

Potencijal upotrebe zeolita na smanjenje sadržaja nitrata i teških metala u biljci

Drenjančević, Valentina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:821106>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Valentina Drenjančević
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**POTENCIJAL UPOTREBE ZEOLITA NA SMANJENJE SADRŽAJA NITRATA I
TEŠKIH METALA U BILJCI**

Diplomski rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Valentina Drenjančević
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**POTENCIJAL UPOTREBE ZEOLITA NA SMANJENJE SADRŽAJA NITRATA I
TEŠKIH METALA U BILJCI**

Diplomski rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Valentina Drenjančević,
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**POTENCIJAL UPOTREBE ZEOLITA NA SMANJENJE SADRŽAJA NITRATA I
TEŠKIH METALA U BILJCI**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Vladimir Zebec, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član

Osijek, 2022.

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE | 4 |
| 3. MATERIJALI I METODE | 12 |
| 3.1. Postavljanje pokusa | 12 |
| 3.2. Strategija uzgoja i tretmani | 12 |
| 3.3. Metodologija analize biljaka | 14 |
| 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 15 |
| 4.1. Utjecaj upotrebe ZEOTEX zeolita na smanjenje koncentracije nitrata i toksičnih metala u salati | 15 |
| 4.1.1. Koncentracije nitrata u listu salate | 15 |
| 4.1.2. Koncentracije teških metala u listu salate | 16 |
| 4.2. Utjecaj upotrebe ZEOTEX zeolita na smanjenje koncentracije nitrata i toksičnih metala u špinatu | 20 |
| 4.2.1. Koncentracije nitrata u špinatu | 20 |
| 4.2.2. Koncentracije teških metala u špinatu | 21 |
| 4.3. Utjecaj upotrebe ZEOTEX zeolita na smanjenje koncentracije nitrata i toksičnih metala u mrkvi | 24 |
| 4.3.1. Koncentracije nitrata u mrkvi | 24 |
| 4.3.2. Koncentracije teških metala u mrkvi | 25 |
| 4.4. Rezultati koncentracije teških metala u biljnom materijalu | 27 |
| 4.4.1. Koncentracija teških metala u bobičastom voću | 27 |
| 4.4.2. Koncentracija teških metala u riži..... | 29 |
| 4.5. Rezultati koncentracije teških metala nakon namakanja u ZEOTEX zeolitu | 32 |
| 4.5.1. Koncentracija teških metala u otopini vode i ZEOTEX zeolita kod bobičastog voća | 32 |
| 4.5.2. Koncentracije teških metala u otopini vode i ZEOTEXa kod riže | 33 |
| 4.6. Utjecaj upotrebe ZEOTEX zeolita na smanjenje koncentracije teških metala | 34 |
| 4.6.1. Smanjenje koncentracije teških metala u bobičastom voću | 34 |
| 4.6.2. Smanjenje koncentracije teških metala u riži | 37 |
| 5. RASPRAVA..... | 42 |
| 5.1. Morfološka i kemijska svojstva salate | 42 |
| 5.1.1. Morfološka svojstva salate..... | 42 |
| 5.1.2. Kemijska svojstva salate | 42 |

| | |
|---|----|
| 5.2. Morfološka i kemijska svojstva špinata | 42 |
| 5.2.1. Morfološka svojstva špinata | 42 |
| 5.2.2. Kemijska svojstva špinata | 43 |
| 5.3. Morfološka i kemijska svojstva mrkve..... | 43 |
| 5.3.1. Morfološka svojstva mrkve..... | 43 |
| 5.3.2. Kemijska svojstva mrkve | 43 |
| 5.4. Morfološka i kemijska svojstva bobičastog voća | 44 |
| 5.4.1. Morfološka svojstva bobičastog voća | 44 |
| 5.4.2. Kemijska svojstva bobičastog voća | 45 |
| 5.5. Morfološka i kemijska svojstva riže..... | 46 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 47 |
| 7. POPIS LITERATURE | 48 |
| 8. SAŽETAK | 51 |
| 9. SUMMARY | 52 |
| 10. POPIS GRAFIKONA..... | 53 |
| 11. POPIS SLIKA..... | 55 |
| 12. POPIS TABLICA | 56 |

Temeljna dokumentacijska kartica

Basic documentation card

1.UVOD

Nitrati su soli dušične kiseline. Nitrate proizvode brojne vrste nitrificirajućih bakterija u prirodnom okolišu koristeći amonijak ili ureu kao izvor dušika, a industrijski se soli pripremaju reakcijom dušične kiseline s odgovarajućim bazama. Služe kao umjetna gnojiva (npr. kalijev nitrat, amonijev nitrat, magnezijev nitrat i kalcijev nitrat), kao eksplozivi, kemikalije i ostalo. Količina dušika u tlu se stalno mijenja zbog utjecaja bioloških, kemijskih i fizikalnih procesa (Camberato, 2010.). Dušik u tlu egzistira u organskom i anorganskom obliku. Organski oblik predstavlja humus i nepotpuno razložene biljne i životinjske ostatke. Anorganski (nitrati, nitriti, amonijski oblik dušika) odnosno mineralni dušik je potpuno raspoloživ za usvajanje i čini vrlo mali udio u ukupnom dušiku koji je prisutan u tlu. Te količine su uglavnom nedovoljne za dobru ishranu poljoprivrednih biljnih vrsta (Vukadinović i Lončarić, 1997.).

Potrebno je paziti na ravnotežu unošenja i iznošenja dušika, jer je ispiranje nitrata jedan od osnovnih problema agrokulturnih površina budući da nitratni ioni nemaju sposobnost vezanja za adsorpcijski kompleks tla, te je upravo zbog te činjenice podložan ispiranju u dublje slojeve tla i u podzemnu vodu (Mkandawire, 2008.). Većina biljaka prima dušik u obliku nitratnih i amonijevih iona iz okoliša, a neki specijalizirani oblici mogu koristiti i dušik iz atmosfere (Pevalek-Kozlina, 2003.).

Organski oblici dušika, kao na primjer aminokiseline koje se u tlo vraćaju raspadanjem tijela uginulih biljaka i životinja, pretvaraju se u amonijak u procesu amonifikacije, dok se amonijak može oksidirati do nitrita (NO_2^-), te dalje do nitrata (NO_3^-) u procesu nitrifikacije. Dušik prisutan u obliku nitrata mogu koristiti biljke ili se procesom denitrifikacije (redukcija nitrata u dušik) može vratiti u atmosferu.

Teški metali su kemijski elementi čija je gustoća veća od 5 kg dm^{-3} , a često se nazivaju i elementi u tragovima zbog niskih koncentracija (mg kg^{-1} ili manje). U skupinu teških metala, koji se nalaze u pedosferi, ubrajamo bakar (Cu), cink (Zn), kadmij (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), mangan (Mn), molibden (Mo), nikal (Ni), olovo (Pb), željezo (Fe) i živu (Hg). Teške metale u ishrani bilja dijelimo na esencijalne, korisne i toksične. Esencijalnim mikroelementima pripadaju Fe, Mn, Zn, Cu, Mo i Ni. Toksični teški metali su Ni, Pb, Hg i Cd (Vukadinović i Lončarić, 1997.; He i sur., 2005.; Schulin i sur., 2010.).

Teški metali u tlu ostaju kao produkt trošenja minerala. Povećana koncentracija teških metala u tlu, antropogenog porijekla, potječe velikim dijelom od različitih kemijskih sredstava (herbicidi, fungicidi, insekticidi i dr.) koja se koriste u poljoprivredi. Teški metali potječu iz industrije, energetskih postrojenja, zatim deponija, smeća i ostalih otpadaka iz urbanih područja, te od prometa i nesreća u industriji i transportu (Škorić, 1991.).

Provedena su brojna istraživanja radi utvrđivanja kontaminiranosti tla i voda (Halamić i sur., 2003.; Ivezić i sur., 2009.; Pan i sur., 2010.; Hecl i Toth 2009.) i namirnica teškim metalima (Angelova i sur., 2003.; Okoronkwo i sur., 2005.; Shute i Macife, 2006.; Simmons i sur., 2003.). Pristupačnost teških metala ovisi i o pH vrijednosti tla. Prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja, za teške metale Cd, Zn i Ni, ukoliko je pH vrijednost glinovitog tla manja od 6 tada se primjenjuje granična vrijednost propisana za tlo praškasto – ilovaste teksture, a ukoliko je pH praškasto – ilovastog tla manja od 6 tada se primjenjuje granična vrijednost, odnosno MDK propisana za pjeskovita tla (NN br. 32., 2010.).

Zagađenost obradivog tla teškim metalima je veliki problem u razvijenim zemljama, jer se time smanjuju obradive površine. Jedan od načina sanacije onečišćenih tala je fitoekstrakcija, odnosno sadnja biljaka koje ekstrahiraju teške metale iz tla.

Zeoliti su prirodni minerali vulkanskog porijekla. Do sada su utvrđene 194 vrste prirodnih zeolita. U dodiru sa alkalnim slanim vodama u toku milijun godina je formirano zeolitsko kamenje aluminijsko silikatnog sastava. Imaju kristalnu rešetkastu strukturu kao pčelinje saće u formi tetraedra koji predstavlja molekularno sito. Zbog svoje građe imaju sposobnost upijanja i vezivanja različitih tvari. U svojoj rešetkastoj strukturi sadrži kalcij i magnezij, ima negativan naboj te stoga na sebe veže štetne tvari iz tla koje u pravilu nemaju negativan naboj, ali isto tako veže i hranjive tvari iz gnojiva, te zbog velikog upijajućeg svojstva postupnim otpuštanjem osigurava biljkama redovitu opskrbu hranom tijekom cijele godine.

Zeolit ima osobinu da sprječava ispiranje hranjivih tvari iz zemljišta, jer može apsorbirati hranjive elemente zemljišta i polako ih otpuštati tijekom trajanja vegetacije biljaka. Na taj način se korištenjem zeolita produžava djelovanje dodatnih mineralnih i organskih gnojiva, dok s druge strane usvojene teške metale koji se mogu naći u zemljištu one vezuju jačim silama i praktično sprječava da ih biljke usvoje. Tako se smanjuje šansa za prisustvo povišenih koncentracija štetnih elemenata u biljkama i povećava se njihova sigurnost za prehranu ljudi i životinja.

Zeolit pozitivno utječe na hranidbeni režim zemljišta i biljaka, pa samim time i na ekonomičnost poljoprivredne proizvodnje i smanjenje rizika od zagađenja životne sredine. Pozitivno je i to što se primjenom ovog minerala povećava ekonomičnost poljoprivredne proizvodnje, jer on povećava prinose i njihovu kvalitetu, a istovremeno smanjuje potrebu za korištenjem mineralnih i organskih gnojiva, zbog čega se čuva i poboljšava plodnost poljoprivrednog zemljišta. Zeoliti su primjenjivi u svim ljudskim djelatnostima, a naročito uspješnima su se pokazali u poljoprivredi gdje se primjenjuju kao poboljšivači tla.

