клеке потичу из процеса експлоатације Pb-Zn руде. Ни на једном месту узорковања није било обогаћења земљишта са Cd, Cr, Cu, Mn, Mo и Ni, чиме се потврђује њихово природно порекло у земљишту за површински коп Кижевак. Обогаћења земљишта за површински коп Саставци (Бадањ) није било ни на једном месту узорковања за Co, Cr, Cu, Mo и Ni чиме је потврђено природно порекло у земљишту. За Mn је утврђено природно порекло у анализираном земљишту, а обогаћење је детектовано само у једном узоркованом месту што нам указује да је експлоатација допринела повећању концентрације овог елемента.

Анализа испитиваних елемената у корену, гранама, иглицама и плодовима белог бора и клеке за оба површинска копа даје увид у могућност коришћења испитиваних зимзелених биљних врста у биомониторингу и фиторемедијацији земљишта. Упоредивањем концентрација анализираних елемената Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb и Zn на самом локалитету и непосредној близини површинског копа Кижевак, у деловима белог бора и клеке, закључено је да је корен за обе биљне врсте садржао највеће концентрације наведених елемената осим

за Cu чији је садржај био већи гранама за бели бор и иглицама за клеку. Добијене концентрације испитиваних елемената као и вредности фактора обогаћења биљног материја биле су највеће у узорцима корена највише у првој зони. Фактор обогаћења биљног материјала за Al , As , Cd , Co , Cr , Cu , Mn , Mo , Ni , и Zn је био од умереног до значајног обогаћења и за Fe , Pb од умереног до екстремно високог обогаћења. За површински коп Саставци (Бадањ) упоређивањем концентрација анализираних елемената Al , As , Cd , Co , Cr , Cu , Fe , Mn , Mo , Ni , Pb и Zn на самом локалитету и непосредној близини, у деловима белог бора и клеке, закључено је да је корен за обе биљне врсте садржао највеће концентрације наведених елемената осим за Cd , чији је садржај био већи гранама за бели бор, Mn у иглицама за бели бор, Mn , Cr у иглицама за клеку, Mo , Ni у плодовима белог бора и Ni у плодовима клеке. Фактор обогаћења биљног материјала за Al , Cd , Co , Cr , Cu , Fe , Mo , Ni , и Zn је био од умереног до значајног обогаћења, Mn од умереног до веома високог обогаћења и за As , Pb од умереног до екстремно високог обогаћења. На основу добијених концентрација, највише у корену зимзелених биљака, може се сматрати да се ове биљне врсте могу користити у биомониторингу животне средине.

У докторској дисертацији разматрана је могућност коришћења белог бора и клеке у фиторемедијацији земљишта на површинским коповима Кижевак и Саставци (Бадањ) и непосредној близини. За површински коп Кижевак, вредности биоконцентрационог фактора (BCF) за бели бор, вредност $\text{BCF} > 1$ је за следеће елементе Cr , Cu и Mo , док је у већини случајева вредности биле < 1 , на основу чега закључујемо да је усвајање елемената из земљишта преко корена за бели бор веома ниско. На основу добијених вредности за клеку $\text{BCF} > 1$ за узорак 2: Cd и Mo , узорак 4: Al , As , Cd , Cu , Mo и Pb и узорак 6 за Mo . Анализиран је интензитет апсорпције елемената из земљишта до иглица белог бора на основу биолошког коефицијента апсорпције (BAC) који нам указује на потенцијалну могућност акумулације Cr , Cu и Mo у иглицама белог бора док код клеке апсорпција елемената из земљишта до иглица клеке је у опсегу од веома слабе до средње, а у два случаја се ради о јаком и у једном о интензивној апсорпцији Cd и Mo . Критеријуми за могућност коришћења белог бора у фитоекстракцији $\text{BCF} > 1$ и $\text{TF} > 1$, остварени су само за Cu и Mo и у фитостабилизацији ($\text{BCF} > 1$ и $\text{TF} < 1$) испуњени су услови за Cr , Cu и Mo . Критеријуми за могућност коришћења клеке у процесу фитоекстракције $\text{BCF} > 1$ и

$TF > 1$, остварени су само за Мо, док за процес фитостабилизације ($BCF > 1$ и $TF < 1$) испуњени су услови за Al, As, Cd, Cu, Mo и Pb. За површински коп Саставци (Бадањ), вредности биоконцентрационог фактора (BCF) за бели бор, вредност $BCF > 1$ је за следеће елементе Cu и Mo, док је вредност за остале елементе била < 1 , на основу чега закључујемо да је усвајање елемената из земљишта преко корена белог бора веома ниско. На основу вредности биоконцентрационог фактора за клеку, вредност $BCF > 1$ забележена је за Cd и Mo, док је за остале елементе вредност биоконцентрационог фактора била < 1 . На основу добијених вредности биолошког коефицијента апсорпције (BAC), интензитет апсорпције кретао се од веома слабог до јаког интензитета за Mo и Mn у иглицама белог бора док код клеке апсорпција елемената из земљишта до иглица клеке забележена за Cd, Mn и Mo. Критеријуми за могућност коришћења белог бора у фитоекстракцији $BCF > 1$ и $TF > 1$, остварени су само за Mo, и у фитостабилизацији ($BCF > 1$ и $TF < 1$) испуњени су услови за Cu и Mo. Критеријуми за могућност коришћења клеке у процесу фитоекстракције $BCF > 1$ и $TF > 1$, остварени су само за Cd, док за процес фитостабилизације ($BCF > 1$ и $TF < 1$) испуњени су услови само за Mo. Због велике способности усвајања и транслокације појединих канцерогених и токсичних материја у белом бору и клеки за оба испитивана површинска копа је забрињавајуће због коришћења у лековите сврхе.

