

Određivanje prirodnih i antropogenih radionuklida u tlu općine Dvor

Novosel, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:574211>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**ODREĐIVANJE PRIRODNIH I ANTROPOGENIH
RADIONUKLIDA U TLU OPĆINE DVOR**

DIPLOMSKI RAD

Martina Novosel

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Agroekologija – usmjerenje: Agroekologija

**ODREĐIVANJE PRIRODNIH I ANTROPOGENIH
RADIONUKLIDA U TLU OPĆINE DVOR**

DIPLOMSKI RAD

Martina Novosel

Mentor:

prof. dr. sc. Željka Zgorelec

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Martina Novosel**, JMBAG 1003129693, rođen/a 11.01.1998. u Sisku, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

ODREĐIVANJE PRIRODNIH I ANTROPOGENIH RADIONUKLIDA U TLU OPĆINE DVOR

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Martina Novosel**, JMBAG 1003129693, naslova

ODREĐIVANJE PRIRODNIH I ANTROPOGENIH RADIONUKLIDA U TLU OPĆINE DVOR

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|-------------------------------------|----------|-------|
| 1. | prof. dr. sc. Željka Zgorelec | mentor | _____ |
| 2. | izv. prof. dr. sc. Branko Petrinec | komentor | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Aleksandra Bensa | član | _____ |

Zahvala

Najprije se želim zahvaliti svojoj mentorici, prof. dr. sc. Željki Zgorelec, na svim savjetima, strpljenju i pomoći prilikom pisanja ovoga rada. Zahvale idu Ivi Hrelji, mag. ing. agr. i Mariji Galić, mag. ing. agr. koje su mi pomogle pri analizama u laboratoriju Zavoda za Opću proizvodnju bilja te pri radu u QGIS softveru.

Također želim zahvaliti komentoru izv. prof. dr. sc. Branku Petrincu te djelatnicima Jedinice za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu na provedenim gamaspektrometrijskim mjerenjima uzoraka, ustupljenim podacima i pomoći pri izradi rada.

Hvala obitelji i prijateljima koji su mi bili podrška i oslonac tijekom studiranja.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj istraživanja.....	2
2. Pregled literature	3
2.1. Prirodni radionuklidi	4
2.1.1. Uranij-238	4
2.1.2. Kalij-40.....	5
2.2. Antropogeni radionuklidi	6
2.2.1. Cezij-137.....	6
2.2.2. Cezij-134.....	7
2.3. Općina Dvor.....	7
2.3.1. Agroklimatski pokazatelji.....	8
2.3.2. Tipovi i značajke tala.....	9
3. Materijali i metode istraživanja	10
3.1. Područje istraživanja	10
3.2. Uzorkovanje tla i priprema uzoraka	10
3.3. Laboratorijska analiza.....	17
3.4. Obrada podataka.....	19
3.4.1. Statistička obrada	19
3.4.2. Prostorna obrada podataka (GIS).....	20
4. Rezultati i rasprava	21
4.1. Agrokemijski parametri	21
4.1.1. pH vrijednost.....	21
4.1.2. Mehanički sastav tla.....	22
4.1.3. Biljci pristupačan fosfor	23
4.1.4. Biljci pristupačan kalij.....	25
4.1.5. Sadržaj karbonata.....	26
4.1.6. Hidrolitski aciditet	27
4.2. Ukupni sadržaj elemenata	28
4.2.1. Arsen	29

4.2.2. Krom	30
4.2.3. Olovo	32
4.3. Koncentracija radionuklida	33
4.3.1. Koncentracija ^{238}U	34
4.3.2. Koncentracija ^{40}K	35
4.3.3. Koncentracija ^{137}Cs	36
4.3.4. Koncentracija ^{134}Cs	37
4.4. Korelacijska matrica	37
5. Zaključak	39
6. Popis literature	40
7. Prilozi	43
Životopis	52

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Martine Novosel**, naslova

ODREĐIVANJE PRIRODNIH I ANTROPOGENIH RADIONUKLIDA U TLU OPĆINE DVOR

Tlo je medij u kojem se radionuklidi prirodnog i antropogenog podrijetla najduže zadržavaju. Radom je obuhvaćena analiza radionuklida ^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs i ^{134}Cs u tlu na području općine Dvor. Rasponi koncentracija radionuklida su bili: 9-72 Bq/kg za ^{238}U , 65-823 Bq/kg za ^{40}K , te 3-80 Bq/kg za ^{137}Cs (n=61). Sve izmjerene vrijednosti koncentracije ^{134}Cs bile su ispod granice detekcije metode (<1 Bq/kg). Radom su utvrđeni i osnovni agrokemijski parametri tla na području općine Dvor. Usporedbom dobivenih rezultata, može se zaključiti kako je ^{238}U bio u statistički značajnoj pozitivnoj slaboj korelaciji sa sadržajem praha, u jakoj negativnoj korelaciji sa sadržajem pijeska, slaboj negativnoj korelaciji sa biljci pristupačnim fosforom te jakoj negativnoj korelaciji sa pH. ^{40}K je bio u statistički značajnoj pozitivnoj vrlo jakoj korelaciji sa ^{238}U , negativnoj srednje jakoj korelaciji sa udjelom pijeska te negativnoj slaboj korelaciji sa pH. ^{137}Cs je imao statistički značajnu slabu korelaciju sa sadržajem praha.

Ključne riječi: ^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{134}Cs , agrokemijska analiza

Summary

Of the master's thesis – student **Martina Novosel**, entitled

DETERMINATION OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC RADIONUCLIDES IN THE SOIL OF DVOR COMMUNITY

Soil is the medium in which radionuclides of natural and anthropogenic origin persist the longest. The work includes the analysis of radionuclides ^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs and ^{134}Cs in the soil in the area of the municipality of Dvor. The ranges of radionuclide concentrations were: 9-72 Bq/kg for ^{238}U , 65-823 Bq/kg for ^{40}K and 3-80 Bq/kg for ^{137}Cs (n=61). All measured ^{134}Cs concentration values were below the detection limit of the method (< 1 Bq/kg). This work also determined the basic agrochemical parameters of the soil in the area of the municipality of Dvor. By comparing the obtained results, it can be concluded that ^{238}U has a significant weak positive correlation with silt content, a strong negative correlation with sand content, a weak negative correlation with plant available phosphorus and a strong negative correlation with pH. ^{40}K exhibited a significant very strong positive correlation with ^{238}U , a medium strong negative correlation with sand content, and a weak negative correlation with pH. ^{137}Cs exhibited a significant weak correlation with silt content.

Keywords: ^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{134}Cs , agrochemical analysis

1. Uvod

Radioaktivnost je prisutna na planeti Zemlji od samih početaka. Prirodna radioaktivnost se nalazi posvuda u okolišu, no varira s obzirom na lokaciju, utjecaj čovjeka i svojstva samog elementa. U prirodi postoji više od 340 nuklida, od čega ih je 80 radioaktivnih te se oni nazivaju radionuklidi (Justić 2013.).

Radionuklide nalazimo u svim medijima u okolišu, neki se zadržavaju duže, a neki kraće. Ima ih u zraku, vodi i tlu, ali i u živim bićima uključujući čovjeka. Uz prirodno prisutne radionuklide, razvojem tehnologije i industrije u prirodi su se pojavili i radionuklidi koji su rezultat ljudskih djelatnosti. Oni imaju mnogo negativnih karakteristika, a najveći problem predstavlja njihovo dugo zadržavanje u okolišu. Najveće ispuštanje antropogenih radionuklida u okoliš zabilježeno je u prošlom stoljeću prilikom brojnih atmosferskih testiranja nuklearnog oružja, ali i nakon nuklearnih nesreća u Fukushimi i Černobilu uzrokovanih prirodnim nepogodama i ljudskom nepažnjom. Svi ti događaji ostavili su dalekosežne posljedice na okoliš lokalno, ali i globalno s obzirom da radioaktivne čestice imaju sposobnost prenošenja na velike udaljenosti (Chiosila 2016.).

Danas je potrebno rastuće količine radioaktivnog otpada te istrošenog nuklearnog goriva iz brojnih nuklearnih elektrana na adekvatan i siguran način zbrinuti. Kao i sve ostale zemlje članice Europske unije, Republika Hrvatska ima obvezu zbrinuti sav radioaktivni otpad i iskoristene izvore ionizirajućeg zračenja proizvedene na svom teritoriju iz medicinske, vojne i industrijske djelatnosti uključujući i dio otpada iz Nuklearne elektrane Krško (NEK). Radioaktivni otpad nepravilno i nestručno zbrinut predstavlja opasnost za okoliš i sva živa bića stoga se lokacije skladištenja odnosno odlaganja pomno odabiru te se rade opsežne studije okoliša prije istog.

Potencijalna zagađenja okoliša radionuklidima iznimno su složena te je zbog kompleksnosti njihove sanacije iz okoliša potrebno spriječiti da uopće i nastanu. Ukoliko dođe do onečišćenja, količina i rasprostranjenost zagađenja ovise o mnogim čimbenicima poput izvora zagađenja, fizikalnim i kemijskim svojstvima ispuštenih radionuklida, meteorološkim uvjetima i slično (Magill 2005.).

Ukoliko ionizirajuće zračenje uđe u interakciju s tkivom živih organizama, dolazi do ionizacije molekula stanica tkiva što može imati negativan utjecaj na zdravlje organizma. S obzirom da su radionuklidi važan izvor ionizirajućeg zračenja, potrebno je pratiti njihove koncentracije u svim medijima u okolišu.

Bivša vojarna Čerkezovac na području općine Dvor u Sisačko-moslavačkoj županiji je jedna od mogućih lokacija za skladištenje nisko i srednje radioaktivnog otpada. Tlo, u odnosu na vodu i zrak, je medij gdje možemo pronaći najveću količinu radionuklida, a s obzirom na njegovu

višestruku ulogu u okolišu, važno je pratiti, proučavati i prevenirati njegovo zagađenje (Novak 2020.).

Ovim radom se analizira prirodni sadržaj odabranih radionuklida te njihova povezanost sa osnovnim kemijskim i fizikalnim svojstvima tla.

1.1. Cilj istraživanja

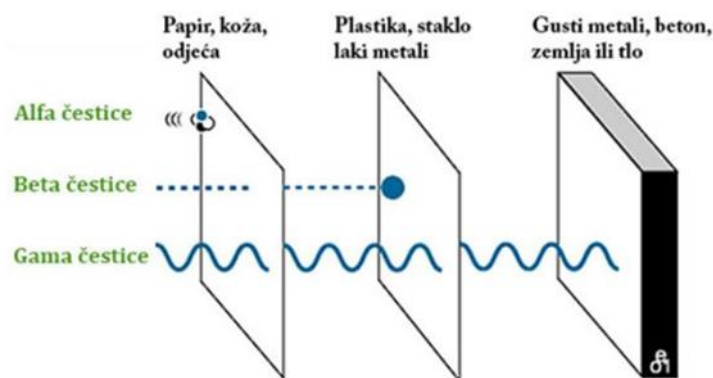
Cilj istraživanja je utvrditi trenutnu koncentraciju prirodnih (^{238}U , ^{40}K) te antropogenih radionuklida (^{137}Cs , ^{134}Cs) u tlu na području općine Dvor te utvrditi osnovne agrokemijske parametre tla: tekstura, pH, sadržaj karbonata odnosno hidrolitski aciditet, biljci pristupačan fosfor i kalij, ukupnu koncentraciju olova, arsena i kroma. Dodatni cilj je i utvrditi ovisnost koncentracije radionuklida o pojedinim fizikalnim i kemijskim svojstvima tla.

2. Pregled literature

U ljudskom okruženju nalaze se različite vrste ionizirajućeg zračenja - α , β , γ i X zračenje. Radionuklidi su atomi s nestabilnim jezgrama koje se spontano raspadaju. Upravo oni su izvor α , β i γ zračenja koji čine radioaktivnost. Radioaktivnost je sposobnost tvari da emitira zračenje. Radioaktivne tvari su prisutne u okolišu kao rezultat primjene u mnogim ljudskim djelatnostima, kao posljedice nuklearnih nesreća te ispitivanja i uporabe oružja (Novak 2020.). Prirodno su prisutni u Zemljinoj kori, tlu, hrani, vodi, zraku, a na Zemlju mogu dospjeti i iz Svemira u obliku zračenja.

Atomi mogu imati stabilnu ili nestabilnu jezgru. Izvor radioaktivnosti u okolišu su nestabilne (radioaktivne) jezgre koje se spontano raspadaju i prelaze u drugu jezgru te pritom emitiraju α , β ili γ zračenje. Teške jezgre, za razliku od lakih, trebaju veći broj raspada kako bi postigle stabilnost. Do emitiranja zračenja dolazi raspadom radioaktivnih jezgara odnosno radionuklida (Novak 2020.).

Slika 2.1. prikazuje tri vrste radioaktivnog zračenja (alfa, beta i gama) i njihovu mogućnost prodora kroz različite materijale. Alfa-zračenje zaustavlja papir, beta-zračenje aluminijski lim debljine nekoliko milimetara, a gama-zračenje olovna ploča debljine desetak centimetara.



Slika 2.1. Mogućnost prodora α , β i γ čestica kroz različite vrste materijala
Izvor: Veinović 2016.

Radionuklidi se raspadaju na α ili β način te im vrijeme poluraspada može biti izraženo u godinama, danima, satima, minutama, sekundama, milisekundama, mikrosekundama i nanosekundama. U procesu raspada radionuklida mogu biti stvoreni novi, a na kraju svakog niza raspada nalazi se radionuklid sa stabilnom jezgrom (Slika 2.2. i Slika 2.3.) (Šoštarić 2017.). Identifikacija i kvantifikacija radionuklida se najčešće izvodi pomoću brojača i spektrometara, odnosno preko karakterističnog α , β i γ zračenja za svaki pojedini radionuklid. Velik se broj radionuklida može kvantificirati preko specifičnog γ zračenja. Za identifikaciju i kvantifikaciju se koristi visokorezolucijska gama spektrometrija (Šoštarić 2017.)

Najveća koncentracija radionuklida se može pronaći u stijenama, unutrašnjosti Zemlje i tlu. Vrijeme poluraspada radionuklida je vrijeme potrebno da se polovica radionuklida iz nekog uzorka raspadne te je ono različito za svaki pojedini radionuklid. Vrijeme poluraspada je i pokazatelj koliko će se određeni radionuklid zadržati u okolišu. Radionuklide, s obzirom na podrijetlo, možemo podijeliti na prirodne i antropogene.

2.1. Prirodni radionuklidi

U grupi radionuklida prirodne pojavnosti razlikujemo primordijalne i kozmogene radionuklide te su svi rezultat prirodnih procesa.

Primordijalni radionuklidi su nastali u eksploziji zvijezda (supernova) do koje je došlo jer je zvijezda potrošila svoje nuklearno gorivo te joj je jezgra postala nestabilna. Ova grupa radionuklida je najbrojnija, ima ih 32, a vrijeme poluraspada im je relativno dugo. Najznačajniji primordijalni radionuklidi su ^{235}U , ^{238}U , ^{40}K i ^{232}Th te ih se sve, međuostalim, može pronaći i u tlu. U primarne radionuklide spadaju ^{238}U , ^{235}U i ^{232}Th , a radionuklidi nastali njihovim raspadom se nazivaju sekundarnim radionuklidima te imaju kraće vrijeme poluraspada. Svi primordijalni radionuklidi u manjoj ili većoj mjeri doprinose ukupnom zračenju kojem su izložena sva živa bića (Dighton 2008.).

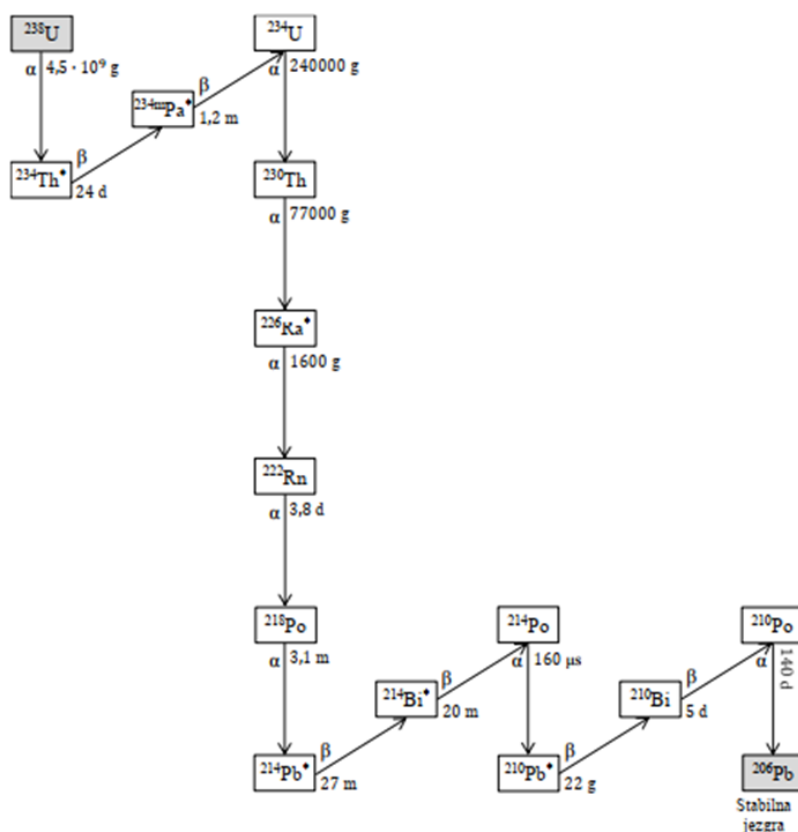
Prirodnim putem u okoliš, osim primordijalnih, dolaze i kozmogeni radionuklidi. Kozmičko zračenje se sastoji od protona, elektrona, gama zraka i X zraka te dolazi iz Svemira, a najveći dio takve vrste zračenja koje putuje prema Zemlji zaustavlja Zemljino magnetsko polje i atmosfera (Novak 2020.). Kozmogeni radionuklidi nastaju sudaranjem kozmičkih čestica sa stabilnim elementima na Zemljinoj površini ili stabilnim elementima prisutnim u njenoj atmosferi (u predjelu gornje atmosfere i donje troposfere). Atomska masa tako nastalih radionuklida je relativno mala, a poluživoti kraći. Upravo zbog djelovanja magnetskog polja, manje radionuklida nastaje u tropima nego na polovima. Najčešći kozmogeni radionuklidi: ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{26}Al , ^7Be , ^{10}Be , ^{32}Si , ^{22}Na , ^{32}P , ^{33}P , ^{35}S , ^{37}Ar , ^{39}Ar , ^{81}Kr . Na okoliš i ljudski organizam najviše utječu ^{14}C , ^3H , ^7Be i ^{22}Na (Beer 2012.).

2.1.1. Uranij-238

Uranij je kemijski element prisutan u Zemljinoj kori od njenih samih početaka. U elementarnom stanju je metal srebrno-bijele boje, slabo reaktivan, slabo provodi struju, jako je velike gustoće (Masarik 2010.).

Svi izotopi uranija su nestabilni i radioaktivni ali ^{235}U i ^{238}U imaju iznimno dugi vijek poluživota. Uz mali udio izotopa ^{234}U i ^{235}U , ^{238}U je najzastupljeniji (99,3 %) te ima poluživot od 4,5 milijardi godina. Izotopi uranija emitiraju α zračenje. S obzirom na iznimno dugo vrijeme poluraspada, izotopi uranija mogu poslužiti u svrhu radiometrijskog datiranja i praćenja (Šoštarčić 2017.).

