

# Usporedba metoda za određivanje organskog ugljika u poljoprivrednim tlima

---

Laszlo, Ladislava

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:713726>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Department of Chemistry, Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije

Ladislava Laszlo

**Usporedba metoda za određivanje organskog ugljika u poljoprivrednim  
tlima**

Diplomski rad

Osijek, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski sveučilišni studij kemije

Ladislava Laszlo

**Usporedba metoda za određivanje organskog ugljika u poljoprivrednim  
tlima**

Diplomski rad

Mentor: Doc. dr. sc. Ana Amić

Neposredni voditelj: Ivana Zegnal, dipl. ing. preh. teh.

Osijek, 2023.

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku****Odjel za kemiju****Diplomski sveučilišni studij kemije****Znanstveno područje: Prirodne znanosti****Znanstveno polje: Kemija****USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE ORGANSKOG UGLJIKA U  
POLJOPRIVREDNIM TLIMA****Ladislava Laszlo****Rad je izrađen u:** Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu, Centar za tlo**Mentor:** Doc. dr. sc. Ana Amić**Neposredni voditelj:** Ivana Zegnal, dipl. ing. preh. teh.**Sažetak**

Metodama mokrog i suhog spaljivanja određene su koncentracije organskog ugljika u poljoprivrednim tlama kako bi se potvrdila usporedivost i podudaranje rezultata dobivenih primjenom tih metoda. U tu svrhu uzorkovano je i analizirano 12 uzoraka na području Osječko--baranjske i Vukovarsko-srijemske županije. Svaki uzorak analiziran je u triplicatu. Određivanje organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja temelji se na spaljivanju organske tvari tla pomoću koncentrirane sumporne kiseline i kalijevog bikromata koji služi kao jako oksidacijsko sredstvo. Određivanje organskog ugljika metodom suhog spaljivanja temelji se na spaljivanju uzorka tla u prisutnosti kisika na visokoj temperaturi. Primjenom regresijske analize dokazana je usporednost dviju metoda za određivanje organskog ugljika u poljoprivrednim tlama s koeficijentom determinacije  $R^2 = 0,9619$ .

**Diplomski rad obuhvaća:** 57 stranica, 20 slika, 5 tablica, 32 literaturna izvora i 6 priloga**Jezik izvornika:** hrvatski jezik**Ključne riječi:** tlo / organska tvar / organski ugljik / mokro spaljivanje / suho spaljivanje**Stručno povjerenstvo za ocjenu:**

1. doc. dr. sc. Anamarija Stanković, predsjednica
2. doc. dr.sc. Ana Amić, mentorica i članica
3. doc. dr.sc. Mateja Budetić, članica
4. izv. prof. dr. sc. Martina Medvidović-Kosanović, zamjena člana

**Rad prihvaćen:** 13. 10. 2023.**Rad je pohranjen:** u Knjižnici Odjela za kemiju, Franje Kuhača 20, Osijek

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Department of Chemistry**

**Graduate Study of Chemistry**

**Scientific Area: Natural Sciences**

**Scientific Field: Chemistry**

**COMPARISON OF METHODS FOR DETERMINATION OF ORGANIC CARBON IN  
AGRICULTURAL SOILS**

**Ladislava Laszlo**

**Thesis Completed at:** Croatian agency for agriculture and food, Centre for Soil

**Supervisor:** Assist. Prof. Ana Amić, PhD

**Cosupervisor:** Ivana Zegnal, BSc. of food technology

**Abstract**

Wet and dry combustion methods were used to determine organic carbon concentrations in agricultural soils in order to confirm the comparability and matching of the results obtained using these methods. For this purpose, 12 samples were collected and analysed in the Osijek-Baranja and Vukovar-Srijem county. Each sample was analysed in triplicate. The determination of organic carbon by the wet burning method is based on the burning of soil organic matter using concentrated sulfuric acid and potassium bichromate, which serves as a strong oxidizing agent. The determination of organic carbon by the dry burning method is based on the burning of a soil sample in the presence of oxygen at a high temperature. By applying regression analysis, the comparability of two methods for determining organic carbon in agricultural soils was proven with the coefficient of determination  $R^2 = 0.9619$ .

**Thesis includes:** 57 pages, 20 pictures, 5 tables, 32 references, 6 appendices

**Original in:** Croatian

**Keywords:** dry combustion / organic carbon / organic matter / soil / wet combustion

**Reviewers:**

1. Assist. Prof. Anamarija Stanković, PhD, chair
2. Assist. Prof. Ana Amić, PhD, supervisor and member
3. Assist. Prof. Mateja Budetić, member
4. Assoc. Prof. Martina Medvidović-Kosanović, substitute member

**Thesis accepted:** 13. 10. 2023.

**Thesis deposited:** at the Library of Department of Chemistry, Franje Kuhača 20, Osijek

Ovaj diplomski rad izrađen je u Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu u Centru za tlo pod nadzorom Ivane Zegnal, dipl. ing. preh. teh., rukovoditeljice Odsjeka za kemijska, fizikalna i biološka ispitivanja.

## **Zahvala**

*Prvenstveno se zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Ani Amić na uloženom trudu, pomoći i motivaciji tijekom izrade mojeg diplomskog rada. Veliko Vam hvala što ste uvijek bili dostupni za pomoć i savjete, kada god je to trebalo. Također Vam hvala na prenesenom znanju, susretljivosti i ugodnoj atmosferi tijekom zajedničkog rada. Hvala Vam što ste bili dio mojeg obrazovanja!*

*Hvala mojoj šefici Ivani Zegnal na pruženoj mogućnosti odrađivanja rada u Centru za tlo te svoj pomoći i savjetima tijekom izrade istog. Također želim zahvaliti svim svojim kolegama i kolegicama koji su me konstantno ohrabivali i vjerovali u mene, a pogotovo mojoj kolegici Mariji Škobić Stjepanović koja mi je svojim savjetima, pomoću i smirenošću olakšala izradu diplomskog rada kao i mom kolegi Tomislavu Vranješuu koji je uvijek bio tu za pružanje savjeta i rješavanje problema. Puno Vam hvala!*

*Veliko hvala mojim prijateljima Patriciji, Davidu, Petri, Rajni i Tomislavu koji su me uvijek bodrili, vjerovali u mene, prolazili sa mnom sve uspone i padove te uvijek pružali podršku i u najtežim trenucima. Hvala vam na svemu!*

*Veliko hvala mojem dečku Antunu koji je vjerovao u mene i onda kada ja sama nisam te mi bio najveća motivacija za uspjeh kao i najveća podrška tijekom svih uspona i padova.*

*Na kraju, najveće hvala mojim roditeljima koji su svojim odricanjem, nevjerojatnom podrškom i ljubavlju uvijek bili tu za mene tijekom mog akademskog obrazovanja. Hvala vam što ste bili moja najveća motivacija i snaga tijekom svih izazova na fakultetu. Neizmjerno vam hvala što ste uvijek bili najveća podrška!*

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Literaturni pregled.....	
3 2.1. Tlo .....	3
2.1.1. <i>Kemija tla</i> .....	5
2.1.2. <i>Organski ugljik i organska tvar tla</i> .....	6
2.2. Metode određivanja organskog ugljika .....	8
2.2.1. <i>Određivanje organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja</i> .....	9
2.2.2. <i>Određivanje organskog ugljika metodom suhog spaljivanja</i> .....	10
3. Materijali i metode .....	13
3.1. Ispitivani materijal.....	13
3.1.1. <i>Određivanje organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja</i> .....	14
3.1.2. <i>Određivanje organskog ugljika metodom suhog spaljivanja</i> .....	19
4. Rezultati i rasprava.....	22
4.1. <i>Određivanje organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja</i> .....	22
4.2. <i>Određivanje organskog ugljika metodom suhog spaljivanja</i> .....	26
4.3. <i>Usporedba metoda</i> .....	30
5. Zaključak.....	32
6. Literaturna vrela .....	33
7. Životopis .....	35
8. Prilozi .....	36
8.1. Očitavanja na UV-VIS spektrofotometru, metoda mokrog spaljivanja .....	36
8.1.1. <i>Očitavanja na dan 22. 5. 2023. godine</i> .....	36
8.1.2. <i>Očitavanja na dan 23. 5. 2023. godine</i> .....	42
8.1.3. <i>Očitavanja na dan 25. 5. 2023. godine</i> .....	48
8.2. Očitavanja na CHNOS analizatoru, metoda suhog spaljivanja.....	54
8.2.1. <i>Očitavanja na dan 12. 5. 2023. godine</i> .....	54
8.2.2. <i>Očitavanja na dan 15. 5. 2023. godine</i> .....	55
8.2.3. <i>Očitavanja na dan 25. 9. 2023. godine</i> .....	56



## 1. Uvod

Tlo je rastresiti gornji sloj Zemljine kore. Smješten je između kamene podloge i površine. Ono je samostalna prirodna tvorevina te je, također, važan medij za biljnu proizvodnju. Tlo se sastoji od čestica minerala, organske tvari, vode, zraka i živih organizama poput bakterija, alga, gljivica, gujavica i sl. Čvrsti dio tla sastoji se od približno 5 % organske tvari i 95 % anorganske tvari. Trošenje matičnih stijena i minerala rezultira stvaranjem anorganskih koloida koji su spremišta vode i hranjivih tvari (nutrijenata). Anorganski koloidi apsorbiraju štetne tvari u tlu te zato imaju ulogu u detoksikaciji štetnih tvari. Iako tlo sadrži manje od 5 % organske tvari, ona uvelike određuje produktivnost tla. Organski dio tla sastoji se od biljne biomase u različitim stadijima raspadanja. Nadalje, služi kao izvor hrane za mikroorganizme, utječe na fizikalna svojstva tla te obuhvaća kemijske reakcije kao što je ionska izmjena. Uz zrak, vodu, biljni i životinjski svijet, tlo je sastavni dio okoliša. Za ljude i većinu kopnenih organizama, tlo predstavlja najvažniji dio geosfere [1-3].

Obzirom da je tlo vrlo važno sredstvo za biljnu proizvodnju te da poljoprivrednici teže ostvarivanju visokih i stabilnih prinosa, potrebno je provesti analizu tla koja obuhvaća laboratorijske postupke za utvrđivanje kemijskih svojstava tla. Zakonom je propisano da se analiza tla obavezno odrađuje svake četiri godine. Analize koje se provode su određivanje pH vrijednosti tla, utvrđivanje hidrolitičke kiselosti tla, utvrđivanje sadržaja karbonata, određivanje lakopristupačnog fosfora i kalija, određivanje ukupnog, nitratnog i amonijskog dušika te određivanje sadržaja humusa u tlu [4].

Ukupan organski ugljik mjera je organskih dodataka tlu većinom iz autohtone vegetacije ili poljoprivrednih usjeva i pašnjaka. Drugi izvori organskog ugljika u tlu mogu biti kompost ili gnojiva. Organska tvar tla kao i sama kakvoća humusa uvelike utječu na rast biljke kao i na mnogobrojne procese tvorbe tla. Sadržaj humusa u tlu prikazuje način gospodarenja zemljištem te se mijenja ovisno o intenzitetu njegove uporabe i gospodarenju organskom tvari [5, 6].

Mjerenje ukupnog organskog ugljika daje informacije vezane uz fizikalna i kemijska svojstva tla te opću plodnost tla. Ukupni organski ugljik utječe na razne karakteristike tla uključujući boju, kapacitet zadržavanja hranjivih tvari (kapacitet izmjene aniona i kationa), protok hranjivih tvari i stabilnost. Sve navedeno utječe na odnos vode, prozračnost i obradivost. Tla poput ilovače i gline, odnosno tla teže teksture imaju veću sposobnost zadržavanja i skladištenja ugljika [6].

Cilj ovog rada je usporediti metode pomoću kojih se određuje organski ugljik u poljoprivrednim tlima. Organski ugljik se određivao dvjema metodama – metodom mokrog spaljivanja i metodom suhog spaljivanja, nakon čega se radila usporedba rezultata i provjera jesu li dvije metode usporedne ili nisu. U prvom dijelu rada opisano je tlo, kemija tla te teorija na kojoj se temelje metode korištene u radu.

U drugom dijelu rada dan je detaljan prikaz metoda i materijala korištenih u radu. Prikazan je način rada, priprema uzoraka, priprema otopina te su rezultati raspravljani i analizirani. Na temelju dobivenih rezultata i rasprave, zaključeno je kako su dvije korištene metode međusobno usporedne.

## 2. Literaturni pregled

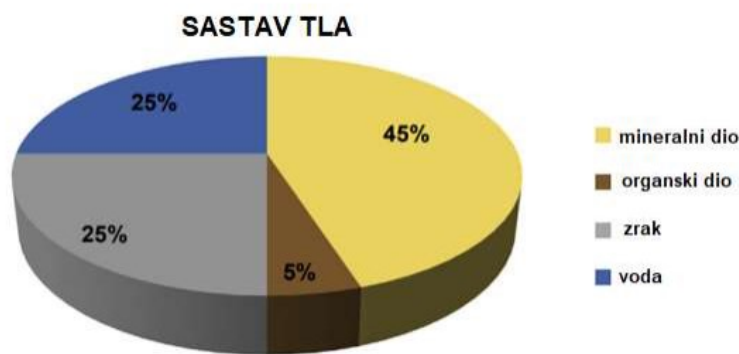
### 2.1. Tlo

Tlo je biološki aktivan, porozan medij koji se razvio u najgornjem sloju Zemljine kore (Slika 1.). Predstavlja jedan od glavnih supstrata života na Zemlji. Ima nekoliko važnih uloga: služi kao spremište vode i hranjivih tvari, kao medij za filtraciju i razgradnju štetnog otpada te kao sudionik u kruženju ugljika i drugih elemenata kroz globalni ekosustav [7]. Tlo nastaje trošenjem matičnih stijena kao rezultat interaktivnih geoloških, hidroloških i bioloških procesa. Tla su porozna te su vertikalno stratificirana u horizonte, što je rezultat vode koja curi prema dolje i bioloških procesa poput proizvodnje i raspadanja biomase. Nadalje, tlo je otvoreni sustav koji prolazi kroz neprekidnu izmjenu tvari i energije s atmosferom, biosferom i hidrosferom [3].



**Slika 1.** Slikoviti prikaz tla [8].

Čimbenici koji svojim djelovanjem utječu na tvorbu i razvitak tala su matični supstrat (litosfera), klima, reljef, živi organizmi, hidrološki uvjeti, čovjekova djelatnost te vrijeme. Na područjima jednakih pedogenetskih čimbenika dolazi do razvijanja istih ili vrlo sličnih tala. Tlo se sastoji od mješavine istrošenih erodiranih stijena, hranjivih tvari, živih organizama, organske tvari, zraka i vode. U optimalnom stanju, tlo sadrži približno 45 % čvrstog materijala, 5 % organske tvari i 50 % pora koje predstavljaju jednaki omjer vode i zraka (Slika 2.) [1, 9].



**Slika 2.** Sastav i udio faza u tlu [9].

Čvrsta faza sadrži čestice sitnog pijeska, praha, gline i koloidne čestice. Navedeni elementi su međusobno povezani u manje ili veće nakupine koje se nazivaju strukturni agregati. Prostor koji se javlja između strukturnih agregata naziva se pore tla. Na temelju veličine i funkcije, razlikuju se kapilarne pore za vodu i nekapilarne pore za zrak. Odnos vode i zraka u tlu ima značajnu ulogu na fizikalno-kemijske i kemijsko-biološke procese u tlu. Tekuća faza tla sadrži značajnu koncentraciju biogenih elemenata (N, P, K, Ca, Mg, ...) i vodikovih iona te je kao takva vrlo značajna za biljnu proizvodnju. Ovisno o prirodnim uvjetima, tla sadrže 2-10 % humusa. Količina i kakvoća humusa su vrlo važni čimbenici tla koji pokazuju proizvodnu snagu samog tla [1].

Kemijska svojstva tla su vrlo važan čimbenik njegove plodnosti. Raznim procesima biološkog, fizikalnog i kemijskog trošenja stijena dolazi do oslobađanja i trošenja minerala te se u otopini tla javljaju ioni. Dio spojeva koji nastaju su topljivi u vodi i podložni ispiranju te kao takvi ulaze u geološko kruženje tvari i energije. Drugi spojevi ulaze u biološko kruženje tvari i energije te se na taj način vraćaju u tlo. Važna kemijska svojstva su kiselost tla, puferska sposobnost, oksido-redukcijski procesi te količina organske tvari i humusa [10].