На основу анализе спроведене у дисертацији и добијених резултата који представљају добру полазну основу за анализирање метала у земљишту и биљном материјалу белог бора и клеке на површинским коповима Кижевак и Саставци (Бадањ), могу бити од великог значаја за примену у областима које су сличних карактеристика. Бели бор и клеке су се показале као толерантне биљне врсте, које успевају и опстају у различитим условима околине, са различитим степеном загађења, које су погодне за идентификацију загађених подручја. Пошто се бели бор и клека користе у лековите сврхе и људској исхрани, коришћење ових биљних врста може бити од великог значаја у истраживањима везаним за заштиту животне средине, нарочито због евентуалне могућности уласка токсичних елемената у ланац исхране.

Литература

1. Adams P.R. *Juniperus of the World: The genus Juniperus*. 2nd edition, Trafford Publishing Co., Vancouver, 2008.
2. Ahrens L, Shoeib M, Harner Lee, SC, Guo R, Reiner, EJ., Wastewater treatment plant and landfills as sources of polyfluoroalkyl compounds to the atmosphere. *Environmental Science & Technology* 45(19), 8098–8105, 2011.
3. Ali H., Khan, E., Sajad, M.A., *Phytoremediation of heavy metals – Concepts and applications*, *Chemosphere* 91 (7) 869–881, 2013.
4. Ashraf M. A., Maah M. J., Yusoff I.; Heavy metals accumulation in plants growing in ex tin mining catchment, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8 (2), 401-416, 2011.
5. Ashraf M., Ozturk M. Ahmad M.S.A., *Plant Adaptation and Phytoremediation*, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2010.
6. Ashraf S., Ali Q., Zahir Z.A., Ashraf S., Asghar H.N., *Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils*, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 174, 714–727, 2019.
7. ASTM D2974 - 14. *Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Organic Soils*. Active Standard ASTM D2974 | Developed by Subcommittee: D18.22. *Book of Standards Volume: 04.08.*, 2014.
8. Aumatell M.R., *Gin: production and sensory properties*, *Alcoholic Beverages, Sensory Evaluation and Consumer Research*, in *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* Woodhead Publishing, Pennsylvania 267–280, 2012.
9. Baker A. J. M., *Accumulators and excluders - strategies in the response of plant to heavy metals*. *Journal of plant nutrition*, 3 (1-4), 643-654, 1981.
10. Baltrėnaitė E., Baltrėnas P., Butkus, D., Lietuvninkas A. *The Method of Dynamic Factors in Bioindication and Phytoremediation*. In: Ansari, A., Gill, S., Gill, R., Lanza, G., Newman, L. (eds) *Phytoremediation*. Springer, Cham., 2015.
11. Barkay T., Schaefer J., *Metal and radionuclide bioremediation: Issues, considerations and potentials*. *Current Opinion in Microbiology*. 4(3):318-323, 2001.

12. Beś A., Warmiński K., Adomas B. Long-term responses of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) to the contamination of light soils with diesel oil, *Environmental Science and Pollution Research* 26, 10587–10608, 2019.
13. Bhargava F., Carmona F., Bhargava M., Srivastava S. Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals, Review, *Journal of Environmental Management*, 105, 103-120, 2012.
14. Bini C., Wahsha M., Fontana S., Maleci L., Effects of heavy metals on morphological characteristics of *Taraxacum officinale* Web growing on mine soils in NE Italy, *Journal of Geochemical Exploration* 123, 101–108, 2012.
15. Bishop J., Phytoremediation: A New Technology Gets Ready to Bloom, *Environ. Solutions* 10 (4), 1997.
16. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C., Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M., Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils, *Frontiers in Plant Science* 8, 1767, 2017.
17. Boss C.B., Fredeen K.J. Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, Second Edition, 1997.
18. Boss C., Fredeen K. Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. Third Edition. PerkinElmer, Inc. PerkinElmer Life and Analytical Sciences 710 Bridgeport Avenue Shelton, CT 06484-4794 USA, 2004.
19. Bravo S., Amorós J.A., Pérez-de-los-Reyes C., García F. J., Moreno M. M., Sánchez-Ormeño M., Higuera P.; Influence of the soil pH in the uptake and bioaccumulation of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Pb and Mn) and other elements (Ca, K, Al, Sr and Ba) in vine leaves, Castilla-La Mancha (Spain). *Journal of Geochemical Exploration*, 174, 79-83, 2017.
20. Briffa J., Sinagra E., Blundell R.; Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6 (9), e 04961, 2020.
21. Calzoni G.L., Antognoni F., Pari E., Fonti P., Gnes A., Speranza A.; Active biomonitoring of heavy metal pollution using *Rosa rugosa* plants. *Environmental Pollution*, 149, 239-245, 2007.