Slika 2.2. prikazuje niz raspada različitih radionuklida počevši sa primarnim ^{238}U čime se stvori desetak ili više novih (sekundarnih) radionuklida. Nizovi završavaju radionuklidom sa stabilnom jezgrom (ovdje sekundarni radionuklid ^{206}Pb). Uz svaki radionuklid označen je način raspada (alfa ili beta) i vrijeme poluraspada. Sekundarni radionuklidi imaju kraće vrijeme poluraspada od početnih radionuklida.



Slika 2.2. Niz raspada koji započinje ^{238}U

Izvor: Šoštarić 2017.

2.1.2. Kalij-40

Kalij je alkalijski metal, po zastupljenosti u Zemljinoj kori je na 7. mjestu. Mekan je, srebrnobijele boje i sjaja, reaktivan, jedan od metala najmanje gustoće, vrlo sličan natriju. Sastojak je stijena i minerala u obliku raznih spojeva, ima ga i u morskoj vodi te živim organizmima. Kalij je odgovoran za veći dio prirodne radioaktivnosti u tijelu čovjeka jer je njegov težinski udio čak 0,2 % (Novak 2020.)

Kalij ima 3 izotopa: ^{39}K , ^{40}K te ^{41}K od kojih je radioaktivan samo ^{40}K te se u većini slučajeva raspada β -raspadom u stabilni ^{40}Ca , tek ponekad γ raspadom daje stabilni ^{40}Ar . U prirodnom kaliju, udio ^{40}K je 0,011 %. Vrijeme poluraspada ^{40}K iznosi $1,25 \times 10^9$ godina i većinom nije

opasan za okoliš. Raspadanjem, konačni produkti niza (npr. ^{40}Ca i ^{40}Ar) mogu poslužiti u određivanju starosti stijena (Masarik 2010.).

2.2. Antropogeni radionuklidi

Antropogeni radionuklidi nastaju kao produkt ljudskih djelatnosti, najčešće i najviše u medicini, prilikom testiranja nuklearnog oružja, u akceleratorima čestica te u reakcijama u nuklearnim elektranama, odnosno procesima fisije u njenim reaktorima (Novak 2020.). Kako bi se spriječilo moguće ispuštanje radioaktivnih čestica u okoliš i zaštitilo osoblje, prilikom proizvodnje radionuklida u nuklearnim elektranama te prilikom svih drugih procesa koji bi mogli rezultirati nekom vrstom štete, poduzimaju se sve mjere sigurnosti i zaštite na radu. Fisijom ili fuzijom nastaju mnogobrojni radionuklidi, ali tek ih nekoliko predstavlja veću opasnost za okoliš. Što se duže zadrže u tijelu, postaju opasniji jer emitiraju i veću količinu ionizirajućeg zračenja (Magill 2005.).

I danas su u okolišu prisutni radionuklidi (^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr i ^{131}I) nastali nakon nuklearne nesreće u Černobilu i brojnih nuklearnih testiranja. Nalaze se u gornjim slojevima atmosfere te oborinama dospijevaju na tlo i kruže u okolišu (Šošćarić 2017.).

Tablica 2.1. prikazuje vrijeme poluraspada i aktivnosti radionuklida (Bq) emitiranih u zrak prilikom pokusa nuklearnog oružja i nuklearnih nesreća.

Tablica 2.1. Aktivnosti radionuklida ispuštenih u zrak pokusima nuklearnog oružja i nesrećama u nuklearnim elektranama

Radionuklid	Vrijeme poluraspada	Aktivnost (10^{15} Bq)		
		<i>Pokusi nuklearnog oružja 1945.-1980. god.</i>	<i>Černobil 1986. god.</i>	<i>Fukushima 2011. god.</i>
^3H	12,3 g	186000	1,4	-
^{131}I	8,03 d	5300	1760	150
^{137}Cs	30,08 g	948	85	12
^{134}Cs	2,07 g	-	47	11,8
^{90}Sr	28,78 g	622	10	0,02
^{239}Pu	24100 g	6,52	0,013	-
^{240}Pu	6560 g	4,35	0,018	-
^{241}Pu	14,35 g	142	2,6	$1,8 \cdot 10^{-4}$

Izvor: Steinhauser 2014.

2.2.1. Cezij-137

Cezij je srebrno-zlatni alkalijski metal, na sobnoj temperaturi je u tekućem stanju, mekan je, izuzetno reaktivan, vrlo je sličan kaliju. Ima 39 trenutno poznatih izotopa, od kojih je jedino ^{133}Cs stabilan (Franić 2009.).

^{137}Cs je jedan od radioaktivnih produkata fizije uranija u nuklearnim elektranama te prilikom testiranja nuklearnog naoružanja. Raspada se u kratkotrajni ^{137}Ba uz oslobađanje β čestica te zatim prelazi u neradioaktivni ^{134}Ba . Opasan je po ljudsko zdravlje jer kemijski nalikuje kaliju što znači da ga potencijalno može zamijeniti u biokemijskim procesima u ljudskom tijelu. Navedeno može imati toksičan učinak zbog ionizirajućeg učinka na tkiva i organe. ^{137}Cs je opasan jer mu je vrijeme poluživota 30 godina te tako ostavlja dugoročne negativne učinke po okoliš i živa bića dugi niz godina (Lukšić 2018.).

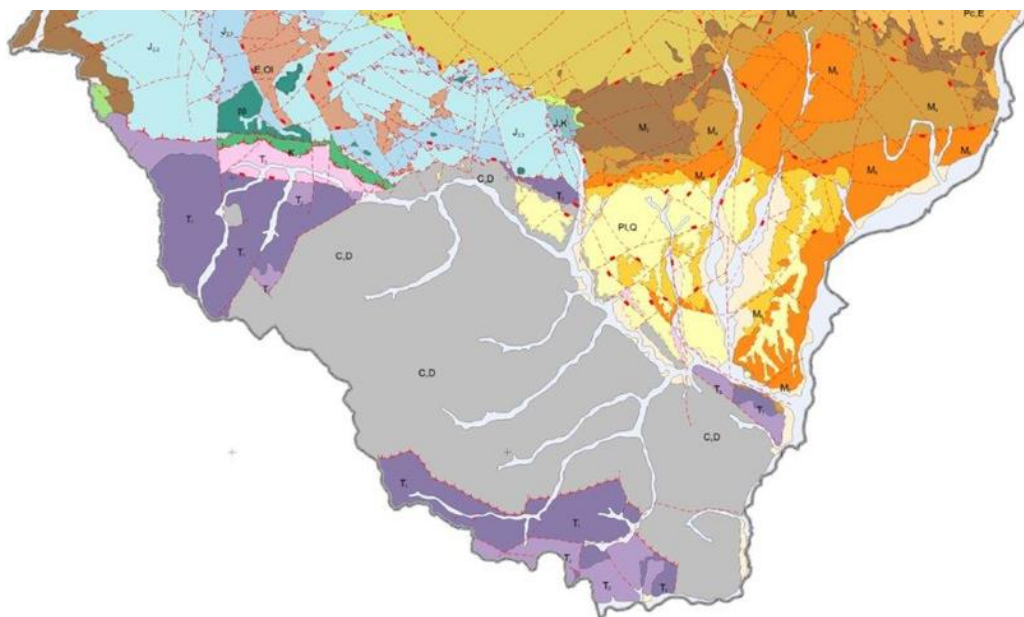
2.2.2. Cezij-134

^{134}Cs je manje opasan izotop u odnosu na ^{137}Cs zbog svojih radioloških svojstava. Vrijeme poluživota mu je samo 2 godine, a emitira β zračenje. Raspadom odmah prelazi u ^{134}Ba . Relativno veliko ispuštanje ovog izotopa rezultirati će njegovom brзом razgradnjom u okolišu (Franić 2009.).

2.3. Općina Dvor

Općina Dvor smještena je na jugu Sisačko-moslavačke županije. Najveća je Općina u županiji sa površinom od 504,9 km² te čini 11,35 % površine Sisačko-moslavačke županije i 0,89 % ukupnog teritorija Republike Hrvatske. Općina obuhvaća 64 naselja od kojih su mnoga nenaseljena ili slabo naseljena. Prema popisu stanovništva 2021. na tom području živi 3044 stanovnika što je u odnosu na popise iz 2001. (5742 stanovnika) i 2011. (5570 stanovnika) pokazatelj sve slabije naseljenosti tog kraja (Kisić i sur. 2018.).

Na slici 2.4. prikazana je geologija prostora Općine Dvor te pripadajuća legenda u nastavku.



Slika 2.4. Geološka karta područja Općine Dvor

Izvor: Fond, 2020.

Legenda geološke karte: **C, D** (karbon, devon) - klastične i karbonatne naslage
T₁, T₂ (donji i srednji trijas) - klastiti, karbonati, rožnjaci, piroklastiti
T₃ (Norik, Ret) - karbonati
M₂, M₄, M₇ (Otnang, Baden, Pont) - klastiti, karbonati, ugljen, piroklastiti
J_{2,3} (Srednja-gornja jura) - metamorfiti
J, K (Titon-barem) - klastiti, vapnenci, rožnjaci, magmatiti
E, OI (Gornji eocen-oligocen) - klastiti, ugljen
Pc, E (G. paleocen-d. eocen) - krupnozrni klastiti
K_{1,2} (Alb-cenoman) - fliš
Pl, Q (Roman-d. pleistocen) - klastiti

Izvor: Šikić, 1988.

Područje Općine je blago brdovito s mnoštvo plodnih dolina, potoka i riječica te izvora pitke vode. Geomorfološki se razlikuju tri prirodne cjeline:

- pobrđe Zrinske gore i njezini južni pristanci;
- nizinski, dolinski dijelovi oko rječice Žirovnice koja teče središnjim dijelom Općine te
- nizinski, dolinski dijelovi uz dolinu rijeke Une na krajnjim istočnim, južnim i jugozapadnim dijelovima Općine (Kisić i sur. 2018.).

Tri su važne hidrogeološke cjeline: klastične naslage paleozoika, trijasa, jure i tercijara (čine 80 % površine), karbonatne naslage trijasa (iznimno značajno i na onečišćenje osjetljivo područje) te kvartarne naslage Une kao najznačajniji izvor podzemne vode, no također cjelina potencijalno podložna onečišćenju (Kisić i sur. 2018.) – Slika 2.4. (Fond, 2020.).

Većinu površine Općine Dvor, njenih čak 60-70 %, čine šume. Dominiraju bukove šume, šume hrasta kitnjaka i graba te šume hrasta kitnjaka i kestena. Pašnjaci, livade i travnjaci čine preostalih 30-40 % površine, a obradive površine čine tek 5 % cjelokupnog područja. Poljoprivredna područja protežu se središnjim dijelom Općine odnosno na području doline potoka Žirovnice te na istočnim padinama Zrinske gore prema dolini rijeke Une. Velike površine poljoprivrednog zemljišta danas su zapuštena, zaraštena i neodržavana područja (Kisić i sur. 2018.).

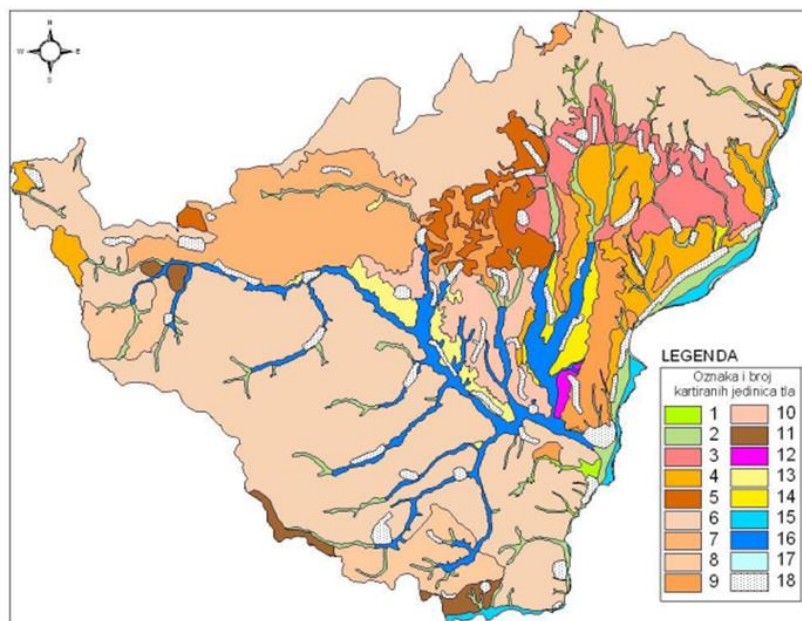
2.3.1. Agroklimatski pokazatelji

Sve više izražena promjena klime na globalnoj razini uzrokovana je rastućim antropogenim utjecajem. Na području Dvora zadnjih godina uočeno je smanjenje prosječne sezonske količine oborina tijekom proljeća i ljeta te njeno povećanje u jesenskom razdoblju. Sve više se jasno grupiraju najtoplije godine i vegetacijska razdoblja, no nije utvrđeno isto za sušne odnosno vlažne godine. S obzirom da su se vegetacijska razdoblja produžila za 6 do 9 dana (ovisno o promatranim kardinalnim temperaturama od 5, 10 i 15 °C) smatra se da se u budućnosti neće više moći uzgajati kulture kao do sada. Doći će do uzgoja sasvim novih kultura kojima će odgovarati novonastale klimatske prilike (Kisić i sur 2018.).

2.3.2. Tipovi i značajke tala

Na slici 2.5. prikazani su dominantni tipovi tala na području općine Dvor. Prevladava distrično smeđe tlo na pješčenjacima, škriljercima i konglomeratu te ranker regolitični i litični na pješčenjacima i škriljercima (označeni brojem 6 na karti) sa ukupnom površinom od 23.376,7 ha od kojih je 20.677,4 ha pod šumskom vegetacijom, ostalo su područja pod zaraštanjem te poljoprivredne površine (Kisić i sur. 2018.).

Močvarno-glejno hipoglejno i amfiglejno mineralno nekarbonatno te koluvij s prevagom sitnice oglejeni (označeni brojem 16 na karti) su tla čiji se najveći dio površine na ovom području koristi u poljoprivredi – 1.802 ha.



Slika 2.5. Tipovi tala na području općine Dvor

Izvor: Kisić i sur. 2018.

Vrlo mali udio zastupljenosti (ispod 1000 ha) ima pseudoglej obronačni (broj 9 na karti), aluvijalno tlo (broj 15 na karti), smeđe tlo (broj 11 na karti) te rigolano tlo (broj 12 na karti).

Kisela tla dominiraju na području općine Dvor te se sukladno tome javljaju i ograničenja za uspješnu biljnu proizvodnju. Na tlima slabije plodnosti trebaju se primijeniti agrotehnički zahvati koji bi imali melioracijski učinak na tlo. Suvišna kiselost, osim što smanjuje plodnost, ima negativan utjecaj na sve kemijske, biološke i fizikalne značajke tla. Različite kulture zahtijevaju različitu reakciju tla, a za većinu je najpovoljnija slabo kisela ili neutralna reakcija. S obzirom na prisutne tipove tala i njihove karakteristike, na području Općine najpotrebnije je ukloniti suvišnu kiselost tla primjenom vapnenih materijala odnosno kalcifikacijom (Kisić i sur. 2018.).

3. Materijali i metode istraživanja

3.1. Područje istraživanja

Uzorkovanje tla za potrebe istraživanja provedeno je na 4 različita geološka područja:

- okolica Čerkezovca – Paleozoik (Pz), Trijas i pripadne aluvijalne ili Kvartarne (Q) naslage – oznaka L1;
- područje aluvijalnih naslaga Une i Žirovnice – oznaka L2;
- područje Kenozoik (i pripadne Kvartarne naslage uz vodotoke) – oznaka L3 i
- područje Paleozoik odnosno Mezozoik (Mz) i pripadne Kvartarne naslage uz vodotoke – oznaka L4.

Sva područja istraživanja prikazana su na Slici 3.1.



Slika 3.1. Područja uzorkovanja

Izvor: Fond 2020.

Legenda slike:

„ŠUMA“ - L1 lokacije (uz uzorak L4T-16)

„KONTROLA“ - L2 lokacije

KONTROLA - L3 lokacije

„VEZA“ - L4 lokacije (osim uzorka L4T-16)

3.2. Uzorkovanje tla i priprema uzoraka

Uzorkovanje tla provedeno je u razdoblju od 14.10.2020. do 29.04.2021. tijekom kojih je sakupljeno sveukupno 61 uzorak (1 uzorak na 10 km²). Sa svakog od 4 geološka područja (L1,

L2, L3 i L4) odabrano je po 15 lokacija uzorkovanja (na L1 do L3 području), odnosno sa područja L4 16 mikrolokacija. Svaka lokacija je determinirana GPS koordinatama. Uzeto je 3-5 pojedinačnih uzoraka koji su činili prosječni uzorak sa svake lokacije te su uzorci označeni pripadajućim oznakama.

Lokacije uzorkovanja prikazane su na Slici 3.2, a označavanje uzoraka prema lokacijama prikazano je u Tablici 3.1.



Slika 3.2. 2D prikaz lokacija uzorkovanja
Izvor: Openstreetmap, prilagođeno u QGIS-u 3.16.8

Tablica 3.1. Područja uzorkovanja i pripadno označavanje uzoraka

Područje	Oznake uzoraka
Okolica Čerkezovca (L1T)	L1T-01 do L1T-15
Područje aluvijalnih naslaga rijeke Une i Žirovnice (L2T)	L2T-01 do L2T-15
Područje Kenozoik (L3T)	L3T-01 do L3T-15
Područje Paleozoik (L4T)	L4T-01 do L4T-16

Uzorkovanje se provodilo prema proceduri „Soil sampling for environmental contaminants“ (IAEA-TECDOC-1415 2004.) i proveli su ga djelatnici Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI). Neobrađeno tlo je uzorkovano od površine do 15 cm dubine s tri (trokutasta shema) odnosno pet točaka (križna shema) koje su bile međusobno udaljene desetak metara, ovisno o pojedinoj lokaciji uzimanja uzorka. Na terenu su poduzorci svježe mase oko 1,5 do 2 kg homogenizirani, a 1,5 do 3 kg uzorka odvojeno je za daljnji postupak.

Uzimajući u obzir način korištenja zemljišta, potrebno je napomenuti kako su svi uzorci uzeti s površina koje nisu poljoprivredno obrađene odnosno lokacije uzorkovanja tla su doline, pašnjaci i livadna područja, često uz rijeke ili potoke. Sedam uzoraka sa područja L1 i L4, predstavlja tlo sa šumskog područja koje je uzorkovano uz cestu oko koje se nalazi šuma (zbog ograničenosti kretanja u miniranom području). Uzorci uzeti sa šumskog područja naznačeni su u Tablici 3.2.

U tablici 3.2. su navedena sva područja i lokacije uzorkovanja sa pripadajućim koordinatama, datumima uzorkovanja, oznakama uzoraka te napomenom o načinu korištenja zemljišta.