Upotrebom zeolita je moguće smanjiti korištenje vode i gnojiva i do 30 % te je stoga poznat i kao efikasno sredstvo protiv suše. Zbog granuliranog oblika služi i kao prozračivač tla, a zbog već spomenute velike sposobnosti upijanja vode, ublažava posljedice prekomjerne vlage kao i duža sušna razdoblja. Treba pripaziti sa doziranjem jer previše ovog minerala u tlu može presušiti tlo, ili u kišnim razdobljima može zadržavati previše vlage što dovodi do truljenja biljaka.

Prednosti korištenja zeolita u poljoprivredi: poboljšava kvalitetu i prinos biljnih kultura, znatna financijska ušteda, potpuno prirodni mineral, zadržava vodu i vlažnost tla, povećava otpornost na sušu, regulira pH vrijednost tla i vodni režim, veže i neutralizira teške metale, pesticide i herbicide, veže gnojiva i postupno ih otpušta, potiče mikrobiološke procese i stvaranje humusa, stimulira rast listova, stabljike i korijena biljaka, idealan je za miješanje sa organskim i NPK gnojivima gdje se gnojidba može smanjiti i do 30 %, a da biljke imaju na raspolaganju više gnojiva (Agroklub, 23.01.2022.).

Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je bio primjena zeolita sa ciljem smanjenja sadržaja nitrata i teških metala u voću, povrću i riži.

2.PREGLED LITERATURE

Prevelik sadržaj nitrata u tlu može dovesti do tzv. luksuzne konzumacije dušika s mogućim negativnim posljedicama kao što su depresivno djelovanje na biljke, ispiranje u podzemne vode, te mogući gubitak volatizacijom (Butorac i sur., 1988.).

Muchovey i Rechcigl (1995.) navode da su tekstura i porozitet, odnosno broj gravitacijskih pora, presudni za proces ispiranja nitrata u dublje slojeve.

Leagreid i sur. (1999.) navode posljedice ispiranja dušika na okoliš: povećanje količine nitrata u površinskim i podzemnim vodama, eutrofikacija i gubitak bioraznolikosti u površinskim vodama i kopnenim ekosustavima, zakiseljavanje tla i voda zbog prisustva dušikovih oksida i amonijaka, te povećanje koncentracije N_2O u atmosferi.

Kako bi se smanjilo ispiranje nitrata u podzemne vode, Nestroy (1994.) predlaže maksimalno skraćivanje trajanja razdoblja sa golim tлом na oranicama, potpuno isključivanje gnojidbe u razdoblju bez vegetacije, ograničenje gnojidbe na 210 kg N/ha godišnje na zelenim površinama, te 175 kg N/ha godišnje na oranicama, te zabrana korištenja gnojovke na oranicama u razdoblju od 15. listopada do 25. ožujka.

Biljke koje korijenovim sustavom dublje i jače prožimaju tlo, znatno utječu na smanjenje ispiranja nitrata, odnosno dušika iz tla. S tim u vezi Wu i sur. (1997.) navode da su značajno veći gubici nitrata pri uzgoju kukuruza u odnosu na pšenicu.

Logan i sur. (1994.) navode da je gubitak nitrata sa poljoprivrednih tala veći putem drenažne vode nego površinskim otjecanjem.

Koncentracija nitratnog i amonijskog dušika u drenažnoj vodi varira ovisno o tipu tla, učestalosti primjene i dozi gnojidbe, rasporedu i količini oborina (Mesić, 1994.).

Kod viših pH vrijednosti ($pH > 7$) biljke više usvajaju amonijski oblik, a kod nižih pH vrijednosti ($pH < 6$) usvajaju nitratni oblik dušika (Vukadinović i Lončarić, 1999.).

Nitrati i nitriti se prirodno nalaze u okolišu kao dio ciklusa kruženja dušika i dušikovih spojeva u prirodi. Mogu se pronaći u zraku, tlu, vodi i hrani, osobito u povrću, prirodno se sintetiziraju u ljudskom tijelu. Često se koriste kao gnojiva, rodenticidi, ali i kao aditivi u hrani. Imaju vrlo važnu ulogu u ishrani i metabolizmu biljaka. Nitrati nastaju u reakcijama oksidacije organskog otpada djelovanjem bakterija koje vežu dušik. Veće količine nitrata se najčešće nalaze u listovima biljaka, dok se u manjim količinama nalazi u sjemenkama i gomoljima. Ljudi su izloženi nitratima najčešće putem konzumacije povrća i mesnih prerađevina, a u manjoj mjeri putem vode ili druge hrane. Konzumacija vode za piće s povećanom koncentracijom nitrata, na ljudski organizam može djelovati dvojako: akutno i kronično.

Nitratna dušična gnojiva su natrijev nitrat (čilska salitra), kalcijev nitrat (norveška salitra), kalcijev magnezijev nitrat i magnezijev nitrat (Lončarić i Karalić, 2015.).

Teški metali su definirani kao metalni elementi koji imaju relativno veliku gustoću u usporedbi s vodom. Uz pretpostavku da su težina i toksičnost međusobno povezane, teški metali uključuju i metaloide, poput arsena, koji su u stanju izazvati toksičnost pri niskoj razini izloženosti.

Prisutnost teških metala u tlu posljedica je prirodnih i antropogenih procesa. Prirodni su pedogenetski procesi kojima tlo nasljeđuje teške metale iz matičnog supstrata, a antropogeni procesi uključuju urbanizaciju, industrijalizaciju, promet, ali i poljoprivrednu proizvodnju. U udaljenim područjima bez antropogenog utjecaja teški metali u tlima su gotovo potpuno porijeklom iz matičnog supstrata, dok su u urbanim i poljoprivrednim područjima koncentracije teških metala u tlima veće od koncentracija u matičnim supstratima zbog kontinuiranog unosa u ekosustav. Tla nastala na pješčenjacima i kiselim magmatskim stijenama (npr. granit) u pravilu sadrže manje esencijalnih elemenata, kao i teških metala poput Cu, Zn i Co, nego tla na alkalnim magmatskim stijenama i sedimentnim škriljcima koja sadrže veće koncentracije Cu, Zn, Mn i Pb, a mogu sadržavati i iznad 200 mg kg⁻¹ Cd. Prirodni izvori teških metala u tlu su, pored matičnih stijena i vulkanske erupcije, morski aerosoli i šumski požari (Lončarić i Kadar, 2013.).

Bakar (Cu) je u tlu porijeklom iz primarnih minerala gdje se nalazi u jednovalentnom obliku, a nakon njihovog raspadanja se oksidira do Cu²⁺ i u tom obliku ga biljke usvajaju. U tlu bakar gradi stabilne kompleksne spojeve s organskim kiselinama, polurazloženim ili humificiranim organskim tvarima, i kao takav je biljkama slabo pristupačan. Zbog toga se manjak bakra javlja na humoznim tlima. Sadržaj bakra u tlu je prosječno 5 – 50 mg kg⁻¹ (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Bakar je neophodan biljkama za rast i razvoj. Udjel u biljnim tkivima se kreće u rasponu od 2 do 20 mg/kg suhe tvari. Važne uloge u kojima sudjeluje kod biljaka su tvorba nekih ključnih enzima i u fiziološkim procesima kao što su fotosinteza i respiracija, u metabolizmu ugljikohidrata i nitrata, transportu vode, reprodukciji te otpornosti na bolesti (Kabata-Pendias i Mukherjee, 2007.).

Cink (Zn) u tlu je porijeklom iz primarnih i sekundarnih minerala. Biljke ga usvajaju kao Zn²⁺, ZnCl⁺, Zn – kelate i za razliku od Fe, Mn, Cu i Mo, u biljkama je uvijek Zn²⁺. Pristupačnost cinka je veća u kiselim tlima i u tim okolnostima postoji opasnost od njegovog ispiranja. Nedostatak cinka se najčešće javlja na teškim glinovitim tlima. Prosječan sadržaj cinka u tlu je 5 – 20 mg kg⁻¹ (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Cink ima važnu ulogu u metabolizmu biljaka kao aktivna komponenta mnogih enzima (Kabata-Pendias i Mukherjee, 2007.).

Kadmij (Cd) je teški metal vrlo sličan cinku. Pristupačnost u tlu zavisi najviše od pH reakcije tla, te sadržaju ostalih kationa. Iz tla se brzo usvaja u biljku, a u biljci vrlo brzo nastavlja transport putem ksilema. Višak kadmija može poremetiti metabolizam željeza. U hranidbi životinja i prehrani ljudi, kadmij je kumulativni otrov. Iako biljke u svom metabolizmu nemaju potrebe za kadmijem, on zbog svoje velike mobilnosti i dostupnosti biljkama, pogotovo u kiselijim tlima, može predstavljati značajnu opasnost zbog toksičnosti. Simptomi na biljkama se očituju kao kloroza i zaostajanje u rastu (Page i sur., 1987.).

Kobalt (Co) je teški metal koji pripada skupini benefcijalnih elemenata za biljke. Neophodan je element za simbiotske nitrofikirajuće mikroorganizme, odnosno za fiksaciju atmosferskog dušika kod leguminoza. Koncentracija u tlu je vrlo niska, od 0,02 do 0,5 mg kg⁻¹ (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Krom (Cr) je toksičan metal, a toksičnost ovisi o njegovoj valentnosti. U atmosferu, tlo i vodu dopijevaju prvenstveno iz industrijske proizvodnje. Tla većinom sadrže ispod 100 mg kg⁻¹ kroma, gdje se javlja u različitim oksidacijskim stanjima (od + 2 do + 6) i kao metal (valencija 0).

Mangan (Mn) je sastavni dio mnogih enzima, a nezamjenjiva uloga mu je u transportu elektrona u svijetloj fazi fotosinteze. Značajan je za ekonomičnije iskorištavanje drugih hranjiva u tlu. U tlu najvećim dijelom potječe iz MnO₂, sadrže ga različiti oksidi stupnja oksidacije od + 2 do + 7. Oranični sloj sadrži više mangana u odnosu na podoranične slojeve, isto tako više ga je na težim karbonatnim tlima, a manje na lakim i pjeskovitim. Ukupan sadržaj Mn u tlima je 200 – 3000 mg kg⁻¹, od čega je biljkama raspoloživo 0,1 – 1,0 % (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Biljke usvajaju molibden (Mo) u obliku MoO₄²⁺. On u biljkama egzistira kao anion pa mu pristupačnost raste porastom lužnatosti. Fiziološka uloga mu je sudjelovanje u oksidaciji sulfita do sulfata, redukciji nitrata te se kod nedovoljne opskrbe Mo smanjuje aktivnost nitratne reduktaze i dolazi do narušavanja kloroplastne strukture. Sadržaj Mo u tlima je izuzetno nizak 0,6 – 3 mg kg⁻¹ (Vukadinović i Lončarić 1998.).