Na fizikalne i kemijske promjene u naslagama tla utječu razni procesi od kojih su najvažniji otapanje uzrokovano promjenom pH vrijednosti ili povišenim tlakom, nastajanje novih ili rast postojećih minerala (najčešći su kvarc, kalcit, gips, a najrašireniji minerali su oni nastali od silicijevih i aluminijevih oksida), kristalizacija novih minerala u porama sedimenata, promjena veličine, oblika kristala minerala te ponovna kristalizacija, zamjena jedne mineralne vrste drugom, npr. pretvorba kalcita u dolomit, te proces otapanja nekog minerala prilikom čega istovremeno dolazi do stvaranja novoga stabilnijeg minerala [10].

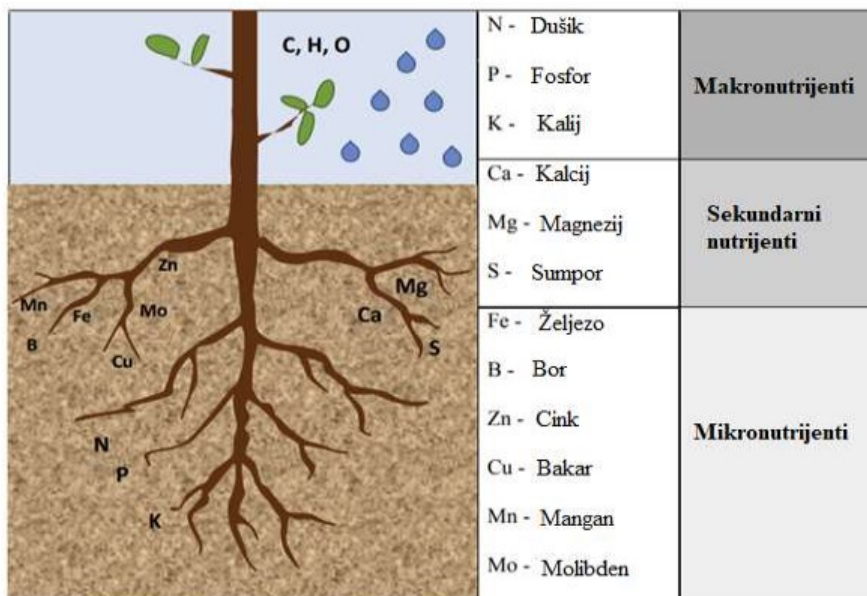
Temelj za postizanje visokih prinosa ratarskih usjeva je kontinuirana opskrba tla hranjivim elementima. Tlo je nezamjenjiv resurs putem kojeg biljka dobiva većinu hranjivih tvari. Ratarski usjevi svojim fiziološkim procesima uzimaju dio hranjivih tvari, mikro- i makroelemenata, iz tla te time pomiču ravnotežu istih u tlu. To dovodi do smanjenja sadržaja tih elemenata i pada samog prinosa. Nadalje, može doći do fizikalnih, bioloških i kemijskih promjena koje direktno utječu na rast i razvoj biljaka. Iz tog razloga je važna gnojidba usjeva. Vrlo je važno kontinuirano preračunavanje unošenja i iznošenja hranjiva u tlo, kao i samo praćenje utjecaja gnojidbe na visinu prinosa. Pojedini biogeni elementi su potrebni u manjim količinama te ih ima dovoljno u tlu, dok je druge potrebno unijeti gnojidbom. Shodno tome, bez prikladne gnojidbe usjeva na temelju analize tla nema visokih i stabilnih prinosa potrebne kvalitete [11].

### **2.1.1. Kemija tla**

Kemija tla je grana znanosti o tlu koja se bavi kemijskim sastavom, svojstvima i kemijskim reakcijama tla. Tradicionalno, kemija tla je usmjerena na kemijske reakcije u tlu koje imaju utjecaj na rast biljaka i njihovu ishranu. No, 1970-ih, a posebice 1990-ih naglasak kemije tla je postao na ekološkoj komponenti kemije tla. Tome je doprinijela zabrinutost oko anorganskih i organskih zagađivača u vodi i tlu, kao i njihovog utjecaja na zdravlje biljaka, životinja i ljudi. Stoga danas kemija tla podrazumijeva proučavanje kemijskih reakcija između tla i ekološki važnih biljnih nutrijenata, radionuklida, metala, metaloida i organskih spojeva [12].

Većina kemijskih svojstava tla je posljedica koloidne frakcije, odnosno gline i humusa. Velika većina kemijskih reakcija događa se na površinama koloida. Razlog tomu je njihova mikroskopska veličina koja je posljedica negativnog naboja i vrlo velike površine. Kemijska svojstva tla kontroliraju dostupnost i transformaciju hranjivih tvari te također utječu na fizikalna svojstva, a samim time i na rast biljaka [9]. Kemijska svojstva tla uključuju koncentracije specifičnih elemenata, pH, ugljik u tlu te salinitet tla. pH tla je važan parametar koji utječe na cjelokupni razvoj biljke, dostupnost hranjivih tvari, aktivnost mikroorganizama u tlu, kemijski ciklus i pokretljivost zagađivača, npr. metala [13]. Nadalje, da bi biljke mogle rasti, moraju dobivati nutrijente iz tla. Postoji 15 hranjivih tvari koje su potrebne u različitim količinama, a tri najvažnije su dušik, fosfor i kalij. Biljke izdvajaju esencijalni ugljik, kisik i vodik iz vode i zraka. Navedene hranjive tvari su potrebne u većim

količinama od ostalih. Iako su druge hranjive tvari potrebne u manjim količinama, jednako su važne za biljke (Slika 3.) [6].



**Slika 3.** Esencijalni nutrijenti za biljke [9].

Salinitet tla podrazumijeva količinu otopljenih soli u otopini tla, tj. vodenoj fazi tla. Soli u tlu imaju važnu ulogu, npr. visoke koncentracije soli snižavaju pH te mogu ograničiti rast biljaka. Organska tvar tla je složena mješavina organskih spojeva. Ti spojevi sadrže ugljik, koji je temelj za sve žive organizme i stoga je neophodan za život. Organizmi u tlu dobivaju ugljik ili razgradnjom organskih materijala ili iz ugljikovog dioksida u zraku. Organski ugljik u tlu mjerljiva je komponenta organske tvari u tlu [9, 14].

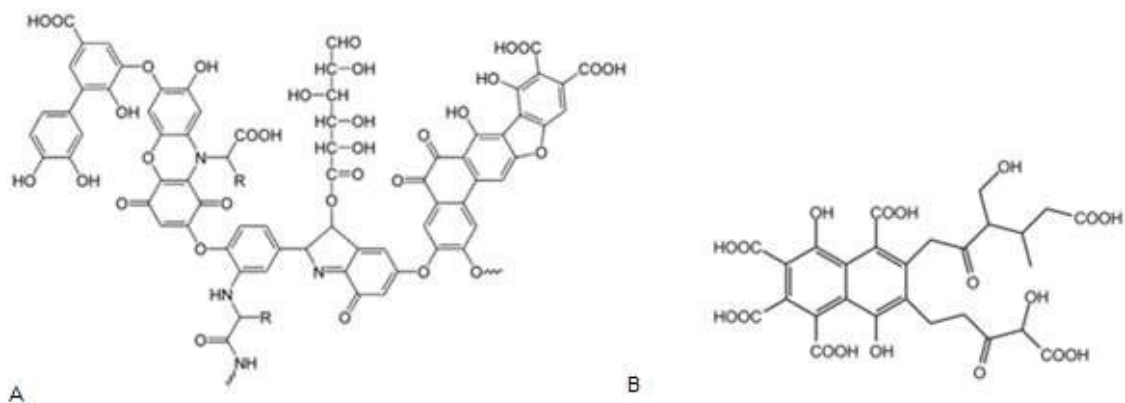
### **2.1.2. Organski ugljik i organska tvar tla**

Očuvano tlo, ono koje nije onečišćeno teškim metalima i štetnim tvarima te je bogato nutrijentima, početna je točka kopnenog života na Zemlji. Ono osigurava stanište za biološku raznolikost, olakšava proizvodnju hrane, učinkovito filtriranje i skladištenje vode te regulira klimu. Temelj za plodnost tla je zadržavanje i otpuštanje hranjivih tvari za rast biljaka. Biljke kao primarni proizvođači hvataju ugljik iz atmosfere, energiju Sunčeve svjetlosti te ugljik nastao fotosintezom prenose u tlo za rast i aktivnost drugih organizama pomoću korijenskih eksudata (*engl.* root exudates) i istaloženih otpadaka. Korijenske eksudate i istaložene

otpatke heterotrofi zatim recikliraju u različite oblike ugljika u tlu koji zatim stupaju u interakciju s mineralima i mikrobima tla i oslobađaju hranjive tvari. U „zdravim“ tlima, organski ugljik je osnova fizikalno-kemijskih i bioloških procesa [15].

Organska tvar tla ima značajan utjecaj na kemijski sastav tla. Unatoč opsežnim i važnim studijama, molekularna struktura i kemija organske tvari tla još uvijek nije dobro shvaćena. Štoviše, zbog svoje promjenjivosti i bliske povezanosti s mineralima gline i metalnim oksidima, kemija i reakcije s metalima i organskim spojevima su vrlo složene [16]. Organska tvar u tlu, koja se obično procjenjuje sadržajem ukupnog organskog ugljika, obuhvaća skup organskih tvari i kompleksa prisutnih u tlu. Zaliha navedenih tvari je promjenjiva te se smanjuje i nadopunjuje mineralizacijom i imobilizacijom promatranom sadržajem ugljika i dušika. Organska tvar tla je vrlo bitna u proučavanju tla te je bitna za nekoliko svojstava tla poput strukture, boje, zadržavanja vode i kapaciteta ionske izmjene [17]. U sastavu organske tvari nalaze se ugljik, vodik i kisik. Organski ugljik predstavlja 50-58 % organske tvari u tlu. Također su prisutne i male količine drugih elemenata, poput dušika, fosfora, sumpora, kalcija, koji su sadržani u organskim ostatcima. Organski dio tla se dijeli na nepotpuno razgrađene životinjske i biljne ostatke te na humus [14].

Humus ima temeljnu ulogu u ekološkim procesima kao izvor ugljika za atmosferu, ponor ugljika u biosferu, ponor i izvor gnojiva za biljke te čimbenik koji utječe na svojstva tla. Humus je definiran kao zbroj organskih spojeva u tlu uz isključenje živih organizama u biomasi i neraspadnutih ili djelomično razgrađenih organskih ostataka biljnog ili životinjskog podrijetla [18]. Humus je najznačajniji dio organske tvari tla. Humusni spojevi čine 60-70 % ugljika u tlu koje samo po sebi predstavlja najveći rezervoar organskog ugljika na Zemljinoj površini. Ono je specifična tamna organska tvar koja nastaje procesom razgradnje organske tvari do jednostavnih spojeva. Sastoji se od huminske i fulvinske kiseline i humina. Huminske kiseline su topljive u razrijeđenim bazama i netopljive u kiselom mediju te se talože zakiseljavanjem alkalnih ekstrakata tla (Slika 4.). Fulvinske kiseline su topljive i u alkalnim i u kiselim medijima. Spojevi ostaju u otopini nakon taloženja huminskih kiselina zakiseljavanjem alkalnih ekstrakata tla (Slika 4.) [12].



**Slika 4.** Strukturni prikaz A) huminskih kiselina i B) fulvinske kiseline [19].

Humini je frakcija humusa koja se ne može ekstrahirati kiselinama ili razrijeđenim bazama [3, 18]. Humificirana tvar predstavlja više od polovice ukupnog organskog ugljika u tlu te se može klasificirati u dvije glavne vrste: humusne i nehumusne tvari. Fizikalne i kemijske karakteristike nehumusnih tvari su lako prepoznatljive i vrlo izražene. S druge strane, huminske tvari ne pokazuju tako izražena fizikalno-kemijska svojstva. One su više ili manje tamne boje, njihova molekularna masa varira od nekoliko stotina do nekoliko stotina tisuća daltona. Nadalje, imaju složenu kemijsku strukturu, hidrofilni karakter i kiselost svojstva [18].

Veliki broj važnih kemijskih svojstava tla povezan je uz pojavu humusa. Humus uvelike povećava kapacitet tla za sorpciju iona te poboljšava puferska svojstva tla na način da regulira ravnotežu između iona u vodenoj fazi tla i onih koji su izmjenjivo vezani na koloidnim česticama tla [11].

## 2.2. Metode određivanja organskog ugljika

Organska tvar tla poboljšava fizikalno i kemijsko okruženje tla zadržavanjem vlage čime podržava rast biljaka. Opskrbljuje biljke hranjivim tvarima čije oslobađanje ovisi o mikrobnosti aktivnosti. Ugljik je glavni sastojak organske tvari stoga je sadržaj organskog ugljika usko povezan s razinama organske tvari tla. Za određivanje organskog ugljika koristi se nekoliko metoda, a odabir metode ovisi o pouzdanosti, ponovljivosti, vremenskoj učinkovitosti, cijeni kemikalija i opreme te mogućem riziku za okoliš. Nadalje, promjenjivi kemijski sastav organske tvari tla dodatno komplicira njegovu procjenu [20].



Metode kvantifikacije organskog ugljika u tlu općenito se klasificiraju u dvije skupine. To su metode mokrog spaljivanja i metode suhog spaljivanja, tj. izgaranja. U metodama mokrog spaljivanja ugljik se oksidira pomoću kemikalija, dok metode suhog spaljivanja podrazumijevaju toplinsku razgradnju karbonatnih materijala za stvaranje ugljikovog dioksida [20, 21].

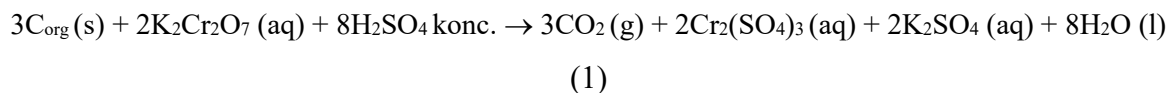
### ***2.2.1. Određivanje organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja***

Analiza organskih spojeva obuhvaća kvantitativno određivanje ugljikovodika, organskih otapala, heterocikličkih materijala, industrijskih kemikalija i polimera. Kao takva poprimila je veliku važnost obzirom na široku uporabu organskih spojeva u poljoprivredi. Organska analiza uključuje izravno ili neizravno određivanje korištenjem različitih strategija [22].

UV-VIS spektrofotometrija je jedan od najčešćih pristupa za kvalitativnu identifikaciju i kvantitativno određivanje organskih spojeva, a uključuje razna načela, među kojima su oksidacijsko-redukcijske reakcije. Oksidacijsko-redukcijske reakcije temelje se na sposobnosti pojedinih molekula koje služe kao oksidansi ili reducensi prilikom čega stvaraju obojanu tvar. Stoga se spektrofotometrija bavi apsorpcijom bliskog UV (180-390 nm) ili vidljivog (390-780 nm) zračenja kemijskih vrsta u otopini [22].

UV-VIS spektrofotometrija je jedna od najstarijih analitičkih tehnika i još uvijek ima čestu uporabu. Intenzitet svjetlosti u vidljivom području izvorno se procjenjivao vizualnom usporedbom sa standardima. Danas se apsorpcija mjeri instrumentima koji omogućuju povećanu osjetljivost i selektivnost. Osnovna instrumentacija se sastoji od izvora zračenja, uređaja za odabir valne duljine, odjeljka za uzorke, detektora i izlaznog uređaja. Za vidljivo zračenje najčešći izvor je volframova nit, a za UV zračenja najčešće se koristi deuterijeva lampa. Za najbolju rezoluciju koristi se rešetkasti monokromator kao uređaj za odabir valne duljine. Dio za uzorke podrazumijeva ćeliju kvadratnog presjeka od 1 cm izrađenu od kvarca za blisko UV područje te od stakla ili plastike za vidljivo područje. Prilikom razvoja kvantitativne metode, u obzir je potrebno uzeti i apsorpcijske karakteristike otapala. Za detekciju kao standardni uređaj služi fotomultiplikator, ali se također koriste i fotocijevi, fotodiode te diodni nizovi. Dvije najčešće optičke konfiguracije za UV-VIS spektrofotometre su jednostruki i dvostruki snop. Instrumenti s jednom zrakom su jeftiniji, dok su instrumenti s dvostrukom zrakom prikladniji za spektralno skeniranje [22, 23].