Tablica 3.2. Popis svih lokacija i datuma uzorkovanja sa pripadnim oznakama uzoraka te napomenom o uzorkovanom tlu sa šumskog područja

Područje	Lokacije - opis	GPS koordinate	Oznake uzoraka	Stvarne koordinate	Datum uzorkovanja	Napomena
Okolica Čerkezovca (Paleozoik (Pz), Trijas i pripadne aluvijalne ili	Široko osoje – velika okuka (Pz)	N 45,04880 E 16,33330	L1T-01	45°02.9223' 16°19.9846' 431 m n.v.	16.10.2020.	šumsko područje
	Široko osoje – početak skladišta (Pz)	N 45,04270 E 16,32860	L1T-02	45°02.5531' 16°19.7219' 446 m n.v.	16.10.2020.	šumsko područje
	Široko osoje – livada kod komande (Pz)	N 45,03670 E 16,32320	L1T-03	45°02.2060' 16°19.3904' 455 m n.v.	16.10.2020.	
	greben prema Najinu kremenu (Pz)	N 45,04100 E 16,32270	L1T-04	45°02.5201' 16°19.4106' 430 m n.v.	16.10.2020.	šumsko područje
	početak doline iza ulaza u VSK (Pz)	N 45,04140 E 16,35170	L1T-05	45°02.4832' 16°21.1270' 289 m n.v.	16.10.2020.	šumsko područje
	Dolina Crnog potoka (Pz)	N 45,03100 E 16,34250	L1T-06	45°01.8436' 16°20.5667' 288 m n.v.	21.4.2021.	
	dolina Crnog potoka pod Čerkezovcem (Pz)	N 45,02330 E 16,33520	L1T-07	45°01.3997' 16°20.1127' 325 m n.v.	21.4.2021.	
	Iznad izvora Tišminog potoka (Pz/Trijas) ili uz put	N 45,02150 E 16,31070 ili	L1T-08	45°01.2770' 16°18.5786' 406 m n.v.	21.4.2021.	šumsko područje

Kvartarne (Q) naslage	prema Gornjem Dobretinu (Pz)	N 45.02700 E 16,31950				
	Čemernica-Javnica ušće (Q - materijal iz Pz)	N 45,06120 E 16,30875	L1T-09	45°03.6448' 16°18.4300' 138 m n.v.	16.10.2020.	
	dolina Javnice kod Sočanice (Q+Pz)	N 45,06920 E 16,31150	L1T-10	45°04.1459' 16°18.6679' 288 m n.v.	21.4.2021.	
	Selo Zakopa (Q+Pz graniči s Trijasom)	N 45,06930 E 16,33800	L1T-11	45°04.1727' 16°20.1817' 310 m n.v.	22.4.2021.	
	Zakopa - put prema Čerkezovcu (Pz)	N 45,06580 E 16,33890	L1T-12	45°03.9532' 16°20.3590' 360 m n.v.	22.4.2021.	
	desno od puta Matijevići-Zakopa (granica Pz/Trijas)	N 45,05860 E 16,36370	L1T-13	45°03.4991' 16°21.8085' 295 m n.v.	22.4.2021.	
	Matijevići Zakopa, 100m lijevo (Pz)	N 45,05880 E 16,35760	L1T-14	45°03.5548' 16°21.4883' 300 m n.v.	22.4.2021.	
	dolina Čemernice podno Čerkezovca (Pz)	N 45,03720 E 16,31350	L1T-15	45°02.2286' 16°18.7925' 320 m n.v.	21.4.2021.	šumsko područje
Područje	Lokacije - opis	GPS koordinate	Oznake uzoraka	Stvarne koordinate	Datum uzorkovanja	
	Volinja (aluvij Une)	N 45,19190 E 16,48200	L2T-01	45°11.4989' 16°28.9671' 191 m n.v.	30.10.2020.	
	Kuljani (aluvij Une)	N 45,17660 E 16,47330	L2T-02	45°10.5688' 16°28.3713' 205 m n.v.	23.4.2021.	
	Kozibrod (aluvij Une)	N 45,15150 E 16,46500	L2T-03	45°09.1656' 16°27.9023' 215 m n.v.	23.4.2021.	
	Divuša (aluvij Une)	N 45,14220 E 16,44475	L2T-04	45°08.5426' 16°26.6839' 191 m n.v.	30.10.2020.	
	Unčani (aluvij Une)	N 45,12150 E 16,40625	L2T-05	45°07.2703' 16°24.3985' 285 m n.v.	14.10.2020.	

Aluvijalne naslage Une i Žirovnice	Struga banska (aluvij Une)	N 45,09630 E 16,38590	L2T-06	45°05.7611' 16°23.1473' 214 m n.v.	23.4.2021.	
	Dvor (Zamlača) (aluvij Une)	N 45,08100 E 16,38450	L2T-07	45°04.8520' 16°23.0130' 216 m n.v.	23.4.2021.	
	Matijevići – blizu crpilišta (aluvij Une)	N 45,05700 E 16,37660	L2T-08	45°03.4356' 16°22.5397' 360 m n.v.	29.4.2021.	
	ušće Crnog potoka (aluvij Crnog potoka i Une)	N 45,02915 E 16,35400	L2T-09	45°01.7381' 16°21.2276' 271 m n.v.	21.4.2021.	
	Stanić polje (aluvij Une)	N 45,00150 E 16,33930	L2T-10	45°00.2087' 16°21.2306' 288 m n.v.	14.10.2020.	
	Donji Dobretin (Begluk) (aluvij Une)	N 45,00300 E 16,32030	L2T-11	45°00.2174' 16°19.2514' 294 m n.v.	14.10.2020.	
	dolina Žirovnice nasuprot Grmušana (aluvij Javnice/Žirovnice u okuci rijeke)	N 45,08200 E 16,31100	L2T-12	45°04.9463' 16°18.7835' 360 m n.v.	29.4.2021.	
	uz putu Dvor-Vanići (aluvij Žirovnice)	N 45,07800 E 16,34400	L2T-13	45°04.6586' 16°20.6272' 358 m n.v.	29.4.2021.	
	Vanići (aluvij Žirovnice)	N 45,07950 E 16,33080	L2T-14	45°04.7495' 16°19.8638' 271 m n.v.	22.4.2021.	
	Trgovi (aluvij Žirovnice blizu mosta)	N 45,10500 E 16,28400	L2T-15	45°06.2844' 16°17.0900' 251 m n.v.	29.10.2020.	
Područje	Lokacije - opis	GPS koordinate	Oznake uzoraka	Stvarne koordinate	Datum uzorkovanja	
	Švrakarnica (Kenozoik)	N 45,17760 E 16,34575	L3T-01	45°10.6495' 16°20.7766' 408 m n.v.	15.10.2020.	
	zaselak Pedalj (Kenozoik)	N 45,14150 E 16,29950	L3T-02	45°08.4698' 16°17.9915' 359 m n.v.	22.4.2021.	

Tla na Kenozoiku i pripadne Kvartarne naslage uz vodotoke	Grabovica (Kenozoik)	N 45,16710 E 16,30530	L3T-03	45°10.0282' 16°18.3053' 485 m n.v.	22.4.2021.	
	Zrinska Draga (Kenozoik)	N 45,19350 E 16,35450	L3T-04	45°11.5981' 16°21.2794' 526 m n.v.	15.10.2020.	
	Paukovac (Kenozoik)	N 45,15450 E 16,35330	L3T-05	45°09.2860' 16°16.4764' 365 m n.v.	14.10.2020.	
	Zrin (Kenozoik)	N 45,19660 E 16,36970	L3T-06	45°11.8048' 16°22.1908' 422 m n.v.	15.10.2020.	
	Gage (Kenozoik)	N 45,10510 E 16,30050	L3T-07	45°06.2945' 16°17.9977' 290 m n.v.	22.4.2021.	
	Ćore-iza zaseoka Bobere (Kenozoik)	N 45,09050 E 16,33100	L3T-08	45°05.4202' 16°19.8811' 318 m n.v.	29.10.2020.	
	Hrtić (Kenozoik)	N 45,08825 E 16,36300	L3T-09	45°05.2715' 16°21.7660' 337 m n.v.	22.4.2021.	
	Javoranj (Kepčije) raskršće/Šegestin (Kenozoik)	N 45,13925 E 16,36560	L3T-10	45°08.3612' 16°21.9566' 345 m n.v.	15.10.2020.	
	Šegestin- sjeverno od sela (Kenozoik)	N 45,17480 E 16,39980	L3T-11	45°10.4880' 16°23.9880' 469 m n.v.	15.10.2020.	
	raskršće na cesti prema Zrinu (Kenozoik)	N 45,18600 E 16,37350	L3T-12	45°11.1790' 16°22.3982' 459 m n.v.	15.10.2020.	
	Donja Oraovica-ispred sela (Kenozoik)	N 45,15770 E 16,43275	L3T-13	45°09.4751' 16°25.9963' 209 m n.v.	30.10.2020.	
	Jovac/Šakanlije (Kenozoik)	N 45,17250 E 16,45050	L3T-14	45°05.2715' 16°21.7660' 337 m n.v.	22.4.2021.	
	Gornja Stupnice (granica Mezozoik/Kenozoik)	N 45,15450 E 16,27425	L3T-15	45°09.2840' 16°21.1963' 392 m n.v.	15.10.2020.	
Područje	Lokacije - opis	GPS koordinate	Oznake uzoraka	Stvarne koordinate	Datum uzorkovanja	

Tla na Paleozoiku / Mezozoiku (Mz) i pripadne Kvartarne naslage uz vodotoke	Rujevac (Kvartar/Paleozoik)	N 45,12500 E 16,25500	L4T-01	45°07.5052' 16°15.3103' 335 m n.v.	14.10.2020.	
	Gvozdansko (Pz)	N 45,13800 E 16,21880	L4T-02	45°08.2878' 16°13.1495' 284 m n.v.	29.10.2020.	
	Donji Žirovac (Kreda)	N 45,15175 E 16,14320	L4T-03	45°09.0806' 16°08.5442' 434 m n.v.	29.10.2020.	
	Ostojići (Jura/Trijas) i/ili (Božići - Trijas/Jura)	N 45,15075 E 16,11550 (N 45,14325 E 16,13420)	L4T-04	45°09.0145' 16°06.8702' 454 m n.v.	29.10.2020.	
	Gornji Žirovac-Ćorkovići (Trijas)	N 45,11550 E 16,13870	L4T-05	45°06.9577' 16°08.3453' 348 m n.v.	29.10.2020.	
	Gornji Žirovac-Drljače (Trijas)	N 45,12830 E 16,11200	L4T-06	45°07.6781' 16°06.6955' 367 m n.v.	21.4.2021.	
	Komora (Trijas/Jura + Q)	N 45,13890 E 16,16890	L4T-07	45°08.2987' 16°10.1367' 331 m n.v.	21.4.2021.	
	Majdanski potok-prije Majdana (Pz)	N 45,11700 E 16,22050	L4T-08	45°07.0045' 16°13.2550' 305 m n.v.	29.10.2020.	
	Majdanski potok – iza sela Majdan (Pz)	N 45,10430 E 16,20050	L4T-09	45°06.2758' 16°12.0844' 347 m n.v.	21.4.2021.	
	Velebitski potok-zaselak Stambolije (Pz)	N 45,08520 E 16,25430	L4T-10	45°05.1076' 16°15.2669' 404 m n.v.	29.4.2021.	
	potok Ljubina-zaselak Ljubina (Pz)	N 45,06280 E 16,23930	L4T-11	45°03.7509' 16°14.2953' 317 m n.v.	29.10.2020.	
	potok Sočanica-zaselak Sočanica (Pz)	N 45,05300 E 16,23770	L4T-12	45°03.1597' 16°14.2295' 424 m n.v.	29.10.2020.	
	potok Sočanica-zaselak Donja Sočanica (Pz)	N 45,06600 E 16,29090	L4T-13	45°03.9584' 16°17.4394' 314 m n.v.	22.4.2021.	

	dolina Javnice ((Pz)	N 45,04400 E 16,27050	L4T-14	45°02.6348' 16°16.2090' 329 m n.v.	16.10.2020.	
	Kotarani Lovrići/Živkovići (granica Pz/Mz)	N 45,03380 E 16,24770	L4T-15	45°02.0172' 16°14.8465' 500 m n.v.	29.4.2021.	
	Javornik-Gornji Dobretin, šuma/desno (Trijas/Pz)	N 45,02150 E 16,31070	L4T-16	45°00.9599' 16°18.2120' 488 m n.v.	29.4.2021.	šumsko područje

3.3. Laboratorijska analiza

U laboratoriju Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) određivan je 31 radionuklid od interesa za to područje, a dobivene vrijednosti njih četiri analizirana su za potrebe pisanja ovog rada: ^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs i ^{134}Cs .

Uzorkovanje je provedeno prema procedurama Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA 1989.). Pojedini skupni uzorak tla se dobio iz 10 nasumičnih uzoraka unutar površine od 1 m² korištenjem cilindrične jezgre (promjera 10 cm) kako bi se prikupio najviši sloj debljine 10 cm. Tako dobiveni uzorak se potom sušio na sobnoj temperaturi nekoliko dana te je uslijedilo prosijavanje na veličinu čestica od 2 mm, ponovno sušenje na 105 °C do konstantne mase, homogenizacija. Tako osušeni i homogenizirani uzorci su se pakirali u hermetički zatvorene plastične Marinelli posude volumena 1 L za gamaspektrometrijska mjerenja i zatim ostavili da miruju barem 30 dana kako bi postignuli radioaktivnu ravnotežu unutar uranijevih i torijevih lanaca raspada. Kada su postignuli ravnotežu, uzorci su bili spremni za analizu na gamaspektrometru (Petrinec i sur. 2011.).

Gamaspektrometrija je metoda kojom se mogu odrediti koncentracije aktivnosti većeg broja traženih radionuklida u uzorcima. Radionuklidi prisutni u uzorku emitiraju specifične γ fotone na temelju kojih se određuje koncentracija aktivnosti. Osim što se izravno određuju radionuklidi koji emitiraju γ fotone, pomoću njih je moguće odrediti i radionuklide nastale u lancu raspada koji ne emitiraju izravno γ fotone (Šoštarić 2017.).

Gamaspektrometrijsko mjerenje uzoraka sa područja općine Dvor je provedeno uporabom detektorskog sustava visoke čistoće *High Purity Germanium Coaxial Photon Detector* koji se sastoji od detektora GMX (relativna učinkovitost od 74,2 % i puna širina fotovrha na pola maksimuma od 2,24 keV, na 1,33 MeV ^{60}Co). Kalibracije energije i učinkovitosti provedene su korištenjem certificiranih izvora kalibracije Češkog mjeriteljskog instituta. Vrijeme mjerenja iznosilo je 80 000 s ili dulje, ovisno o aktivnosti uzorka, a spektri su analizirani računalnim programom *ORTEC Gamma Vision*. Primijenjeni su potrebni postupci osiguranja kvalitete u

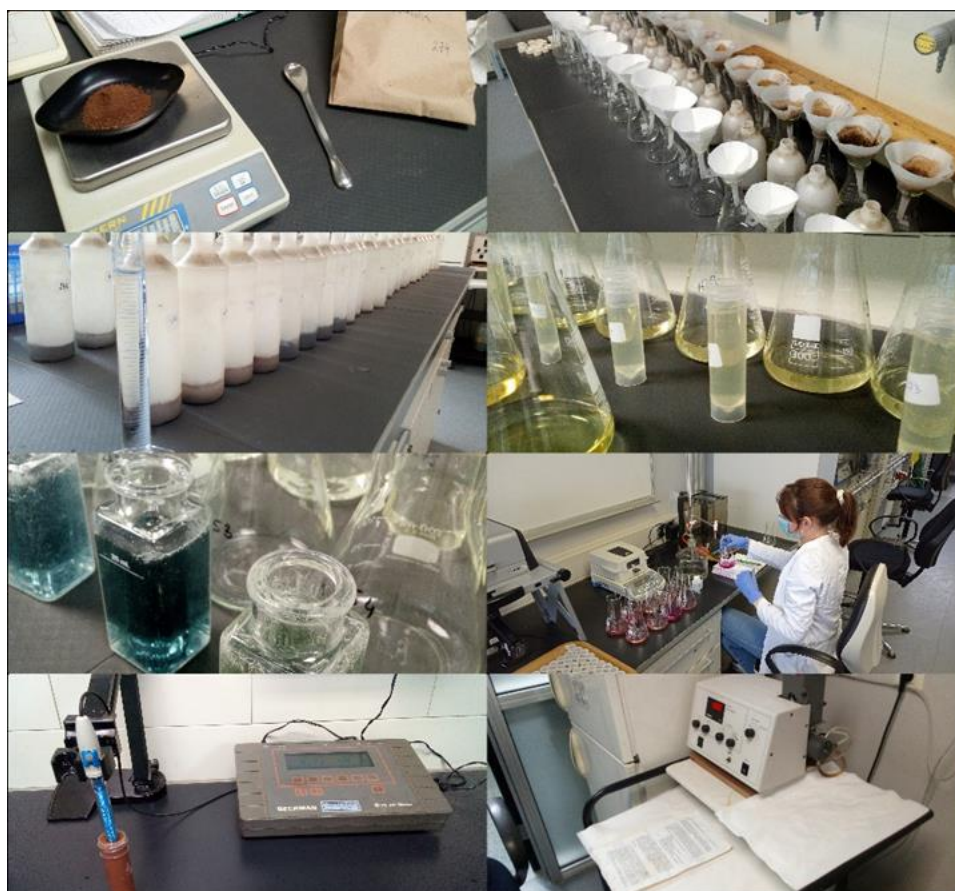
mjerenjima i analizi (Petrinec i sur. 2011.), ponajviše oni koji se odnose na korekcije za učinke samoprigušenja u različitim matricama (Šošćarić i sur. 2016.) i zbrajanje stvarnih koincidencija (Vidmar 2005.).

Analize osnovnih agrokemijskih parametara te određivanje ukupnog sadržaja olova, arsena i kroma odrađene su na Agronomskom fakultetu, u laboratoriju Zavoda za opću proizvodnju bilja. U Tablici 3.3. prikazani su određivani agrokemijski parametri te ukupni sadržaj elemenata te pripadajuće mjerne jedinice, metode i norme. Na slici 3.3. prikazani su neki od postupaka pri analizi parametara u laboratoriju.

Tablica 3.3. Popis određivanih agrokemijskih parametara te ukupan sadržaj elemenata i njima pripadajuće metode analize

Parametar	Mjerna jedinica	Metoda	Protokol/Norma	Matriks
sušenje/mljevenje/sijanje, homogeniziranje	-	priprema uzoraka tla	HRN ISO 11464:2006	tlo
pH	-	određivanje pH vrijednosti u 0,01 M CaCl ₂ , 1 M KCl i H ₂ O u omjeru 1:2,5 (m/v)	HRN ISO 10390:2005	tlo
CaCO ₃	%	volumetrijska metoda (Scheibler)	HRN ISO 10693:2004	tlo
y ₁ = hidrolitski aciditet = HA	cmol+/kg	ekstrakcija s 1M NaAc	Škorić 1982.	tlo
biljni pristupačni (P i K) _{AL}	mg/100g	pristupačni fosfor i kalij u AL ekstraktu u omjeru 1:20 (m/v) – AL metoda (spektrofotometar, Hach DR/2000, 1996. i plamenfotometar, Jenway, PFP7, 1999.)	Škorić 1982.	tlo
mehanički sastav tla (pijesak, prah, glina)	%	metoda prosijavanja i sedimentacije	HRN ISO 11277:2009	tlo

<p>određivanje ukupnih elemenata Pb, As i Cr</p>	<p>mg/kg</p>	<p>provjera tla za odabrane elemente rendgenskom fluorescentnom spektrometrijom uporabom ručnog ili prijenosnog instrumenta – pXRF metoda (pXRF Vanta, Olympus, 2019.)</p>	<p>HRN ISO 13196:2015</p>	<p>tlo</p>
--	--------------	--	---------------------------	------------



Slika 3.3. Laboratorijska analiza parametara - Laboratorij Zavoda za Opću proizvodnju bilja, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Izvor: Iva Hrelja, mag. ing. agr.