22. Castro J., Zamora R., Hódar J.A., Gómez J.M. Seedling establishment of a boreal tree species (*Pinus sylvestris*) at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal Mediterranean habit, *Journal of ecology*, 92 (2), 266-277, 2004.
23. Chibuike G.U., Obiora S.C., Heavy metal polluted soils: Effects on plants and bioremediation methods, Hindawi Publishing Corporation, *Applied and Environmental Soil Science* 2014, 1–12, 2014.
24. Christou A., Theologides C. P., Costa C., Kalavrouziotis I. K., Varnavas S. P.; Assessment of toxic heavy metals concentrations in soils and wild and cultivated plant species in Limni abandoned copper mining site, Cyprus. *Journal of Geochemical Exploration*, 178, 16-22, 2017.
25. Crane R.A., Sinnett D.E., Cleall P.J., Sapsford D.J. Physicochemical composition of wastes and collocated environmental designations at legacy mine sites in the south west of England and Wales: implications for their resource potential. *Resour Conserv Recy.* 123:117–134, 2017.
26. Cvjetičanin R., Perović M., *Praktikum iz Dendrologije*, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, 1-265, 2010.
27. Dean J.R., *Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy*, John Wiley&Sons, Ltd., 2005.
28. Desideri D., Meli M. A., Roselli C. Determination of essential and non-essential elements in some medicinal plants by polarised X ray fluorescence spectrometer (EDPXRF). *Microchemical Journal*, 95, 174-180, 2010.
29. Đogo S.M., Ražić S.S. Elementi na putu od zemljišta do biljaka, *Hemijski pregled*, 47(3), 57–61, 2006.
30. Dushenkov S. Trends in phytoremediation of radionuclides. *Plant and Soil.* 249(1):167-175, 2003.
31. Eapen S., Singh S., D'Souza SF., *Phytoremediation of metals and radionuclides*. In: Singh SN, Tripathi RD, editors. *Environmental Bioremediation Technologies*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2007.
32. Eash N.S., Sauer T. J.O'Dell D., Odoi E., *Soil Science Simplified*. Sixth edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016.

33. Ebdon L., Foulkes M. E., Hill S. Fundamental and Comparative Studies of Aerosol Sample Introduction for Solutions and Slurries in Atomic Spectrometry. *Microchemical Journal*, 40, 30–64, 1989.
34. EEC/86/278 – Official Journal of the European Communities, Council Directive of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (EEC/86/278), 1986.
35. Emamverdian A., Ding Y., Maokhberdorran F., Xie Y., Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response, Hindawi Publishing Corporation, *The Scientific World Journal* 2015, 1–18, 2015.
36. Enuneku A., Biose E., Ezemonye L. Levels, distribution, characterization and ecological risk assessment of heavy metals in road side soils and earthworms from rban high traffic areas in Benin metropolis, Southern Nigeria, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5, 2773-2781, 2017.
37. Favas P.J.C., Pratas J., Prasad M.N.V. Temporal variation in the arsenic and metal accumulation in the maritime pine tree grown on contaminated soils, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10, 809-826, 2013.
38. Fuentes D., Disante K. B., Valdecantos A., Cortina J., Vallejo V. R. Sensitivity of Mediterranean woody seedlings to copper, nickel and zinc. *Chemosphere*, 66, 412–420, 2007.
39. Gautam P.K., Gautam R.K., Banerjee S., Chattopadhyaya M.C., Pandey J.D., Heavy metals in the environment: fate, transport, toxicity and remediation technologies Thermodynamic profiling of pollutants View project Materials for Solid oxide fuel cells View project Heavy Metals in the Environment: Fate Transport, Toxicity and Rem, 2016.
40. Ghaderian S.M., Ravandi A.A.G.; Accumulation of copper and other heavy metals by plants growing on Sarcheshmeh copper mining area, Iran, *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 25-32, 2012.
41. Ghori Z., Iftikhar H., Bhatti M. F., Nasar-um-Minullah, Sharma I., Kazi A. G., Ahmad P., Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soil, Chapter 15 u: Plant Metal Interaction. *Emerging Remediation Techniques*; Editor: Ahmad P.; Elsevier Inc., Amsterdam, Netherlands, 2016.