Metodom mokrog spaljivanja se određuje sadržaj humusa određivanjem ukupne količine organskog ugljika. Metoda se temelji na mokrom spaljivanju organske tvari tla uporabom koncentrirane sumporne kiseline (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i kalijevog bikromata (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) kao jakog oksidacijskog sredstva, prema reakciji (1):



Tijekom reakcije dolazi do promjene narančaste boje otopine u zelenu zbog prisustva Cr<sup>3+</sup> iona. Količina nastalog Cr<sup>3+</sup> ekvivalentna je količini nastalog CO<sub>2</sub>. Navedena promjena boje se koristi za spektrofotometrijsko određivanje organskog ugljika pri valnoj duljini od 585 nm [24, 25]. Dobivene vrijednosti organskog ugljika se mogu preračunati u humus ili organsku tvar koristeći pretvorbeni koeficijent 1,7241. Humus u prosjeku sadrži 58 % ugljika što znači da 1 % C = 1,7241 % humusa (100/58 = 1,7241) [5].

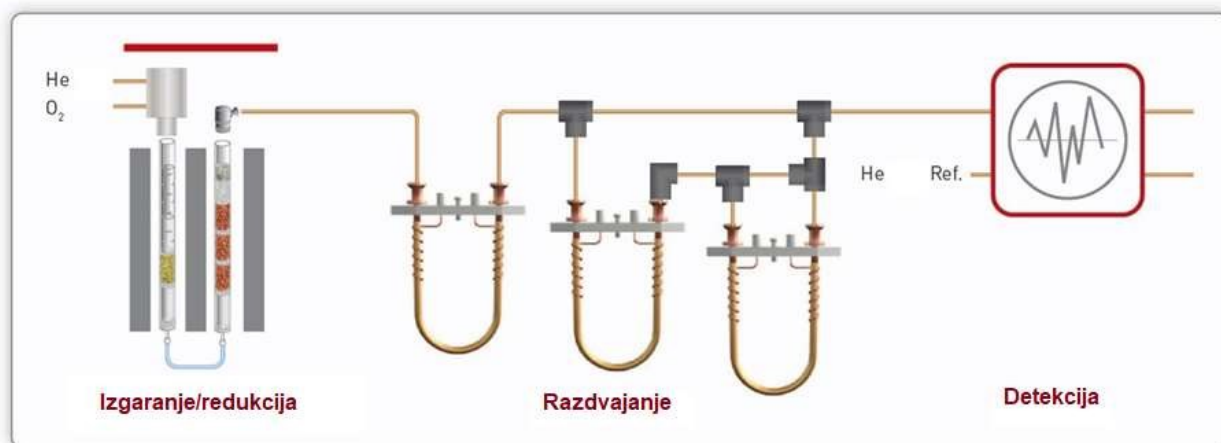
### ***2.2.2. Određivanje organskog ugljika metodom suhog spaljivanja***

Osnovni principi elementarne analize suhim spaljivanjem su poznati desetljećima. Točno izvagani alikvot uzorka se spaljuje kako bi se razgradio u plinove koji se zatim odvajaju jedan od drugoga i od ostalih neželjenih komponenti uzorka. Analiti od interesa se zatim kvantificiraju usporedbom sa standardima poznatog sastava te se rezultati prikazuju kao postotak mase izvornog uzorka [26].

Razvoj moderne elementarne analize može se pratiti unatrag do „analize izgaranja“ koja je započela u 18. stoljeću. Lavoisier je koristio do 50 g uzorka mjereći H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> nastale izgaranjem uzorka propuštanjem nastalih plinova kroz sredstvo za sušenje. Liebig je proširio pristup izgaranja na N<sub>2</sub> izbacivanjem drugih plinova te je mjerio N<sub>2</sub> volumetrijski koristeći manje od 1 g uzorka. Napredak u automatizaciji, npr. automatski karuseli za uzorke i računalno sučelje, doveli su do modernog sustava elementarnog analizatora sposobnog za visoko preciznu analizu ukupnog C kao CO<sub>2</sub> te ostalih elemenata poput H, N, O i S. Elementarna analiza suhim izgaranjem jednako je precizna i točna kao i tehnike mokrog spaljivanja za određivanje C [26].

U svom najjednostavnijem obliku, CHNOS elementarna analiza uključuje uvođenje točno izvaganog uzorka u visokotemperaturnu peć kroz koju prolazi stalna struja inertnog plina visoke čistoće kao što je helij. Kisik služi za spaljivanje izvaganog uzorka koji se nalazi

u kapsuli. Plinovi nastali izgaranjem zatim putuju kroz niz kolona. U koloni za izgaranje, koja je ispunjena reagensima poput bakrovog(II) oksida i korunda, dolazi do spaljivanja uzorka u pepeljari pri čemu nastali plinovi  $\text{CO}_x$  odlaze dalje do redukcijske kolone u struji helija. Nastali plinovi  $\text{CO}_x$  u struji nosioca plina helija odlaze do termo vodljivog detektora (engl. *thermal conductivity detector*, TCD) [27]. Slika 5. prikazuje tijek rada instrumenta.



**Slika 5.** Shematski prikaz dijelova elementarnog analizatora na kojima se odvija izgaranje, razdvajanje i detekcija [28].

Detektor toplinske vodljivosti sastoji se od dvije komore kroz koje tijekom analize istovremeno prolaze mješavina analitičkog plina (mjerna ćelija) i čisti plin nosilac (referentna ćelija). Komore tvore mjerni most. Toplinska vodljivost plina nosača osjetljivo reagira na dodavanje malih količina stranih plinova poput mjernih komponenata  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{SO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . Ukoliko jedna od ovih mjernih komponenti postoji u mješavini analitičkog plina, dolazi do poremećaja mjernog mosta koji se registrira u obliku električnog signala. Svaka se vrsta kvantificira integracijom signala povezanog s uzastopnim prolaskom vrste kroz termo vodljivi detektor. Analiza za ugljik traje 3-5 minuta. Vrijeme analize ovisi o brzini protoka plina nosača, masi izvaganog uzroka i temperaturi kolone. Kvantifikacija elemenata u pojedinačnom uzorku postiže se analizom standarda poznatog elementarnog sastava u alikvotima s rasponom masa. Na taj način se dobiva kalibracijska krivulja koja korelira masu svakog elementa s odgovorom detektora prilikom čega je moguća usporedba uzoraka nepoznatog sastava [24, 26, 27].

Ukoliko se metodom suhog spaljivanja određuje organski ugljik u tlima koja imaju visoki postotak karbonata, tj. karbonatnih iona ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), potrebno je izvršiti korekciju

izračunom. Korekcija na karbonate je potrebna jer sam elementarni analizator ne prepoznaje razliku između organskog i anorganskog oblika ugljika te spaljuje sve i daje rezultat ukupnog organskog ugljika u tlu. Karbonatna tla su sva ona tla čiji pH u otopini kalijevog klorida (KCl) iznosi više od 5,51. Tada se nakon analize vrši korekcija na karbonate koristeći formulu (1):

$$w[o(C)] = w[t(C)] - [0,12 \times w(\text{CaCO}_3)] \quad (1)$$

$w[o(C)]$  = sadržaj organskog ugljika [g/kg]

$w[t(C)]$  = sadržaj ukupnog organskog ugljika [g/kg]

0,12 = faktor konverzije

$w(\text{CaCO}_3)$  = sadržaj karbonata u tlu [g/kg]

Maseni udio,  $w$ , u formuli je izražen u g/kg, no konačni rezultat se prikazuje u postotku. Ukoliko pH tla u otopini KCl iznosi manje od 5,51 tada nije potrebno vršiti korekciju na karbonate [29].

### 3. Materijali i metode

#### 3.1. Ispitivani materijal

U ovom radu korišteno je 12 uzoraka tala ratarskih usjeva iz 2022. godine uzorkovanih na području Slavonije i Baranje (Tablica 1.).

**Tablica 1.** Oznaka uzorka, godine i mjesta uzorkovanja.

Oznaka uzorka i godina	Mjesto uzorkovanja
7583/22	Brestovac
9582/22	Palača
9982/22	Levanjska Varoš
10109/22	Petrovci
10296/22	Ilok
10356/22	Vukovar
10403/22	Ilok
10417/22	Lovas
10418/22	Bošnjaci
10421/22	Strošinci
10433/22	Strošinci
10436/22	Strošinci

Uzorci su se analizirali u triplikatu. Primarna svrha uzorkovanja i agrokemijske analize tla je utvrđivanje prosječne raspoloživosti hranjivih tvari (mikroelementi i makroelementi) te ostalih svojstava tla koja značajno utječu na hranjive tvari u tlu, poput pH, teksture i humusa. Samo uzorkovanje tla provodi se uporabom sonde ili štihalice koje trebaju biti od nehrđajućeg čelika ili kromirane kako ne bi došlo do kontaminacije uzorka (Slika 6.). Ovisno o kulturi, uzorci se vade na različitim dubinama:

- 0-30 cm za ratarske kulture, povrće, cvijeće, pašnjake i livade,
- 0-30 cm i 30-60 cm za višegodišnje nasade.

Uzorci se uzimaju na dubinama tla na kojima korijenov sustav „apsorbira/uzima“ hranjive tvari iz tla, ovisno o kojoj se biljci radi. Višegodišnji nasadi razvijaju korijenov sustav dublji od razine oranja, tj. korijen višegodišnjih nasada je dublje u tlu od korijena ratarskih kultura. Za ratarske kulture uzorci se uzimaju na dubini do 30 cm, a za višegodišnje nasade na dvije dubine (0-30 cm i 30-60 cm) ili čak za određene nasade s izrazito dubokim korijenovim sustavom i na tri dubine (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm). Uzorak tla se uzima neposredno nakon skidanja usjeva ili berbe nasada [30, 31].



**Slika 6.** Uzorkovanje tla sondom i štijačom [31].

### ***3.1.1. Određivanje organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja***

- **Princip metode:**

Metoda mokrog spaljivanja podrazumijeva spektrofotometrijsko određivanje sadržaja humusa određivanjem ukupne količine organskog ugljika. Uzorci tala korišteni za analizu prethodno su pripremljeni i usitnjeni. Metoda se zasniva na mokrom spaljivanju organske tvari pomoću koncentrirane sumporne kiseline i kalijevog bikromata koje ima ulogu jakog oksidacijskog sredstva. Dikromatni ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ( $\text{Cr}^{6+}$ ) koji je narančasto-crvene boje reducira se u  $\text{Cr}^{3+}$  zeleno-plave boje. Intenzitet zeleno-plave boje mjeri se spektrofotometrijski na valnoj duljini od 585 nm. Oksidacija jednog ugljikovog atoma proizvodi četiri elektrona u  $\text{CO}_2$  što predstavlja izravnu vezu između nastalog  $\text{Cr}^{3+}$  i količine organskog ugljika. Za kalibraciju se koristi otopina glukoze koja sadrži lako oksidirajući ugljik.

- **Kemikalije i pribor:**

Od kemikalija su korištene: kalijev bikromat,  $K_2Cr_2O_7$  ( $M = 294,19$  g/mol, Thermo Scientific), konc. sumporna kiselina,  $H_2SO_4$  ( $M = 98,079$  g/mol, Gram-mol), glukoza ( $M = 180,156$  g/mol, Gram-mol), standardi za kalibraciju napravljeni pipetirajući određenu količinu otopine glukoze za pojedini standard (prema Tablici 2.).

**Tablica 2.** Standardi za kalibraciju.

0,00 % humusa	0,0 mL otopine glukoze
0,69 % humusa	0,1 mL otopine glukoze
1,38 % humusa	0,2 mL otopine glukoze
2,07 % humusa	0,3 mL otopine glukoze
2,76 % humusa	0,4 mL otopine glukoze
3,45 % humusa	0,5 mL otopine glukoze
4,14 % humusa	0,6 mL otopine glukoze

Od pribora su korištene: Erlenmeyerove tikvice (250 mL), dozatori (5-30 mL, 10-60 mL), graduirana pipeta (1 mL), odmjerne tikvice (100 mL, 5000 mL), epruvete (16 × 160 mm), kivete za centrifugu (50 i 75 mL) te stalak za epruvete.

Od uređaja je korišteno: analitička vaga, sušionik, magnetska miješalica, UV-VIS spektrofotometar (Agilent Technologies, Cary 60 UV-VIS), centrifuga (Rotanta 460 R, Hettica).

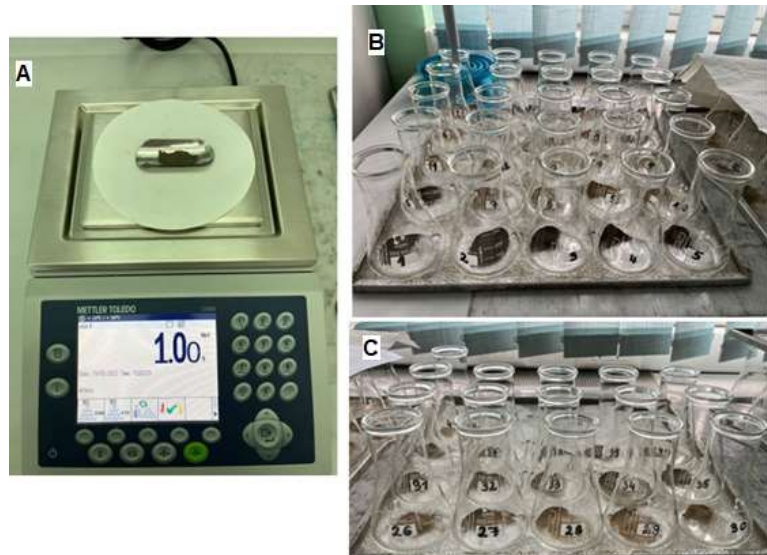
- Priprema otopina:

*0,2 mol/L otopina  $K_2Cr_2O_7$*  → odvagati 49,03 g  $K_2Cr_2O_7$  u odmjernu tikvicu od 1000 mL, odnosno 245,15 g  $K_2Cr_2O_7$  u odmjernu tikvicu od 5000 mL, te nadopuniti demineraliziranom vodom do oznake.

*Standardna otopina glukoze* → 10 g glukoze  $C_6H_{12}O_6$  (prethodno sušene, 1 sat, na 150 °C) otopiti u tikvici od 100 mL i nadopuniti demineraliziranom vodom do oznake. Otopina se čuva u hladnjaku te je stabilna tjedan dana.

- Postupak rada:

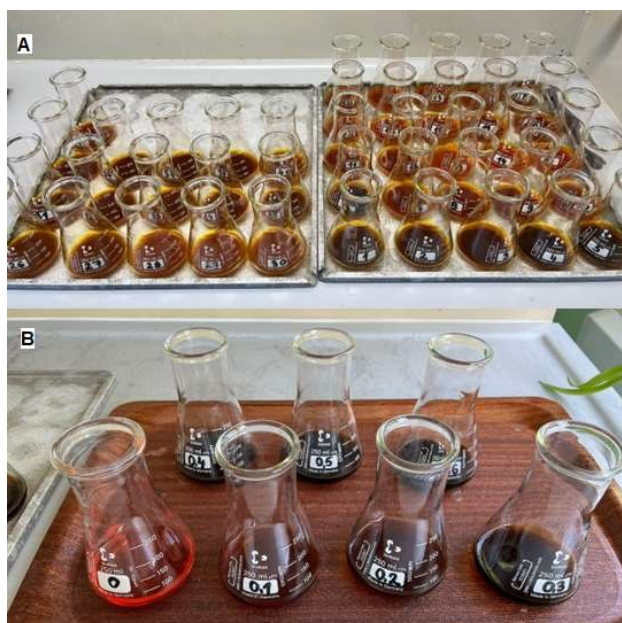
U Erlenmeyerove tikvice od 250 mL odvagano je 1,00 g odabranih zrakosuhih uzoraka tla zajedno s dva kontrolna uzorka (Slika 7.).



**Slika 7.** A) Vaganje uzoraka tla za određivanje humusa, B) i C) Erlenmeyerove tikvice sa izvaganim uzorcima.

Zatim je u Erlenmeyerove tikvice dodano 30 mL 0,2 mol/L otopine  $K_2Cr_2O_7$  i 20 mL koncentrirane  $H_2SO_4$ . Nakon toga su tikvice s uzorcima stavljene u sušionik i sušene na temperaturi od 98-100 °C tijekom 90 minuta. Istovremeno je pripremljeno pet kalibracijskih standarda uključujući i slijepu probu u seriji od 6 Erlenmeyerovih tikvica pipetirajući određene količine osnovne standardne otopine glukoze (Slika 8.)





**Slika 8.** A) Erlenmeyerove tikvice s izvaganim uzorcima nakon dodatka  $K_2Cr_2O_7$  i  $H_2SO_4$ , B) Erlenmeyerove tikvice s standardima za kalibraciju (broj na tikvici predstavlja određeni volumen otopine glukoze).

Nakon dodatka kalijeva bikromata i sumporne kiseline, Erlenmeyerove tikvice s uzorcima stavljene su u sušionik tijekom 90 minuta na  $99\text{ }^\circ\text{C}$  (Slika 9.).