3.4. Obrada podataka

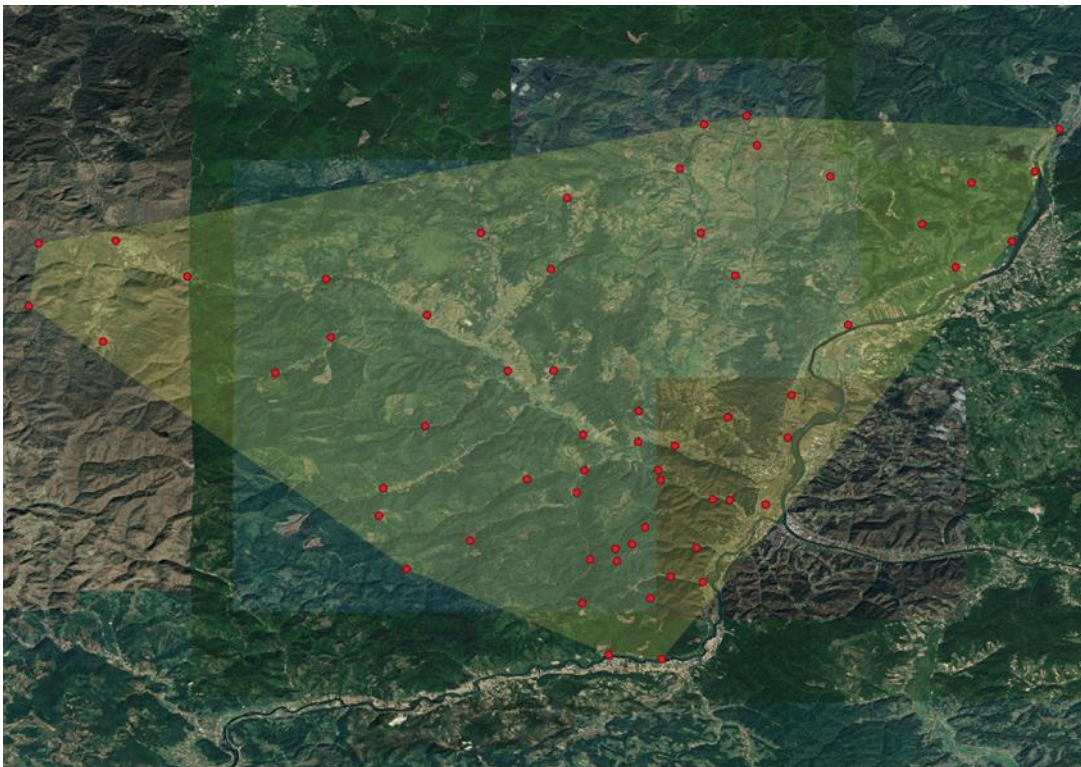
3.4.1. Statistička obrada

Statistička analiza napravljena je putem računalnog programa Statistica 12.64 (StatSoft) te Microsoft Office Excel-a 2016.

3.4.2. Prostorna obrada podataka (GIS)

Točke uzorkovanja prostorno su locirane pomoću GPS koordinata te uvedene u bazu podataka za izradu GIS karte za svaki analizirani parametar pojedinačno. Za izradu karata je korišten software QGIS, verzija 3.16.8, a korištena je interpolacijska metoda Inverse Distance Weighted (IDW).

Na slici 3.4. se nalazi 3D predložak karte prema kojoj je izrađena prostorna analiza ispitivanih podataka u GIS-u sa obilježenim točkama uzorkovanja.



Slika 3.4. Prikaz točki uzorkovanja na području Dvora na temelju kojeg je napravljena prostorna analiza

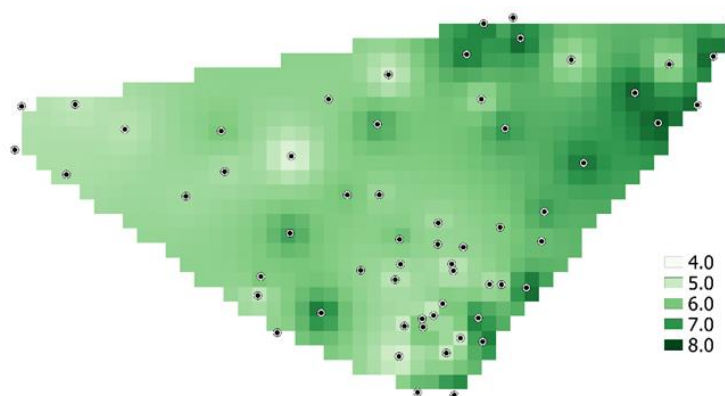
Izvor: GoogleEarth, prilagođeno u QGIS-u 3.16.8

4. Rezultati i rasprava

4.1. Agrokemijski parametri

4.1.1. pH vrijednost

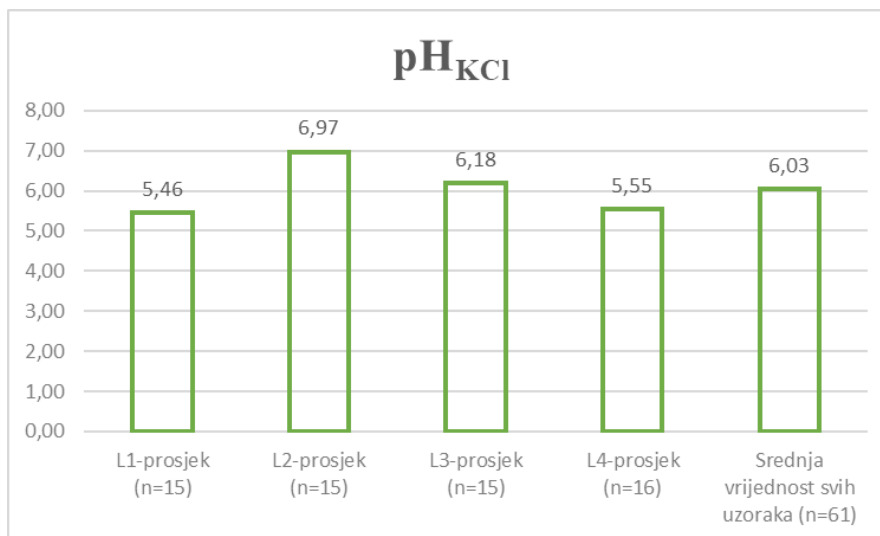
Prostorni prikaz dobivenih pH vrijednosti tla iz prikupljenih uzoraka prikazan je na slici 4.1. Najniža izmjerena pH vrijednost u uzorcima je iznosila 4,15, dok je najviša pH vrijednost bila 8,52. Prosječna srednja vrijednost pH iznosila je 6,03 (Prilog 1.).



Slika 4.1. Prostorno prikazane pH_{KCl} vrijednosti tla na svim lokacijama uzorkovanja

Uzimajući u obzir prosječne pH vrijednosti na 4 velika geološka područja, iz grafa 4.1. vidljivo je da se najkiselija tla nalaze na području uzorkovanja L1 (Paleozoik, Trijas i pripadne aluvijalne ili Kvarterne naslage), a najviše prosječne vrijednosti pH izmjerene su na području L2 (aluvijalne naslage rijeka Une i Žirovnice) sa vrijednosti od 6,97.

Može se zaključiti da pH vrijednost ovisi o vrsti geološke podloge na kojoj je uzorkovano tlo, što je i logično jer tlo nastaje procesom trošenja stijena.



Graf 4.1. Prosječne pH vrijednosti na 4 geološka područja uzorkovanja te srednja vrijednost svih uzoraka

Prema Škorić 1991. (Tablica 4.1.), reakcija tla ispitivanih uzoraka je u prosjeku slabo kisela.

Tablica 4.1. Interpretacijske vrijednosti za pH korištene u ovom radu

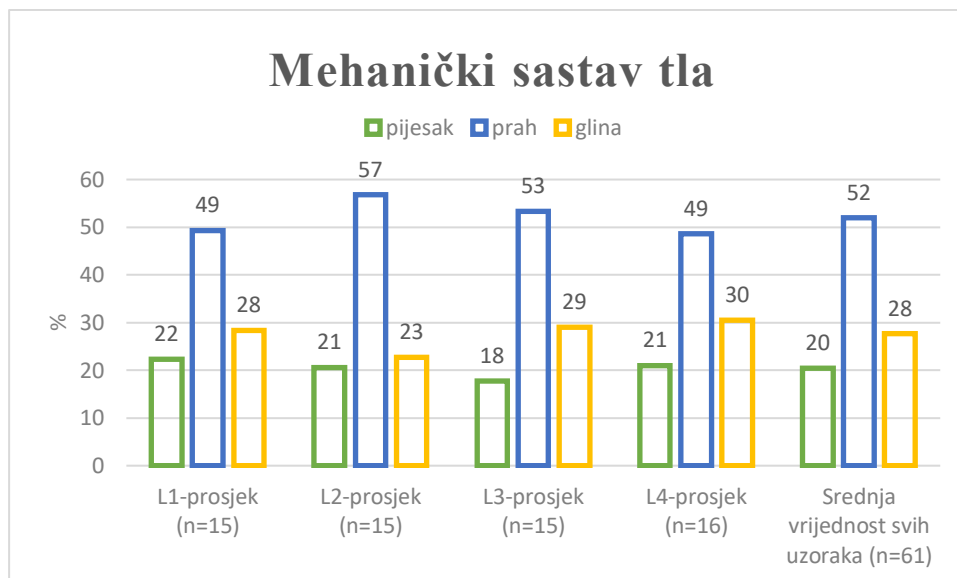
Reakcija tla temeljem pH vrijednosti	
Jako kisela	< 4,5
Kisela	4,5-5,5
Slabo kisela	5,5-6,5
Neutralna	6,5-7,2
Slabo alkalna	7,2-7,7
Alkalna	>7,7

Izvor: Škorić 1991.

4.1.2. Mehanički sastav tla

Iz grafa 4.2. vidljive su prosječne vrijednosti udjela pijeska, praha i gline na 4 istraživana područja (L1, L2, L3, L4). Postotni udjeli, promatrajući svaku od frakcija zasebno, su približno jednaki. Udio praha u svim uzorcima varira od 10 do 78 %, a u prosjeku je viši u odnosu na pijesak i glinu (Prilog 2. – Prilog 4.).

U Prilozima 2., 3. i 4. vidljive su minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti udjela pojedinih frakcija tla. S obzirom na udio pojedine frakcije u uzorku, u Prilogu 5. navedene su teksturne oznake za svaki uzorak tla.



Graf 4.2. Prosječni mehanički sastav tla za 4 istraživana geološka područja te srednja vrijednost svih uzoraka za pojedinu frakciju

Uzimajući u obzir vrijednosti veličina čestica (Tablica 4.2.), može se zaključiti da u uzorcima prevladava prah, odnosno čestice veličine od 2 – 63 μm . Praškastu teksturu imaju 43 uzorka tla od ukupno 61.

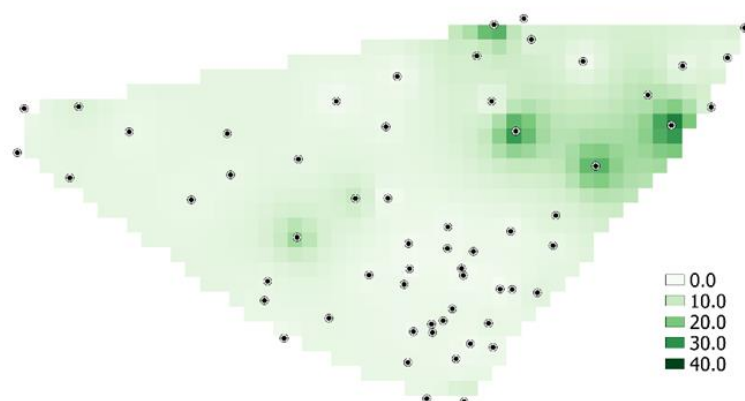
Tablica 4.2. Interpretacijske vrijednosti za mehanički sastav tla prema veličini čestica korištene u ovom radu

Tekstura tla, veličina čestica	
pijesak	63 - 2000 μm
prah	2 - 63 μm
glina	< 2 μm

Izvor: FAO WRB 2015.

4.1.3. Biljci pristupačan fosfor

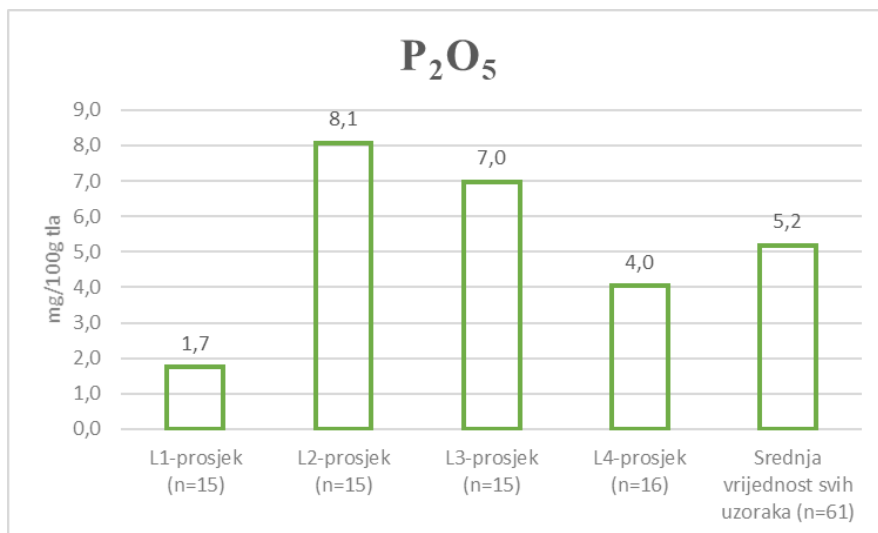
Prostorni prikaz izmjerenih vrijednosti biljci pristupačnog fosfora nalazi se na slici 4.2. Količine fosfora na mjestima uzorkovanja ne odudaraju značajno jedne od drugih (Prilog 6.), a iznimno veće količine fosfora (tamnije nijanse zelene boje na karti) prisutne su na svega 4 mikrolokacije na sjeveroistočnom dijelu Općine koje pripadaju područjima L2 i L3. Iste lokacije imaju i više vrijednosti pH.



Slika 4.2. Prostorno prikazane vrijednosti biljci pristupačnog fosfora u tlu (P_2O_5)

Minimalna izmjerena vrijednost pristupačnog fosfora iznosi 0,3 mg/100 g tla, a maksimalna vrijednost je 34,3 mg/100 g tla. Srednja vrijednost svih uzoraka je 5,2 mg/100 g tla (Prilog 6.).

Iz grafa 4.3. može se vidjeti da su najveće vrijednosti biljci pristupačnog fosfora u prosjeku na području aluvijalnih naslaga rijeka (L2), a niske koncentracije od 1,7 mg/100g tla u prosjeku na području okolice Čerkezovca (L1) – graf 4.3.



Graf 4.3. Prosječne vrijednosti pristupačnog fosfora u tlu u obliku P_2O_5 na 4 velika geološka područja uzorkovanja te srednja vrijednost svih uzoraka

Na količinu biljci pristupačnog fosfora utječe zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla bazama te se najveće količine biljci pristupačnog fosfora u obliku P_2O_5 nalaze na tlima sa pH vrijednosti od 6,5 do 7,0 (Feller 2016.) što je u skladu sa ovdje dobivenim rezultatima. Općenito, opskrbljenost biljaka pristupačnim P_2O_5 je vrlo slaba do slaba u cijeloj Općini (Tablica 4.3.).

Tablica 4.3. Interpretacijske vrijednosti za opskrbljenost biljci pristupačnim fosforom korištene u ovom radu

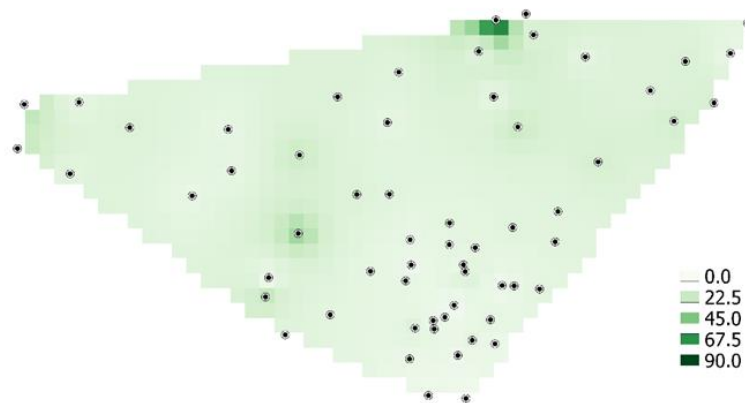
Opskrbljenost biljci pristupačnim P ₂ O ₅ , temeljem njihova sadržaja u tlu u mg/100 g tla	
Vrlo slaba	< 5
Slaba	5-10
Umjerena	10-15
Dobra	15-20
Bogata	20-25
Vrlo bogata	> 25

Izvor: Škorić 1982.

4.1.4. Biljci pristupačan kalij

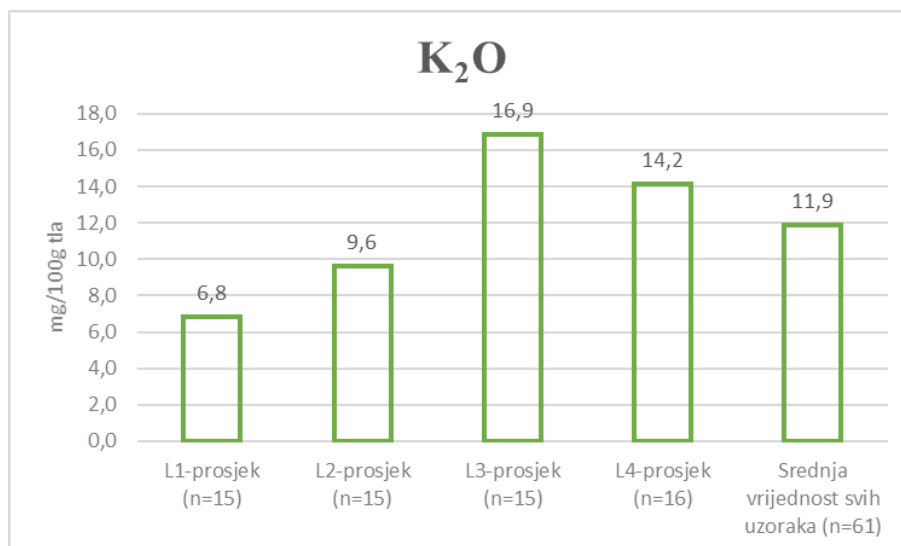
Iz prostornog prikaza vrijednosti biljci pristupačnog kalija (Slika 4.3.) vidljivo je da nema značajnijih odstupanja u koncentracijama kalija.

Minimalna vrijednost kalija u uzorcima iznosi 1,3 mg/100 g tla, a izdvaja se samo jedna lokacija na krajnjem sjeveru Općine (L3T-04) čija vrijednost je visoka – >40 mg/100 g tla te je ona ujedno i maksimalna izmjerena vrijednost kalija u svim uzorcima. Aritmetička vrijednost svih uzoraka je 11,9 mg/100 g tla (Prilog 7.).



Slika 4.3. Prostorno prikazane vrijednosti biljci pristupačnog kalija u tlu (K₂O)

Najviše prosječne vrijednosti biljci pristupačnog kalija prisutne su na području L3, a najmanje na području L1 (Graf 4.4.).



Graf 4.4. Prosječne vrijednosti pristupačnog kalija u tlu u obliku K₂O na 4 velika geološka područja uzorkovanja te srednja vrijednost svih uzoraka

Promatrajući prethodno prikazane prosječne vrijednosti, može se reći da je opskrbljenost biljaka pristupačnim K₂O na cijelom području slaba do dobra (interpretacija prema Tablici 4.4.).