42. Ghosh M., Singh S.P. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts, *Applied Ecology and Environmental Research*, 3, 1–18, 2005.
43. Gong Y., Zhao D., Wang Q. An overview of field-scale studies on remediation of soil contaminated with heavy metals and metalloids: Technical progress over the last decade, *Water Research* 147, 440–460, 2018.
44. Greipsson S. Phytoremediation, *Nature Education Knowledge* 3 (10), 2011.
45. Harrington J., Young D., Essader A., Sumner S., Levine K. Analysis of Human Serum and Whole Blood for Mineral Content by ICP-MS and ICP-OES: Development of a Mineralomics Method, *Biological Trace Element Research*, Volume 160, Issue 1, 2014.
46. Hill S.J. *Inductively Coupled Plasma Spectrometry and its Applications*, Blackwell Publishing Ltd., 2007.
47. Hu Y., Nan Z., Su J., Wang N. Heavy metal accumulation by poplar in calcareous soil with various degrees of multi-metal contamination: Implications for phytoextraction and phytostabilization, *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 7194–7203, 2013.
48. Ibeanusi V.M., Grab D.A, Jensen L., Ostrodka S. Radionuclide biological remediation resource guide. US Environmental Protection Agency, Region 5, Superfund Division; 2004.
49. ISO, International Organisation for Standardisation, *Soil Quality: Determination of pH*, 10390:2005. ISO, Geneva, 2005.
50. Jana U., Chassany V., Bertrand G., Castrec-Rouelle M., Aubry E., Boudsocq S., Laffray D., Repellin A. Analysis of arsenic and antimony distribution within plants growing at an old mine site in Ouche (Cantal, France) and identification of species suitable for site revegetation. *Journal of Environmental Management*, 110, 188–193, 2012.
51. Jovanović B. Rod *Juniperus L.* In: Sarić M (ed.) *Flora Srbije* 1, Srpska Akademija nauka i umetnosti, Beograd, 158-164, 1992.
52. Kabata-Pendias A. *Trace elements in soils and plants*, Fourth edition, CRC Press, Boca, Raton, Florida, 2011.

53. Kabata-Pendias A. Soil–plant transfer of trace elements–An Environmental Issue, *Geoderma*, 122, 143–149, 2004.
54. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soil and Plants* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press, 2000.
55. Kalra Y.P. *Handbook of reference methods for plant analysis*. Boca Raton: CRC Press, 1998.
56. Khalid S., Shahid M., Khan Niazi N., Murtaza B., Bibi I., Dumat C. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils, *Journal of Geochemical Exploration* 182, 247–268, 2017.
57. Khan A., Khan S., Khan M.A., Qamar Z., Waqas M. The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review, *Environmental Science and Pollution Research* 22, 13772–13799, 2015.
58. Kole C. *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, Springer, Berlin, 2007.
59. Kowalska J.B., Mazurek R., Gašiorek M., Zaleski T. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination–A review, *Environmental Geochemistry and Health* 40, 2395–2420, 2018.
60. Kumar P., Dushenkov V., Motto H., Raskin I. Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science & Technology*, 29:1232-1238, 1995.
61. Kwiatkowska-Malina J. Functions of organic matter in polluted soils: The effect of organic amendments on phytoavailability of heavy metals. *Applied Soil Ecology*, 123, 542-545, 2018.
62. Lakušić R. *Ekologija biljaka*. IGKRO —Svjetlost- OOUR zavod za udžbenike, Sarajevo, 1980.
63. Li X, Zhang, X, Li, B, Wu, Y, Sun, H, Yang, Y. Cadmium phytoremediation potential of turnip compared with three common high Cd-accumulating plants. *Environmental Science and Pollution Research* 24 (27), 21660–21670, 2017.
64. Liu L., Li W., Song W., Guo M. Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability, *Science of the Total Environment* 633, 206–219, 2018.

65. Lodenius M. Use of plants for biomonitoring of airborne mercury in contaminated areas. *Environmental Research*, 125, 113-123, 2013.
66. Lorestani B., Yousefi N., Cheraghi M., Farmany A. Phytoextraction and phytostabilization potential of plants grown in the vicinity of heavy metalcontaminated soils: a case study at an industrial town site, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 10217-10223, 2013.
67. Mao Y., Sang S., Liu S., Jia J. Spatial distribution of pH and organic matter in urban soils and its implications on site-specific land uses in Xuzhou, China. *Comptes Rendus Biologies*, 337, 332-337, 2014.
68. Marbaniang D., Chaturvedi S. S. Assessment on Cr, Cd, As, Ni and Pb uptake and phyremediation potential of *Scirpus mucronatus*, *International Journal of scientific research and management (IJSRM)*, 2 (6), 965-969, 2014.
69. Markert B., Wappelhorst O., Weckert V., Herpin U., Siewers U., Friese K. Breulmann G.; The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 240 (2), 425-429, 1999.
70. Mc Donnell E., Hulin-Bertaud S., Sheehan E.M., Delahunty C.M. Development and learning process of a sensory vocabulary for the odor evaluation of selected distilled beverages using descriptive analysis, *Journal of sensory studies* 16, 425 – 445, 2001.
71. McCauley A., Jones C., Olson-Rutz K. Soil pH and organic matter. *Nutrient management module*, no. 8, Montana State University, 4449-8, 2017.
72. Mendoza R. E., García I. V., de Cabo L., Weigandt C. F., de Iorio A. F. The interaction of heavy metals and nutrients present in soil and native plants with arbuscular mycorrhizae on the riverside in the Matanza-Riachuelo River Basin (Argentina), *Science of the Total Environment*, 505, 555-564, 2015.
73. Mertz W. The essential trace elements, *Science* 213:1332-1338, 1981.
74. Mingorance M. D., Valdés B., Oliva S. R. Strategies of heavy metal uptake by plants growing under industrial emissions; *Environment International*, 33, 514-520, 2007.