**Slika 9.** Sušenje uzoraka.

Nakon 90 minuta, tikvice s uzorcima i standardima su izvađene iz sušionika i ostavljene da se ohlade (Slika 10.).



**Slika 10.** A) i B) Erlenmeyerove tikvice s uzorcima nakon sušenja, C) Erlenmeyerove tikvice sa standardima nakon sušenja.

Nakon hlađenja, u tikvice je dodano 80 mL demineralizirane vode te je dobro promiješano. Uzorci su preliveni u kivete za centrifugiranje i centrifugirani tijekom 5 minuta na 2000 okretaja zbog sedimentacije taloga (Slika 11.).



**Slika 11.** A) i B) Erlenmeyerove tikvice s uzorcima nakon dodatka vode, C) Erlenmeyerove tikvice sa standardima nakon dodatka vode, D) i E) kivete s uzorcima za centrifugiranje.

Nakon centrifugiranja uzorci su analizirani na UV-VIS spektrofotometru na 585 nm. Na spektrofotometru su prvo analizirani standardi kako bi se dobila kalibracijska krivulja. Nakon dobivene krivulje započeto je očitavanje s dva standarda i to ona koja najbolje leže na krivulji. Nakon toga su očitane kontrole i zatim uzorci. Nakon svakog dvanaestog uzorka ponovno su očitani standardi. Na kraju, ponovno su očitana dva standarda.

### ***3.1.2. Određivanje organskog ugljika metodom suhog spaljivanja***

- **Princip metode:**

Metoda se izvodi prema normi HRN ISO 10694:2004. Određivanje organskog ugljika se temelji na principu suhog spaljivanja prilikom čega se uzorak tla spali u prisutnosti kisika na temperaturi od 960 °C. Helij, koji služi kao plin nosilac, odnosi nastali plin (CO<sub>2</sub>) do redukcijske kolone koja je ispunjena bakrom. Nakon redukcije nastaje ugljik koji se kroz sustav odvodi do termo vodljivog detektora. Signal odziva termo vodljivog detektora predstavlja ovisnost potencijala u vremenu te ima oblik pika koji se prikazuje kao integral.

- **Kemikalije i pribor:**

Od kemikalija je korišteno: kisik (čistoća 99,9995 %, Messer), helij (čistoća 99,996 %, Messer), sicapent (Elementar), srebrna vuna za elementarnu analizu (Elementar), bakar za elementarnu analizu (Elementar), bakrov(II) oksid za elementarnu analizu ( $M = 79,545$  g/mol, Elementar) volfram za elementarnu analizu (Elementar), staklena vuna za elementarnu analizu (Elementar) i korund (aluminijev oksid) kuglice za elementarnu analizu ( $M = 101,96$  g/mol, Elementar).

Od pribora je korišteno: kositrena folija (Elementar), pinceta, ogledalo, set za prešanje uzoraka i plastična posudica za uzorke.

Od uređaja je korišteno: analizator ugljika, dušika i sumpora (Elementar) i analitička vaga.

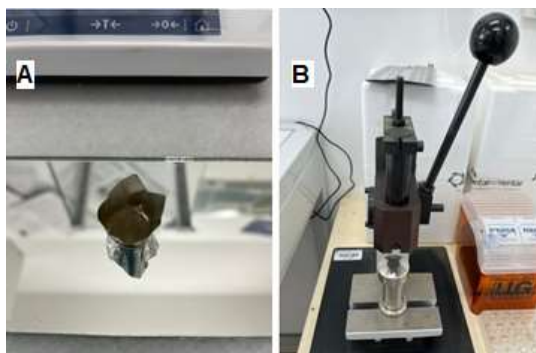
- **Postupak rada:**

Odabrani uzorci vagani su u lađice napravljene od kositrene folije – približno 250 mg ili ako rezultati mjerenja prelaze kalibracijsko područje, potrebna je alternativna odvaga (Slika 12.).



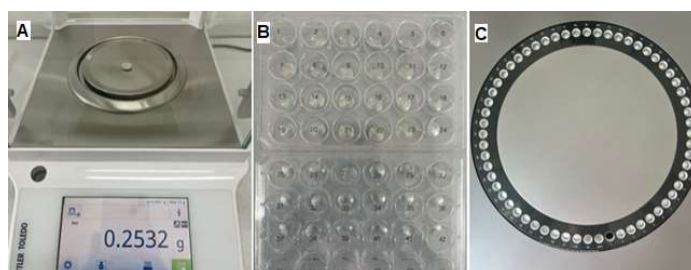
**Slika 12.** Kositrena lađica za vaganje uzoraka.

Uz pomoć pincete, lađica s uzorkom je maknuta s vage na ogledalo te je pomoću pincete ista zatvorena i stavljena u metalni valjak. Metalni valjak služi za prešanje te se na taj način iz uzorka uklanja zrak i uzorak se oblikuje u tableticu. Tako pripremljen uzorak se ispušta na ogledalo kako bi se vidjelo dolazi li do curenja uzorka iz tabletice (Slika 13.).



**Slika 13.** A) Kositrena lađica s uzorkom na ogledalu, B) kositrena lađica prenesena u metalni valjak u prešu.

Nakon prešanja, uzorak je ponovno odvagano radi provjere gubitka mase. Uzorak u obliku tabletice stavljen je u automatski uzorkivač pomoću pincete (Slika 14.).



**Slika 14.** A) Kositrena tabletica nakon prešanja izvagana, B) plastična posuda s tableticama, C) automatski uzorkivač.

Nakon zagrijavanja kolona propušten je kisik u svrhu pročišćavanja cijelog sustava. Pročišćavanje se radi sve dok površina ispod pika za dušik i ugljik ne bude ispod 100. Zatim je određen dnevni faktor (engl. *daily factor*). U tu svrhu korišten je uzorak koji ima poznatu vrijednost ugljika. Vrijednost dnevnog faktora mora biti 0,9-1,1. Nakon određivanja dnevnog faktora započeta je analiza uzoraka.

Regresijska analiza, pomoću koje su uspoređene dvije ispitane metode, provedena je koristeći Microsoft Excel.

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1. Određivanje organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja

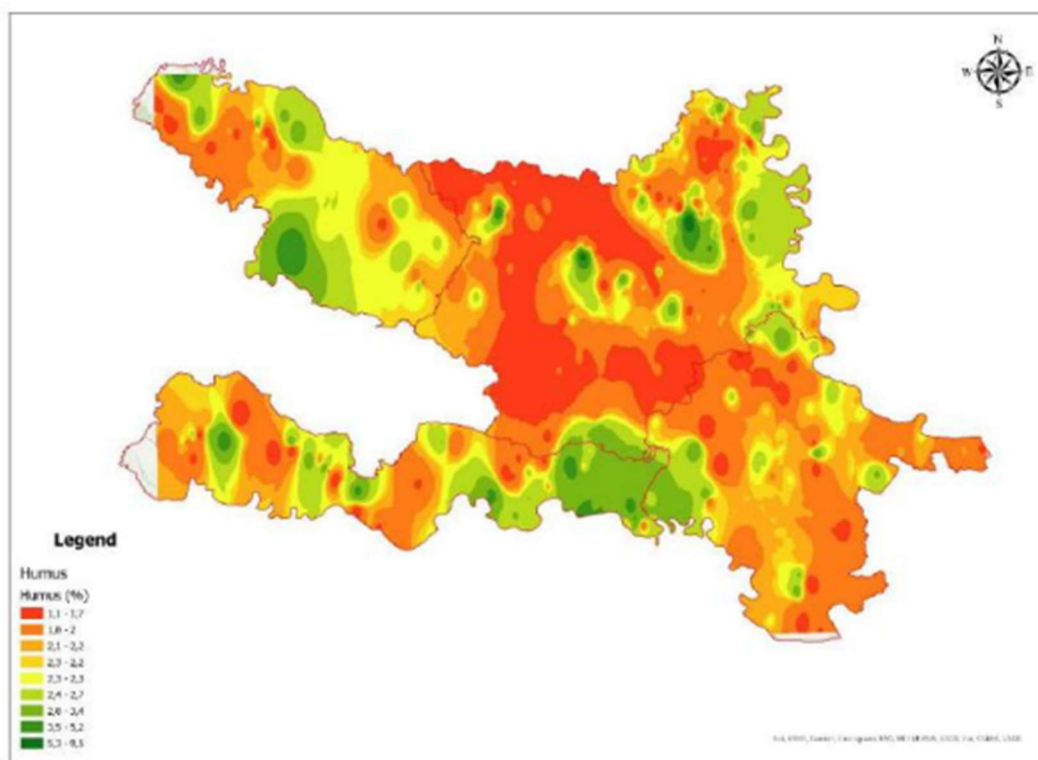
Rezultati određivanja organskog ugljika metodom mokrog spaljivanja prikazani su u Tablici 3. Mjerenjem su dobivene koncentracije humusa koje su preračunate u koncentraciju organskog ugljika.

**Tablica 3.** Rezultati određivanja organskog ugljika u uzorcima tla metodom mokrog spaljivanja.

Uzorak	Koncentracija C [%]	Koncentracija C [%]	Koncentracija C [%]
	prvo mjerenje 22. 5. 2023.	drugo mjerenje 23. 5. 2023.	treće mjerenje 25. 5. 2023.
7583/22	3,59	3,59	3,71
	3,59	3,60	3,61
	3,69	3,67	3,70
<i>x</i>	3,62	3,62	3,67
9582/22	3,20	3,15	3,21
	3,15	3,10	3,18
	3,09	3,14	3,19
<i>x</i>	3,15	3,13	3,19
9982/22	2,66	2,67	2,64
	2,70	2,64	2,66
	2,67	2,70	2,60
<i>x</i>	2,68	2,67	2,63
10109/22	1,17	1,08	1,11
	1,16	1,17	1,11
	1,17	1,12	1,14
<i>x</i>	1,16	1,12	1,12
10296/22	0,53	0,52	0,49
	0,55	0,53	0,50
	0,47	0,49	0,56

<b>x</b>	0,52	0,51	0,52
<b>10356/22</b>	0,65	0,63	0,63
	0,61	0,62	0,60
	0,57	0,57	0,60
<b>x</b>	0,61	0,61	0,61
<b>10403/22</b>	0,79	0,84	0,80
	0,86	0,85	0,82
	0,84	0,86	0,81
<b>x</b>	0,83	0,85	0,81
<b>10417/22</b>	1,28	1,33	1,23
	1,28	1,30	1,35
	1,32	1,31	1,37
<b>x</b>	1,29	1,31	1,32
<b>10418/22</b>	1,28	1,33	1,26
	1,28	1,32	1,29
	1,24	1,28	1,31
<b>x</b>	1,27	1,31	1,29
<b>10421/22</b>	1,75	1,77	1,82
	1,73	1,76	1,78
	1,73	1,75	1,76
<b>x</b>	1,74	1,76	1,79
<b>10433/22</b>	1,45	1,44	1,49
	1,53	1,53	1,55
	1,49	1,55	1,54
<b>x</b>	1,49	1,51	1,53
<b>10436/22</b>	2,13	2,18	2,18
	2,15	2,16	2,13
	2,18	2,18	2,13
<b>x</b>	2,15	2,17	2,15

Metodom mokrog spaljivanja određen je sadržaj humusa u uzorcima koji je pomoću pretvorbenog koeficijenta 1,7241 pretvoren u količinu organskog ugljika. Navedeni faktor pretvorbe pretpostavlja da humus u prosjeku sadrži 58 % organskog ugljika što znači da 1 % C odgovara sadržaju humusa 1,7241 %. Ovisno o lokaciji uzorkovanja, vrijednosti organskog ugljika se uvelike razlikuju. Slika 16. prikazuje predviđanje koncentracije humusa u tlu na području Slavonije i Baranje. Karta s predviđenim koncentracijama humusa u Slavoniji i Baranji je bitna jer se pomoću nje prati kako se koncentracija humusa tijekom godina mijenja. Predviđanja su napravljena tijekom provođenja projekta „Agroekoteh – Optimizacija gospodarenja tlom i prilagodba agroekosustava i agrotehničkih mjera klimatskih promjena“ (KK.05.1.1.02.0018) od strane Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu i Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.



**Slika 16.** Predviđanje koncentracije humusa na području Slavonije i Baranje [32].

Uzorci 7583/22, 9582/22, 9982/22 i 10109/22 su s područja Osječko-baranjske županije. Njihove vrijednosti organskog ugljika iznose 3,64 %, 3,16 %, 2,66 % i 1,13 %. Prema gore navedenoj karti (Slika 16.), dobiveni rezultati slažu se s predviđenom koncentracijom u Osječko-baranjskoj županiji. Uzorci 10296/22, 10356/22, 10403/22,



10417/22, 10418/22, 10421/22, 10433/22, 10436/22 su s područja Vukovarsko-srijemske županije. Njihove vrijednosti organskog ugljika iznose 0,51 %, 0,61 %, 0,83 %, 1,31 %, 1,29 %, 1,76 %, 1,51 % i 2,16 %. Prema gore navedenoj karti (Slika 16.), dobiveni rezultati slažu se s predviđenom koncentracijom u Vukovarsko-srijemskoj županiji.

Eksperimentalno određene vrijednosti za odabrane uzorke tala dobivene korištenjem metode mokrog spaljivanja za određivanje organskog ugljika kreću se od najnižih vrijednosti kod uzorka 10296/22 koji sadrži 0,51 % organskog ugljika do najviših vrijednosti kod uzorka 7583/22 koji sadrži 3,64 % organskog ugljika. Vrijednost humusa, tj. organskog ugljika može se pretpostaviti i prema boji otopine. Tamnija boja predstavlja veću količinu organskog ugljika dok svjetlija boja predstavlja manju količinu što je povezano i s dobivenim rezultatima analize.

Iz izmjerenih podataka uočava se varijacija u sadržaju organskog ugljika među uzorcima što se također može vidjeti i na grafičkom prikazu za sva tri mjerenja (Slika 17.) Može se zaključiti da su razlike u koncentracijama organskog ugljika posljedica različitih lokacija uzorkovanja.



**Slika 17.** Grafički prikaz srednje vrijednosti dobivenih rezultata koncentracije organskog ugljika uporabom metode mokrog spaljivanja.

## 4.2. Određivanje organskog ugljika metodom suhog spaljivanja

Rezultati određivanja organskog ugljika metodom suhog spaljivanja prikazani su u Tablici 4. Uzorci 7583/22, 10296/22, 10356/22, 10403/22, 10417/22 sadrže visoki postotak karbonata te je kod tih uzoraka napravljena korekcija na karbonate.