Tablica 4.4. Interpretacijske vrijednosti za opskrbljenost biljci pristupačnim kalijem korištene u ovom radu

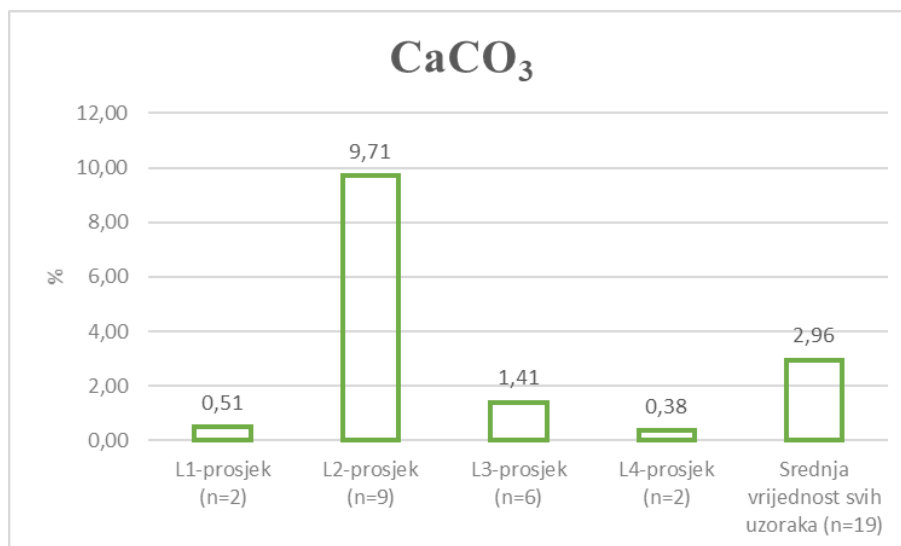
Opskrbljenost biljci pristupačnim K ₂ O, temeljem njihova sadržaja u tlu u mg/100 g tla	
Vrlo slaba	< 5
Slaba	5-10
Umjerena	10-15
Dobra	15-20
Bogata	20-25
Vrlo bogata	> 25

Izvor: Škorić 1982.

4.1.5. Sadržaj karbonata

Iz Grafa 4.5. vidljive su prosječne koncentracije sadržaja karbonata u tlu na područjima L1, L2, L3 i L4. Minimalni udio karbonata u tlu iznosi 0,01 %, a maksimalni 76,16 %. Srednja vrijednost sadržaja karbonata u svim uzorcima je 2,96 % (n=19).

Područje L2 je područje aluvijalnih naslaga rijeka Une i Žirovnice stoga su tu prisutne najveće prosječne maksimalne vrijednosti u odnosu na L1, L3 i L4 područja gdje je sadržaj karbonata manji.



Graf 4.5. Prosječni sadržaj karbonata u tlu na 4 geološka područja istraživanja te srednja vrijednost svih uzoraka

Podatci iz Priloga 8. ukazuju da je većina uzorkovanih tala slabo karbonatna (prema Tablici 4.5.).

Tablica 4.5. Interpretacijske vrijednosti za sadržaj karbonata u tlu korištene u ovom radu

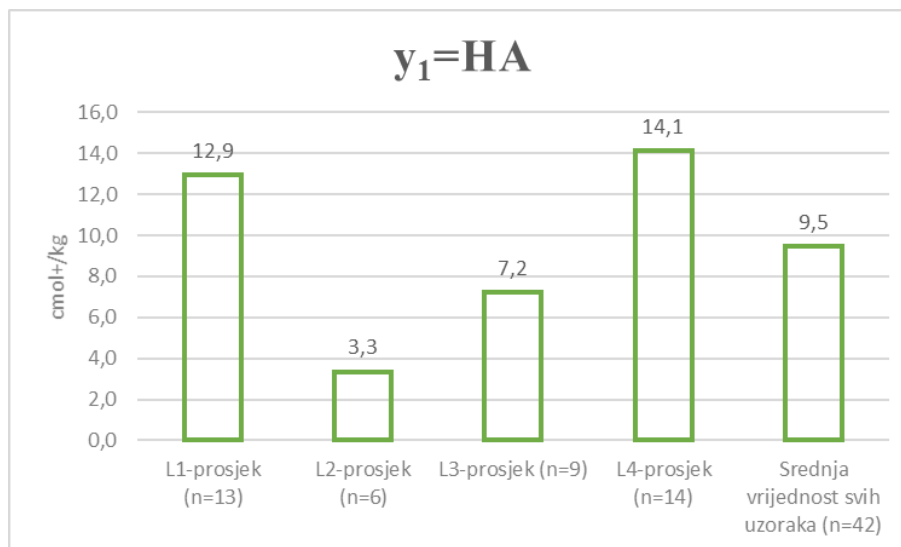
Sadržaj karbonata u tlu, % CaCO ₃	
slabo karbonatna	< 8%
srednje karbonatna	8 -25%
jako karbonatna	>25%

Izvor: Škorić 1982.

4.1.6. Hidrolitski aciditet

Minimalni hidrolitski aciditet iznosi 0,1 cmol+/kg, a maksimalni 26,6 cmol+/kg. Aritmetička sredina svih vrijednosti hidrolitskog aciditeta je 9,5 cmol+/kg (Prilog 9.), (n=42).

Nužna je potreba za kalcifikacijom na tlima na L1 i L4 području koja imaju izuzetno niske pH vrijednosti – Graf 4.6. (interpretacija prema Tablici 4.6.).



Graf 4.6. Prosječna hidrolitska kiselost tla na 4 geološka područja uzorkovanja te pripadna srednja vrijednost svih uzoraka

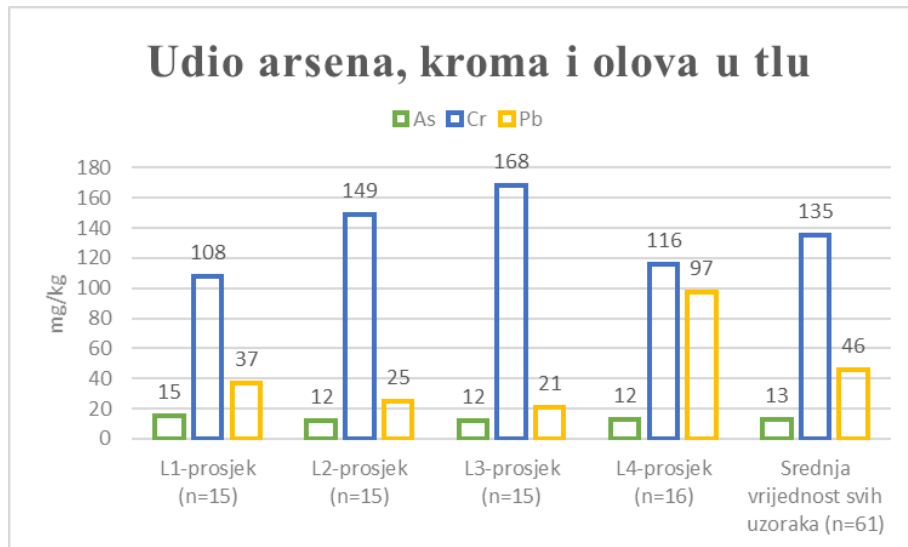
Tablica 4.6. Interpretacijske vrijednosti potrebe za kalcifikacijom s obzirom na hidrolitski aciditet korištene u ovom radu

Potreba za kalcifikacijom tj. hidrolitska kiselost tla (y_1) u cmol+/kg		
nije potrebna	<4,0	niska
nije obvezna	4,0-8,0	srednja
nužna	>8,0	visoka

Izvor: Škorić 1982.

4.2. Ukupni sadržaj elemenata

Iz grafa 4.7. je vidljivo da su prosječne vrijednosti kroma na svim lokalitetima više u odnosu na arsen i olovo uz iznimku L4 lokaliteta gdje je prosječna koncentracija olova vidljivo viša u odnosu na ostala 3 istraživana područja.

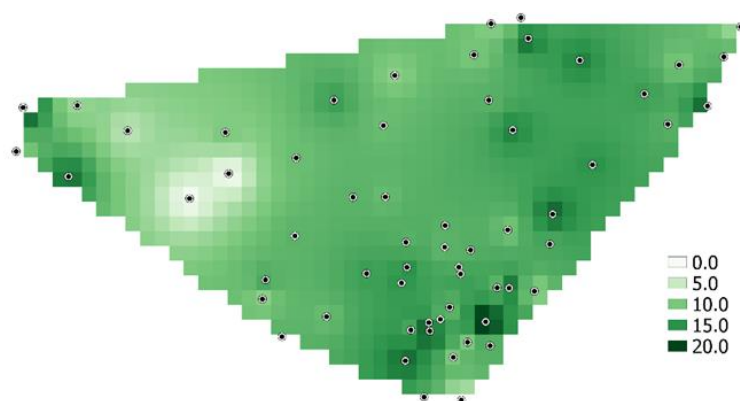


Graf 4.7. Srednje vrijednosti udjela pojedinih istraživanih elemenata na svakom od 4 geološka područja uzorkovanja te srednja vrijednost svih uzoraka za pojedini element

4.2.1. Arsen

Tek 2 lokacije (L4T-08 i L4T-09) imaju iznimno niske vrijednosti arsena (<1 mg/kg), a jedna lokacija sa 27 mg/kg (L1T-05) nešto veću vrijednost u odnosu na ostale, no općenito gledajući, vrijednosti arsena u tlu su približno jednake na čitavom području (Slika 4.4. - Prilog 10.).

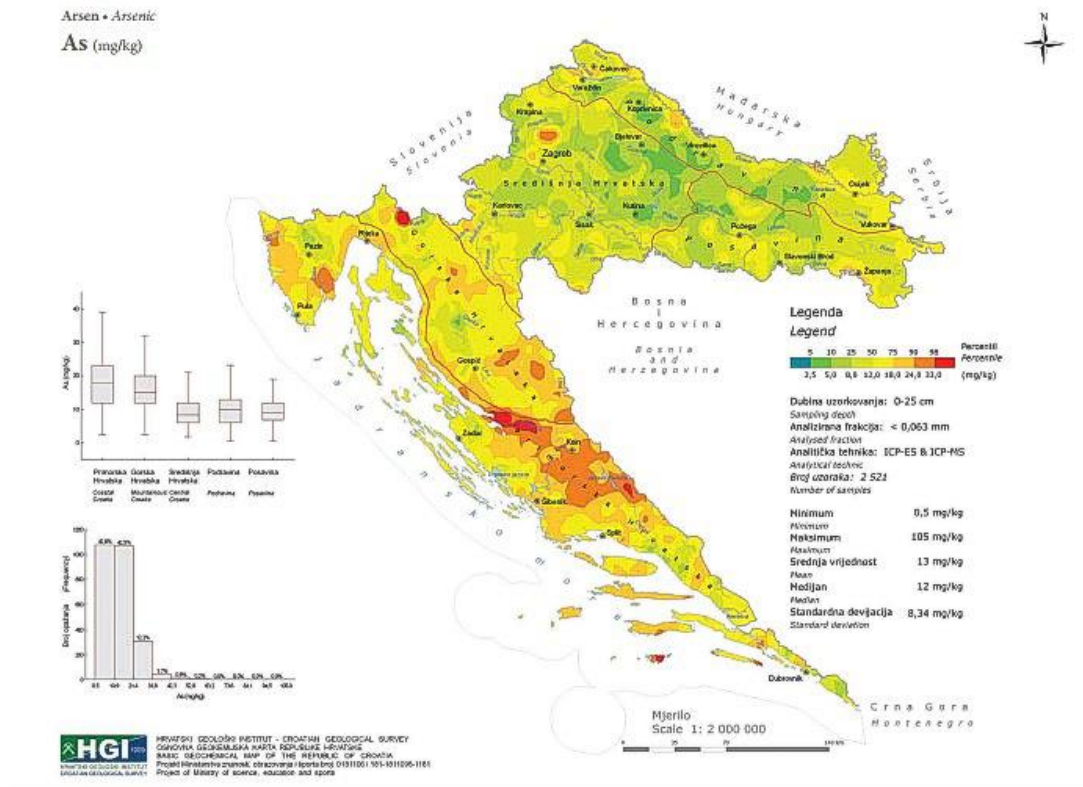
Minimalna izmjerena koncentracija arsena je 1 mg/kg, a maksimalna 27 mg/kg. Srednja vrijednost koncentracije svih uzoraka je 13 mg/kg (Prilog 10.).



Slika 4.4. Prostorni prikaz ukupnog sadržaja arsena u tlu

Koncentracija arsena u tlu na području Središnje Hrvatske prema Geokemijskom atlasu Hrvatske (Halamić, J. & Miko, S. 2009.) variraju od 1,8 do 59 mg/kg gdje je gornja granica viša u odnosu na područje općine Dvor od 27 mg/kg.

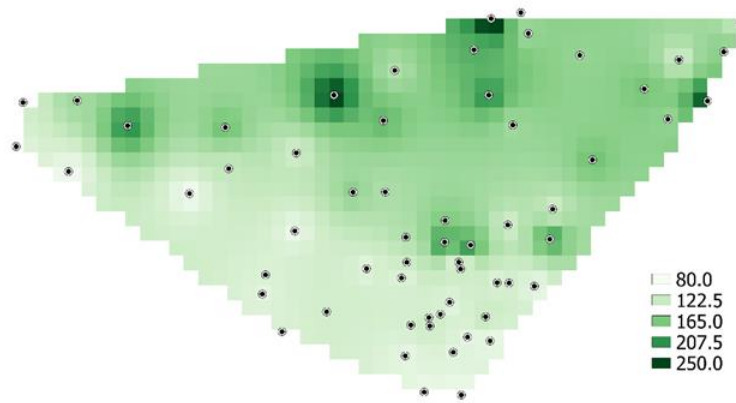
Srednja vrijednost koncentracije arsena u tlu za područje Republike Hrvatske iznosi 13 mg/kg (Slika 4.5.) što se u potpunosti poklapa sa srednjom vrijednošću istraživanog područja (13 mg/kg).



Slika 4.5. Koncentracija arsena u tlu na području Republike Hrvatske
Izvor: Halamić, J. & Miko, S. 2009.

4.2.2. Krom

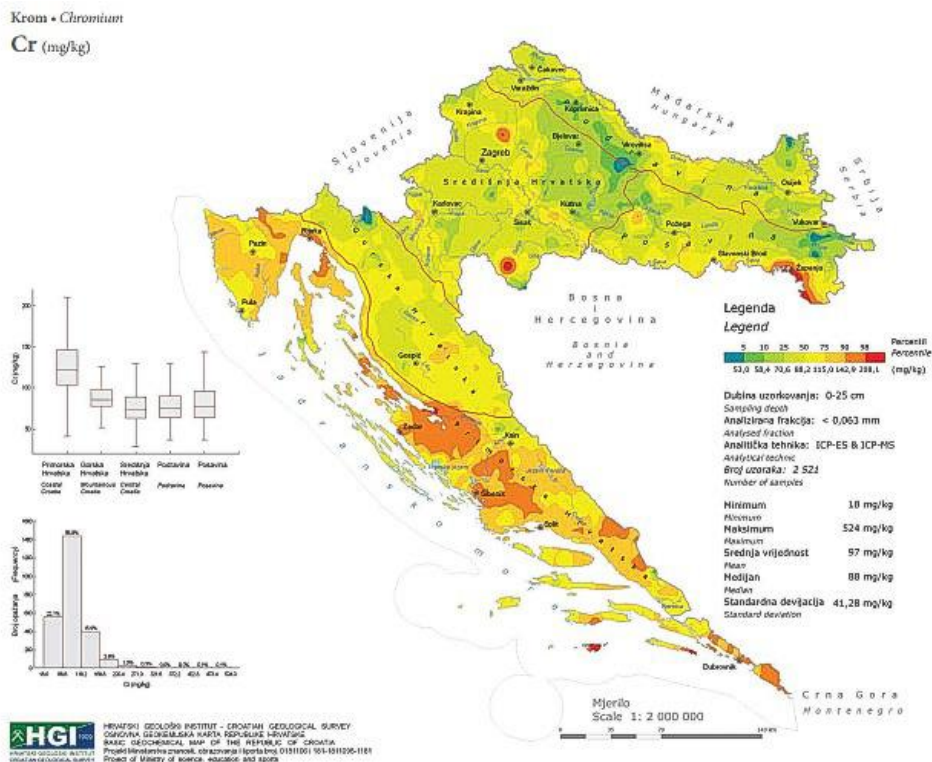
Slika 4.6. prikazuje koliko vrijednosti kroma na području Dvora međusobno odstupaju. Minimalna koncentracija kroma iznosi 76 mg/kg, a maksimalna 291 mg/kg. Srednja vrijednost koncentracije kroma u svim uzorcima je 135 mg/kg (Prilog 11.).



Slika 4.6. Prostorni prikaz ukupnog sadržaja kroma u tlu

U Središnjoj Hrvatskoj koncentracije kroma variraju od 28 do 524 mg/kg (Halamić, J. & Miko, S. 2009.) te se unutar tog raspona vrijednosti nalaze i koncentracije kroma za područje Dvora.

Srednja vrijednost koncentracije kroma na području Hrvatske je 97 mg/kg (Slika 4.7.) te je ta vrijednost niža u odnosu na dobivenu vrijednost za područje Dvora koja iznosi 135 mg/kg. Na Slici 4.7. vidljiva je iznimno visoka koncentracija kroma u tlu na području Trgovske i Zrinske gore (područje Dvora) te se ona veže uz ultramafitne stijene u podlozi (Halamić, J. & Miko, S. 2009.).



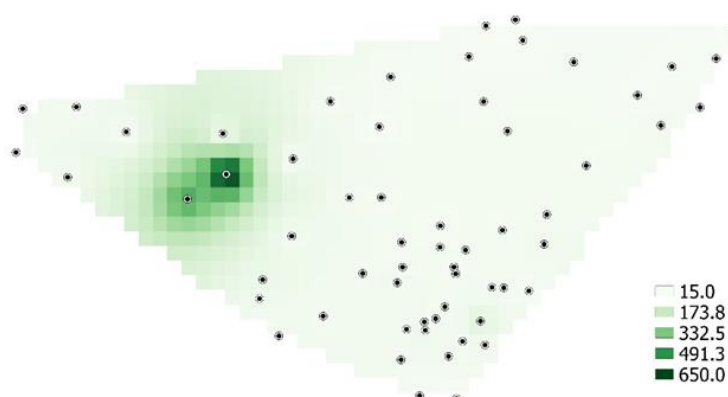
Slika 4.7. Koncentracija kroma u tlu na području Republike Hrvatske

Izvor: Halamić, J. & Miko, S. 2009.

4.2.3. Olovo

Koncentracije olova na istraživanom području međusobno jako variraju. Između minimalne i maksimalne koncentracije u uzorcima je velika razlika, a prevladavaju uzorci sa manje od 111 mg/kg. Iznad te koncentracije izdvajaju se samo dvije lokacije sa višestruko višim koncentracijama – 418 mg/kg i 696 mg/kg (L4T-08 i L4T-09). To su ujedno iste lokacije koje imaju i izrazito malu koncentraciju arsena - Slika 4.8.

Raspon minimalne i maksimalne koncentracije olova u uzorcima je iznimno velika i iznosi od 5 mg/kg do 696 mg/kg. Pripadajuća aritmetička sredina svih vrijednosti je 46 mg/kg (Prilog 12.).