75. Mingorance M. D., Valdés B., Oliva S. R. Strategies of heavy metal uptake by plants growing under industrial emissions; *Environment International*, 33, 514-520, 2007.
76. Mitić S., Obradović M., Mitić M., Kostić D., Pavlović A., Tošić S., Stojković M. Elemental Composition of Various Sour Cherry and Table Grape Cultivars Using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry Method (ICP-OES), *Food Analytical Methods*, Volume 5, Issue 2, 2012.
77. Mleczek, M., Goliński, P., Waliszewska, B., Mocek, A., Gąsecka, M., Zborowska, M., Magdziak, Z., Cichy, W. J., Mazela, B., Kozubik, T., Mocek-Płóćiniak, A., Moliński, W., and Niedzielski, P. The importance of substrate compaction and chemical composition in the phytoextraction of elements by *Pinus sylvestris* L. *Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering*, 53(11), 1029–1038, 2018.
78. Muhammad S., Mohammad T. S., Sardar K., Umar S., Nida G., Muhammad U. K., Riffat N. M., Muhammad F., Alia N. Wild Plant Assessment for Heavy Metal Phytoremediation Potential along the mafic and ultramafic Terrain in Northern Pakistan, *BioMed Research International*, 9, Article ID 194765, 2013.
79. Muhammad S., Tahir Shah M., Khan S. Heavy metal concentrations in soil and wildplants growing around Pb–Zn sulfide terrain in the Kohistan region, northern Pakistan, *Microchemical Journal*, 99, 67–75, 2011.
80. Muilu-Mäkelä R., Vuosku J, Läärä E., Saarinen M., Heiskanen J., Häggman H, Sarjala T. Water availability influences morphology, mycorrhizal associations, PSII efficiency and polyamine metabolism at early growth phase of Scots pine seedlings. *Plant Physiol Biochem* 88:70–81, 2015.
81. Muske D.N., Gahukar, S.J., Akhare A.A., Deshmukh S.S. Phytoremediation: An environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation. *Advances in Life Sciences* 5 (7), 2501–2509, 2016.
82. Mussina A.S., Baitasheva G.U., Kurmanbayeva M.S., Medeuova G.J., Mauy A.A., Imanova E.M., Kurasbaeva A.Zh., Rachimova Z.S., Nurkeyev Y.S., Orazbayev K. Anatomical and morphological changes of the juniper under the influence of heavy metals in condition of man-induced load, *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 64 35–43, 2018.

83. Muthusarayanan S., Sivarajasekar N., Vivek J.S., Paramasivan T., Naushad Mu., Prakashmaran J., Gayathri V., Al-Duaij O.K. Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements, *Environmental Chemistry Letters* 16, 1339–1359, 2018.
84. Nagaraju A., Karimulla S. Accumulation of elements in plants and soils in and around Nellere mica belt, Andhra Pradesh, India – a biogeochemical study. *Environmental Geology*, 41, 852-860, 2002.
85. Nicholas D.J.D. Minor mineral nutrients, *Annual Review of Plant Physiology* (12):63-86, 1961.
86. Nikolić M., Stevović S. Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas, *Urban Forestry & Urban Greening* 14, 782–789, 2015.
87. Nouri J., Lorestani B., Yousefi N., Khorasani N., Hasani A. H., Seif F., Cheraghi M. Phytoremediation potential of native plants grown in the vicinity of Ahangaran lead–zinc mine (Hamedan, Iran), *Environmental Earth Sciences*, 62, 639-644, 2011.
88. Novaković-Vuković M. Florističke karakteristike šuma crnog i belog bora na serpentinitu i peridotitima u zapadnoj i centralnoj Srbiji Floristic characteristics of Austrian pine and Scots pine forests on serpentine and peridotites in western and central Serbia, 16, 2015.
89. O'Connor D., Hou D., Ok Y.S., Lanphear B.P. The effects of iniquitous lead exposure on health. *Nature Sustainability*, 3, 77–79, 2020.
90. Ots K., Mandre M. Monitoring of heavy metals uptake and allocation in *Pinus sylvestris* organs in alkalised soil, *Environ Monit Assess*, 184, 4105–4117, 2012.
91. Ovečka M., Takáč T., Managing heavy metal toxicity stress in plants: Biological and and biotechnological tools. *Biotechnology advances*, 32 (1), 73–86, 2014.
92. Øyen, B.H., Blom, H.H., Gjerde, I., Myking, T., Sætersdal, M., Thunes, K.H. Ecology, history and silviculture of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Norway-a literature review, *Forestry*, Vol. 79, No. 3, 319-328, 2006.
93. Pajak M., Halecki W., Gąsiorek M. Accumulative response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth) to heavy metals enhanced by