**Tablica 4.** Rezultati određivanja organskog ugljika u uzorcima tla metodom suhog spaljivanja.

Uzorak	Masa [mg]	Koncentracija C [%] prvo mjerenje 12. 5. 2023.	Masa [mg]	Koncentracija C [%] drugo mjerenje 15. 5. 2023.	Masa [mg]	Koncentracija C [%] treće mjerenje 25. 9. 2023.
7583/22	124,5	5,54	127,0	5,38	127,8	5,59
	125,3	5,66	126,2	5,70	126,6	5,77
	123,9	5,62	124,8	5,59	126,3	5,62
<i>x</i>	/	5,61	/	5,56	/	5,66
w(CaCO <sub>3</sub> )	7,1 %					
<i>x</i>	/	4,76	/	4,71	/	4,81
9582/22	250,6	3,03	251,6	3,46	248,7	3,61
	245,8	3,17	252,3	3,60	249,1	3,63
	253,9	3,39	250,8	3,67	249,1	3,76
<i>x</i>	/	3,20	/	3,58	/	3,67
9982/22	253,7	3,04	252,8	3,31	249,2	3,41
	245,1	3,06	253,8	3,09	251,7	3,25
	252,3	2,95	252,4	3,21	248,9	3,19
<i>x</i>	/	3,02	/	3,20	/	3,28
10109/22	259,3	1,56	254,4	1,38	253,4	1,43
	260,7	1,55	247,6	1,23	254,1	1,24
	245,9	1,45	250,5	1,20	251,2	1,24
<i>x</i>	/	1,52	/	1,27	/	1,30
10296/22	125,2	3,98	125,4	4,04	125,1	4,46
	125,7	3,97	125,2	4,00	126,7	4,20

	124,8	3,97	127,4	3,99	125,9	4,14
<b>x</b>	/	3,97	/	4,01	/	4,27
w(CaCO <sub>3</sub> )	29,9 %					
<b>x</b>	/	0,38	/	0,42	/	0,68
<b>10356/22</b>	260,0	2,18	245,6	2,12	245,5	2,19
	248,0	2,13	253,1	2,14	246,2	2,21
	245,6	2,15	249,5	2,15	249,4	2,23
<b>x</b>	/	2,15	/	2,14		2,21
w(CaCO <sub>3</sub> )	10,4 %					
<b>x</b>	/	0,90	/	0,89	/	0,96
<b>10403/22</b>	257,8	3,00	247,4	2,62	246,8	2,57
	251,1	2,75	250,3	2,58	251,3	2,62
	257,9	2,65	252,4	2,55	246,5	2,64
<b>x</b>	/	2,80	/	2,58	/	2,61
w(CaCO <sub>3</sub> )	10,1 %					
<b>x</b>	/	1,59	/	1,37	/	0,99
<b>10417/22</b>	252,2	2,99	254,2	2,96	253,2	3,01
	251,0	2,93	251,9	2,92	256,2	3,06
	255,6	2,93	252,5	2,96	248,6	3,06
<b>x</b>	/	2,95	/	2,95	/	3,04
w(CaCO <sub>3</sub> )	11,4 %					
<b>x</b>	/	1,58	/	1,58	/	1,67
<b>10418/22</b>	250,1	1,29	251,4	1,22	243,9	1,32
	246,1	1,38	252,2	1,42	245,4	1,35
	249,4	1,38	253,4	1,42	246,5	1,44
<b>x</b>	/	1,35	/	1,35	/	1,37
<b>10421/22</b>	253,1	1,79	251,6	1,75	249,4	1,86
	250,0	1,86	253,8	1,85	248,9	1,83
	250,6	1,95	254,0	1,74	250,9	1,99
<b>x</b>	/	1,87	/	1,78	/	1,89
<b>10433/22</b>	253,2	1,71	251,7	1,50	248,7	1,81
	249,9	1,64	252,0	1,46	249,3	1,73

	250,5	1,64	251,4	1,41	254,7	1,72
<b>x</b>	/	1,66	/	1,46	/	1,75
<b>10436/22</b>	248,6	2,25	257,2	2,06	247,5	2,34
	250,1	2,36	250,6	2,08	253,6	2,53
	251,8	2,32	254,7	2,08	243,3	2,56
<b>x</b>	/	2,31	/	2,07	/	2,48

***Korekcija na karbonate (prema formuli (1)):***

Uzorak br. 7583/22

Prvo mjerenje →  $w[o(C)] = 47,58 \text{ g/kg} = 4,76 \%$

Drugo mjerenje →  $w[o(C)] = 47,08 \text{ g/kg} = 4,71 \%$

Treće mjerenje →  $w[o(C)] = 48,08 \text{ g/kg} = 4,81 \%$

Uzorak br. 10296/22

Prvo mjerenje →  $w[o(C)] = 3,82 \text{ g/kg} = 0,38 \%$

Drugo mjerenje →  $w[o(C)] = 4,22 \text{ g/kg} = 0,42 \%$

Treće mjerenje →  $w[o(C)] = 6,82 \text{ g/kg} = 0,68 \%$

Uzorak br. 10356/22

Prvo mjerenje →  $w[o(C)] = 9,02 \text{ g/kg} = 0,90 \%$

Drugo mjerenje →  $w[o(C)] = 8,92 \text{ g/kg} = 0,89 \%$

Treće mjerenje →  $w[o(C)] = 9,62 \text{ g/kg} = 0,96 \%$

Uzorak br. 10403/22

Prvo mjerenje →  $w[o(C)] = 15,88 \text{ g/kg} = 1,59 \%$

Drugo mjerenje →  $w[o(C)] = 13,98 \text{ g/kg} = 1,37 \%$

Treće mjerenje →  $w[o(C)] = 9,98 \text{ g/kg} = 0,99 \%$

Uzorak br. 10417/22

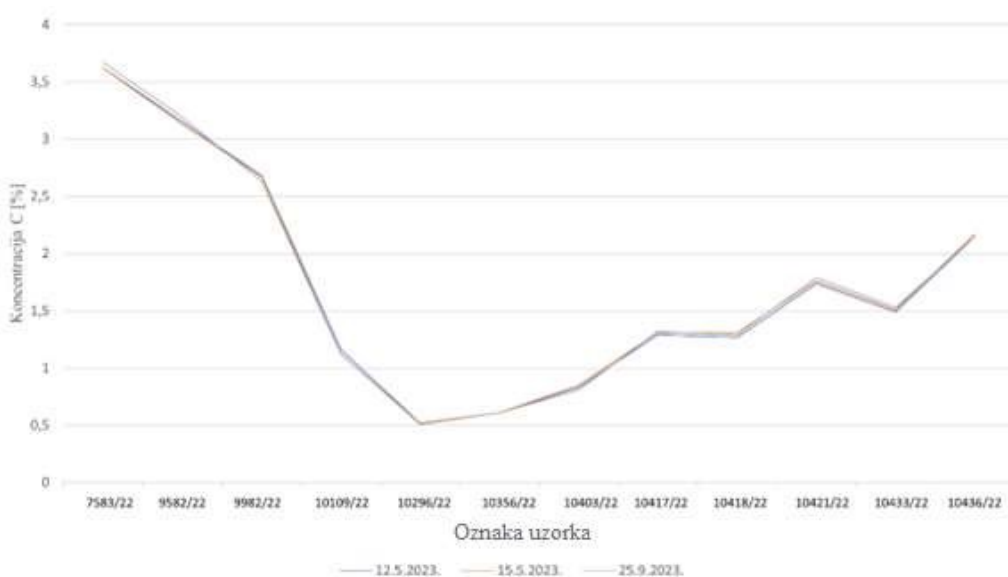
Prvo mjerenje →  $w[o(C)] = 15,82 \text{ g/kg} = 1,58 \%$

Drugo mjerenje →  $w[o(C)] = 15,82 \text{ g/kg} = 1,58 \%$

Treće mjerenje →  $w[o(C)] = 16,72 \text{ g/kg} = 1,67 \%$

Kod pojedinih uzoraka, maseni udio karbonata bio je visok te je bilo potrebno napraviti korekciju na karbonate prilikom čega se anorganski dio ugljika „odvaja“ od organskog ugljika. Eksperimentalno određene vrijednosti za odabrane uzorke tala dobivene korištenjem metode suhog spaljivanja za određivanje organskog ugljika kreću se od najnižih vrijednosti kod 10296/22 koji sadrži 0,49 % organskog ugljika do najviših vrijednosti kod 7583/22 koji sadrži 4,76 % organskog ugljika.

Iz izmjerenih podataka uočava se varijacija u sadržaju organskog ugljika što se također može vidjeti i na grafičkom prikazu za sva tri mjerenja (Slika 18.). Razlog tomu je što svaki uzorak potječe sa različitih mjesta u području Slavonije i Baranje.



**Slika 18.** Grafički prikaz srednje vrijednosti dobivenih rezultata koncentracije organskog ugljika uporabom metode suhog spaljivanja.

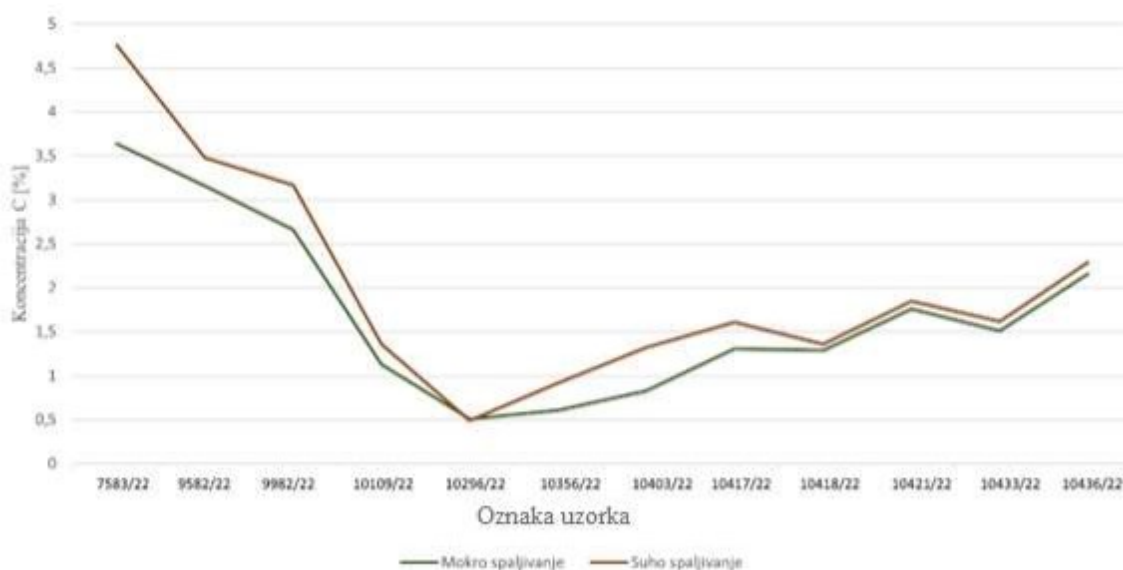
### 4.3. Usporedba metoda

Tablica 5. prikazuje usporedbu rezultata dvije korištene metode. Prikazana je srednja vrijednost koncentracije organskog ugljika za sva tri mjerenja.

**Tablica 5.** Usporedba koncentracija organskog ugljika u uzorcima tla dobivenih metodom mokrog i suhog spaljivanja.

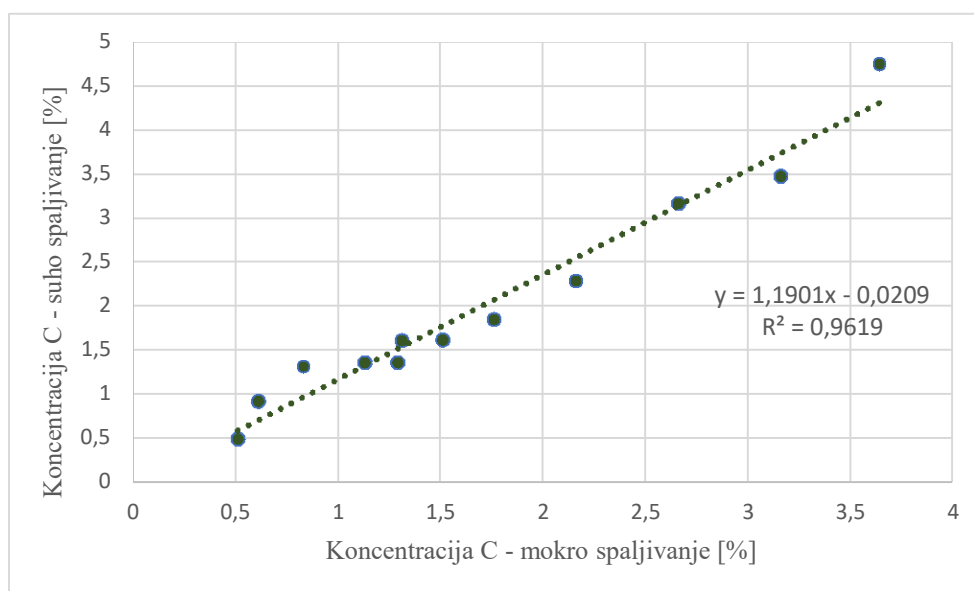
Uzorak	Koncentracija C [%]	
	Metoda mokrog spaljivanja	Metoda suhog spaljivanja
7583/22	3,64	4,76
9583/22	3,16	3,48
9982/22	2,66	3,17
10109/22	1,13	1,36
10296/22	0,51	0,49
10356/22	0,61	0,92
10403/22	0,83	1,32
10417/22	1,31	1,61
10418/22	1,29	1,36
10421/22	1,76	1,85
10433/22	1,51	1,62
10436/22	2,16	2,29

Rezultati usporedbe organskog ugljika dobiveni primjenom dvije metode prikazani su na Slici 19. Iako se iz grafičkog prikaza vidi da postoje varijacije u dobivenim rezultatima, promatrani podatci ipak pokazuju visoki stupanj slaganja i podudarnosti dvije metode.



**Slika 19.** Grafički prikaz usporedbe srednje vrijednosti dobivenih rezultata.

Usporedbom rezultata analize navedenih metoda utvrđena je vrlo jaka pozitivna linearna korelacija s koeficijentom determinacije  $R^2 = 0,9619$ . Prema Chadockovoj ljestvici navedeni rezultat predstavlja čvrstu vezu između dvije metode. Slika 20. prikazuje linearnu vezu između navedenih metoda i regresijski pravac.



**Slika 20.** Usporedba metoda za određivanje organskog ugljika u tlu – metoda suhog spaljivanja i metoda mokrog spaljivanja.

## 5. Zaključak

Vrijednosti organskog ugljika u tlu vrlo su bitne za poljoprivrednike. Organski ugljik u tlu kontrolira funkcioniranje kopnenog ekosustava, osigurava razne izvore energije za mikroorganizme u tlu, upravlja samom strukturom tla te utječe na dostupnost organski vezanih hranjivih tvari. S obzirom da je tlo važno za biljnu proizvodnju potrebno je odrađivati redovne analize tla pomoću kojih se utvrđuje koji nutrijenti nedostaju ili kojih ima previše. Stoga su u ovom radu uspoređene dvije metode za određivanje organskog ugljika u poljoprivrednim tlima. To su metoda mokrog spaljivanja i metoda suhog spaljivanja. U tu svrhu analizirano je 12 uzoraka tala uzorkovanih s različitih područja Slavonije i Baranje.

Vrijednosti humusa dobivene metodom mokrog spaljivanja preračunate su pomoću pretvorbenog koeficijenta 1,7241 u koncentracije organskog ugljika. U slučaju metode suhog spaljivanja, vrijednosti koncentracije organskog ugljika uzoraka koji su sadržavali visoki postotak karbonatnih iona preračunate su koristeći korekciju na karbonate. Korekcija je napravljena kod onih uzoraka čiji pH u otopini kalijevog klorida iznosi  $< 5,51$ .

Na temelju dobivenih rezultata može se primijetiti kako koncentracija organskog ugljika varira u svim uzorcima. Razlog tomu je što uzorci potječu s različitog područja diljem Slavonije i Baranje. Kod uzoraka s manjim udjelom organskog ugljika potreban je dodatan unos organske tvari kako bi se tla obogatila humusom dok kod uzoraka s visokim udjelom organskog ugljika to nije potrebno.

Usporedba rezultata analize dvije metode pokazala je jaku pozitivnu linearnu korelaciju s koeficijentom determinacije  $R^2 = 0,9619$  te se na temelju toga može se zaključiti kako su dvije metode za određivanje organskog ugljika usporedne.



## 6. Literaturna vrela

- [1] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=61548> (13. 8. 2023.)
- [2] <https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-klimatske-aktivnosti-1879/tlo/1323> (13. 8. 2023.)
- [3] S. E. Manahan, Fundamentals of Environmental Chemistry, CRC Press, Boca Raton, 2000.
- [4] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2019\\_05\\_47\\_918.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2019_05_47_918.html) (28. 9. 2023.)
- [5] B. Đurđević, Praktikum iz ishrane bilja, Sveučilište Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2014.
- [6] <https://www.soilquality.org.au/factsheets/organic-carbon> (23. 9. 2023.)
- [7] <https://www.britannica.com/science/soil> (13. 8. 2023.)
- [8] <https://rada.hr/objavljen-novi-natjecaj-za-provedbu-tipa-operacije-5-2-1-obnova-poljoprivrednog-zemljista-i-proizvodnog-potencijala/> (13. 8. 2023.)
- [9] B. Torok, T. Dransfield, Green Chemistry; An Inclusive Approach, Elsevier, 2017.
- [10] L. Radaš, Određivanje kemijskog sastava različitih uzoraka tala, Završni rad, Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2017.
- [11] J. Crnogorac, Određivanje kemijskih karakteristika različitih vrsta tla, Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2019.
- [12] D. L. Sparks, Environmental Soil Chemistry, Academic Press, 2003.
- [13] [https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Soil\\_chemical\\_properties\\_and\\_processes](https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Soil_chemical_properties_and_processes) (20. 8. 2023.)
- [14] <https://www.agric.wa.gov.au/measuring-and-assessing-soils/what-soil-organic-carbon> (20. 8. 2023.)
- [15] B. K. Singh, Soil Carbon Storage; Modulators, Mechanisms and Modelling, Academic Press, 2018.
- [16] W. Bleam, Soil and Environmental Chemistry, Academic Press, 2017.
- [17] [https://www.researchgate.net/publication/307526270\\_Development\\_of\\_Alternative\\_Methods\\_for\\_Determining\\_Soil\\_Organic\\_Matter](https://www.researchgate.net/publication/307526270_Development_of_Alternative_Methods_for_Determining_Soil_Organic_Matter) (20. 8. 2023.)
- [18] M. Pansu, J. Gautheyrou, Handbook of Soil Analysis, Springer Berlin, Heidelberg, 2006.
- [19] <https://repository.medri.uniri.hr/islandora/object/medri%3A6888/datastream/PDF/view> (22. 8. 2023.)
- [20] J. Meersmans, B. Van Wesemael, M. Van Molle, *Soil Use Manag.*, 25 (2009), 346-353.