Nikal (Ni) je esencijalni element prisutan u pojedinim enzimima. Prosječna koncentracija nikla u tlima iznosi 40 mg kg⁻¹, s velikim odstupanjima među tipovima tala, što najviše ovisi o karakteristikama matične podloge. Stabilan oblik nikla u tlu je Ni²⁺. Prosječan sadržaj nikla u biljkama iznosi od 0,1 do 5 mg/kg suhe tvari. Tolerantan sadržaj se kreće između 5 – 20 mg/kg suhe tvari, dok je sadržaj iznad te vrijednosti kritičan za razvoj biljke. Nikal, za razliku od olova i kadmija, ima dobru pokretljivost kako u ksilemu tako i u floemu, i u značajnoj količini se nakuplja u plodovima i sjemenu.

Olovo (Pb) je teški metal i glavni kemijski polutant okoliša, porijeklo mu je prvenstveno od prometnih sredstava jer je ne tako davno bio sastavni dio goriva. U gornjim horizontima tla, gdje se najviše deponira vrijednosti mogu doseći i do 3000 mg kg⁻¹ (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Biljke olovo u neorganskom obliku slabo usvajaju i premještaju u nadzemne organe, osim na kiselim tlima. Iako se olovo prirodno nalazi u biljkama, može biti vrlo štetno. Do sada nije sa sigurnošću utvrđeno ima li olovo neke esencijalne uloge u metabolizmu biljaka, no i da ima, biljkama bi taj element bio potreban u vrlo malim količinama (Kabara-Pendias i Pendias, 2001.). Biodostupnost olova biljkama iz tla je limitirana, a može biti povećana zbog smanjenja pH vrijednosti tla, prisutnosti organskih tvari, anorganskih koloida, željeznih oksida i koncentracije fosfora. Svojstva vezanja i izmjene koloida tla je najvažnija stavka određivanja dostupnosti za biljke (Zimdahl i Koepe, 1979.). Velike količine olova biljke mogu također usvojiti iz zraka. Tako vegetacija koja se nalazi uz prometnice može sadržavati i do 50 mg/kg, a na udaljenosti 150 m od prometnice samo 3 mg/kg suhe tvari (Roderer, 1984.).

U tlu željezo (Fe) potječe iz primarnih i sekundarnih minerala. Njihovim raspadanjem se oslobađa željezo koje u kiselim tlima brzo gradi sekundarne minerale. Biljke usvajaju željezo u obliku Fe²⁺, Fe³⁺ i u obliku kelata. Važno je napomenuti da nitratna ishrana smanjuje, a amonijačna povećava usvajanje željeza. Pokretljivost u biljkama je osrednja do loša jer je 80 – 90 % željeza čvrsto vezano. Željezo je potrebno za sintezu klorofila, redukciju nitrata i sulfata, asimilaciju N₂, transport elektrona. Koncentracija željeza u biljkama je najčešće unutar granice 50 – 1000 mg kg⁻¹ (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Živa (Hg) se u tlu veže u netopive oblike koji su slabo mobilni, te je akumulacija u tlu i pristupačnost za biljku slaba do osrednja. Pojavljuje se u elementarnom obliku (toplomjer), organskim i anorganskim spojevima. Elementarna živa je jedini tekući metal koji na sobnoj temperaturi tvori žitku tekućinu velike gustoće (13,6 puta teža od vode). Glavni problem onečišćenja okoliša živom je u tome što se njezini organometalni spojevi mogu nakupljati i metabolizirati u biosferi.

Sama poljoprivredna proizvodnja doprinosi akumulaciji teških metala u površinskim slojevima poljoprivrednih tala primjenom različitih agrotehničkih mjera kao što su:

- gnojidba mineralnim gnojivima (prirodni minerali, pojedinačna i složena gnojiva)
- gnojidba organskim gnojivima (stajska gnojiva, komposti, organski ostaci)
- kondicioniranje tala (kalcizacija, zakiseljavanje, poboljšivači teksture)
- aplikacija pesticida
- navodnjavanje i fertigacija

Antropogeni unos teških metala u tlo obuhvaća široku lepezu aktivnosti čovjeka, a to su:

- proizvodnja energije i goriva (emisija iz električnih centrala)
- rudarstvo, metalurgija i industrija (eksploatacija i obrada ruda, elektronika, boje)
- transportni sustavi (sagorijevanje goriva, trošenje motora, kočnica i guma, korozija)
- urbano-industrijski kompleksi (obrada otpada i kanalizacijskog mulja)
- vojne aktivnosti (ratovi, poligoni)
- recikliranje (topljenje i obrada sekundarnih otpadnih sirovina)
- poljoprivreda (mineralna i organska gnojiva, poboljšivači, pesticidi, navodnjavanje) (Lončarić i sur., 2012.).

Značajan dio pesticida, fungicida i herbicida također sadržavaju Cu, Zn, Fe, Mn pa i As, a pojedini teški metali, kao Cd i Pb, unose se u tlo kao nečistoće prisutne u gnojivima. Najveći značaj među mineralnim gnojivima u pogledu teških metala kao nečistoća imaju fosfatna gnojiva, odnosno sirovi fosfati kao pojedinačna gnojiva ili kao sirovina za proizvodnju pojedinačnih i složenih gnojiva. Pri tome opravdano često najveću pozornost pridajemo koncentraciji Cd u fosfatnim mineralima, iako i udio drugih teških metala može biti vrlo značajan.

Transfer teških metala u sustavu tlo – biljka – voda osnova je ulaska teških metala u prehrambeni lanac. Agrotehničke mjere i proizvodne postupke svakako treba usmjeriti u pravcu smanjivanja bioraspodjelivosti toksičnih metala, prije svih Pb i Cd. Najučinkovitija mjera je kalcizacija kiselih tala koja smanjuje raspoloživost Cd, Pb, Cr, Hg, ali isto tako i esencijalnih Fe, Mn, Zn. Mineralnu i organsku gnojivu je potrebno prilagoditi usjevima i tlima kako bi se izbjeglo nepotrebno antropogeno zakiseljavanje tala. Sama kalcizacija nije dovoljna mjera, neophodno je obogatiti tlo organskom tvari i očuvati ili podići plodnost tla do optimalnih razina opskrbljenosti svih biogenih elemenata koji antagonizmom mogu smanjiti usvajanje toksičnih teških metala kao što su Pb i Zn u odnosu na Cd, te istovremeno spriječiti deficit esencijalnih teških metala (Lončarić i Kadar, 2013.).

Prirodni zeoliti su vulkanski minerali koji nastaju kondenzacijom plinova i para nakon vulkanskih erupcija i talože se kao vulkanske nakupine i stijene. Prije nego su otkrivene goleme naslage zeolita u mnogim dijelovima svijeta u 50-im godinama prošlog stoljeća, smatrani su običnim mineraloškim zanimljivostima. U prirodi se pojavljuje 48 vrsta zeolita, a najpoznatiji i najrasprostranjeniji je klinoptilolit. Prvi sintetski zeolit je bio levinit. Sintetski zeoliti se sintetiziraju na način da sinteza ide hidrotermalnim putem, odnosno pod određenim tlakom i na određenoj temperaturi, te uz dodatak potrebnih kemijskih spojeva. Reaktanti se zagrijavaju u vodi na 100 – 200 °C. Moguće je sintetizirati zeolite u širokom rasponu veličina i oblika pora.

Tako sintetizirani zeoliti su pogodni zato što su termički stabilni, ostaju nepromijenjeni i pri povišenim ili niskim temperaturama. Podesive su kiselosti, što znači da ih možemo primijeniti i za popravak reakcije tla, odnosno za podizanje i spuštanje pH vrijednosti tla. Do sada je sintetizirano više od 150 vrsta sintetskih zeolita (Baerlocher, 2001.).

Kristali zeolita formiraju čitav labirint kanala i pora različitog profila od čega ovisi i vrsta zeolita. Ta vrlo otvorena mreža kanala ili mikropora ima relativno ogromnu površinu. Pola kilograma zeolitskog praha ima površinu nogometnog igrališta. Zato mala količina zeolita koji je pravilno aktiviran ima ogroman učinak. U zeolitima su deponirana jedinstvena svojstva koja ga razlikuju od svih minerala na Zemlji. Njegova čudesna svojstva su otkrivena tek u drugoj polovici 20-og stoljeća.

Zeoliti tako predstavljaju prirodan ekološki čisti lijek protiv svih zagađivača na planeti, posebno onih koje čini čovjek kao najveći zagađivač. Postupkom prerade zeolita je najvažnije da se termičkom obradom iz kristalne rešetke zeolita ukloni voda koja zauzima 55 % molekularnog prostora. U taj prostor kroz molekularno sito se vrši kationska razmjena. Taj proces se odvija u nano uvjetima tako da se ne mijenja ni fizička ni kemijska matrica zeolita, niti njegov volumen. Tako prerađeni, aktivirani zeolit predstavlja ekološki čist upijač svih vrsta zagađivača, vode, zraka, zemljišta, uključujući i radioaktivna zagađenja, jer zeolitom je dekontaminirala nuklearna centrala u Černobilu.

Mnoga znanstvena istraživanja su dokazala da se zeolit odlično pokazao kao sredstvo za poboljšanje karakteristika zemljišta, kao i povećanje kvantitete i kvalitete prinosa uzgajanih kultura. Zeolit unaprjeđuje propustljivost zemljišta, pa se zbog njegove sposobnosti da duže zadržava vodu u zemljištu smanjuje i rizik od stresa biljkama uzrokovanog sušom. Treba naglasiti da to zadržavanje vode ne traje predugo, tako da s jačanjem korijenovog sustava biljke, raste i njegova moć upijanja vode, pa zeolit polako oslobađa vodu koju je "zadržao" i prepušta je korijenu biljke da je potpuno iskoristi. Tako se sprječava ispiranje vode u dublje slojeve zemlje, pa biljka može duže izdržati bez kiše ili vode iz sustava za navodnjavanje.

Brojne studije ukazuju na to da zeolit poboljšava zemljišnu strukturu i smanjuje njegovu kiselost, a to je vrlo značajno za poljoprivrednu proizvodnju na površinama koje su podložne utjecaju različitih faktora i podložni promjeni, odnosno snižavanju pH vrijednosti. Upotreba zeolita se preporučuje na zemljištima gdje se obavlja intenzivna poljoprivredna proizvodnja koja zahtjeva česte kemijske tretmane biljaka, kao i na područjima u blizini nekog od izvora zagađenja (Agroklub, 23.01.2022.)

Zeolit se u poljoprivredi upotrebljava kao:

- meliorant u poboljšavanju kvalitete zemljišta, plodnosti, vodene i zračne propusnosti, sposobnost upijanja i zadržavanja vode u zemljištu. Osiguravaju izvor laganog ispuštanja kalijevog karbonata i dušika prema potrebama biljaka.
- Kao dodatak za uzgoj povrća gdje se postižu odlični rezultati, povećava se klijavost sjemena i smanjuju bolesti biljaka.
- Kao zamjena za štetna umjetna dušična gnojiva ekološki čistim zeolitskim. Time oplemenjuje zemlju, omogućuje organski zdravu hranu, ekološki čistu, sprječava prodiranje opasnih tvari za zagađenje vodotoka.
- Za apsorpciju amonijaka i amonijskih plinova, smanjenje konverzije dušika u nitrate kao osnovnog uzročnika zagađenja zemljišta.
- U ishrani životinja. U stočarstvu zeoliti poboljšavaju sve performanse njihovog rasta, smanjuju amonijak do 80 %, povećavaju gustoću kostiju, sprječavaju otrovanja, te u visokom stupnju poboljšavaju konverziju hrane. Kod peradi se povećava rastvorljivost fosfata i dobivaju se kvalitetnija jaja, te se poboljšava čvrstoća kostiju. U farmama, stajama i torovima koje koriste zeolit se potpuno eliminiraju neugodni mirisi.