Slika 4.8. Prostorni prikaz ukupnog sadržaja olova u tlu

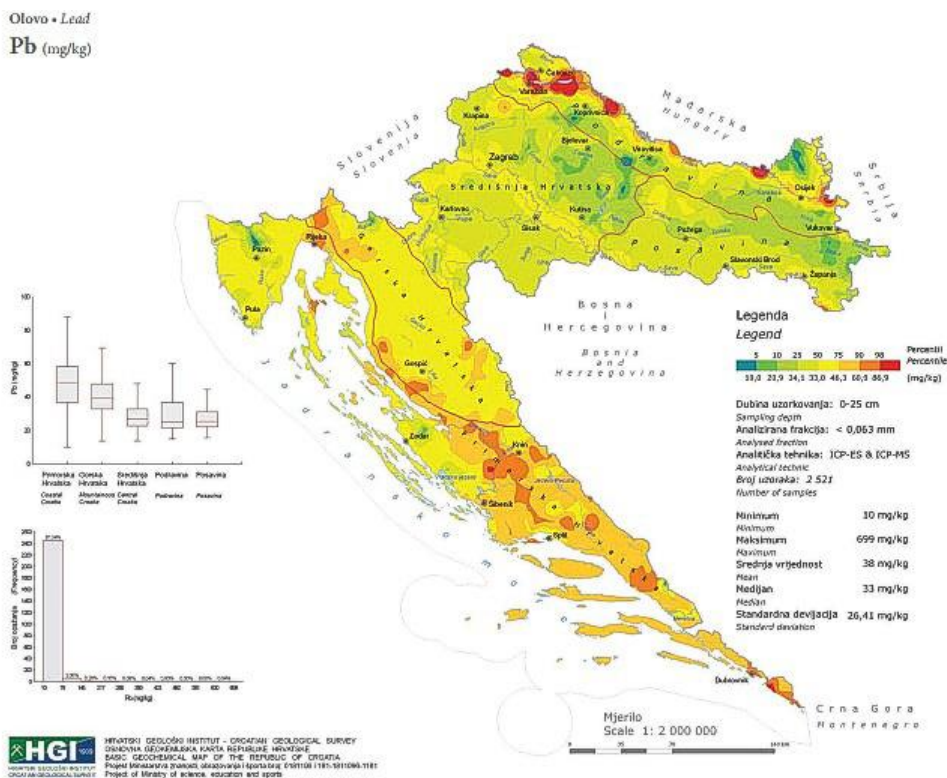
Sadržaj olova u tlu na području Središnje Hrvatske iznosi između 14 i 217 mg/kg (Halamić, J. & Miko, S. 2009.) što je uži raspon koncentracija u odnosu na raspon koncentracija za područje Dvora (od 5 mg/kg do 696 mg/kg).

Ukoliko bi se izostavile dvije najviše izmjerene vrijednosti u istraživanim uzorcima (L4T-08 i L4T-09), tada bi raspon minimalne i maksimalne koncentracije olova u tlu bio uži (od 5 mg/kg do 111 mg/kg) u odnosu na navedene vrijednosti za Središnju Hrvatsku, odnosno maksimalna vrijednost bi bila niža od maksimalne vrijednosti za područje Središnje Hrvatske.

Srednja vrijednost za područje Hrvatske je nešto niža od srednje vrijednosti koncentracije olova za područje općine Dvor (46 mg/kg) te iznosi 38 mg/kg (Slika 4.9.).

Također, ukoliko bi se i ovdje izuzele dvije najviše izmjerene vrijednosti u istraživanim uzorcima, prosječna vrijednost koncentracije olova u tlu za područje općine Dvor bi iznosila 28 mg/kg što bi bilo manje u odnosu na koncentraciju za područje cijele Hrvatske.

Olovo • Lead
Pb (mg/kg)

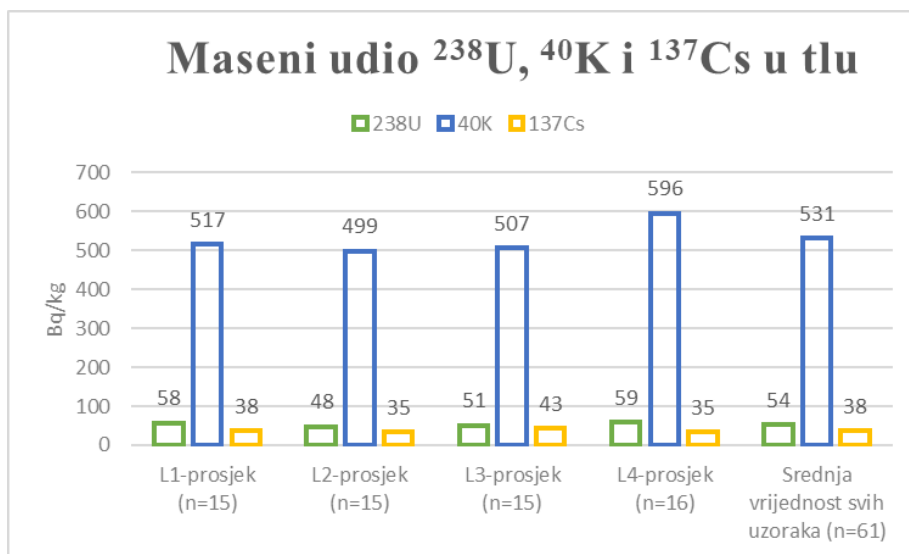


Slika 4.9. Koncentracija olova u tlu na području Republike Hrvatske

Izvor: Halamić, J. & Miko, S. 2009.

4.3. Koncentracija radionuklida

Utvrđena je znatno viša prosječna koncentracija radionuklida ^{40}K na svim lokacijama uzorkovanja u odnosu na ^{238}U i ^{137}Cs (Graf 4.8), no prosječne koncentracije svakog od mjerenih radionuklida su unutar prosjeka za Republiku Hrvatsku.

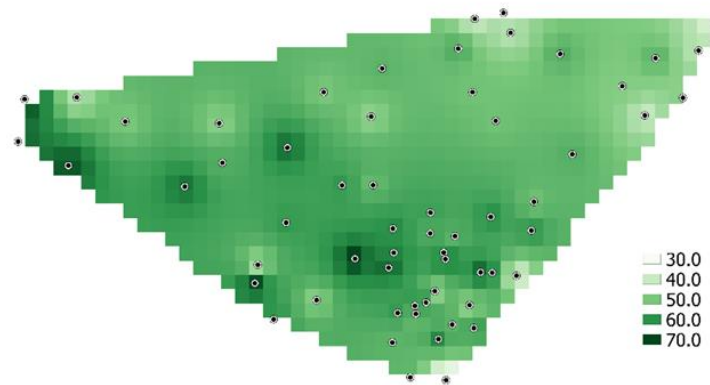


Graf 4.8. Srednje vrijednosti udjela radionuklida u tlu na 4 geološka područja uzorkovanja te srednja vrijednost svih uzoraka za pojedini radionuklid

4.3.1. Koncentracija ^{238}U

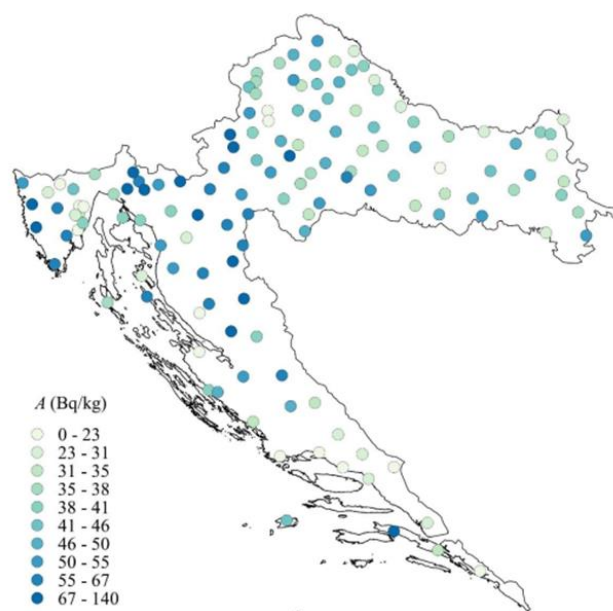
Slika 4.10. prikazuje prostorne vrijednosti koncentracije ^{238}U u tlu na području općine Dvor. ^{238}U na istraživanom području ima minimalnu koncentraciju od 9 Bq/kg te maksimalnu 72 Bq/kg. Srednja vrijednost svih uzoraka iznosi 54 Bq/kg (Prilog 13.).

Srednja vrijednost za područje Republike Hrvatske iznosi 45 Bq/kg (Šošćarić 2021.) što je nešto malo manja vrijednost u odnosu na analizirane uzorke na području općine Dvor, ali i dalje unutar prosječnih vrijednosti za RH.



Slika 4.10. Prostorni prikaz koncentracije radionuklida ^{238}U u tlu na ispitivanom području

Na području Republike Hrvatske prema Šošćarić 2017. (Slika 4.11.) koncentracije ^{238}U se kreću od 0 do 140 Bq/kg u čijem se rasponu nalaze i vrijednosti navedene u ovom radu.

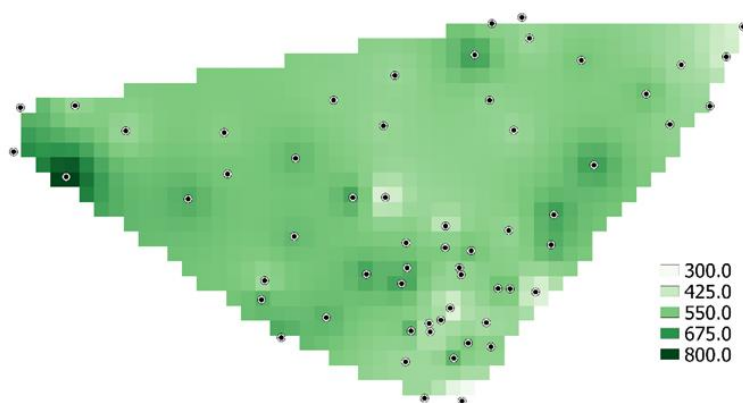


Slika 4.11. Koncentracija aktivnosti ^{238}U u tlu na području RH

Izvor: Šošćarić 2017.

4.3.2. Koncentracija ^{40}K

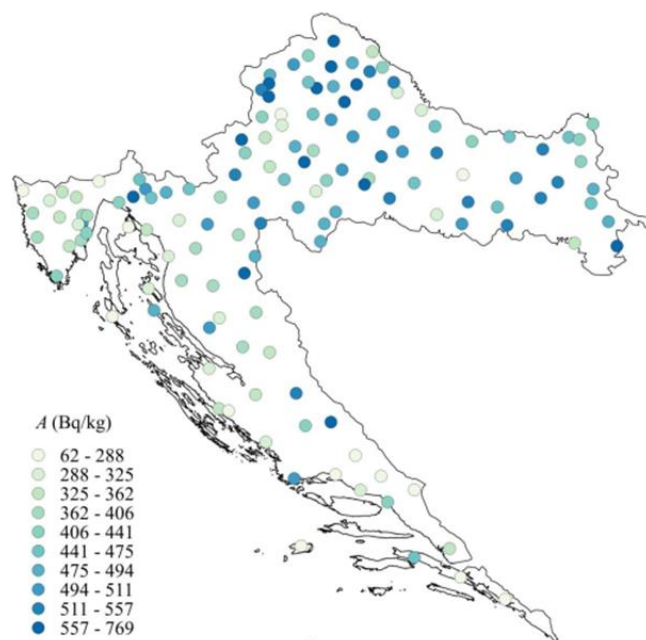
Standardna devijacija unutar vrijednosti koncentracije radionuklida ^{40}K u tlu na svim lokacijama je iznimno visoka, a lokacija L4T-05 ima vrijednost ^{40}K od 823 Bq/kg. Radionuklid ^{40}K se izdvaja sa razlikom između minimalne i maksimalne koncentracije – od 65 Bq/kg do visokih 823 Bq/kg, a aritmetička vrijednost iznosi 531 Bq/kg (Prilog 14. – Slika 4.12.).



Slika 4.12. Prostorni prikaz koncentracije radionuklida ^{40}K u tlu na ispitivanom području

Na Slici 4.13. prikazane su vrijednosti koncentracija navedenog radionuklida na prostoru Hrvatske te iznose od 62 do 769 Bq/kg (Šoštarić 2017.) te je ova maksimalna vrijednost nešto manja u odnosu na maksimalnu vrijednost na području općine Dvor (823 Bq/kg). Prema Šoštarić (2017.), koncentracije ^{40}K na području Dvora u rasponu su od 325 do 494 Bq/kg čime su unutar raspona koncentracija dobivenih u ovom radu.

Srednja vrijednost svih koncentracija ^{40}K na području RH iznosi 423 Bq/kg (Šoštarić 2017.), pri čemu je srednja vrijednost nešto viša na istraživanom području i iznosi 531 Bq/kg ali i dalje unutar prosječnih vrijednosti za RH.

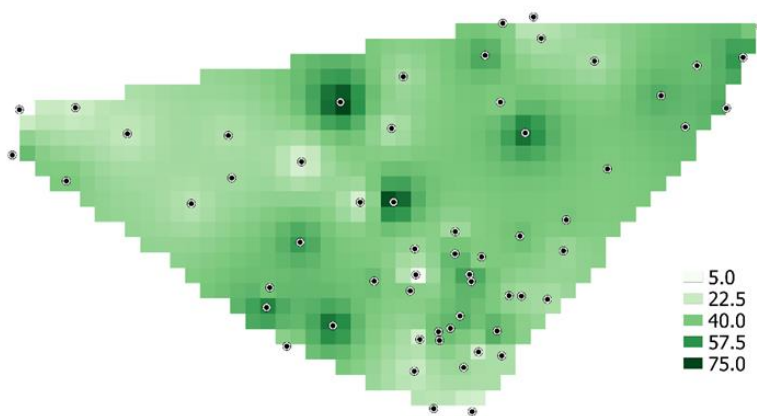


Slika 4.13. Koncentracija aktivnosti ^{40}K u tlu na području RH
Izvor: Šošćarić 2017.

4.3.3. Koncentracija ^{137}Cs

^{137}Cs je radionuklid umjetnog podrijetla koji je u okoliš dospio nesrećama u nuklearnim elektranama ili prilikom pokusa nuklearnog oružja (Yablokov 2009.).

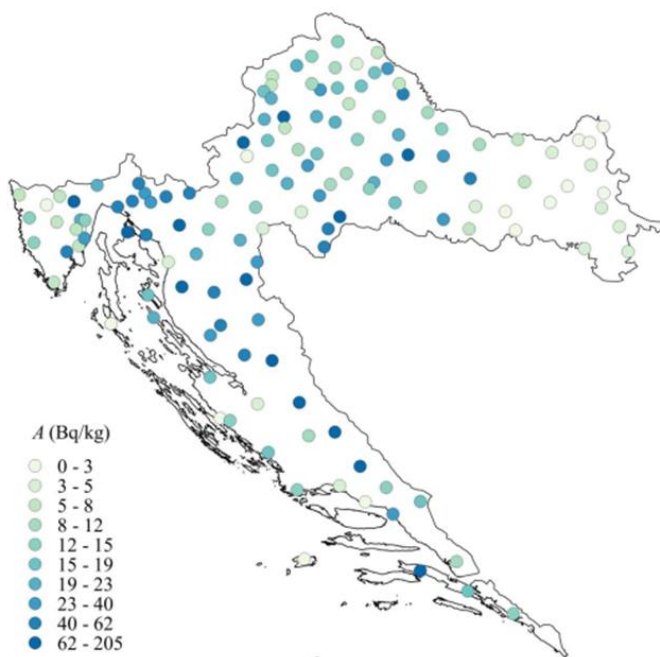
^{137}Cs ima minimalnu koncentraciju na području općine Dvor od 3 Bq/kg te maksimalnu od 80 Bq/kg. Srednja vrijednost svih uzoraka iznosi 38 Bq/kg. Koncentracije radionuklida ^{137}Cs su različite na svim lokacijama, no ne odstupaju u velikim razmjerima jedna od druge. Prostorni prikaz (Slika 4.14.) slikovno prikazuje varijacije u koncentracijama navedene u Prilogu 15.



Slika 4.14. Prostorni prikaz koncentracije radionuklida ^{137}Cs u tlu na ispitivanom području

Koncentracije ^{137}Cs u tlu na području Republike Hrvatske u rasponu su od 0 do 205 Bq/kg (Šoštarić 2017.). Maksimalna vrijednost od 205 Bq/kg premašuje najveću izmjerenu vrijednost u ovom radu od 80 Bq/kg. Prema Šoštarić 2017. (Slika 4.15.), minimalna koncentracija na području Općine Dvor iznosi 3 Bq/kg, a najveća izmjerena koncentracija također iznosi 205 Bq/kg čime premašuje ovdje dobivenu vrijednost.

Srednja vrijednost ^{137}Cs na području RH je 25,4 Bq/kg (Šoštarić 2017.) i nešto je manja u odnosu na srednju vrijednost istraživanog područja u ovom radu (38 Bq/kg).



Slika 4.15. Koncentracija aktivnosti ^{137}Cs u tlu na području RH

Izvor: Šoštarić 2017.

4.3.4. Koncentracija ^{134}Cs

Potrebno je napomenuti da ispitivani radionuklid ^{134}Cs očekivano, s obzirom na kratko vrijeme poluživota, ima nemjerljive vrijednosti u tlu te on nije uzet u obzir pri statističkoj i grafičkoj analizi. U svim ispitivanim uzorcima, vrijednosti ^{134}Cs bile su manje od 1 Bq/kg odnosno granice detekcije instrumenta.

4.4. Korelacijska matrica

Tablica 4.7. prikazuje koeficijente korelacije (r) između svih analiziranih varijabli. Bijelo označene korelacije su značajne na razini značajnosti od 5 % ($p < 0,05$), broj uzoraka: $n=61$ (Statistica 12.64, Statsoft).

Tablica 4.7. Matrica korelacija između analiziranih parametara tla

	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	pijesak	prah	glina	As	Cr	Pb	²³⁸ U	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	TIC	HA
pH	1,00	0,49	0,15	0,34	-0,09	-0,24	-0,08	0,21	-0,08	-0,63	-0,35	0,17	0,50	-0,91
P ₂ O ₅		1,00	0,56	0,14	-0,04	-0,09	-0,07	0,27	-0,06	-0,33	-0,03	0,12	0,13	-0,48
K ₂ O			1,00	-0,06	0,07	-0,02	-0,08	0,41	-0,07	-0,02	0,14	0,12	-0,10	-0,14
pijesak				1,00	-0,53	-0,40	-0,02	-0,16	0,02	-0,55	-0,43	-0,16	0,53	-0,25
prah					1,00	-0,56	-0,05	0,07	-0,10	0,32	0,17	0,27	-0,23	0,13
glina						1,00	0,07	0,09	0,09	0,19	0,24	-0,14	-0,27	0,10
As							1,00	-0,12	0,95	0,16	0,15	-0,06	-0,12	0,12
Cr								1,00	-0,10	-0,22	0,04	0,20	-0,17	-0,24
Pb									1,00	0,08	0,09	-0,06	-0,08	0,14
²³⁸ U										1,00	0,76	0,08	-0,67	0,57
⁴⁰ K											1,00	0,01	-0,62	0,30
¹³⁷ Cs												1,00	-0,20	-0,15
TIC													1,00	-0,33
HA														1,00

*Napomena: Bijelo označene korelacije su značajne na razini značajnosti od 5 % (p < 0,05), broj uzoraka: n=61

Koeficijenti korelacije su interpretirani prema Tablici 4.8. u nastavku. U interpretaciji rezultata, osim jačine korelacije, važan je i njen pozitivni odnosno negativni predznak. Pri čemu pozitivni predznaci označavaju promjenu obje varijable u istom smjeru, a negativni su u reciprocitetu.