- Pb-Zn ore mining and processing plants: explicitly spatial considerations of ordinary kriging based on a GIS approach. *Chemosphere* 168:851–859, 2017.
94. Pallant J. SPSS priručnik za preživljavanje, Postupni vodič kroz analizu podataka pomoću SPSS-a za Windows (verzija 15), Prevod 3. izdanja. Mikro knjiga, Beograd, 2009.
95. Peer W.A., Baxter I.R., Richards E.L., Freeman J.L., Murphy A.S. Phytoremediation and hyperaccumulator plants, u: *Molecular Biology of Metal Homeostasis and Detoxification*; Editors: Tamas M.J., Martinoia E.; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.
96. Peralta-Videa J.R, Lopez M.L, Narayan M, Saupe G, Gardea-Torresdey J. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. *Int J Biochem Cell*, B41, 1665–1677, 2009.
97. Pinto E., Aguiar A.A.R.M., Ferreira I.M.P.L.V.O. Influence of Soil Chemistry and Plant Physiology in the Phytoremediation of Cu, Mn, and Zn, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33, 351–373, 2014.
98. Pulford I.D., Watson C. Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees-a review. *Environment International* 29, 529–540, 2003.
99. Pyhäjärvi, T., Salmela, M.J. Savolainen, O. Colonisation routes of *Pinus sylvestris* inferred from distribution of mitochondrial DNA variation, *Tree Genetics and Genomes* No. 4, 247-254, 2008.
100. Quenea K., Lamy I., Winterton P., Bermond A., Dumat C. Interactions between metals and soil organic matter in various particle size fractions of soil contaminated with waste water. *Geoderma*, 149, 217-223, 2009.
101. Radojevic A.A., Serbula S.M., Kalinovic T.S., Kalinovic J.V., Steharnik M.M., Petrovic J.V., Milosavljevic J.S. Metal/metalloid content in plant parts and soils of *Corylus* spp. influenced by mining–metallurgical production of copper, *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 10326–10340, 2017.
102. Radulović B., Savić R. Deposits and potentials of non-ferrous and precious metals in the Raška ore field, *Geology and Metallogeny of the Kopaonik Mt. Kopaonik*. Beograd, 284-298, 1995.

103. Randelovic S.S., Kostić D.A., Stojanović G.S., Mitić S.S., Mitić M.N., Arsić B. B., Pavlović A.N. Metals content of soil, leaves and wild fruit from Serbia, *Central European Journal of Chemistry*, 12 (11), 1144-1151, 2014.
104. Rascio N., Navari-Izzo F. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science* 180, 169–181, 2011.
105. Ražić S.S., Đogo S.M., Slavković L.J. Multivariate characterization of herbal drugs and rhizosphere soil samples according to their metallic content, *Microchemical Journal*, 84, 93-101, 2006.
106. Razzaq R. Phytoremediation: An Environmental Friendly Technique - A Review, *Journal of Environmental Analytical Chemistry* 4, 2017.
107. Reddy K. R. Organic matter determination. In *Engineering properties of soils based on laboratory testing*, Illinois, Chicago: Publisher: Department of Civil and Materials Engineering University of Illinois at Chicago, 13–19, 2002.
108. Rossini Oliva S., Mingorance M.D. Study of the Impact of Industrial Emission on the Vegetation Grown Around Huelva (South of Spain) City. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 49, 291–302, 2004.
109. Saarela K.E., Harju L., Rajander J., Lill J.O., Heselius S.J., Lindroos A., Mattsson K. Elemental analyses of pine bark and wood in an environmental study. *Science of the Total Environment*, 343, 231–241, 2005.
110. Salt D.E., Blaylock M., Kumar N., Dushenkov V., Ensley B. D., Chet I., Raskin I. Phytoremediation: A Novel Strategy for the Removal of Toxic Metals from the Environment Using Plants, *Bio/Technol*, 13 (5), 468–74, 1995.
111. Sarwar N., Imran M., Shaheen M.R., Ishaque W., Kamran M.A., Matloob A., Rehim A., Hussain S. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: Modifications and future perspectives, *Chemosphere* 171, 710–721, 2017.
112. Schwitzguébel J.P., van der Lelie, D, Baker, A, Glass, DJ, Vangronsveld, J. Phytoremediation: European and American trends successes, obstacles and needs. *Journal of Soils and Sediments* 2 (2), 91–99, 2002.