Primjenom zeolita prije ili tijekom sjetve se osigurava čuvanje vlage i hranjiva u tlu, te omogućuje njihovo otpuštanje i usvajanje od strane biljke tijekom cijele vegetacijske sezone, što je važno prilikom same oplodnje kada su hranjiva i vlaga najpotrebniji. Kako zeolit veže vlagu i hranjiva te ih postupno otpušta, moguće je i smanjenje unosa mineralnih gnojiva. Samim time se ostvaruje ušteda, ali se i smanjuje negativan utjecaj na tlo i podzemne vode koji nastaje radi ispiranja gnojiva kroz tlo (Margeta, 2011.).

Zeoliti čiste zemljište od metala i pesticida. Sadrži biogene mikroelemente kao što su Mg, Ca, Mo, Mn i na taj način utječe na izgled, zdravlje biljke i jača njenu otpornost u borbi protiv bolesti i štetnika. Utječe na cvjetanje, sazrijevanje, boju i okus. Iz tog razloga se i u cvjećarstvu dosta koristi jer su cvjetovi veći, bujniji i intenzivnije obojeni.

Zeolit ima dugotrajno djelovanje, čak i do 5 godina od njegovog unošenja u zemljište. Prilikom doziranja treba biti oprezan da se ne pretjera u upotrebi, te bi najbolje bilo slijediti uputstvo samog proizvođača. Doziranje ovisi i od samog zemljišta i vrste biljke kojoj se dodaje zeolit. Zanimljiva je njihova primjena u funkciji zaštite od UV zračenja – nanošenjem aktiviranih nanočestica zeolita na poliesterske materijale se povećava zaštitno svojstvo odjeće od UV zračenja.

Glavno svojstvo zeolita, zahvaljujući kojom se oni primjenjuju kao gnojivo u ishrani bilja, je činjenica da su zamjenjivi kationi u zeolitima sporo dostupni izvor hranjiva za biljku. To znači da bi zeoliti trebali osigurati stabilnu i konstantnu opskrbu hranjiva biljkama kroz nekoliko vegetacijskih godina. Osim toga, zeoliti također odgađaju ispiranje umetnutih kationa iz zone korijena, čime smanjuju mogućnost njihovog ispiranja i otjecanja u nadzemne i podzemne vode. Osnovna upotreba zeolita kao gnojiva u poljoprivredi je najviše vezana uz klinoptilolit, kalijev i amonijev ion (K^+ i NH_4^+), njihovu zamjenu i sporo otpuštanje. Naime, zeoliti posjeduju sposobnost da spriječe mikrobiološku pretvorbu amonijevog (NH_4^+) u nitratni (NO_3^-) ion. To se događa zato što su nitrifikacijske bakterije prevelike za kanale i kaveze unutar same strukture zeolita gdje se nalaze amonijevi ioni. Na taj način se sprječava ispiranje nitrata koje predstavlja značajan ekološki problem današnjice.

Kako u suvremenoj poljoprivrednoj praksi ne smijemo zanemariti i ekološki aspekt proizvodnje, odnosno zaštitu okoliša, zeoliti imaju značajan potencijal i u tom području. Činjenica je da je veliki broj tala u svijetu kontaminiran teškim metalima poput Cu, Cd, Pb i drugih. Zahvaljujući njihovoj sposobnosti izmjene kationa, zeoliti mogu na sebe vezati navedene teške metale i tako spriječiti otjecanje i usvajanje od strane biljaka tih nepoželjnih tvari (Agroklub, 23.01.2022.)

3.MATERIJALI I METODE

3.1. Postavljanje pokusa

Pokusi su provedeni u laboratoriju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.

Provedena su istraživanja koncentracija nitrata i toksičnih metala u listu salate, u špinatu, u mrkvi, u bobičastom voću (malina, ribiz, kupina i borovnica), te u riži (divlja riža, smeđa riža, crvena riža, riža okruglog zrna, riža srednjeg zrna i riža dugog zrna).

Istraživanja su provedena na 3 tretmana s različitom dužinom trajanja namakanja:

- Kontrola – povrće bez namakanja
- Voda – namakanje u vodi 20 minuta
- Voda + ZEOTEX Zeolit – namakanje 10, 20 i 30 minuta

3.2.Strategija uzgoja i tretmani

Pokus je bio postavljen po sljedećim tretmanima: kontrola, namakanje u vodi 20 minuta, namakanje u vodi i ZEOTEX zeolitu 10, 20 i 30 minuta.

Odnos biljnog materijala i otopine vode ZEOTEXa je bio 1:2, odnosno 50 g biljnog materijala je preliveno sa 100 ml vode i dodana je jedna žličica ZEOTEXa (3 g).

Uzorci su sušeni u sušioniku na 105 °C oko 1 sat radi prekidanja enzimatske aktivnosti, a nakon toga su se nastavili sušiti na temperaturi od 60 °C dok se nisu u potpunosti osušili. Kada su uzorci bili potpuno suhi, samljeveni su na tzv. „heavy metal free“ mlinu (slika 1 i 2).



Slika 1. Uzorci mrkve i špinata

(Izvor: Brigita Popović, 2021.)



Slika 2. Istraživanje na listovima salate (Izvor: Brigita Popović, 2021.)

Koncentracije teških metala su dobivene mjerenjem na ICP – OES-u i AAS-u te predstavljaju njihov ukupan sadržaj u biljnoj tvari i utvrđene su nakon postupka mokrog razaranja mikrovalnom tehnikom.

Analizirani su esencijalni teški metal cink (Zn), toksični arsen (As), kadmij (Cd) i živa (Hg) te su izraženi po kilogramu svježe tvari.

Svi tretmani su bili postavljeni u 3 ponavljanja radi statističke analize podataka.



Slika 3. Istraživanje na bobičastom voću (Izvor: Brigita Popović, 2021.)

3.3. Metodologija analize biljaka

Analize su izvršene u ovlaštenom laboratoriju za analizu tla Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Zavod za agroekologiju i zaštitu okoliša. Sve analize su provedene sukladno propisanoj metodologiji za analizu nitrata i teških metala u povrću, prema ISO standardima.

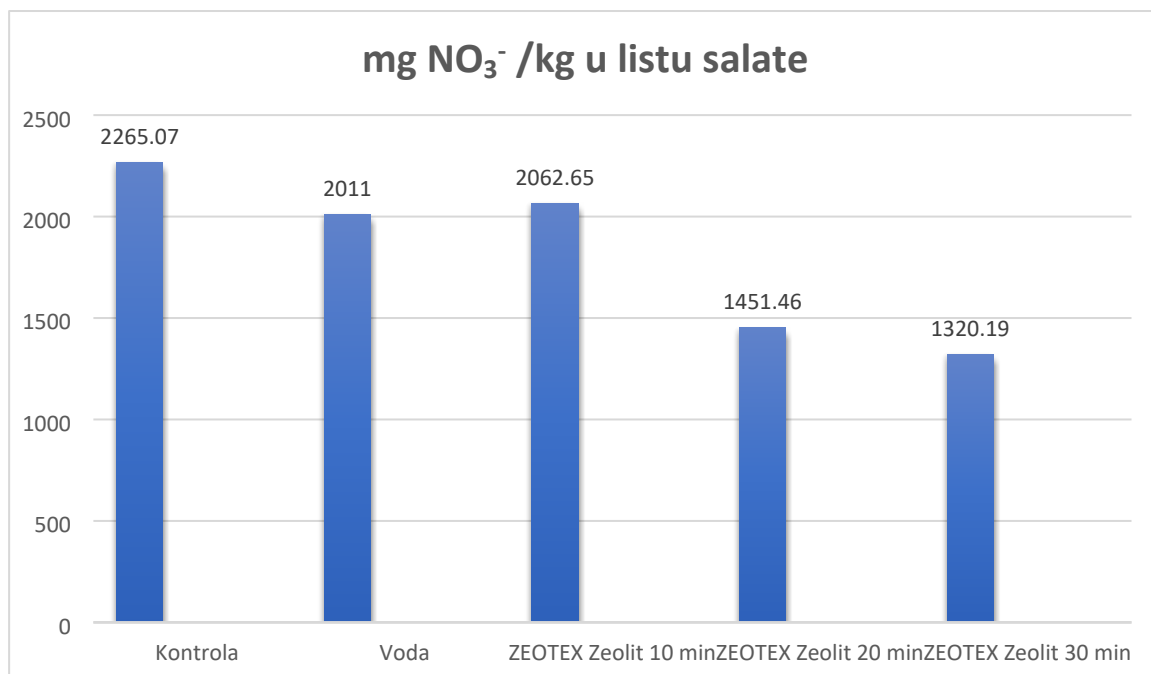
Koncentracija nitrata u povrću varira u vrlo širokom rasponu od 1 do 10 000 mg/kg, ovisi o vrsti, sorti, načinu uzgoja i uvjetima skladištenja povrća.

Uklanjanje teških metala iz biljnog materijala nakon namakanja u otopini vode sa zeolitom ZEOTEX, kontrolni tretman je bio namakanje biljnog materijala u vodovodnoj vodi. Početno stanje koncentracije teških metala u svim ispitivanim uzorcima biljnog materijala je bilo značajno različito, ovisno o vrsti biljnog materijala, ali istovremeno su sve koncentracije bile ispod vrijednosti propisanih Pravilnikom o toksinima, metalima, metaloidima, te drugim štetnim tvarima koje se mogu nalaziti u hrani.