- [21] <https://soiloptix.com/our-blog/what-are-the-different-methods-of-measuring-soil-organic-carbon/> (23. 8. 2023.)
- [22] P. J. Worsfold, Spectrophotometry, Elsevier, 2005.
- [23] A. Slepetiene, J. Slepetys, I. Liaudanskiene, *Agron. Res.*, 6 (2008), 543-554.
- [24] M. L. C. Passos, M. C. Sarraguca, M. L. M. F. S. Saraiva, T. Prasada Rao, V. M. Biju, Encyclopaedia of Analytical Science, Elsevier, 2019.
- [25] <https://www.hapih.hr/ct/propisi/> – Tehnološke upute (28. 9. 2023.)
- [26] M. I. Bird, C. Keitel, W. Meredith, Analysis of biochars for C, H, N, O and S by elemental analyser, CSIRO Publishing, Melbourne, 2017.
- [27] Operation instructions vario MACRO cube, CHNOS elemental analyzer, Elementar Analysensysteme GmbH, Njemačka, Langenselbold, 2017.
- [28] M. Škobić Stjepanović, I. Zegnal, Elementarni analizator, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, 2023. – interni materijal
- [29] <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+ISO+10694%3A2004> (12. 9. 2023.)
- [30] Z. Lončarić, D. Rastija, B. Popović, K. Karalić, V. Ivezić, V. Zebec, Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize, Sveučilište u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek, 2014.
- [31] <https://www.hapih.hr/ct/obraci/> – Upute za uzimanje uzoraka tla (12. 9. 2023.)
- [32] <https://www.hapih.hr/wp-content/uploads/2023/07/Agroekoteh-Elaborat.pdf> (28. 9. 2023.)

## 7. Životopis

### Osobni podatci

Ime i prezime: Ladislava Laszlo

Datum i mjesto rođenja: 15. svibnja 1999., Požega

### Obrazovanje

2021.-2023. Odjel za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski sveučilišni studij Kemija; istraživački smjer

2023. Filozofski fakultet u Osijeku

Pedagoško-psihološko-didaktičko-metodička izobrazba

2018.-2021. Odjel za kemiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Sveučilišni preddiplomski studij kemije

2014.-2018. II. gimnazija Osijek

### Stručna praksa

27.-28. 3. 2023. Nastavni zavod za javno zdravstvo

### Aktivnosti i sudjelovanja

28.-29. 9. 2023. *12. Simpozij Kopački rit jučer, danas, sutra* – postersko izlaganje

1. 4. 2023. *Studentski kongres o održivoj kemiji i inženjerstvu* – postersko izlaganje

2022. *19. Festival znanosti*

### Radno iskustvo

Kolovoz – rujan 2020. Rad u laboratoriju, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

Srpanj – kolovoz 2021. Rad u laboratoriju, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

Kolovoz 2022. – listopad 2023. Rad u laboratoriju, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu

### Osobne vještine

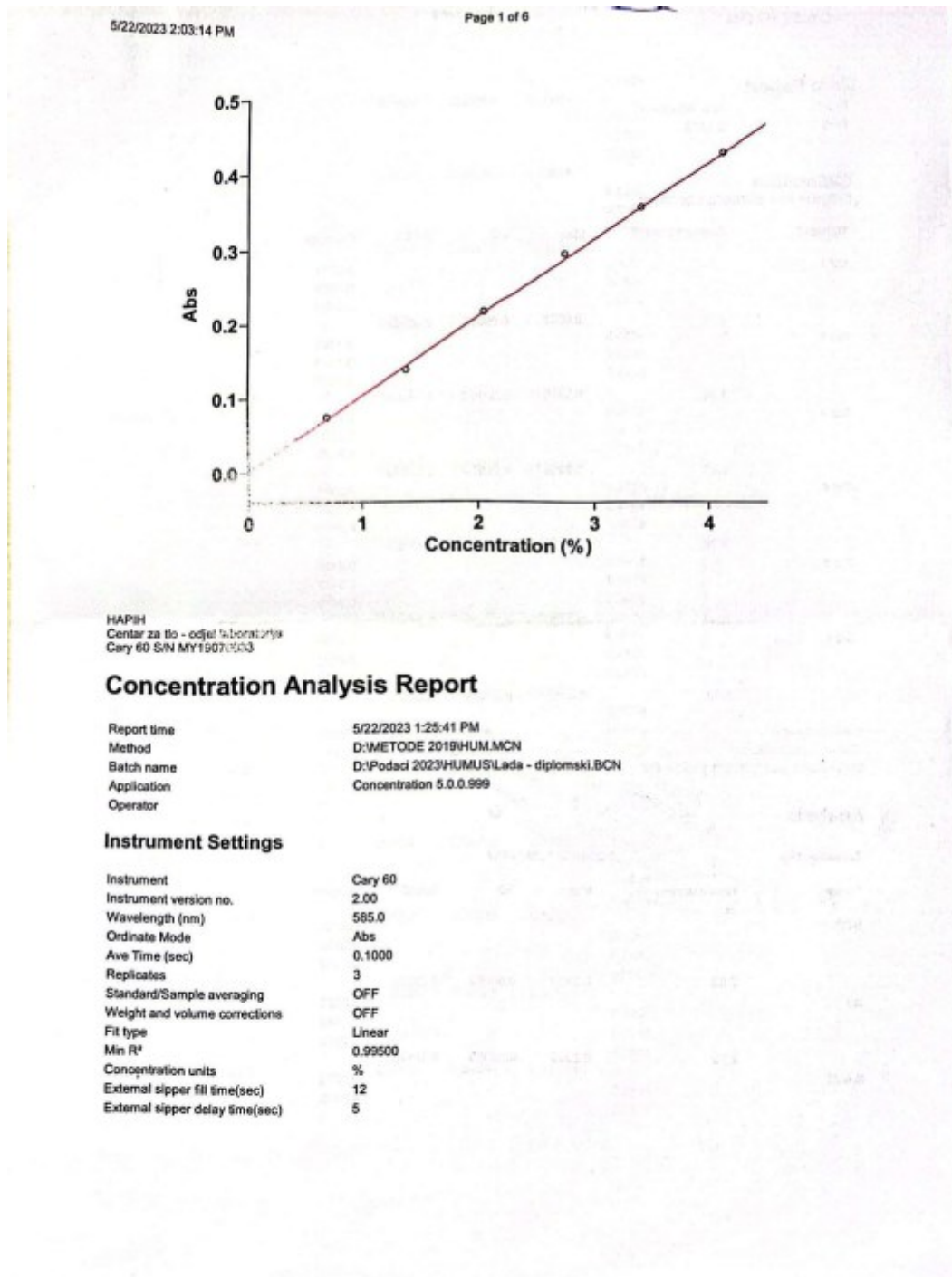
Strani jezici: Engleski jezik – aktivno u govoru i pismu

Njemački jezik – pasivno u govoru i pismu

## 8. Prilozi

### 8.1. Očitanja na UV-VIS spektrofotometru, metoda mokrog spaljivanja

#### 8.1.1. Očitanja na dan 22. 5. 2023. godine



**Zero Report**

Read Abs (585.0 nm)  
Zero 0.1263

**Calibration**

Collection time 5/22/2023 1:26:09 PM

Standard	Concentration F %	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1					0.0771 0.0741 0.0729
Std 2	0.69	0.0747	0.00216	2.89602	0.1391 0.1374 0.1359
Std 3	1.38	0.1375	0.00160	1.16467	0.2130 0.2126 0.2130
Std 4	2.07	0.2129	0.00023	0.10849	0.2874 0.2882 0.2875
Std 5	2.76	0.2877	0.00044	0.15150	0.3498 0.3487 0.3479
Std 6	3.44	0.3488	0.00095	0.27349	0.4259 0.4202 0.4176
	4.14	0.4212	0.00425	1.00785	

Calibration eqn Abs = 0.10123\*Conc +0.00284  
Correlation Coefficient 0.99923  
Calibration time 5/22/2023 1:29:59 PM

**Analysis**

Collection time 5/22/2023 1:29:59 PM

Sample	Concentration F %	Mean	SD	%RSD	Readings
STD					0.2136 0.2132 0.2142
std	2.08	0.2137	0.00050	0.23556	0.2851 0.2843 0.2853
K-6/21	2.79	0.2849	0.00053	0.18573	0.2396 0.2415

					0.2410
-2	2.35	0.2407	0.00098	0.40917	0.2380
					0.2405
					0.2423
7583/22	2.35	0.2403	0.00216	0.89878	0.6315
					0.6301
					0.6293
-2	6.20	0.6303	0.00111	0.17667	0.6301
					0.6290
					0.6297
-3	6.19	0.6296	0.00056	0.08843	0.6469
					0.6472
					0.6465
9582/22	6.36	0.6469	0.00035	0.05429	0.5618
					0.5612
					0.5622
-2	5.52	0.5617	0.00050	0.08860	0.5538
					0.5541
					0.5525
-3	5.44	0.5535	0.00015	0.13366	0.5417
					0.5418
					0.5424
9982/22	5.33	0.5420	0.00038	0.06985	0.4672
					0.4668
					0.4675
-2	4.59	0.4672	0.00035	0.07517	0.4741
					0.4725
					0.4732
-3	4.65	0.4733	0.00080	0.16948	0.4698
					0.4703
					0.4691
10109/22	4.61	0.4697	0.00060	0.12832	0.2060
					0.2059
					0.2066
-2	2.01	0.2062	0.00038	0.18364	0.2050
					0.2054
					0.2053
-3	2.00	0.2052	0.00021	0.10143	0.2057
					0.2064
					0.2056
std	2.01	0.2059	0.00044	0.21170	0.2131
					0.2147

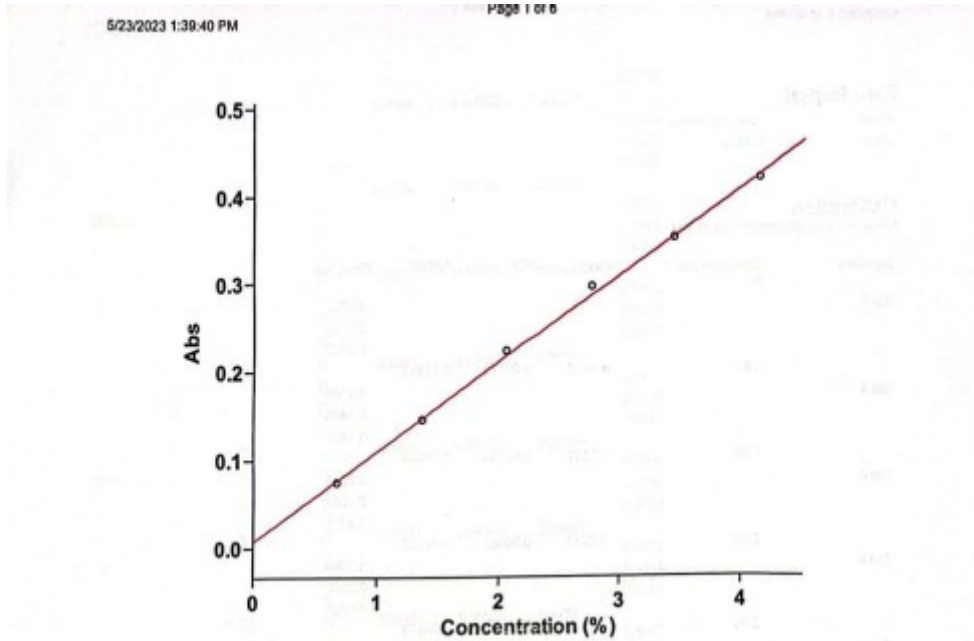
					0.2150
std	2.09	0.2143	0.00102	0.47671	0.2838
					0.2867
					0.2873
10296/22	2.80	0.2859	0.00187	0.65460	0.0942
					0.0950
					0.0942
-2	0.91	0.0945	0.00048	0.46893	0.0995
					0.0992
					0.0967
-3	0.94	0.0985	0.00154	1.56126	0.0842
					0.0864
					0.0852
10356/22	0.81	0.0853	0.00110	1.29185	0.1160
					0.1165
					0.1164
-2	1.12	0.1163	0.00026	0.22750	0.1097
					0.1108
					0.1092
-3	1.06	0.1099	0.00082	0.74480	0.1039
					0.1023
					0.1023
<del>10387/22</del>	0.92	0.1028	0.00092	0.89831	0.6550
					0.6514
					0.6521
<del>10388/22</del>	<del>1.02</del>	0.6528	0.00191	0.29238	0.6524
					0.6516
					0.6515
<del>10389/22</del>	<del>1.02</del>	0.6518	0.00049	0.07568	0.6237
					0.6248
					0.6253
10403/22	<del>1.02</del>	0.6245	0.00080	0.12842	0.1409
					0.1401
					0.1410
-2	1.36	0.1407	0.00049	0.35068	0.1532
					0.1523
					0.1513
-3	1.48	0.1523	0.00095	0.62419	0.1482
					0.1479
					0.1486
std	1.44	0.1482	0.00035	0.23691	0.2115
					0.2117

					0.2116
std	2.06	0.2116	0.00010	0.04726	0.2827
					0.2828
					0.2810
10417/22	2.76	0.2822	0.00101	0.35851	0.2267
					0.2274
					0.2270
-2	2.21	0.2270	0.00035	0.15469	0.2261
					0.2270
					0.2271
-3	2.21	0.2267	0.00055	0.24291	0.2340
					0.2331
					0.2344
10418/22	2.28	0.2338	0.00067	0.28475	0.2275
					0.2268
					0.2252
-2	2.21	0.2265	0.00116	0.52052	0.2281
					0.2279
					0.2278
-3	2.22	0.2279	0.00015	0.06702	0.2191
					0.2200
					0.2200
10421/22	2.14	0.2197	0.00052	0.23651	0.3071
					0.3077
					0.3063
-2	3.01	0.3070	0.00070	0.22876	0.3053
					0.3062
					0.3059
-3	2.99	0.3058	0.00046	0.14985	0.3043
					0.3056
					0.3053
10433/22	2.99	0.3051	0.00068	0.22312	0.2551
					0.2573
					0.2555
-2	2.50	0.2560	0.00117	0.45783	0.2691
					0.2704
					0.2698
-3	2.64	0.2698	0.00065	0.24118	0.2624
					0.2624
					0.2637
10436/22	2.57	0.2628	0.00075	0.28557	0.3756
					0.3760



					0.3759
-2	3.68	0.3758	0.00021	0.05538	0.3788
					0.3777
					0.3780
-3	3.71	0.3782	0.00057	0.15036	0.3840
					0.3837
					0.3823
std	3.76	0.3833	0.00091	0.23671	0.2117
					0.2115
					0.2112
std	2.06	0.2115	0.00025	0.11901	0.2811
					0.2809
					0.2820
	2.75	0.2813	0.00059	0.20827	

### 8.1.2. Očitavanja na dan 23. 5. 2023. godine



HAPIH  
Centar za Ilo - odjel laboratorija  
Cary 60 S/N MY19070033

#### Concentration Analysis Report

Report time	5/23/2023 1:08:18 PM
Method	D:\METODE 2019\HUM.MCN
Batch name	D:\Podaci 2023\HUMUS\Lada - diplomski 2 RCN
Application	Concentration 5.0.0.999
Operator	

#### Instrument Settings

Instrument	Cary 60
Instrument version no.	2.00
Wavelength (nm)	585.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Standard/Sample averaging	OFF
Weight and volume corrections	OFF
Fit type	Linear
Min R <sup>2</sup>	0.99500
Concentration units	%
External sipper fill time(sec)	12
External sipper delay time(sec)	5

**Zero Report**

Read Abs (585.0 nm)  
Zero 0.1222

**Calibration**

Collection time 5/23/2023 1:08:45 PM

Standard	Concentration F %	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1					0.0757 0.0725 0.0727
Std 2	0.69	0.0736	0.00179	2.43447	0.1466 0.1445 0.1436
Std 3	1.38	0.1449	0.00154	1.06244	0.2215 0.2208 0.2215
Std 4	2.07	0.2213	0.00040	0.18265	0.2964 0.2964 0.2935
Std 5	2.76	0.2954	0.00167	0.56673	0.3524 0.3545 0.3536
Std 6	3.44	0.3536	0.00107	0.29512	0.4262 0.4226 0.4189
	4.14	0.4229	0.00316	0.74739	