Tablica 4.8. Interpretacija koeficijenata korelacije

korelacijski koeficijent, r	jačina korelacije
0,00 – 0,10	nema
0,11 – 0,25	vrlo slaba
0,26 – 0,40	slaba
0,41 – 0,50	srednja
0,51 - 0,75	jaka
0,76 – 0,90	vrlo jaka
0,91 – 1,00	potpuna

Izvor: Vasilj 2000.

²³⁸U je imao značajnu pozitivnu korelaciju sa sadržajem praha, a vrijednost r je iznosila 0,32 te je korelacija bila slaba. Negativnu značajnu korelaciju je ²³⁸U imao sa sadržajem pijeska (r = -0,55, jaka negativna korelacija), biljci pristupačnim P₂O₅ (r = -0,33, slaba negativna korelacija) te sa pH (r = -0,63, jaka negativna korelacija).

Na sadržaj ⁴⁰K tri varijable imale su značajan utjecaj. Bio je u pozitivnoj vrlo jakoj korelaciji sa ²³⁸U (r = 0,76). U značajnoj negativnoj srednje jakoj korelaciji je bio sa pijeskom (r = -0,43) i značajnoj negativnoj slaboj korelaciji sa pH gdje je vrijednost korelacijskog koeficijenta (r) bila -0,35.

Od promatranih agrokemijskih parametara na sadržaj ¹³⁷Cs značajan utjecaj (slaba korelacija, r = 0,27) imala je samo, veličina čestica od 2 do 63 mikrometara, odnosno sadržaj praha.

5. Zaključak

Dobivene vrijednosti agrokemijskih parametara iznosile su:

- ✓ pH vrijednost uzoraka na području općine Dvor kretala se od 4,15 do 8,52, a srednja vrijednost je iznosila 6,03 (n=61);
- ✓ analizirani uzorci sadrže najveći udio praha te su, s obzirom na teksturu, 43 uzorka tla (n=61) bila praškaste teksture;
- ✓ minimalna vrijednost biljci pristupačnog fosfora (P_2O_5) je iznosila 0,3 mg/100 g tla, maksimalna je bila 34,3 mg/100 g tla, a srednja vrijednost svih uzoraka 5,2 mg/100 g tla (n=61);
- ✓ najniža vrijednost biljci pristupačnog kalija (K_2O) u uzorcima je iznosila 1,3 mg/100 g tla, najviša vrijednost je bila >40 mg/100 g tla te je aritmetička sredina bila 11,9 mg/100 g tla (n=61);
- ✓ minimalno izmjereni sadržaj karbonata je bio 0,01 %, a maksimalni 76,16 %, srednja vrijednost 19 izmjerenih uzoraka je bila 2,96 %;
- ✓ minimalna vrijednost hidrolitskog aciditeta je iznosila 0,1 cmol+/kg, maksimalna 26,6 cmol+/kg te je aritmetička vrijednost 42 uzorka iznosila 9,5 cmol+/kg;
- ✓ minimalna koncentracija arsena je bila < 1 mg/kg, maksimalna 27 mg/kg, a srednja vrijednost svih uzoraka 13 mg/kg (n=61);
- ✓ minimalna koncentracija kroma iznosila je 76 mg/kg, maksimalna 291 mg/kg te je srednja vrijednost koncentracije kroma bila 135 mg/kg (n=61);
- ✓ minimalna koncentracija olova je iznosila 5 mg/kg, maksimalna 696 mg/kg te je srednja vrijednost bila 46 mg/kg (n=61).

Izmjerene koncentracije aktivnosti radionuklida bile su:

- ✓ ^{238}U je imao minimalnu koncentraciju od 9 Bq/kg, maksimalnu 72 Bq/kg te srednju vrijednost iznosa 54 Bq/kg za n=61;
- ✓ ^{40}K je imao minimalnu vrijednost od 65 Bq/kg, maksimalnu od 823 Bq/kg te srednju vrijednost od 531 Bq/kg za n=61;
- ✓ minimalna vrijednost ^{137}Cs je iznosila 3 Bq/kg, maksimalna 80 Bq/kg te srednja vrijednost 38 Bq/kg za n=61;
- ✓ vrijednosti ^{134}Cs u svim ispitivanim uzorcima (n=61) bile su manje od granice detekcije metode (LOD) koja iznosi <1 Bq/kg.

Nisu izmjerene povišene vrijednosti koncentracija aktivnosti radionuklida u tlu, sve vrijednosti su unutar granica za Republiku Hrvatsku.

Može se zaključiti kako određeni agrokemijski parametri (tekstura, pH, biljci pristupačan fosfor) imaju značajan utjecaj na koncentracije mjerenih radionuklida (^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs) u tlu.

6. Popis literature

1. Anjos L, Gaistardo C, Deckers J, Dondeyne S, Eberhardt E, Gerasimova M, Harms B, Jones A, Krasilnikov P, Reinsch T, Vargas R, Zhang G, authors. Schad P, Van Huyssteen C, Micheli E, editors. (2015). World reference base for soil resources 2014 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome (Italy): FAO; JRC91947
2. Beer, J.; Mccracken, K.; Steiger, R. (2012). Cosmogenic radionuclides: theory and applications in the terrestrial and space environments, Springer Science & Business Media
3. Chiosila, I. (2016) The consequences of Chernobyl accident, Romanian Journal of Military Medicine, 119.3: 10-17.
4. Dighton J.; Tugay T., Zhdanova N. (2008). Fungi and ionizing radiation from radionuclides, FEMS Microbiology Letters, Volume 281, Issue 2, Pages 109–120
5. Feller, M. (2016). 'Uzroci varijabilnosti sadržaja biljci pristupačnog fosfora u tlu', Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, citirano: 02.08.2022., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:097447>
6. Fond za financiranje razgradnje i zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenoga nuklearnog goriva Nuklearne elektrane Krško (2020). Tehničke specifikacije za mjerenja radioaktivnosti za definiranje nultog (postojećeg) stanja na lokaciji Centra za zbrinjavanje radioaktivnog otpada i na području općine Dvor s procjenom godišnje efektivne doze za pojedinca, Zagreb
7. Franić, Z. i dr. (2009). Long-term investigations of post-Chernobyl radiocaesium in fallout and air in North Croatia. // Environmental Monitoring and Assessment 148, 1-4; 315-323.
8. Halamić J., Miko, S. (2009). Geokemijski atlas Republike Hrvatske. Izdavač Hrvatski geološki institut iz Zagreba (Halamić i Miko, urednici).
9. HRN EN ISO 13196:2015 (2015). Kvaliteta tla -- Provjera tla za odabrane elemente rendgenskom fluorescentnom spektrometrijom uporabom ručnog ili prijenosnog instrumenta (ISO 13196:2013; EN ISO 13196:2015)
10. HRN ISO 10390:2005 (2005). Kakvoća tla - Određivanje pH-vrijednosti
11. HRN ISO 10693:2004: Kakvoća tla -- Određivanje sadržaja karbonata – Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995)
12. HRN ISO 10694:2004 (2004). Kakvoća tla - Određivanje organskoga i ukupnog ugljika suhim spaljivanjem (elementarna analiza)
13. HRN ISO 11277:2009 (2009). Kvaliteta tla - Određivanje raspodjele veličine čestica (mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla - Metoda prosijavanja i sedimentacije
14. HRN ISO 11464:2006 (2006). Kakvoća tla - Priprema uzorka za fizikalno-kemijske analize
15. HRN ISO 13878:2004 (2004). Kakvoća tla - Određivanje sadržaja ukupnog dušika suhim spaljivanjem ("elementarna analiza")

16. HRN ISO 15178:2005 (2005). Kakvoća tla - Određivanje ukupnog sumpora suhim spaljivanjem
17. IAEA (International Atomic Energy Agency). (1989). Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. Technical Reports Series No. 295. Vienna: IAEA
18. IAEA (International Atomic Energy Agency). (2004). Soil Sampling for Environmental Contaminants, IAEA-TECDOC-1415, IAEA, Vienna
19. Justić, M. (2013). Istraživanje okolišne radioaktivnosti visokorezolucijskom gamaspektrometrijom, diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
20. Kisić, I. i sur. (2018). Analiza trenutnoga stanja poljoprivrede na istraživanom prostoru općine Dvor kao podloge za izradu agroekološke studije, Zagreb
21. Lukšić, D. V. (2018). 'Proces proizvodnje čelika kao čimbenik onečišćenja okoliša radionuklidima', Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, citirano: 07.08.2022., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:115:323428>
22. Magill, J.; Galy, J. (2005). Radioactivity, Radionuclides, Radiation. Springer. Berlin
23. Masarik, J. (2010). Origin and distribution of radionuclides in the continental environment. // Radioactivity in the environment. 16, 1-25
24. Miljković, I. (2001). 'NOVA KNJIGA: Prof. dr. sc. Đurđica Vasilj, BIOMETRIKA I EKSPERIMENTIRANJE U BILINOGOJSTVU', Agronomski glasnik, 63(3), str. 147-148.
25. Novak, I. (2020). 'Radionuklidi', Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, citirano: 12.08.2022., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:872047>
26. Petrinc B., Franić Z., Bituh T. and Babić D. (2011). Quality assurance in gamma-ray spectrometry of seabed sediments. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology 62, 17-23
27. Steinhauser G, Brandl A, Johnson TE. (2014). Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: A review of the environmental impacts. Sci Total Environ; 470–471:800–17
28. Šikić, K. (1988). Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Bosanski Novi. – Fond stručne dokumentacije Instituta za geološka istraživanja, Zagreb. (manuskript)
29. Škorić A. (1982). Priručnik za pedološka istraživanja, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb, 14
30. Škorić, A. (1991.) Sastav i svojstva tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.
31. Šoštarić M., Babić D., Petrinc B. and Zgorelec, Ž. (2016). Determination of gamma-ray self-attenuation correction in environmental samples by combining transmission measurements and Monte Carlo simulations. Appl. Radiat. Isot. 113, 110-116
32. Šoštarić, M. (2017). Radiološka svojstva tla u Republici Hrvatskoj, PhD Thesis, University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Physics
33. Šoštarić, M., et al. (2021). 'Radioactivity of soil in Croatia I: naturally occurring decay chains', Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 72(1), str. 6-14.

34. Veinović, Ž. (2016). Što su radioaktivnost i ionizirajuće zračenje?, Fond za financiranje NEK, Publikacija, Zagreb
35. Vidmar, T. (2005). *EFFTRAN - a Monte Carlo efficiency transfer code for gamma-ray spectrometry*. Nucl. Instrum. Meth A 550, 603-608
36. Yablokov A V., Nesterenko VB, Nesterenko A V. (2009). Consequences of the chernobyl catastrophe for the environment. Ann N Y Acad Sci;1181:221–2

7. Prilozi

Prilog 1. pH vrijednosti svih ispitivanih uzoraka te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	pH _{KCl}	Oznaka uzorka	pH _{KCl}	Oznaka uzorka	pH _{KCl}	Oznaka uzorka	pH _{KCl}
L1T-01	6,34	L2T-01	6,35	L3T-01	7,40	L4T-01	4,40
L1T-02	4,15	L2T-02	7,75	L3T-02	6,70	L4T-02	6,01
L1T-03	7,78	L2T-03	7,63	L3T-03	4,82	L4T-03	5,13
L1T-04	4,90	L2T-04	7,78	L3T-04	7,43	L4T-04	5,26
L1T-05	7,75	L2T-05	7,40	L3T-05	5,43	L4T-05	5,38
L1T-06	5,00	L2T-06	6,83	L3T-06	5,43	L4T-06	5,36
L1T-07	5,01	L2T-07	6,18	L3T-07	5,54	L4T-07	5,21
L1T-08	4,85	L2T-08	7,99	L3T-08	5,43	L4T-08	5,39
L1T-09	5,01	L2T-09	7,68	L3T-09	5,86	L4T-09	5,50
L1T-10	5,50	L2T-10	8,52	L3T-10	6,93	L4T-10	6,75
L1T-11	5,09	L2T-11	6,64	L3T-11	5,27	L4T-11	6,04
L1T-12	4,93	L2T-12	6,21	L3T-12	7,81	L4T-12	5,10
L1T-13	5,49	L2T-13	5,70	L3T-13	7,67	L4T-13	5,68
L1T-14	5,28	L2T-14	5,79	L3T-14	5,28	L4T-14	7,50
L1T-15	4,87	L2T-15	6,11	L3T-15	5,70	L4T-15	5,68
						L4T-16	4,38

Minimalna vrijednost	4,15 %
Maksimalna vrijednost	8,52 %
Srednja vrijednost	6,03 %

Prilog 2. Udio pijeska u mehaničkom sastavu tla u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Pijesak (%)	Oznaka uzorka	Pijesak (%)	Oznaka uzorka	Pijesak (%)	Oznaka uzorka	Pijesak (%)
L1T-01	17,8	L2T-01	25,0	L3T-01	22,2	L4T-01	2,5
L1T-02	10,8	L2T-02	17,3	L3T-02	24,9	L4T-02	14,4
L1T-03	42,7	L2T-03	6,3	L3T-03	14,5	L4T-03	7,7
L1T-04	15,7	L2T-04	39,3	L3T-04	29,7	L4T-04	6,7
L1T-05	40,2	L2T-05	10,3	L3T-05	13,9	L4T-05	24,5
L1T-06	29,8	L2T-06	9,0	L3T-06	37,4	L4T-06	17,0
L1T-07	25,9	L2T-07	7,7	L3T-07	28,0	L4T-07	55,0
L1T-08	29,5	L2T-08	12,3	L3T-08	11,7	L4T-08	17,0
L1T-09	15,2	L2T-09	23,2	L3T-09	13,0	L4T-09	30,0
L1T-10	29,1	L2T-10	88,0	L3T-10	11,5	L4T-10	24,0
L1T-11	23,5	L2T-11	27,9	L3T-11	8,1	L4T-11	16,2
L1T-12	6,6	L2T-12	9,2	L3T-12	16,6	L4T-12	14,6
L1T-13	16,6	L2T-13	10,4	L3T-13	13,6	L4T-13	18,0
L1T-14	7,5	L2T-14	16,7	L3T-14	10,4	L4T-14	45,2
L1T-15	23,8	L2T-15	6,1	L3T-15	10,0	L4T-15	25,0
						L4T-16	18,0

Minimalna vrijednost	2,5 %
Maksimalna vrijednost	88,0 %
Srednja vrijednost	20,4 %

Prilog 3. Udio praha u mehaničkom sastavu tla u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Prah (%)	Oznaka uzorka	Prah (%)	Oznaka uzorka	Prah (%)	Oznaka uzorka	Prah (%)
L1T-01	53,2	L2T-01	58,8	L3T-01	38,5	L4T-01	55,0
L1T-02	48,3	L2T-02	67,0	L3T-02	59,7	L4T-02	39,1
L1T-03	23,0	L2T-03	48,9	L3T-03	67,2	L4T-03	46,8
L1T-04	50,7	L2T-04	50,9	L3T-04	45,9	L4T-04	32,7
L1T-05	46,4	L2T-05	73,0	L3T-05	29,2	L4T-05	18,2
L1T-06	30,9	L2T-06	58,8	L3T-06	15,1	L4T-06	77,0
L1T-07	36,2	L2T-07	67,1	L3T-07	65,0	L4T-07	41,0
L1T-08	45,4	L2T-08	70,7	L3T-08	55,7	L4T-08	33,3
L1T-09	70,0	L2T-09	57,4	L3T-09	78,0	L4T-09	61,0
L1T-10	44,6	L2T-10	10,0	L3T-10	49,3	L4T-10	69,0
L1T-11	52,4	L2T-11	42,0	L3T-11	62,9	L4T-11	44,2
L1T-12	58,4	L2T-12	75,3	L3T-12	54,4	L4T-12	46,2
L1T-13	54,9	L2T-13	51,0	L3T-13	48,6	L4T-13	72,0
L1T-14	59,6	L2T-14	64,6	L3T-14	57,3	L4T-14	30,6
L1T-15	65,8	L2T-15	56,6	L3T-15	73,0	L4T-15	54,0
						L4T-16	57,0

Minimalna vrijednost	10,0 %
Maksimalna vrijednost	78,0 %
Srednja vrijednost	52,0 %

Prilog 4. Udio gline u mehaničkom sastavu tla u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Glina (%)	Oznaka uzorka	Glina (%)	Oznaka uzorka	Glina (%)	Oznaka uzorka	Glina (%)
L1T-01	28,9	L2T-01	16,2	L3T-01	39,3	L4T-01	42,5
L1T-02	40,9	L2T-02	16,3	L3T-02	15,5	L4T-02	46,6
L1T-03	34,3	L2T-03	44,8	L3T-03	18,3	L4T-03	45,6
L1T-04	33,6	L2T-04	9,9	L3T-04	24,3	L4T-04	60,6
L1T-05	13,4	L2T-05	16,7	L3T-05	56,9	L4T-05	57,3
L1T-06	39,3	L2T-06	32,2	L3T-06	47,5	L4T-06	6,0
L1T-07	37,9	L2T-07	25,3	L3T-07	7,0	L4T-07	4,0
L1T-08	25,1	L2T-08	17,0	L3T-08	32,6	L4T-08	49,7
L1T-09	14,8	L2T-09	19,4	L3T-09	9,0	L4T-09	9,0
L1T-10	26,3	L2T-10	2,0	L3T-10	39,3	L4T-10	7,0
L1T-11	24,1	L2T-11	30,2	L3T-11	29,0	L4T-11	39,6
L1T-12	34,9	L2T-12	15,5	L3T-12	28,9	L4T-12	39,2
L1T-13	28,6	L2T-13	38,6	L3T-13	37,8	L4T-13	10,0
L1T-14	33,0	L2T-14	18,7	L3T-14	32,3	L4T-14	24,2
L1T-15	10,4	L2T-15	37,3	L3T-15	17,0	L4T-15	21,0
						L4T-16	25,0

Minimalna vrijednost	2,0 %
Maksimalna vrijednost	60,6 %
Srednja vrijednost	27,7 %

Prilog 5. Teksturne oznake svih ispitivanih uzoraka (n=61)