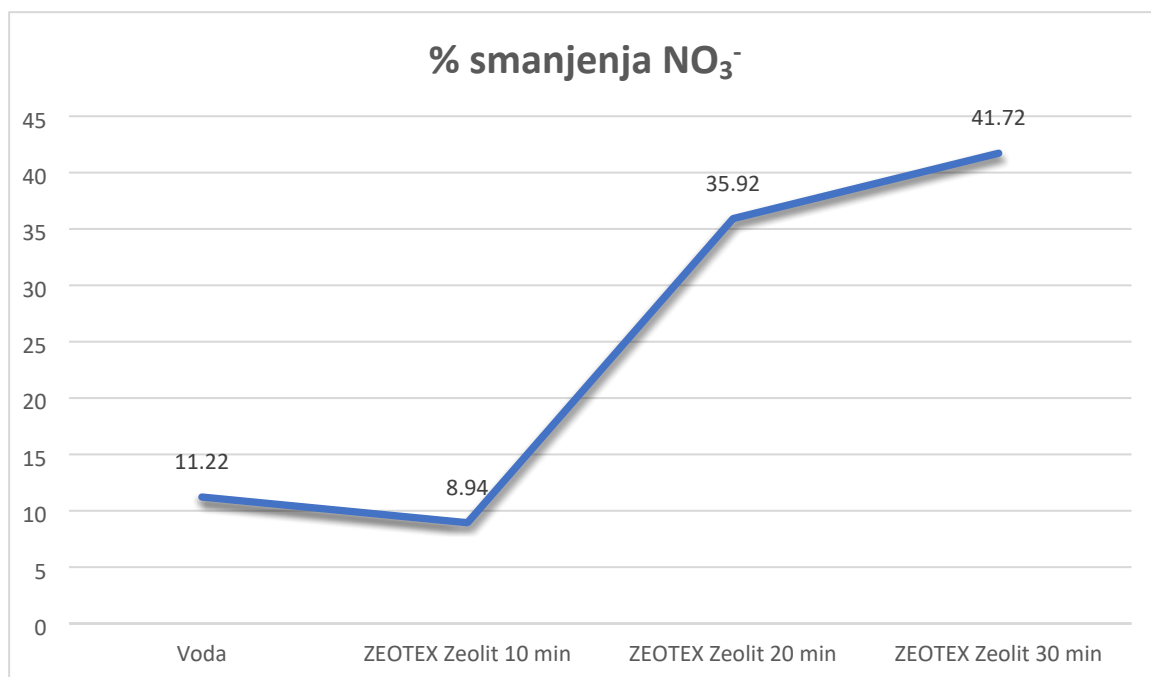
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Utjecaj upotrebe ZEOTEX Zeolita na smanjenje koncentracije nitrata i toksičnih teških metala u salati

4.1.1. Koncentracija nitrata u listu salate



Grafikon 1. Sadržaj nitrata u listu salate (mg kg⁻¹)



Grafikon 2. Smanjenje sadržaja nitrata u listu salate (%)

Koncentracija nitrata u listu salate je iznosila 2 265,07 mg NO₃⁻/kg. Maksimalno dopuštena koncentracija nitrata u svježoj salati se kreće od 4 000 mg NO₃⁻/kg.

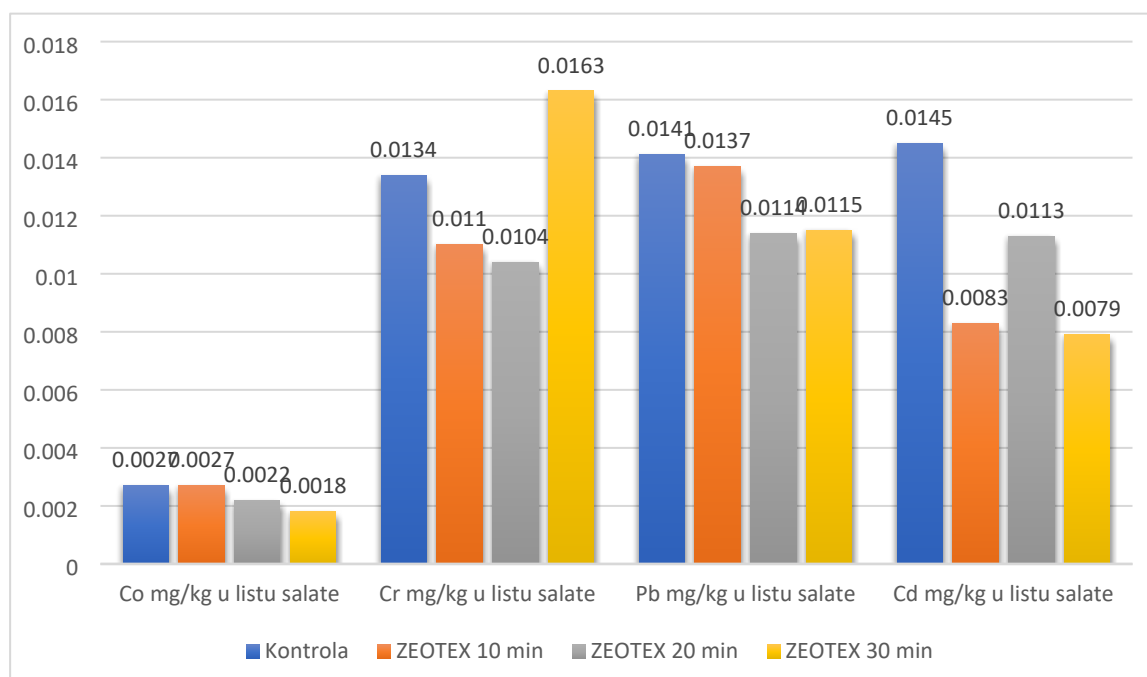
Nakon provedenog istraživanja je utvrđeno kako je namakanje salate u vodi sa ZEOTEX Zeolitom rezultiralo dopunskim smanjenjem koncentracije nitrata u salati u odnosu na namakanje salate u čistoj vodi bez ZEOTEX-a. Namakanje, odnosno pranje salate u čistoj vodi je uobičajeni način tretiranja salate prije konzumiranja.

Dobiveni rezultati pokazuju smanjenje koncentracije nitrata u listu salate ovisno o vremenu namakanja:

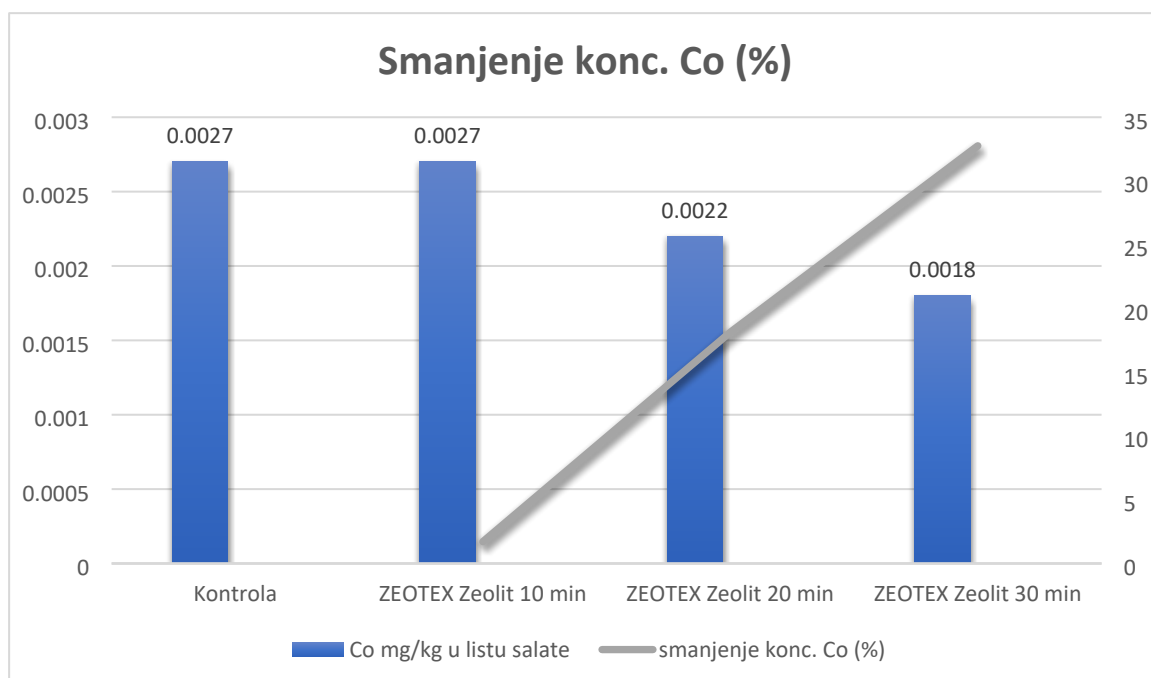
- 11,22 % nakon namakanja u čistoj vodi
- 8,94 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 35,92 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 41,72 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom

Svi rezultati su prikazani grafički i potvrđuju hipotezu kako namakanje povrća u vodi sa ZEOTEX Zeolitom dovodi do smanjenja koncentracije nitrata (Grafikon 1. i Grafikon 2.).

4.1.2. Koncentracija teških metala u listu salate



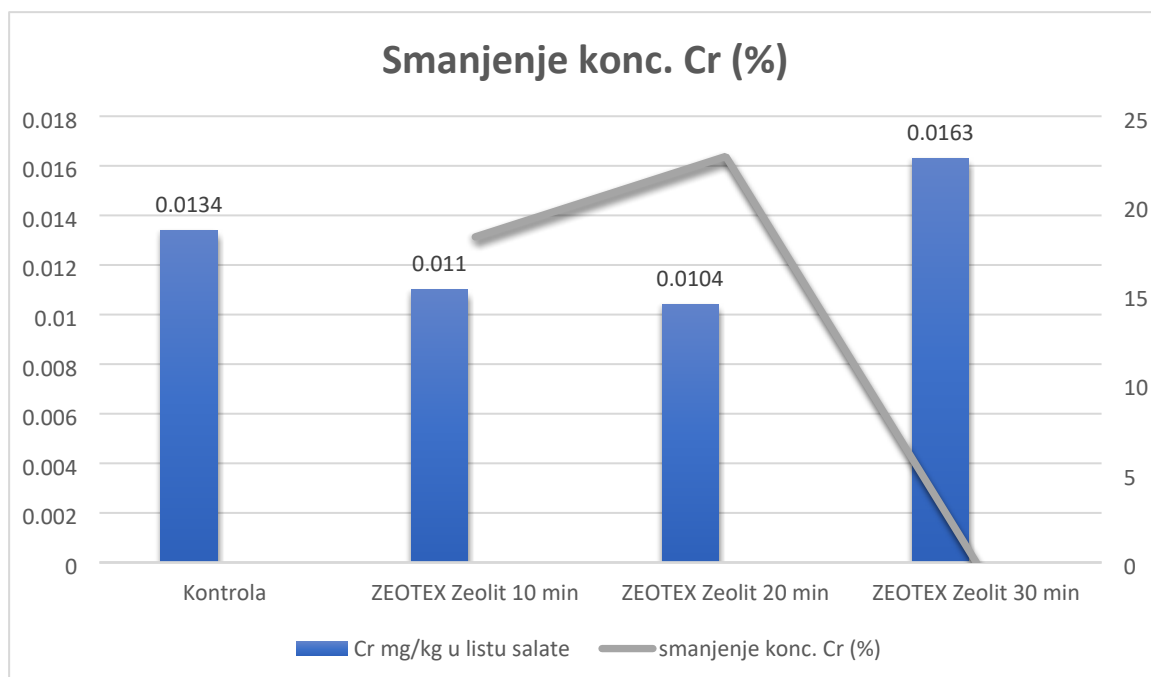
Grafikon 3. Koncentracija teških metala u listu salate



Grafikon 4. Smanjenje koncentracije kobalta (%)

Smanjenje koncentracije kobalta ovisno o tretmanu:

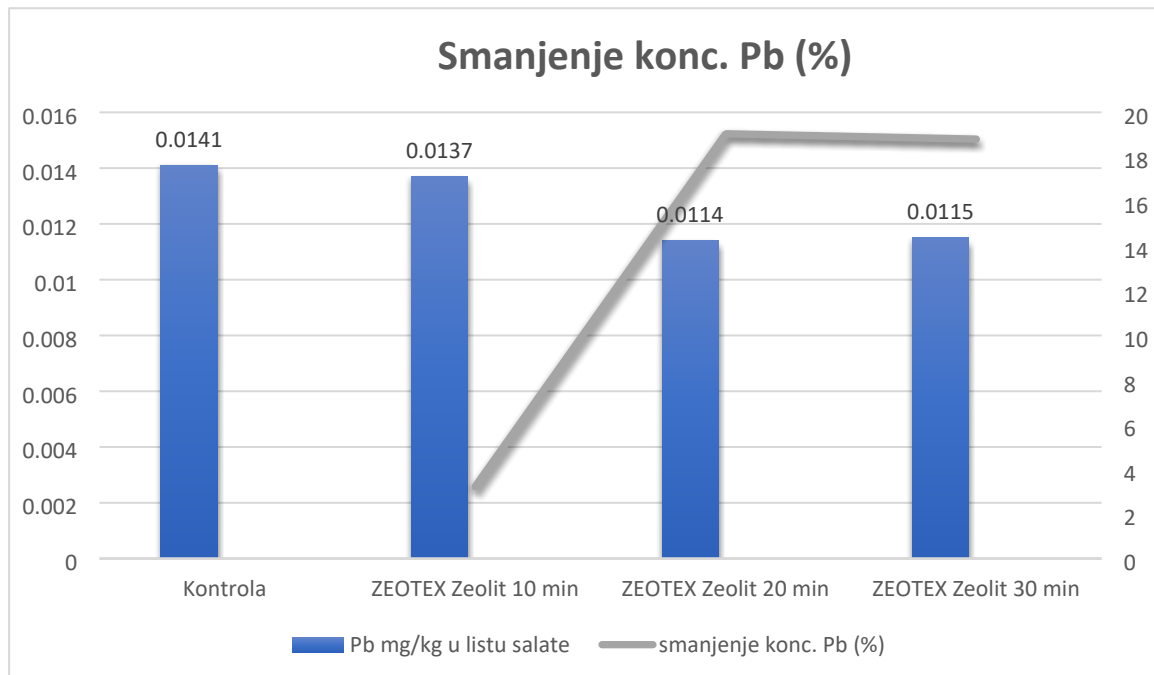
- 1,71 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 18,14 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 32,76 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 4.)



Grafikon 5. Smanjenje koncentracije kroma (%)

Smanjenje koncentracije kroma ovisno o tretmanu:

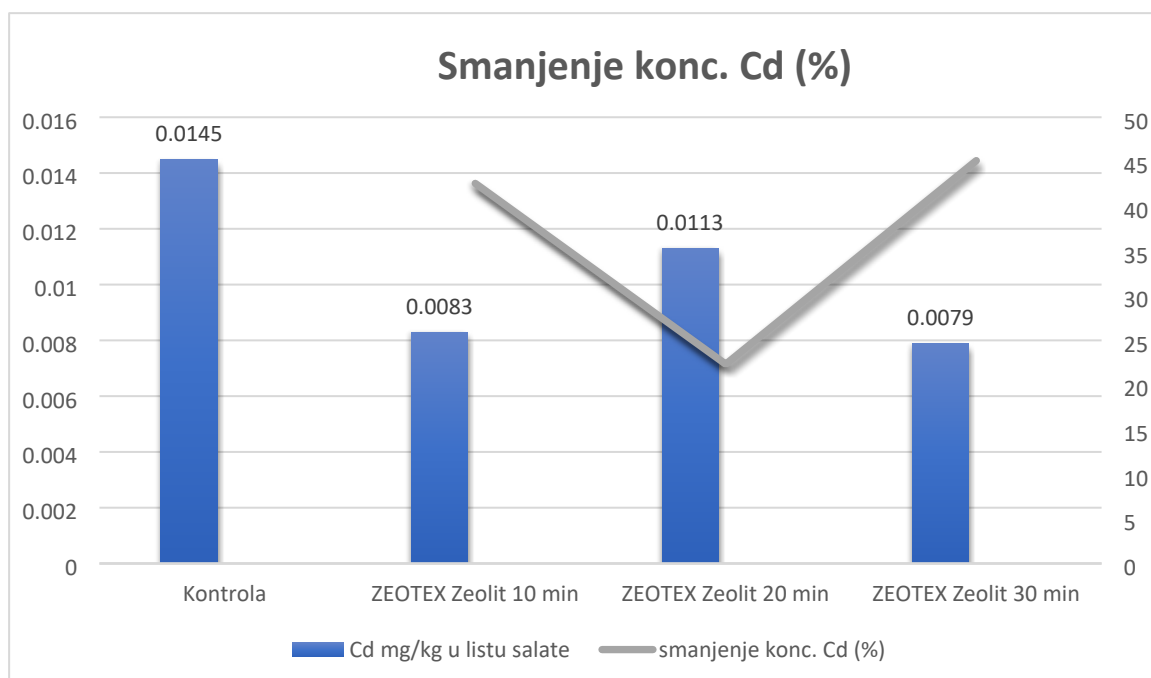
- 18,24 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 22,75 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 0 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 5.)



Grafikon 6. Smanjenje koncentracije olova (%)

Smanjenje koncentracije olova ovisno o tretmanu:

- 3,23 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 19,04 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 18,80 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 6.)



Grafikon 7. Smanjenje koncentracije kadmija (%)

Smanjenje koncentracije kadmija ovisno o tretmanu:

- 42,59 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 22,33 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 45,14 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom

Dobiveni rezultati nakon namakanja salate u vodu sa ZEOTEX Zeolitom ukazuju na smanjenje koncentracije teških metala Co, Cd, Pb i Cd u listu salate u odnosu na kontrolu.

Samo je na tretmanu ZEOTEX Zeolitom nakon namakanja od 30 minuta utvrđen porast koncentracije kroma (Grafikon 5.).

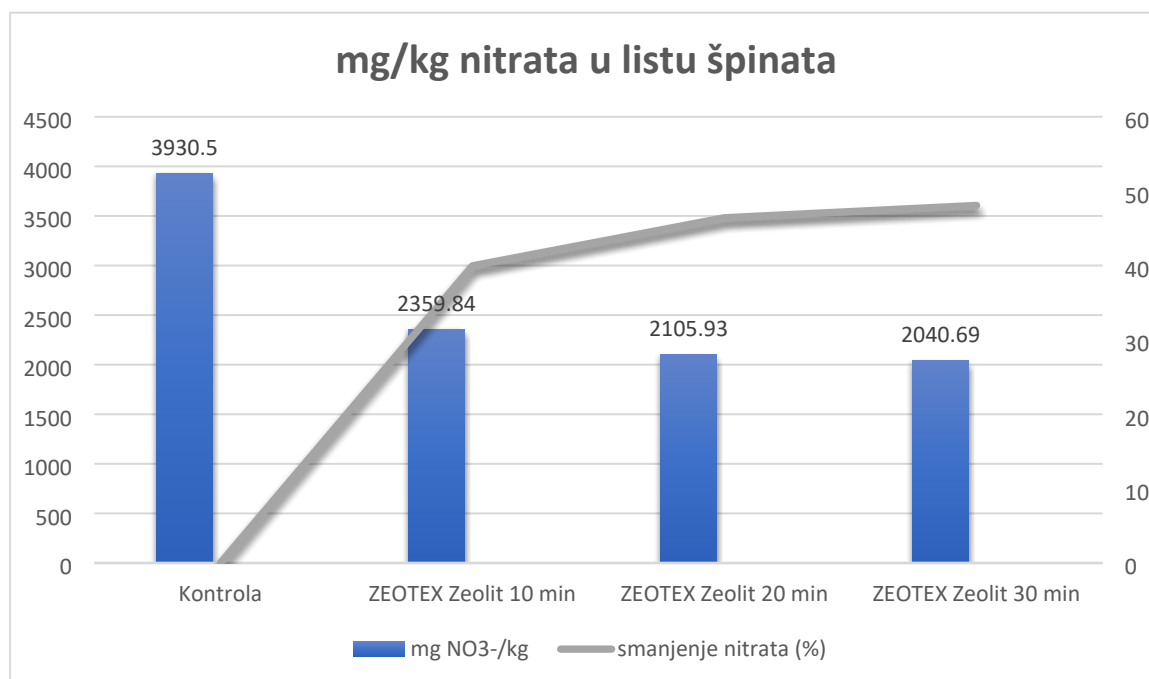
Najmanje koncentracije možemo očekivati u plodovitom povrću, a najveće u korjenastom povrću.

Dobiveni rezultati ukazuju na opravdanost hipoteze o upotrebi ZEOTEX Zeolita kao sredstva za smanjenje koncentracije nitrata i teških metala u povrću, ali je zbog preciznijih tumačenja potrebno provesti dopunska istraživanja na različitim vrstama povrća.

4.2. Utjecaj upotrebe ZEOTEX Zeolita na smanjenje koncentracije nitrata i toksičnih teških metala u špinatu

4.2.1. Koncentracije nitrata u špinatu

Prvi analizirani uzorak se odnosi na špinat iz tržnog centra, te je na njemu utvrđena visoka koncentracija nitrata na kontroli od 3 930,50 mg/kg nitrata, što je iznad maksimalno dopuštenih koncentracija propisanih EU Regulativom koje za špinat iznose 3 000 mg/kg svježe tvari.