113. Serebryanaya F.K., Shinkarenko A.S. Morphological and anatomical study of shoots of *Juniperus communis* L. from Cupressaceae family, *Фармация и фармакологија*. 8, 8- 10, 2015.
114. Shah K., Nongkynrih J.M. Metal hyperaccumulation and bioremediation, *Biologia plantarum*, 51 (4) 618-634, 2007.
115. Sharma S., Singh B., Manchanda V.K. Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water, *Environmental Science and Pollution Research* 22, 946–962, 2015.
116. Shcherbenko, T.A., Koptsik, G.N. Groenenberg, B.J. et al. Uptake of nutrients and heavy metals by pine trees under atmospheric pollution. *Moscow Univ. Soil Sci. Bull.* 63, 51–59, 2008.
117. Shiyab S. Phytoaccumulation of Copper from Irrigation Water and Its Effect on the Internal Structure of Lettuce, *Agriculture*, 29 (8), 2018.
118. Šilić Č. Atlas drveća i grmlja, IP |Svjetlost|, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo - Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1990.
119. Singh O.V., Labana S., Pandey G., Budhiraja R., Jain R.K. Phytoremediation: An overview of metallic ion decontamination from soil, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61, 405–412, 2003.
120. Skonieczna J., Małek S., Polowy K., Węgiel A. Element content of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of different densities. *Drewno*, 57 (192), 77–87, 2014.
121. Solon J. Scots pine forests of the Vaccinio-Piceetea class in Europe: forest sites studied, *Polish journal of Ecology*, Institute of Geography and spatial Organization, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Vol. 51, No. 4, 421-439, 2003.
122. Sparks D. L. *Environmental Soil Chemistry*. Second Edition. Academic Press, Amsterdam, 2003.
123. Spearman's correlation. Available online: <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/spearman.pdf>

124. Stefanović V. Određivanje sadržaja makroelemenata i mikroelemenata u uzorcima pe čurke *Macrolepiota Procera* i zemljišnim supstratima iz Rasinskog okruga. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Hemijski Fakultet, Beograd, 2016.
125. Suman J., Uhlik O., Viktorova J., Macek T. Phytoextraction of heavy metals: A promising tool for clean-up of polluted environment?, *Frontiers in Plant Science*, 871, 2018.
126. Suresh B., Gokare R. Phytoremediation – A Novel and Promising Approach for Environmental Clean-Up, *Crit. Rev. Biotechnol*, 24 (2–3), 97–124, 2004.
127. Tang J., Ying Y., Pan X.D., Jiang W., Wu P.G. Elements analysis of infant milk formula by ICP-OES: a comparison of pretreatment methods, *Accreditation and Quality Assurance*, Volume 19, Issue 2, 2014.
128. Thomas R. Practical guide to ICP-MS, a tutorial for beginners, 2nd edition. Practical spectroscopy series volume 37. CRC Press, Taylor&Francis group, 2008.
129. Tokaloğlu Ş. Determination of trace elements in commonly consumed medicinal herbs by ICP-MS and multivariate analysis, *Food Chemistry*, 134, 2504-2508, 2012.
130. Tomović M., Dervišević I., Đokić J., Elezović N., Kodranov I. Heavy metal cations assessment in the soil and parts of Juniper and White Pine at the Kiževak surface mine and its vicinity, *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 32, 2757-2772, 2023.
131. Tomović M., Grahovac J., Dodić J., Radojković M., Elezović N., Pantić K. Assessment of the concentration of toxic metals (aluminum, cadmium and manganese) in the soil and evergreen plant species at the Sastavci surface mine and its vicinity, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2024.
132. Touceda-González M., Álvarez-López V., Prieto-Fernández Á., Rodríguez-Garrido B., Trasar-Cepeda C., Mench M, Puschenreiter M., Quintela-Sabarís C., Macías-García F., Kidd PS. Aided phytostabilisation reduces metal toxicity, improves soil fertility and enhances microbial activity in Cu-rich mine tailings. *J Environ Manage*. 186(2):301-313, 2017.

133. Upadhyay R. Medicinal Plants and Herbs. Rohit Upadhyay, 2015.
134. Uredba br. 30/2018-50, 64/2019-3; UREDBU o graničnim vrednostima загађујућих, штетних i опасних materija u zemljištu 30/2018-50. „Službeni glasnik Republike Srbije”, 2018.
135. USDA. Soil quality: Organic matter. Soil quality information sheet. Natural resources conservation service, U.S. Department of agriculture, 1996.
136. USDA. Soil Quality Indicators: pH. Soil quality information sheet. Natural resources conservation service, U.S. Department of agriculture, 1998.
137. USEPA. 2007; Framework for Metals Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, 2007.
138. USEPA. Introduction to Phytoremediation. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio 45268, 2000.
139. Usman K., Al-Ghouti, M.A., Abu-Dieyh, M.H. Phytoremediation: Halophytes as Promising Heavy Metal Hyperaccumulators. 2018.
140. Varnagirytė-Kabašinskienė I., Armolaitis K., Stupak I., Kukkola M., Wójcik J., Mikšys V. Some metals in aboveground biomass of Scots pine in Lithuania. Biomass and bioenergy, 66, 434–441, 2014.
141. Velimirović D. Optimizacija, validacija i primena ICP-OES metoda određivanja sadržaja metala u realnim uzorcima. Doktorska disertacija. Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Niš, 2013.
142. Vidaković M. Conifers-morphology and variations, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 1991.
143. Vidaković M., Franjić, J. Golosjemenjače, Numarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2004.
144. Vural A. Biogeochemical characteristics of Rosa canina grown in hydrothermally contaminated soils of the Gümüşhane Province, Northeast Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 187, 486, 2015.
145. Wang L., Jin Y., Weiss D.J., Schleicher N.J., Wilcke W., Wu L., Guo Q., Chen J., O'Connor D., Hou D. Possible application of stable isotope compositions for the identification of metal sources in soil. Journal of Hazardous Materials, 407, 2021.