Calibration eqn Abs = 0.10143\*Conc +0.00716  
Correlation Coefficient 0.99851  
Calibration time 5/23/2023 1:11:46 PM

**Analysis**

Collection time 5/23/2023 1:11:46 PM

Sample	Concentration F %	Mean	SD	%RSD	Readings
std					0.2200 0.2184 0.2175
std	2.08	0.2186	0.00127	0.57916	0.2897 0.2913 0.2890
K-6/21	2.79	0.2900	0.00118	0.40654	0.2392 0.2402

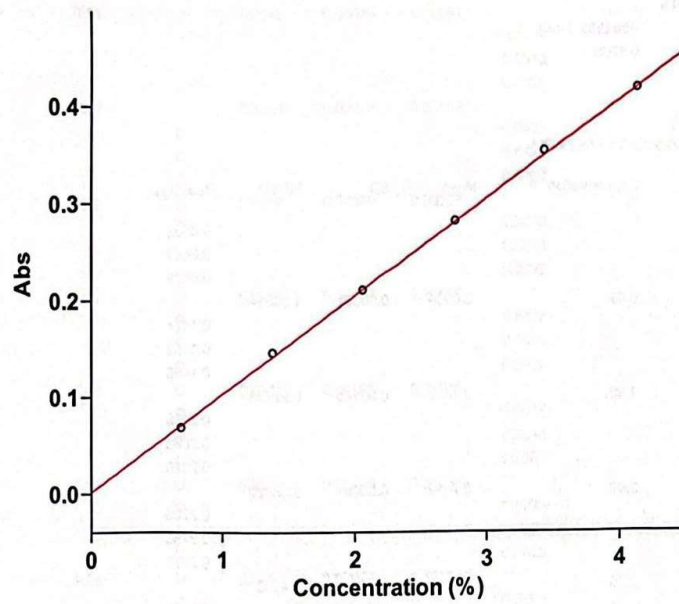
					0.2394
-2	2.29	0.2396	0.00053	0.22085	0.2386
					0.2372
					0.2369
7583/22	2.27	0.2376	0.00091	0.38195	0.6358
					0.6353
					0.6353
-2	6.19	0.6355	0.00029	0.04543	0.6373
					0.6365
					0.6376
-3	6.21	0.6371	0.00057	0.08925	0.6477
					0.6499
					0.6512
9582	6.33	0.6496	0.00177	0.27235	0.5600
					0.5582
					0.5582
-2	5.44	0.5588	0.00104	0.18598	0.5508
					0.5491
					0.5491
-3	5.35	0.5487	0.00098	0.17857	0.5552
					0.5556
					0.5555
9982/22	5.41	0.5554	0.00021	0.03748	0.4748
					0.4729
					0.4731
-2	4.60	0.4736	0.00104	0.22045	0.4696
					0.4702
					0.4703
-3	4.56	0.4700	0.00038	0.08054	0.4811
					0.4794
					0.4785
10109/22	4.66	0.4797	0.00132	0.27526	0.1961
					0.1963
					0.1974
-2	1.87	0.1966	0.00070	0.35605	0.2113
					0.2125
					0.2112
-3	2.02	0.2117	0.00072	0.34177	0.2036
					0.2030
					0.2025
std	1.93	0.2030	0.00055	0.27126	0.2175
					0.2171

					0.2171
std	2.07	0.2172	0.00023	0.10631	0.2907
					0.2891
					0.2895
10296/22	2.79	0.2898	0.00083	0.28736	0.0999
					0.0997
					0.1002
-2	0.91	0.0999	0.00025	0.25183	0.1032
					0.1002
					0.0999
-3	0.93	0.1011	0.00182	1.80498	0.0952
					0.0946
					0.0932
10356/22	0.86	0.0943	0.00103	1.08797	0.1183
					0.1186
					0.1177
-2	1.09	0.1182	0.00046	0.38770	0.1144
					0.1166
					0.1168
-3	1.07	0.1159	0.00133	1.14865	0.1066
					0.1076
					0.1074
<del>10396/22</del>	<del>0.91</del>	0.1072	0.00053	0.49361	0.6604
					0.6594
					0.6595
<del>10396/22</del>	<del>0.91</del>	0.6598	0.00055	0.08347	0.6609
					0.6595
					0.6604
<del>10396/22</del>	<del>0.91</del>	0.6603	0.00071	0.10745	0.6447
					0.6420
					0.6437
<del>10396/22</del>	<del>0.91</del>	0.6435	0.00137	0.21214	0.1536
10403/22					0.1547
					0.1518
-2	1.44	0.1534	0.00146	0.95458	0.1596
					0.1559
					0.1547
-3	1.47	0.1567	0.00255	1.62958	0.1595
					0.1599
					0.1590
std	1.50	0.1595	0.00045	0.28277	0.2204
					0.2182

std	2.09	0.2193	0.00110	0.50160	0.2193
					0.2880
					0.2919
					0.2921
10417/22	2.80	0.2907	0.00231	0.79526	0.2402
					0.2409
					0.2416
-2	2.30	0.2409	0.00070	0.29058	0.2338
					0.2346
					0.2347
-3	2.24	0.2344	0.00049	0.21047	0.2377
					0.2363
					0.2364
10418/22	2.26	0.2368	0.00078	0.32982	0.2422
					0.2403
					0.2382
-2	2.30	0.2402	0.00200	0.83287	0.2377
					0.2373
					0.2370
-3	2.27	0.2373	0.00035	0.14797	0.2307
					0.2302
					0.2308
10421/22	2.20	0.2306	0.00032	0.13942	0.3180
					0.3174
					0.3168
-2	3.06	0.3174	0.00060	0.18904	0.3164
					0.3154
					0.3156
-3	3.04	0.3158	0.00053	0.16758	0.3144
					0.3140
					0.3114
10433/22	3.02	0.3133	0.00163	0.51997	0.2603
					0.2599
					0.2594
-2	2.49	0.2599	0.00045	0.17352	0.2751
					0.2749
					0.2730
-3	2.63	0.2743	0.00116	0.42248	0.2774
					0.2782
					0.2784
10436/22	2.67	0.2783	0.00090	0.32402	0.3884
					0.3889

					0.3889
-2	3.76	0.3887	0.00029	0.07426	0.3877
					0.3867
					0.3861
-3	3.74	0.3868	0.00081	0.20895	0.3896
					0.3895
					0.3895
std	3.77	0.3895	0.00006	0.01482	0.2203
					0.2194
					0.2169
std	2.09	0.2189	0.00176	0.80489	0.2871
					0.2871
					0.2882
	2.76	0.2875	0.00064	0.22093	

### 8.1.3. Očitavanja na dan 25. 5. 2023. godine



HAPIH  
Centar za tlo - odjel laboratorija  
Cary 60 S/N MY19070033

### Concentration Analysis Report

Report time	5/25/2023 12:58:22 PM
Method	D:\METODE 2019\HUM.MCN
Batch name	D:\Podaci 2023\HUMUS\Lada - diplomski 3.BCN
Application	Concentration 5.0.0.999
Operator	

### Instrument Settings

Instrument	Cary 60
Instrument version no.	2.00
Wavelength (nm)	585.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Standard/Sample averaging	OFF
Weight and volume corrections	OFF
Fit type	Linear
Min R <sup>2</sup>	0.99500
Concentration units	%
External sipper fill time(sec)	12
External sipper delay time(sec)	5



**Zero Report**

Read Abs (585.0 nm)  
Zero 0.1265

**Calibration**

Collection time 5/25/2023 12:58:52 PM

Standard	Concentration F %	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1					0.0692 0.0680 0.0679
Std 2	0.69	0.0684	0.00072	1.05814	0.1424 0.1452 0.1436
Std 3	1.38	0.1437	0.00140	0.97734	0.2098 0.2083 0.2096
Std 4	2.07	0.2092	0.00081	0.38926	0.2796 0.2783 0.2773
Std 5	2.76	0.2784	0.00115	0.41424	0.3487 0.3506 0.3512
Std 6	3.44	0.3502	0.00131	0.37272	0.4170 0.4166 0.4156
	4.14	0.4164	0.00072	0.17318	

Calibration eqn Abs = 0.10069\*Conc +0.00139  
Correlation Coefficient 0.99967  
Calibration time 5/25/2023 1:01:47 PM

**Analysis**

Sample	Concentration F %	Mean	SD	%RSD	Readings
std					0.1372 0.1363 0.1373
std	1.35	0.1369	0.00055	0.40221	0.2080 0.2067 0.2061
K-6/21	2.04	0.2069	0.00097	0.46936	0.2346 0.2343

					0.2337
K-621	2.31	0.2342	0.00046	0.19567	0.2299
					0.2313
					0.2301
7583/22	2.27	0.2304	0.00076	0.32859	0.6455
					0.6450
					0.6462
-2	6.40	0.6456	0.00060	0.09337	0.6258
					0.6273
					0.6290
-3	6.22	0.6274	0.00160	0.25520	0.6453
					0.6433
					0.6436
9582/22	6.38	0.6441	0.00108	0.16746	0.5617
					0.5594
					0.5584
-2	5.55	0.5598	0.00169	0.30225	0.5539
					0.5527
					0.5528
-3	5.46	0.5531	0.00067	0.12036	0.5563
					0.5539
					0.5546
9982/22	5.50	0.5549	0.00123	0.22241	0.4609
					0.4601
					0.4604
-2	4.56	0.4605	0.00040	0.08777	0.4624
					0.4633
					0.4642
-3	4.59	0.4633	0.00090	0.19426	0.4539
					0.4543
					0.4537
10109/22	4.49	0.4540	0.00031	0.06729	0.1934
					0.1940
					0.1947
-2	1.91	0.1940	0.00065	0.33532	0.1946
					0.1942
					0.1957
-3	1.92	0.1948	0.00078	0.39867	0.1987
					0.1983
					0.1990
std	1.96	0.1987	0.00035	0.17677	0.1367
					0.1358

					0.1362
std	1.34	0.1362	0.00045	0.33099	0.2049
					0.2046
					0.2048
10296/22	2.02	0.2048	0.00015	0.07460	0.0906
					0.0858
					0.0863
-2	0.86	0.0876	0.00264	3.01349	0.0917
					0.0894
					0.0903
-3	0.88	0.0905	0.00116	1.28116	0.0988
					0.0982
					0.0990
10356/22	0.97	0.0987	0.00042	0.42196	0.1113
					0.1116
					0.1119
-2	1.09	0.1116	0.00030	0.26882	0.1054
					0.1058
					0.1058
-3	1.04	0.1057	0.00023	0.21856	0.1046
					0.1048
					0.1056
10403/22	1.03	0.1050	0.00053	0.50395	0.1416
					0.1402
					0.1398
-2	1.38	0.1405	0.00095	0.67255	0.1439
					0.1441
					0.1446
-3	1.42	0.1442	0.00036	0.25004	0.1420
					0.1422
					0.1420
10417/22	1.40	0.1421	0.00012	0.08127	0.2157
					0.2147
					0.2137
-2	2.12	0.2147	0.00100	0.46577	0.2356
					0.2346
					0.2341
-3	2.32	0.2348	0.00076	0.32533	0.2393
					0.2389
					0.2394
std	2.36	0.2392	0.00026	0.11061	0.1371
					0.1374

					0.1370
std	1.35	0.1372	0.00021	0.15176	0.2056
					0.2055
					0.2054
10418/22	2.03	0.2055	0.00010	0.04866	0.2212
					0.2205
					0.2212
-2	2.18	0.2210	0.00040	0.18290	0.2271
					0.2256
					0.2269
-3	2.24	0.2265	0.00081	0.35953	0.2285
					0.2286
					0.2297
10421/22	2.26	0.2289	0.00067	0.29085	0.3176
					0.3185
					0.3177
-2	3.14	0.3179	0.00049	0.15515	0.3104
					0.3107
					0.3118
-3	3.07	0.3110	0.00074	0.23704	0.3061
					0.3067
					0.3077
10433/22	3.03	0.3068	0.00081	0.26343	0.2595
					0.2607
					0.2590
-2	2.57	0.2597	0.00087	0.33638	0.2702
					0.2706
					0.2708
-3	2.67	0.2705	0.00031	0.11293	0.2681
					0.2681
					0.2679
10436/22	2.65	0.2680	0.00012	0.04308	0.3822
					0.3806
					0.3800
-2	3.77	0.3809	0.00114	0.29854	0.3712
					0.3709
					0.3706
-3	3.67	0.3709	0.00030	0.08089	0.3715
					0.3717
					0.3715
std	3.68	0.3716	0.00012	0.03108	0.1353
					0.1364

					0.1363
std	1.34	0.1360	0.00061	0.44726	0.2047
					0.2047
					0.2045
4926	2.02	0.2046	0.00012	0.05642	-0.0161
					-0.0161
					-0.0153
4927	-0.17	-0.0158	0.00046	-2.91714	-0.0155
					-0.0160
					-0.0159
	-0.17	-0.0158	0.00026	-1.67453	

CS Skenirano CamScanner

## 8.2. Očitavanja na CHNOS analizatoru, metoda suhog spaljivanja

### 8.2.1. Očitavanja na dan 12. 5. 2023. godine

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
1	1.0000	RunIn	2.244	23.994	13.7871	228.6	16.5857	blank with O2	1.0962	1.0103	0	0		12.5.2023.	13:42
2	1.0000	RunIn	0	95	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0962	1.0103	0	0	Npp,Cu	12.5.2023.	13:49
3	1.0000	RunIn	0	87	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0962	1.0103	0	0	Npp,Cu	12.5.2023.	13:55
4	1.0000	RunIn	0	86	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0962	1.0103	0	0	Npp,Cu	12.5.2023.	14:02
5	1.0000	Blnk	0	71	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0962	1.0103	0	71		12.5.2023.	14:09
6	1.0000	Blnk	0	77	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0962	1.0103	0	77		12.5.2023.	14:15
7	244.3000	MPI 131/20	7.404	45.657	0.2041	1.7034	0.7369	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	14:27
8	260.1000	MPI 131/20	7.675	48.082	0.1990	1.7644	0.0662	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	14:36
9	252.2000	MPI 131/20	7.775	51.510	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	14:46
10	496.6000	1385/22	15.249	129.083	0.3191	2.0494	13.9132	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Cu	12.5.2023.	14:52
11	246.0000	-2	13.293	126.135	0.3729	5.0607	13.5707	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Cu	12.5.2023.	15:05
12	251.1000	-3	13.743	130.856	0.3751	5.1491	15.1725	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Co	12.5.2023.	15:15
13	250.6000	9582/22	9.970	78.530	0.2706	3.0361	11.2214	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	15:24
14	245.8000	-2	9.852	80.367	0.2725	3.1714	11.6382	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	15:34
15	253.9000	-3	10.542	88.498	0.2828	3.3959	12.0083	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	15:44
16	253.7000	9982/22	10.373	79.744	0.2794	3.0477	10.9480	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	15:54
17	245.1000	-2	10.051	77.614	0.2790	3.0662	10.9918	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	16:04
18	252.3000	-3	10.212	77.027	0.2755	2.9551	10.7280	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	16:13
19	253.2000	10109/22	4.470	42.504	0.1132	1.6636	13.8150	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	16:22
20	260.7000	-2	4.710	42.266	0.1190	1.5465	12.9938	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	16:32
21	245.9000	-3	4.274	37.341	0.1138	1.4475	12.7216	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	16:41
22	456.6000	10076/22	1.258	110.764	0.0290	4.3210	164.2361	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Co	12.5.2023.	16:49
23	250.3000	-2	1.195	107.811	0.0250	4.2294	164.1097	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Co	12.5.2023.	16:58
24	456.6000	-3	1.143	105.594	0.0241	4.1489	171.0710	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Cu	12.5.2023.	17:06
25	260.0000	10356/22	2.202	59.376	0.0519	2.1772	41.9689	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	17:15
26	498.0000	-2	1.913	55.393	0.0463	2.1531	60.1104	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	17:23
27	245.6000	-3	2.021	55.204	0.0498	2.1496	43.1324	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	17:32