Oznaka uzorka	Teksturna oznaka	Oznaka uzorka	Teksturna oznaka	Oznaka uzorka	Teksturna oznaka	Oznaka uzorka	Teksturna oznaka
L1T-01	Praškasto glinasta ilovača	L2T-01	Praškasta ilovača	L3T-01	Glinasta ilovača	L4T-01	Praškasta glina
L1T-02	Praškasta glina	L2T-02	Praškasta ilovača	L3T-02	Praškasta ilovača	L4T-02	Glina
L1T-03	Glinasta ilovača	L2T-03	Praškasta glina	L3T-03	Praškasta ilovača	L4T-03	Praškasta glina
L1T-04	Praškasto glinasta ilovača	L2T-04	Praškasta ilovača	L3T-04	Ilovača	L4T-04	Glina
L1T-05	Ilovača	L2T-05	Praškasta ilovača	L3T-05	Glina	L4T-05	Glina
L1T-06	Glinasta ilovača	L2T-06	Praškasto glinasta ilovača	L3T-06	Glina	L4T-06	Praškasta ilovača
L1T-07	Glinasta ilovača	L2T-07	Praškasta ilovača	L3T-07	Praškasta ilovača	L4T-07	Pjeskovita ilovača
L1T-08	Ilovača	L2T-08	Praškasta ilovača	L3T-08	Praškasto glinasta ilovača	L4T-08	Glina
L1T-09	Praškasta ilovača	L2T-09	Praškasta ilovača	L3T-09	Praškasta ilovača	L4T-09	Praškasta ilovača
L1T-10	Ilovača	L2T-10	Pijesak	L3T-10	Praškasto glinasta ilovača	L4T-10	Praškasta ilovača
L1T-11	Praškasta ilovača	L2T-11	Glinasta ilovača	L3T-11	Praškasto glinasta ilovača	L4T-11	Praškasta glina
L1T-12	Praškasto glinasta ilovača	L2T-12	Praškasta ilovača	L3T-12	Praškasto glinasta ilovača	L4T-12	Praškasto glinasta ilovača
L1T-13	Praškasto glinasta ilovača	L2T-13	Praškasto glinasta ilovača	L3T-13	Praškasto glinasta ilovača	L4T-13	Praškasta ilovača
L1T-14	Praškasto glinasta ilovača	L2T-14	Praškasta ilovača	L3T-14	Praškasto glinasta ilovača	L4T-14	Ilovača
L1T-15	Praškasta ilovača	L2T-15	Praškasto glinasta ilovača	L3T-15	Praškasta ilovača	L4T-15	Praškasta ilovača
						L4T-16	Praškasta ilovača

Prilog 6. Vrijednosti biljci pristupačnog P₂O₅ u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	P ₂ O ₅ (mg/100g tla)	Oznaka uzorka	P ₂ O ₅ (mg/100g tla)	Oznaka uzorka	P ₂ O ₅ (mg/100g tla)	Oznaka uzorka	P ₂ O ₅ (mg/100g tla)
L1T-01	2,8	L2T-01	6,8	L3T-01	7,2	L4T-01	3,4
L1T-02	2,8	L2T-02	2,8	L3T-02	2,3	L4T-02	3,9
L1T-03	3,3	L2T-03	6,0	L3T-03	1,0	L4T-03	5,9
L1T-04	2,7	L2T-04	34,3	L3T-04	30,6	L4T-04	2,3
L1T-05	3,8	L2T-05	25,2	L3T-05	1,8	L4T-05	3,9
L1T-06	1,2	L2T-06	5,6	L3T-06	6,2	L4T-06	3,4
L1T-07	0,9	L2T-07	2,8	L3T-07	0,6	L4T-07	2,5
L1T-08	0,9	L2T-08	5,4	L3T-08	1,3	L4T-08	2,9
L1T-09	2,6	L2T-09	1,8	L3T-09	1,3	L4T-09	2,7
L1T-10	0,4	L2T-10	11,2	L3T-10	30,1	L4T-10	15,7
L1T-11	0,5	L2T-11	2,8	L3T-11	1,4	L4T-11	3,3
L1T-12	0,4	L2T-12	1,2	L3T-12	5,2	L4T-12	3,0
L1T-13	2,1	L2T-13	2,6	L3T-13	12,1	L4T-13	1,5
L1T-14	0,3	L2T-14	1,9	L3T-14	2,6	L4T-14	3,5
L1T-15	1,4	L2T-15	10,7	L3T-15	1,0	L4T-15	1,3
						L4T-16	5,3

Minimalna vrijednost	0,3 mg/100g tla
Maksimalna vrijednost	34,3 mg/100g tla
Srednja vrijednost	5,2 mg/100g tla

Prilog 7. Vrijednosti biljci pristupačnog K₂O svih ispitivanih uzoraka te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	K ₂ O (mg/100g tla)	Oznaka uzorka	K ₂ O (mg/100g tla)	Oznaka uzorka	K ₂ O (mg/100g tla)	Oznaka uzorka	K ₂ O (mg/100g tla)
L1T-01	2,0	L2T-01	8,5	L3T-01	10,7	L4T-01	20,5
L1T-02	4,7	L2T-02	7,3	L3T-02	8,0	L4T-02	7,3
L1T-03	8,5	L2T-03	15,4	L3T-03	11,0	L4T-03	8,5
L1T-04	4,3	L2T-04	17,1	L3T-04	>40	L4T-04	27,7
L1T-05	8,8	L2T-05	16,4	L3T-05	8,1	L4T-05	10,0
L1T-06	8,8	L2T-06	11,0	L3T-06	8,5	L4T-06	24,2
L1T-07	4,0	L2T-07	11,3	L3T-07	10,6	L4T-07	12,8
L1T-08	3,6	L2T-08	11,0	L3T-08	10,0	L4T-08	8,1
L1T-09	8,1	L2T-09	4,7	L3T-09	11,3	L4T-09	6,9
L1T-10	3,6	L2T-10	1,3	L3T-10	20,9	L4T-10	34,5
L1T-11	1,4	L2T-11	3,5	L3T-11	9,2	L4T-11	4,3
L1T-12	20,9	L2T-12	6,5	L3T-12	13,0	L4T-12	23,5
L1T-13	6,5	L2T-13	8,8	L3T-13	12,6	L4T-13	8,4
L1T-14	3,6	L2T-14	8,0	L3T-14	14,1	L4T-14	9,6
L1T-15	13,2	L2T-15	13,4	L3T-15	12,8	L4T-15	11,3
						L4T-16	8,8

Minimalna vrijednost	1,3 mg/100g tla
Maksimalna vrijednost	>40 mg/100g tla
Srednja vrijednost	11,9 mg/100g tla

Prilog 8. Sadržaj karbonata u svim ispitivanim uzorcima odgovarajućeg pH te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=19)

Oznaka uzorka	CaCO ₃ (%)	Oznaka uzorka	CaCO ₃ (%)	Oznaka uzorka	CaCO ₃ (%)	Oznaka uzorka	CaCO ₃ (%)
L1T-01	-	L2T-01	-	L3T-01	0,45	L4T-01	-
L1T-02	-	L2T-02	17,13	L3T-02	0,09	L4T-02	-
L1T-03	2,17	L2T-03	4,33	L3T-03	-	L4T-03	-
L1T-04	-	L2T-04	5,60	L3T-04	0,87	L4T-04	-
L1T-05	5,38	L2T-05	0,55	L3T-05	-	L4T-05	-
L1T-06	-	L2T-06	0,14	L3T-06	-	L4T-06	-
L1T-07	-	L2T-07	-	L3T-07	-	L4T-07	-
L1T-08	-	L2T-08	41,15	L3T-08	-	L4T-08	-
L1T-09	-	L2T-09	0,41	L3T-09	-	L4T-09	-
L1T-10	-	L2T-10	76,16	L3T-10	0,23	L4T-10	0,05
L1T-11	-	L2T-11	0,09	L3T-11	-	L4T-11	-
L1T-12	-	L2T-12	-	L3T-12	16,80	L4T-12	-
L1T-13	-	L2T-13	-	L3T-13	2,61	L4T-13	-
L1T-14	-	L2T-14	-	L3T-14	-	L4T-14	5,85
L1T-15	-	L2T-15	-	L3T-15	-	L4T-15	-
						L4T-16	-

Minimalna vrijednost	0,01 %
Maksimalna vrijednost	76,16 %
Srednja vrijednost	2,96 %

Prilog 9. Hidrolitski aciditet u svim ispitivanim uzorcima odgovarajućeg pH te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=42)

Oznaka uzorka	Y=HA (cmol+/kg)	Oznaka uzorka	Y=HA (cmol+/kg)	Oznaka uzorka	Y=HA (cmol+/kg)	Oznaka uzorka	Y=HA (cmol+/kg)
L1T-01	6,8	L2T-01	5,2	L3T-01	-	L4T-01	19,2
L1T-02	26,6	L2T-02	-	L3T-02	-	L4T-02	8,4
L1T-03	-	L2T-03	-	L3T-03	17,0	L4T-03	18,0
L1T-04	13,4	L2T-04	-	L3T-04	-	L4T-04	13,4
L1T-05	-	L2T-05	-	L3T-05	10,6	L4T-05	13,2
L1T-06	19,0	L2T-06	-	L3T-06	2,8	L4T-06	21,8
L1T-07	16,2	L2T-07	9,2	L3T-07	11,6	L4T-07	19,0
L1T-08	14,2	L2T-08	-	L3T-08	10,2	L4T-08	15,8
L1T-09	14,8	L2T-09	-	L3T-09	13,6	L4T-09	16,0
L1T-10	11,0	L2T-10	-	L3T-10	-	L4T-10	-
L1T-11	12,2	L2T-11	-	L3T-11	15,6	L4T-11	8,8
L1T-12	16,4	L2T-12	7,0	L3T-12	-	L4T-12	17,8
L1T-13	12,2	L2T-13	9,4	L3T-13	-	L4T-13	14,8
L1T-14	13,2	L2T-14	10,0	L3T-14	13,0	L4T-14	-
L1T-15	18,0	L2T-15	8,6	L3T-15	13,4	L4T-15	19,4
						L4T-16	20,8

Minimalna vrijednost	0,1 cmol+/kg
Maksimalna vrijednost	26,6 cmol+/kg
Srednja vrijednost	9,5 cmol+/kg

Prilog 10. Sadržaj arsena u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Sadržaj As (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj As (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj As (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj As (mg/kg)
L1T-01	11	L2T-01	7	L3T-01	10	L4T-01	11
L1T-02	11	L2T-02	12	L3T-02	11	L4T-02	10
L1T-03	25	L2T-03	18	L3T-03	9	L4T-03	8
L1T-04	14	L2T-04	12	L3T-04	9	L4T-04	20
L1T-05	27	L2T-05	15	L3T-05	12	L4T-05	17
L1T-06	10	L2T-06	18	L3T-06	7	L4T-06	9
L1T-07	10	L2T-07	13	L3T-07	11	L4T-07	6
L1T-08	15	L2T-08	8	L3T-08	12	L4T-08	<1
L1T-09	15	L2T-09	11	L3T-09	10	L4T-09	<1
L1T-10	15	L2T-10	1	L3T-10	16	L4T-10	12
L1T-11	12	L2T-11	13	L3T-11	16	L4T-11	13
L1T-12	15	L2T-12	12	L3T-12	18	L4T-12	9
L1T-13	18	L2T-13	12	L3T-13	14	L4T-13	14
L1T-14	11	L2T-14	11	L3T-14	10	L4T-14	11
L1T-15	13	L2T-15	12	L3T-15	14	L4T-15	12
						L4T-16	20

Minimalna vrijednost	1 mg/kg
Maksimalna vrijednost	27 mg/kg
Srednja vrijednost	13 mg/kg

Prilog 11. Sadržaj kroma u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Sadržaj Cr (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj Cr (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj Cr (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj Cr (mg/kg)
L1T-01	93	L2T-01	123	L3T-01	184	L4T-01	116
L1T-02	110	L2T-02	156	L3T-02	178	L4T-02	170
L1T-03	131	L2T-03	246	L3T-03	135	L4T-03	145
L1T-04	111	L2T-04	151	L3T-04	291	L4T-04	115
L1T-05	128	L2T-05	170	L3T-05	209	L4T-05	85
L1T-06	96	L2T-06	118	L3T-06	133	L4T-06	99
L1T-07	98	L2T-07	198	L3T-07	138	L4T-07	208
L1T-08	97	L2T-08	86	L3T-08	160	L4T-08	125
L1T-09	99	L2T-09	86	L3T-09	113	L4T-09	84
L1T-10	119	L2T-10	76	L3T-10	144	L4T-10	89
L1T-11	99	L2T-11	84	L3T-11	150	L4T-11	106
L1T-12	110	L2T-12	136	L3T-12	147	L4T-12	98
L1T-13	115	L2T-13	214	L3T-13	168	L4T-13	98
L1T-14	103	L2T-14	233	L3T-14	118	L4T-14	115
L1T-15	111	L2T-15	154	L3T-15	256	L4T-15	105
						L4T-16	93

Minimalna vrijednost	76 mg/kg
Maksimalna vrijednost	291 mg/kg
Srednja vrijednost	135 mg/kg

Prilog 12. Sadržaj olova u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Sadržaj Pb (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj Pb (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj Pb (mg/kg)	Oznaka uzorka	Sadržaj Pb (mg/kg)
L1T-01	29	L2T-01	11	L3T-01	20	L4T-01	26
L1T-02	22	L2T-02	23	L3T-02	14	L4T-02	48
L1T-03	72	L2T-03	24	L3T-03	19	L4T-03	24
L1T-04	22	L2T-04	35	L3T-04	19	L4T-04	30
L1T-05	111	L2T-05	28	L3T-05	23	L4T-05	32
L1T-06	27	L2T-06	31	L3T-06	10	L4T-06	22
L1T-07	29	L2T-07	37	L3T-07	20	L4T-07	23
L1T-08	24	L2T-08	18	L3T-08	21	L4T-08	696
L1T-09	43	L2T-09	27	L3T-09	26	L4T-09	418
L1T-10	20	L2T-10	5	L3T-10	30	L4T-10	28
L1T-11	22	L2T-11	20	L3T-11	26	L4T-11	58
L1T-12	33	L2T-12	24	L3T-12	19	L4T-12	29
L1T-13	29	L2T-13	28	L3T-13	20	L4T-13	27
L1T-14	30	L2T-14	31	L3T-14	21	L4T-14	26
L1T-15	37	L2T-15	29	L3T-15	23	L4T-15	27
						L4T-16	39

Minimalna vrijednost	5 mg/kg
Maksimalna vrijednost	696 mg/kg
Srednja vrijednost	46 mg/kg

Prilog 13. Koncentracija ^{238}U u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Koncentracija ^{238}U (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{238}U (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{238}U (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{238}U (Bq/kg)
L1T-01	43	L2T-01	35	L3T-01	56	L4T-01	65
L1T-02	62	L2T-02	42	L3T-02	47	L4T-02	48
L1T-03	44	L2T-03	48	L3T-03	54	L4T-03	43
L1T-04	65	L2T-04	40	L3T-04	39	L4T-04	70
L1T-05	45	L2T-05	55	L3T-05	51	L4T-05	68
L1T-06	54	L2T-06	51	L3T-06	43	L4T-06	66
L1T-07	61	L2T-07	60	L3T-07	52	L4T-07	50
L1T-08	50	L2T-08	33	L3T-08	58	L4T-08	55
L1T-09	67	L2T-09	59	L3T-09	61	L4T-09	64
L1T-10	62	L2T-10	9	L3T-10	51	L4T-10	59
L1T-11	58	L2T-11	55	L3T-11	55	L4T-11	44
L1T-12	67	L2T-12	61	L3T-12	42	L4T-12	69
L1T-13	61	L2T-13	53	L3T-13	49	L4T-13	72
L1T-14	67	L2T-14	54	L3T-14	54	L4T-14	48
L1T-15	59	L2T-15	59	L3T-15	50	L4T-15	60
						L4T-16	57

Minimalna vrijednost	9 Bq/kg
Maksimalna vrijednost	72 Bq/kg
Srednja vrijednost	54 Bq/kg

Prilog 14. Koncentracija ^{40}K u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Koncentracija ^{40}K (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{40}K (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{40}K (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{40}K (Bq/kg)
L1T-01	283	L2T-01	372	L3T-01	661	L4T-01	592
L1T-02	515	L2T-02	398	L3T-02	499	L4T-02	529
L1T-03	328	L2T-03	503	L3T-03	501	L4T-03	502
L1T-04	553	L2T-04	515	L3T-04	517	L4T-04	592
L1T-05	470	L2T-05	650	L3T-05	512	L4T-05	823
L1T-06	548	L2T-06	654	L3T-06	524	L4T-06	706
L1T-07	596	L2T-07	626	L3T-07	351	L4T-07	498
L1T-08	415	L2T-08	311	L3T-08	412	L4T-08	556
L1T-09	664	L2T-09	537	L3T-09	503	L4T-09	617
L1T-10	617	L2T-10	65	L3T-10	496	L4T-10	586
L1T-11	487	L2T-11	512	L3T-11	556	L4T-11	487
L1T-12	530	L2T-12	549	L3T-12	493	L4T-12	599
L1T-13	575	L2T-13	589	L3T-13	573	L4T-13	640
L1T-14	571	L2T-14	569	L3T-14	485	L4T-14	604
L1T-15	606	L2T-15	633	L3T-15	523	L4T-15	635
						L4T-16	574

Minimalna vrijednost	65 Bq/kg
Maksimalna vrijednost	823 Bq/kg
Srednja vrijednost	531 Bq/kg

Prilog 15. Koncentracija ^{137}Cs u svim ispitivanim uzorcima te minimalna, maksimalna i srednja vrijednost (n=61)

Oznaka uzorka	Koncentracija ^{137}Cs (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{137}Cs (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{137}Cs (Bq/kg)	Oznaka uzorka	Konc. ^{137}Cs (Bq/kg)
L1T-01	51	L2T-01	36	L3T-01	53	L4T-01	15
L1T-02	48	L2T-02	59	L3T-02	26	L4T-02	28
L1T-03	39	L2T-03	51	L3T-03	30	L4T-03	20
L1T-04	50	L2T-04	44	L3T-04	40	L4T-04	15
L1T-05	56	L2T-05	39	L3T-05	38	L4T-05	40
L1T-06	20	L2T-06	41	L3T-06	7	L4T-06	50
L1T-07	33	L2T-07	32	L3T-07	80	L4T-07	24
L1T-08	36	L2T-08	27	L3T-08	28	L4T-08	31
L1T-09	43	L2T-09	25	L3T-09	44	L4T-09	26
L1T-10	3	L2T-10	4	L3T-10	67	L4T-10	55
L1T-11	58	L2T-11	24	L3T-11	29	L4T-11	41
L1T-12	50	L2T-12	33	L3T-12	30	L4T-12	61
L1T-13	30	L2T-13	35	L3T-13	49	L4T-13	45
L1T-14	33	L2T-14	50	L3T-14	43	L4T-14	68
L1T-15	17	L2T-15	17	L3T-15	78	L4T-15	33
						L4T-16	8

Minimalna vrijednost	3 Bq/kg
Maksimalna vrijednost	80 Bq/kg
Srednja vrijednost	38 Bq/kg

Popis korištenih izvora – poveznica:

Openstreetmap, prilagođeno u QGIS-u 3.16.8

<https://www.openstreetmap.org/#map=11/45.1259/16.2611> - pristup 20.06.2022.

GoogleEarth, prilagođeno u QGIS-u 3.16.8

<https://earth.google.com/web/@45.11897673,16.22590593,243.67670521a,53479.18432807d,35y,0h,0t,0r> – pristup 20.06.2022.

Životopis

Martina Novosel rođena je 11. siječnja 1998. godine u Sisku. Nakon osnovnog obrazovanja, školovanje nastavlja u Srednjoj školi Glina u Glini od 2012. do 2016. godine, smjer Opća gimnazija. Preddiplomski studij Sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu upisuje 2016. godine te isti završava u rujnu 2019. godine. Visoko obrazovanje nastavlja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu gdje 2020. godine upisuje diplomski studij Agroekologije, usmjerenje Agroekologija.

Izvršno se koristi engleskim jezikom u razumijevanju, govoru i pismu, a poznaje i temelje španjolskog i talijanskog jezika. Kroz školovanje i dodatne tečajeve (tečajevi „Srce“), usavršila je rad u programima MS Office-a (Word, PowerPoint, Excel, Access) te poznaje osnove aplikacija grafičkog dizajna.

Od djetinjstva je članica Zavičajnog kluba Novo Selo Glinsko te članica DVD-a Novo Selo Glinsko. U slobodno vrijeme amaterski se bavi crtanjem, vrtlarenjem, čita knjige, rješava križaljke te aktivno trči i biciklira.