146. Wang S., Wang P., Fan C. Q., Xu H. Phytoavailability and speciation of aluminum carried by total suspended particulates (TSP) to Masson pine (*Pinus massoniana* L.). *Atmospheric Environment*, 47, 358–364, 2012.
147. Willis, K.J., Van Andel, T.H. Trees or no trees? The environments of central and eastern Europe during the Last Glaciation, *Quaternary Science Reviews* 23, 2369-2387, 2004.
148. Xiandeng H., Bradley, J.T. Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry. In Meyers, R. A. (Ed.), *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, 42, 9468–9485. John Wiley Sons Ltd., 2000.
149. Yanqun Z., Yuana L., Schvartz C., Langlade L., Fand L. Accumulation of Pb, Cd, Cu and Zn in plants and hyperaccumulator choice in Lanping lead–zinc mine area, China. *Environment International*, 30, 567-576, 2004.
150. Yildirim D., Sasmaz A. Phytoremediation of As, Ag, and Pb in contaminated soils using terrestrial plants grown on Gumuskoy mining area (Kutahya Turkey), *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 228–234, 2017.
151. Zeng F., Ali S., Zhang H., Ouyang Y., Qiu B., Wu F., Zhang G. The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants, *Environmental Pollution*, 159, 84-91, 2011.
152. Zhang H., Jiang Z., Qin R., Zhang H., Zou J., Jiang W., Liu D. Accumulation and cellular toxicity of aluminum in seedling of *Pinus massoniana*. *BMC Plant Biology*, 14, 264, 2014.
153. Zseni A., Goldie H., Bárányi-Kevei I. Limestone pavements in Great Britain and the role of soil cover in their evolution. *Acta carsologica*, 32 (1), 57-67, 2003.

Биографија аутора

Милица Томовић рођена је 24.07.1991. године у Косовској Митровици. Основну школу „Јован Цвијић“ и средњу школу „Григорије Божовић“ гимназију друштвено-језички смер, завршила је у Зубином Потоку. 2010. године уписала је студијски програм Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду, модул Општи, на Факултету техничких наука у Косовској Митровици. Основне академске студије похађала је у периоду од 2010. до 2013. године, где је стекла звање Инжењера заштите животне средине. 2013. године уписала је студијски програм Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду, модул Инжењерство заштите животне средине, на Факултету техничких наука. Дипломске академске студије похађала је у периоду од 2013. до 2016. године, где је стекла звање Мастер инжењер заштите животне средине. Милица Томовић, уписала је Докторске академске студије 2016/2017 школске године на Факултету техничких наука, Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, на студијском програму Технолошко инжењерство. Од марта 2016. године, Милица Томовић ангажована је као сарадник у настави, а од априла 2017. године ангажована је на радном месту асистента на Факултету техничких наука у Косовској Митровици.

Изјава о ауторству

Потписана Милица Томовић

број индекса 1/2016

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Фиторемедијациони потенцијал зимзелених врста у подручју површинских копова Pb-Zn руде

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршила ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Косовској Митровици,

17.04.2024.

Потпис докторада

Милица Томовић

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Милица Томовић

Број индекса 1/2016

Студијски програм Технолошко инжењерство

Наслов рада Фиторемедијациони потенцијал зимзелених врста у подручју
површинских копова Pb-Zn руде

Ментор проф. др Јована Граховац, редовни професор

Потписана Милица Томовић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици.

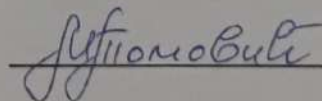
Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици.

У Косовској Митровици,

17.04.2024.

Потпис докторанда



Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини, са привременим седиштем у Косовској Митровици унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Фиторемедијациони потенцијал зимзелених врста у подручју површинских копова Pb-Zn руде

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

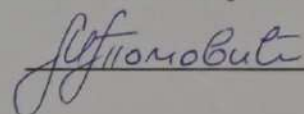
1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Косовској Митровици,

17.04.2024.

Потпис докторанда



1. Ауторство - Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.