analytic functional testing  
varioMACROcube  
serial number: 20201040

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
28	251.3000	10380/22	12.777	214.292	0.2675	4.7663	17.8293	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Cu	12.5.2023.	17:41
29	261.1000	-2	12.298	177.451	0.2125	4.8200	22.6102	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	17:49
30	249.9000	-3	12.801	166.972	0.2510	4.6811	18.6527	soil 10	1.0962	1.0103	0	74	Co	12.5.2023.	18:00
31	257.8000	10403/22	3.378	79.873	0.0937	3.0042	22.0542	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	18:09
32	251.0000	-2	3.371	71.480	0.0863	2.7456	31.8112	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	18:19
33	257.9000	-3	3.389	71.071	0.0845	2.6541	31.4086	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	18:28
34	456.6000	10417/22	5.004	78.068	0.1312	2.9982	22.8559	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	18:37
35	251.0000	-2	4.845	75.946	0.1274	2.9266	22.9773	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	18:46
36	255.6000	-3	4.982	77.293	0.1288	2.9275	22.7219	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	18:55
37	250.1000	10418/22	4.814	33.989	0.1270	1.2947	10.1979	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	19:04
38	246.1000	-2	4.998	35.602	0.1342	1.3786	10.2691	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	19:14
39	246.4000	-1	5.038	35.984	0.1326	1.3780	10.2925	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	19:23
40	253.1000	10421/22	6.062	47.404	0.1600	1.7875	11.1745	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	19:32
41	250.0000	-2	6.147	48.723	0.1643	1.8603	11.3204	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	19:42
42	260.6000	3	6.182	51.140	0.1649	1.9400	11.0177	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	19:51
43	253.2000	10433/22	5.560	45.452	0.1460	1.7129	11.7321	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	20:01
44	249.9000	-2	5.323	42.889	0.1413	1.6364	11.5797	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	20:10
45	250.3000	-3	5.438	42.941	0.1442	1.6352	11.3424	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	20:19
46	498.0000	10436/22	7.548	58.773	0.2240	2.2524	11.0060	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	20:29
47	250.1000	-2	7.782	61.688	0.2099	2.3574	11.2296	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	20:38
48	251.8000	-3	7.746	61.171	0.2075	2.3206	11.1823	soil 10	1.0962	1.0103	0	74		12.5.2023.	20:47

analytic functional testing  
 varioMACROcube  
 serial number: 20201040

pozicija

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
1	1.0000	Runin	583	2.965	2.1368	27.58...	12.9105	blank with O2	1.0805	1.0308	0	0		15.6.2023	8:23
2	1.0000	Runin	56	26	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0805	1.0308	0	0	NuCu	15.6.2023	8:29
3	1.0000	Runin	48	30	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0805	1.0308	0	0	NuCu	15.6.2023	8:36
4	1.0000	Runin	13	33	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0805	1.0308	0	0	NuCu	15.6.2023	8:43
5	1.0000	Blnk	19	36	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0805	1.0308	19	36		15.6.2023	8:49
6	1.0000	Blnk	13	26	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0805	1.0308	13	26		15.6.2023	8:56
7	245.8000	mpl 131/20	7.773	49.275	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0708	1.0286	16	31		15.6.2023	9:11
e	246.6000	mpl 131/20	7.766	49.949	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0812	1.0283	16	31		15.6.2023	9:19
9	252.6000	mpl 131/20	7.849	50.207	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0894	1.0374	16	31		15.6.2023	9:27
10	124.5000	7583/22	7.579	70.166	0.4036	5.5416	13.7299	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	9:42
11	125.3000	-2	7.672	72.109	0.4061	5.6671	13.9547	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	9:50
12	123.9000	-3	7.581	70.867	0.4057	5.6272	13.8716	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	9:58
13	125.2000	10296/22	6.01	51.120	0.0172	3.9805	231.1677	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	10:06
14	125.7000	-2	6.04	51.271	0.0173	3.9763	229.8249	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	10:14
15	134.8000	-3	5.69	50.850	0.0155	3.8720	255.9176	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	10:21
16	123.6000	10387/22	6.757	64.617	0.3607	5.1162	14.1841	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	10:30
17	125.8000	-2	6.969	66.906	0.3660	5.2155	14.2505	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	10:39
18	125.9000	-3	6.880	66.377	0.3608	5.1678	14.3234	soil 10	1.0805	1.0308	16	31		15.6.2023	10:48

8.2.2. Očitanja na dan 15. 5. 2023. godine

analytic functional testing  
 varioMACROcube  
 serial number: 20201040

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
1	1.0000	Runin	1.776	515	10.4798	3.6273	0.3471	blank with O2	1.0928	1.0367	0	0	Cu	15.5.2023	13:10
2	1.0000	Runin	48	30	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0928	1.0367	0	0	NuCu	15.5.2023	13:17
3	1.0000	Runin	47	27	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0928	1.0367	0	0	NuCu	15.5.2023	13:24
4	1.0000	Runin	16	23	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0928	1.0367	0	0	NuCu	15.5.2023	13:30
5	1.0000	Blnk	22	25	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0928	1.0367	22	25		15.5.2023	13:37
6	1.0000	Blnk	16	24	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0928	1.0367	16	24		15.5.2023	13:44
7	250.5000	MP1 131/20	7.788	49.651	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0896	1.0402	19	25		15.5.2023	13:56
8	255.9000	MP1 131/20	7.963	51.594	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0878	1.0225	19	25		15.5.2023	14:05
9	255.2000	MP1 131/20	7.850	50.236	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.1009	1.0473	19	25		15.5.2023	14:14
10	127.0000	7583/22	7.434	69.082	0.3915	5.3739	13.7319	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	14:30
11	126.2000	-2	7.548	72.659	0.4008	5.7049	14.2332	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	14:39
12	124.8000	-3	7.420	70.594	0.3982	5.5952	14.0552	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	14:48
13	251.6000	9582/22	11.038	87.188	0.2977	3.4640	11.6350	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	14:58
14	252.3000	-2	11.082	90.728	0.2981	3.6009	12.0708	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	15:07
15	250.8000	-3	11.047	91.772	0.2989	3.6650	12.2635	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	15:17
16	252.8000	9982/22	11.414	88.955	0.3067	3.3142	10.8064	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	15:26
17	253.8000	-2	11.045	78.901	0.2954	3.0933	10.4734	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	15:36
18	252.4000	-3	11.293	81.418	0.3038	3.2145	10.5000	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	15:45
19	254.4000	10109/22	4.899	35.788	0.1262	1.3775	10.9115	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	15:54
20	247.6000	-2	4.706	31.234	0.1243	1.2343	9.9327	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	16:03
21	250.5000	-3	4.772	30.683	0.1247	1.1984	9.6110	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	16:12
22	125.4000	10296/22	6.20	51.721	0.0183	4.0445	221.3250	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	16:20
23	125.2000	-2	5.96	51.187	0.0169	4.0090	236.5465	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	16:28
24	127.4000	-3	6.12	51.954	0.0175	3.9990	227.8064	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	16:35
25	245.6000	10356/22	2.041	53.163	0.0496	2.1228	42.7581	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	16:44
26	253.1000	-2	2.201	55.305	0.0526	2.1432	40.7499	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	16:52
27	249.5000	-3	2.185	54.590	0.0529	2.1409	40.5691	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023	17:00

analytic functional testing  
 varioMACROcube  
 serial number: 20201040

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
28	125.0000	10387/22	6 841	65 293	0.3652	5.1448	14.0873	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	17:09
29	127.5000	-2	7 105	68 611	0.3725	5.3155	14.2705	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	17:18
30	125.3000	-3	6 979	67 088	0.3720	5.2820	14.1985	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	17:28
31	247.4000	10403/22	3 331	65 795	0.0857	2.6206	30.5948	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	17:36
32	250.3000	-2	3 333	65 450	0.0847	2.5758	30.4067	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	17:44
33	252.4000	-3	3 362	65 293	0.0848	2.5479	30.0403	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	17:53
34	254.2000	10417/22	5 030	75 667	0.1299	2.9557	22.7474	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	18:01
35	251.9000	-2	4 960	74 305	0.1292	2.9263	22.6531	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	18:10
36	252.5000	-3	5 011	75 286	0.1303	2.9599	22.7196	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	18:19
37	251.4000	10418/22	4 815	31 457	0.1254	1.2244	9.7619	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	18:28
38	252.2000	-2	5 181	36 565	0.1351	1.4198	10.5057	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	18:38
39	253.4000	-3	5 182	36 752	0.1345	1.4203	10.5568	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	18:47
40	251.6000	10421/22	5 884	44 877	0.1549	1.7482	11.2834	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	18:56
41	253.8000	-2	6 056	47 938	0.1583	1.8517	11.6954	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	19:05
42	254.0000	-3	5 797	45 174	0.1511	1.7432	11.5383	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	19:14
43	251.7000	10433/22	4 904	38 439	0.1278	1.4958	11.7091	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	19:24
44	252.0000	-2	4 857	37 629	0.1263	1.4624	11.5791	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	19:33
45	251.4000	-3	4 746	36 117	0.1235	1.4068	11.3896	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	19:42
46	257.2000	10436/22	7 283	54 097	0.1895	2.0628	10.8874	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	19:51
47	250.6000	-2	6 925	53 155	0.1845	2.0802	11.2742	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	20:01
48	254.7000	-3	7 055	54 044	0.1851	2.0810	11.2420	soil 10	1.0928	1.0367	19	25		15.5.2023.	20:10

8.2.3. Očitavanja na dan 25. 9. 2023. godine

analytic functional testing *prva 7dovica analizirana*  
 varioMACROcube  
 serial number: 20201040

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
1	1.0000	RunIn	76 201	5 927	513.8	58.79	0.1144	blank with O2	1.0241	1.0714	0	0	O2	14.6.2023.	10:22
2	1.0000	RunIn	5 002	191	30.8941	0.4688	0.0152	blank with O2	1.0241	1.0714	0	0	O2	14.6.2023.	10:31
3	1.0000	RunIn	564	156	1.9044	0.1102	0.0578	blank with O2	1.0241	1.0714	0	0	Cu	14.6.2023.	10:39
4	1.0000	RunIn	367	103	0.6147	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0241	1.0714	0	0	Ni,Cu	14.6.2023.	10:46
5	1.0000	RunIn	64	54	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0241	1.0714	0	0	Ni,Cu	14.6.2023.	10:53
6	1.0000	RunIn	48	56	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.0241	1.0714	0	0	Ni,Cu	14.6.2023.	11:00
7	1.0000	RunIn	25	66	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0241	1.0714	0	0	Ni,Cu	14.6.2023.	11:07
8	1.0000	Blk	24	62	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0241	1.0714	24	62		14.6.2023.	11:13
9	1.0000	Blk	20	49	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.0241	1.0714	20	49		14.6.2023.	11:20
10	245.1000	mpi 131,20	8 765	46 694	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	0.9436	1.0832	22	55		14.6.2023.	11:33
11	248.2000	mpi 131,20	7 884	47 752	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0565	1.0725	22	55		14.6.2023.	11:42
12	246.6000	mpi 131,20	7 866	48 063	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0621	1.0586	22	55		14.6.2023.	11:51
13	127.8000	7583/22	7 817	70 011	0.3845	5.5963	14.5548	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	12:15
14	126.6000	-2	7 645	71 307	0.3793	5.7674	15.2068	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	12:25
15	126.3000	-3	7 498	69 471	0.3726	5.6167	15.0760	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	12:34
16	248.7000	9582/22	11 116	86 930	0.2842	3.6900	12.6983	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	12:43
17	248.1000	-2	10 972	87 520	0.2800	3.6282	12.9613	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	12:53
18	249.1000	-3	11 170	90 639	0.2852	3.7642	13.1991	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	13:03
19	249.2000	9962/22	11 328	82 468	0.2892	3.4091	11.7877	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	13:12
20	251.7000	-2	11 339	79 618	0.2866	3.2532	11.3503	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	13:22
21	248.9000	-3	11 137	77 464	0.2845	3.1964	11.2340	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	13:31
22	253.4000	10109/22	5 125	35 869	0.1245	1.4313	11.4952	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	13:41
23	254.9000	-2	4 817	31 267	0.1169	1.2432	10.6938	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	13:50
24	251.2000	-3	4 747	30 913	0.1159	1.2432	10.7381	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	13:59
25	124.5000	10296/22	614	50 762	0.0168	4.1295	246.5280	soil 10	1.0241	1.0714	22	55		14.6.2023.	14:07
26	126.5000	-2	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	soil 10	1.0241	1.0714	22	55			
27	125.6000	-3	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	soil 10	1.0241	1.0714	22	55			
28	247.2000	10356/22	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	soil 10	1.0241	1.0714	22	55			
29	251.6000	-2	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	soil 10	1.0241	1.0714	22	55			
30	250.8000	-3	0	0	0.0000	0.0000	0.0000	soil 10	1.0241	1.0714	22	55			



analytic functional testing  
 varioMACROcube  
 serial number: 20201040

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
1	1.0000	RunIn	62 813	21 694	443.1	222.6	0.5059	blank with O2	1.1021	1.0888	0	0	O2	25.9.2023	11:23
2	1.0000	RunIn	0	374	0.0000	2.3655	0.0000	blank with O2	1.1021	1.0888	0	0	NiCu	25.9.2023	11:39
3	1.0000	RunIn	72	193	0.0000	0.4931	0.0000	blank with O2	1.1021	1.0888	0	0	NiCu	25.9.2023	11:45
4	1.0000	RunIn	54	109	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.1021	1.0888	0	0	NiCu	25.9.2023	11:52
5	1.0000	RunIn	46	107	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.1021	1.0888	0	0	NiCu	25.9.2023	11:59
6	1.0000	RunIn	20	109	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.1021	1.0888	0	0	NiCu	25.9.2023	12:06
7	1.0000	RunIn	8	104	0.0000	0.0000	0.0000	blank with O2	1.1021	1.0888	0	0	NiCu	25.9.2023	12:12
8	1.0000	RunIn	39	106	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.1021	1.0888	0	0	NiCu	25.9.2023	12:19
9	1.0000	Blank	15	105	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.1021	1.0888	15	105		25.9.2023	12:26
10	1.0000	Blank	18	87	0.0000	0.0000	0.0000	blank without O2	1.1021	1.0888	18	87		25.9.2023	12:32
11	246.5000	MP1 131/20	7 898	46 618	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.0564	1.0921	16	96		25.9.2023	12:46
12	246.6000	MP1 131/20	7 561	47 250	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.1059	1.0778	16	96		25.9.2023	12:56
13	250.7000	MP1 131/20	7 435	47 216	0.2080	1.9500	9.3750	soil 10	1.1439	1.0966	16	96		25.9.2023	13:06
14	125.1000	10296/22	781	54 251	0.0276	4.4613	161.4053	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	13:14
15	126.7000	-2	663	51 679	0.0208	4.1952	201.9396	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	13:22
16	125.9000	-3	576	50 656	0.0160	4.1379	258.3341	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	13:30
17	245.5000	10396/22	2 183	52 263	0.0542	2.1897	40.3647	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	13:40
18	246.2000	-2	2 135	52 868	0.0527	2.2089	41.9020	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	13:49
19	249.4000	-3	2 185	54 083	0.0534	2.2309	41.7399	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	13:58
20	246.8000	10403/22	3 010	61 498	0.0775	2.5652	33.0972	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	14:07
21	251.3000	-2	3 281	63 723	0.0837	2.6164	31.2554	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	14:16
22	246.5000	-3	3 169	63 080	0.0821	2.6387	32.1304	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	14:25
23	253.2000	10417/22	4 979	73 376	0.1302	3.0145	23.1502	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	14:35
24	256.2000	-2	5 063	75 205	0.1310	3.0574	23.3407	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	14:44
25	248.6000	-3	4 809	73 209	0.1301	3.0629	23.5454	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	14:53
26	243.9000	10418/22	4 694	31 461	0.1270	1.3227	10.4175	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	15:03
27	245.4000	-2	4 727	32 400	0.1271	1.3542	10.6515	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	15:12
28	246.5000	-3	5 034	34 609	0.1353	1.4408	10.6464	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	15:22
29	249.4000	10421/22	5 828	45 022	0.1561	1.8554	11.8835	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	15:31
30	248.9000	-2	5 789	44 289	0.1553	1.6287	11.7725	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	15:41

analytic functional testing  
 varioMACROcube  
 serial number: 20201040

Text report

No.	Weight [mg]	Name	N Area	C Area	N [%]	C [%]	C/N ratio	Method	N Factor	C Factor	N Blank	C Blank	Info	Date	Time
31	250.9000	-3	6 403	48 606	0.1713	1.9920	11.6287	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	15:51
32	248.7000	10433/22	6 442	43 910	0.1739	1.8145	10.4321	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	16:00
33	249.3000	-2	6 060	41 985	0.1627	1.7303	10.6331	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	16:10
34	254.7000	-3	5 664	42 670	0.1463	1.7214	11.8038	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	16:19
35	247.5000	10436/22	7 389	56 327	0.2017	2.3417	11.6124	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	16:29
36	253.6000	-2	7 899	62 247	0.2109	2.5288	11.9685	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	16:38
37	243.3000	-3	7 545	60 504	0.2097	2.5573	12.1978	soil 10	1.1021	1.0888	16	96		25.9.2023	16:48