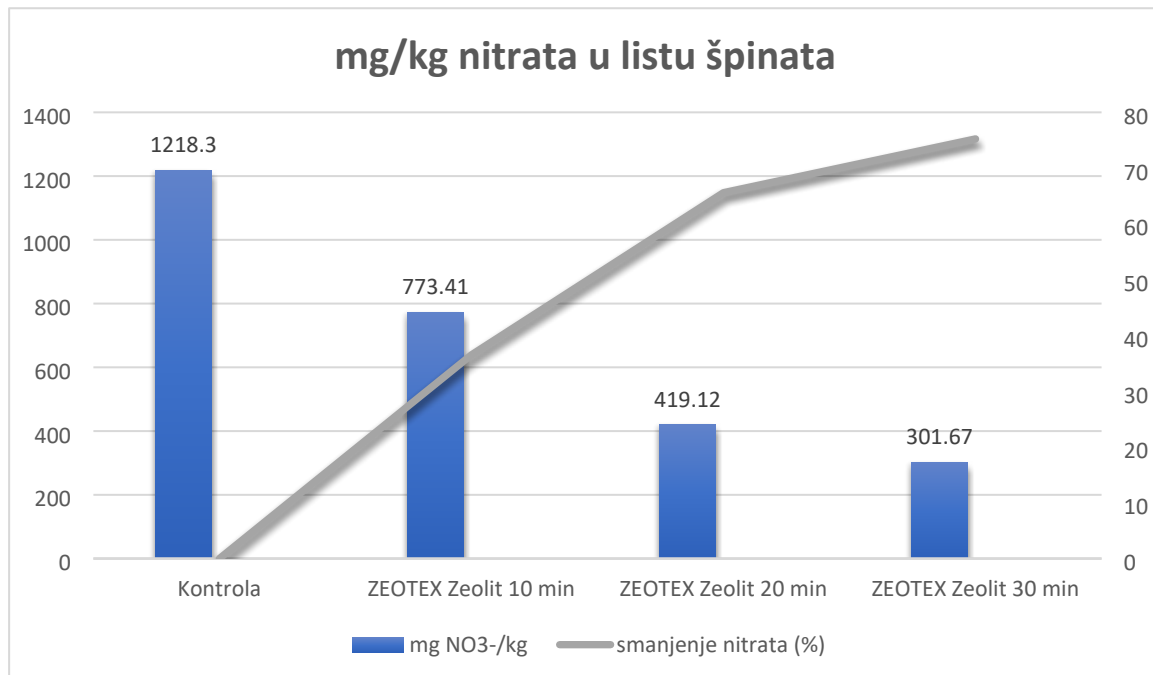
Grafikon 8. Smanjenje sadržaja nitrata u špinatu

Namakanje špinata u otopini sa ZEOTEX Zeolitom u trajanju od 30 minuta je došlo do smanjenja koncentracije nitrata za gotovo 50 %. Vrlo značajno smanjenje koncentracije nitrata je utvrđeno i kod ostalih tretmana od:

- 39,96 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 46,42 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 48,08 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 8.)

Dobiveni rezultati su vrlo značajni, pogotovo ako ih promatramo s aspekta kupca koji najčešće nema informacije o početnoj koncentraciji nitrata u povrću, jer jamče smanjenje koncentracije nakon upotrebe ZEOTEX Zeolita kao sredstvo za “pranje“ povrća prije konzumacije.

Drugi uzorak špinata je prikupljen na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu koja se bavi proizvodnjom i distribucijom povrća, te su u njemu utvrđene puno niže koncentracije nitrata na kontroli od 1 218,30 mg/kg nitrata što je dvostruko niže od maksimalno dopuštenih koje iznosi 3 000 mg/kg svježe tvari.



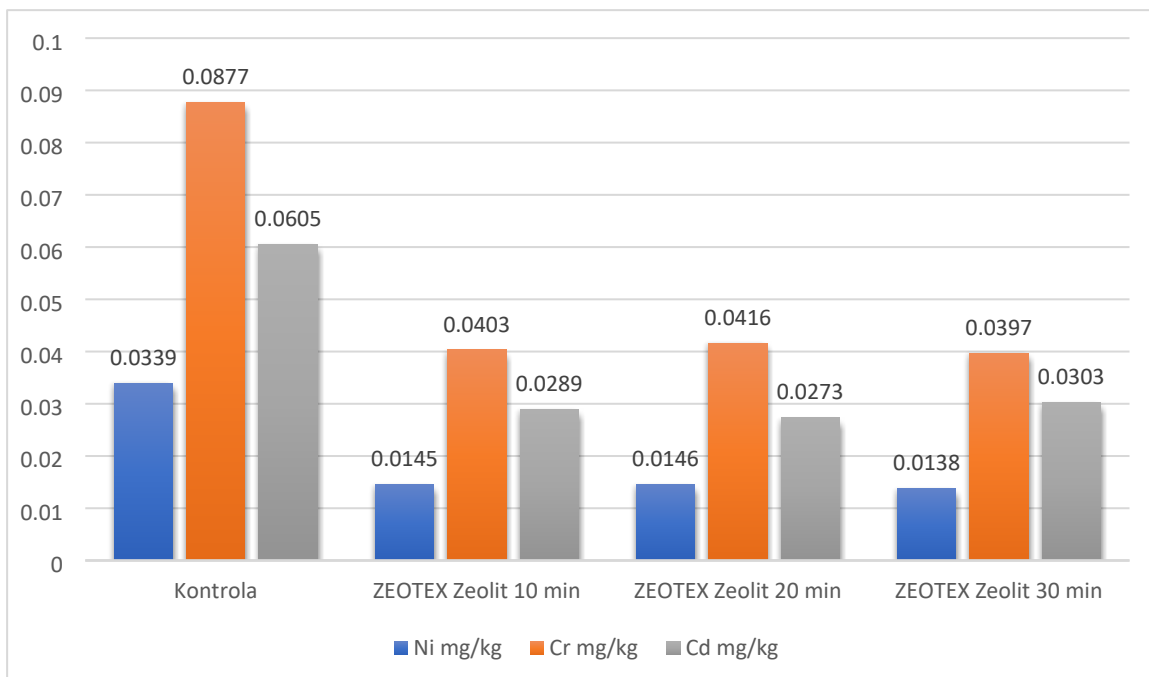
Grafikon 9. Smanjenje sadržaja nitrata u špinatu sa OPG-a

Upotreba ZEOTEX Zeolita je doprinijela smanjenju koncentracije nitrata i to u slijedećem nizu:

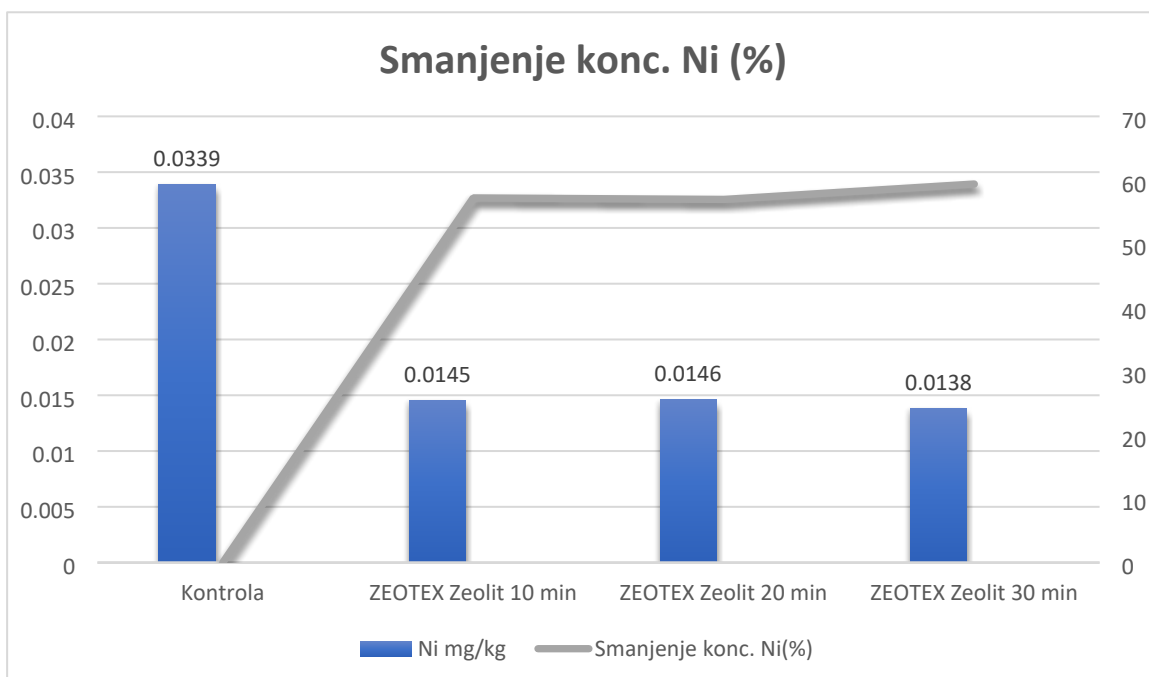
- 36,52 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 65,60 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 75,24 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 9.)

4.2.2. Koncentracija teških metala u špinatu

Kod koncentracije toksičnih teških metala u špinatu nije utvrđena razlika između porijekla uzorka, pa su prikazani prosječni rezultati za oba uzorka.



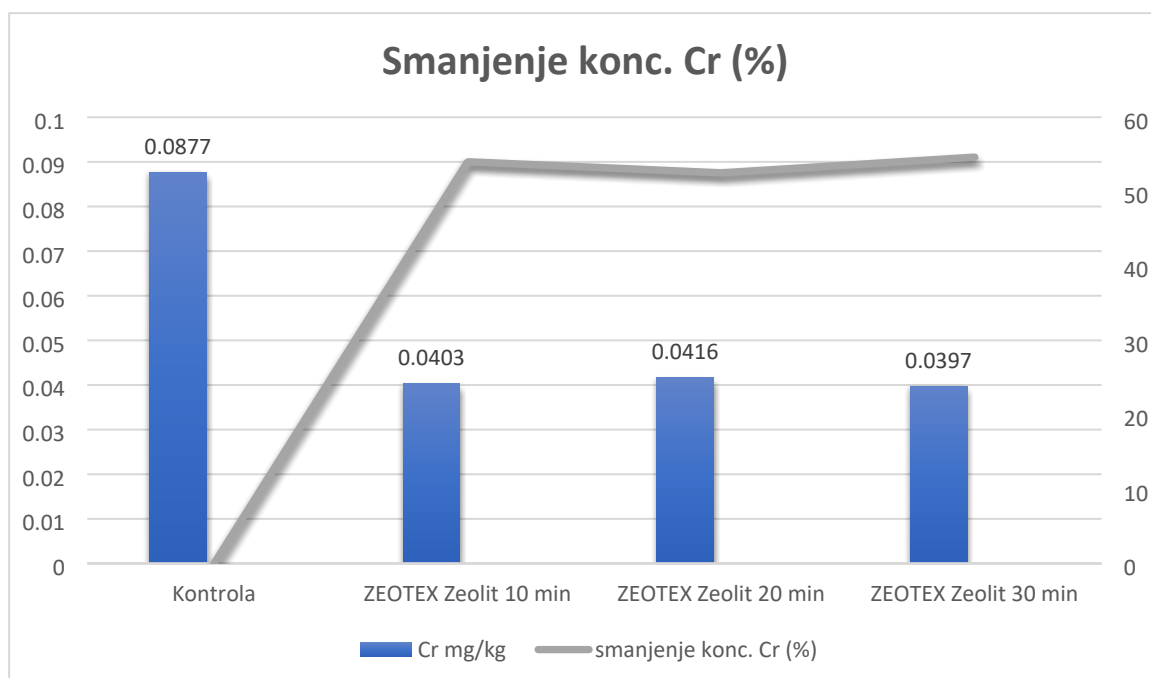
Grafikon 10. Koncentracija teških metala u špinatu



Grafikon 11. Smanjenje koncentracije nikla (%)

Smanjenje koncentracije nikla ovisno o tretmanu:

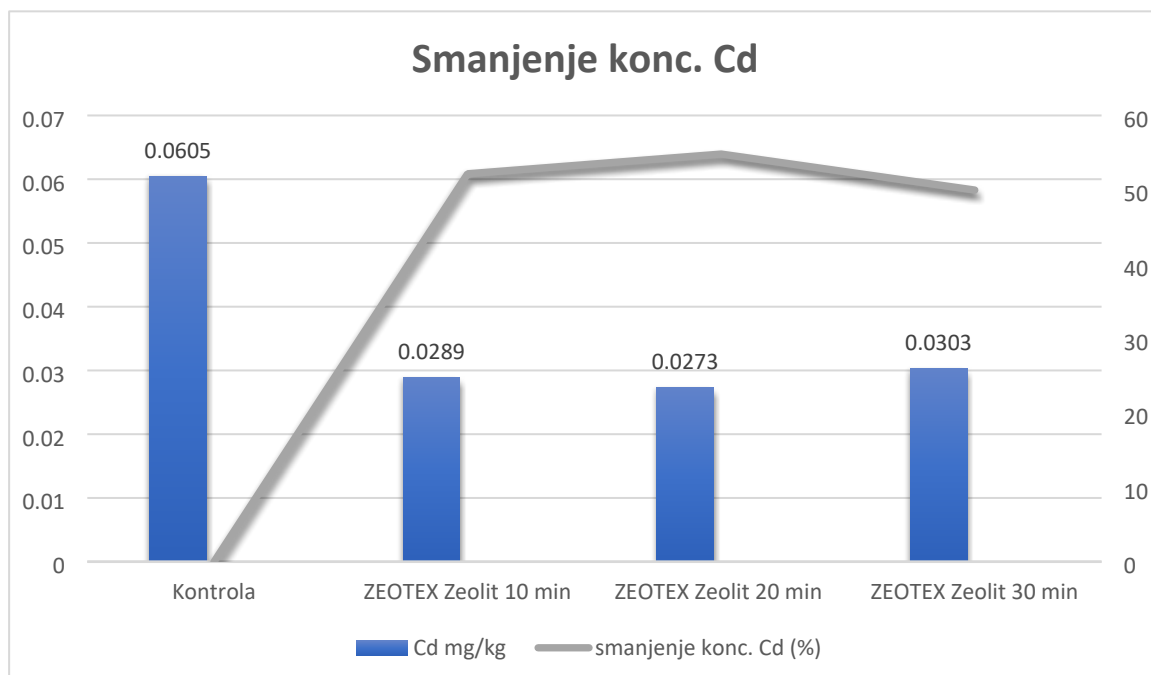
- 57,21 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 56,97 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 59,39 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 11.)



Grafikon 12. Smanjenje koncentracije kroma (%)

Smanjenje koncentracije kroma ovisno o tretmanu:

- 54,02 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 52,53 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 54,64 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 12.)



Grafikon 13. Smanjenje koncentracije kadmija (%)

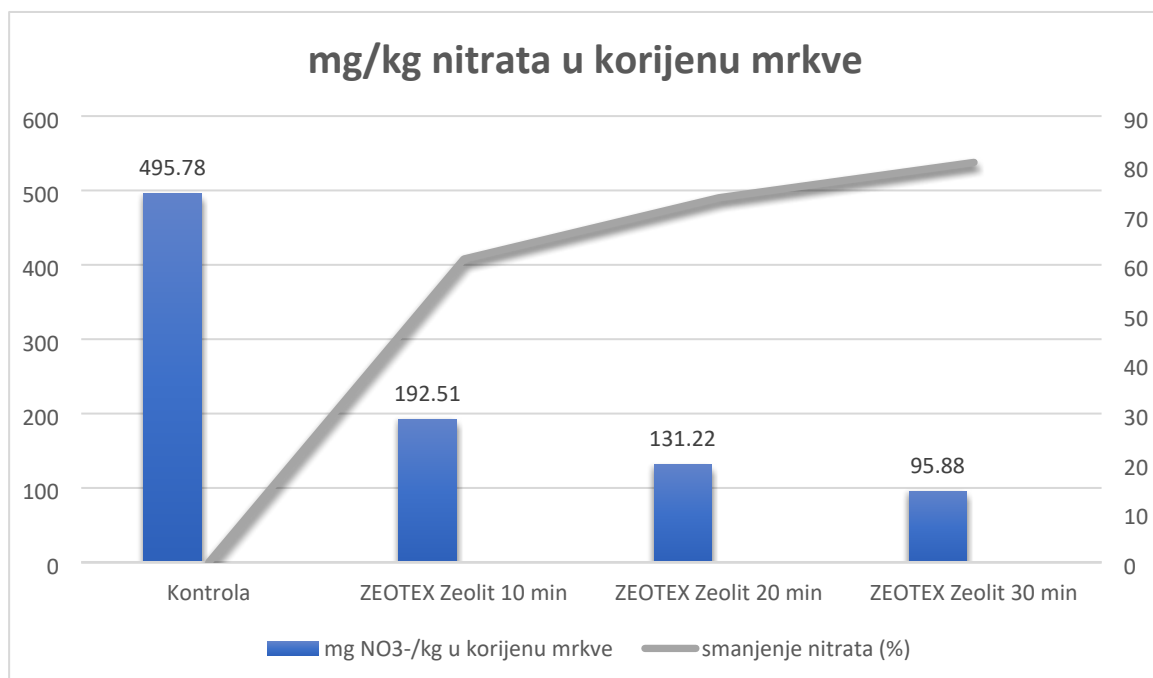
Smanjenje koncentracije kadmija ovisno o tretmanu:

- 52,16 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 54,81 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 49,97 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 13.)

4.3. Utjecaj upotrebe ZEOTEX Zeolita na smanjenje koncentracije nitrata i teških metala u mrkvi

4.3.1. Koncentracije nitrata u mrkvi

Analizirao se uzorak mrkve koja je prikupljena na tržnici te je na kontroli utvrđena koncentracija od 495,78 mg/kg. Namakanje mrkve u otopini sa ZEOTEX Zeolitom je dovelo do smanjenja koncentracije nitrata čak do 80 %.

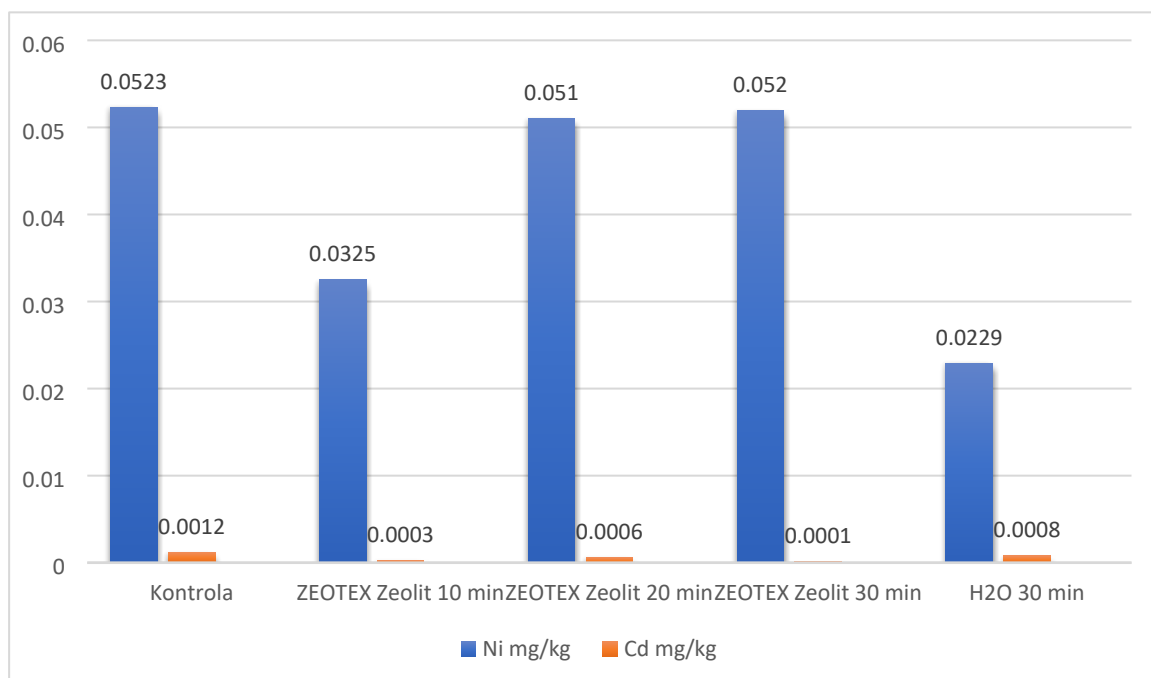


Grafikon 14. Smanjenje koncentracije nitrata u korijenu mrkve

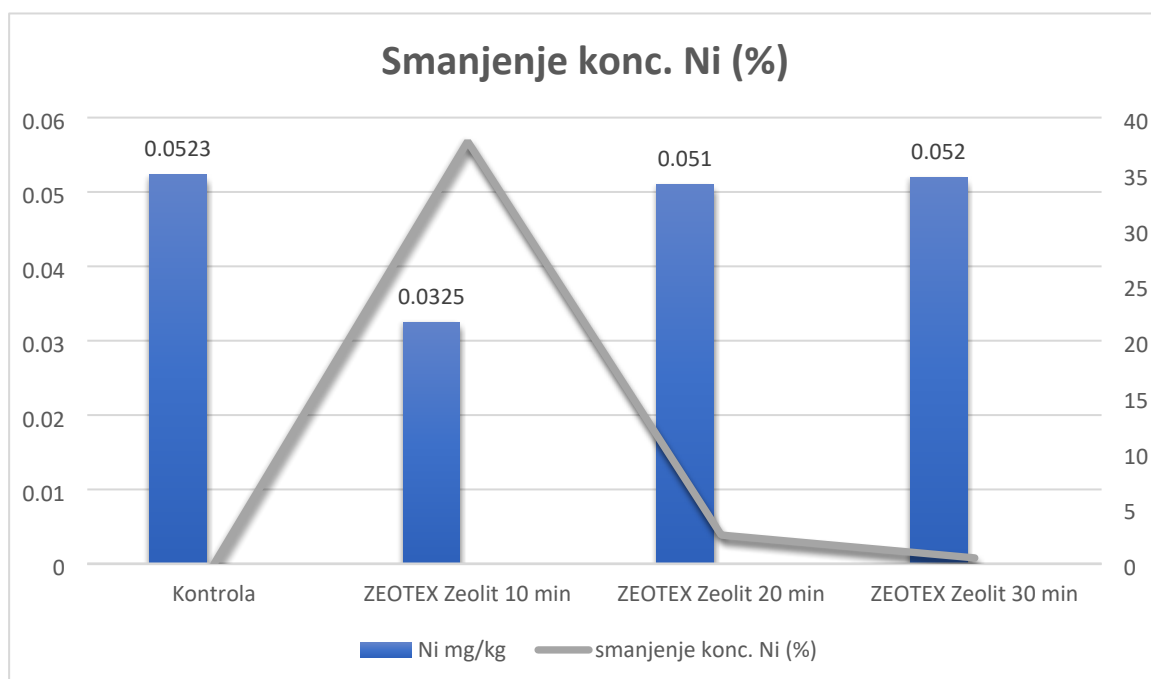
Upotreba ZEOTEX Zeolita je dovela do smanjenja koncentracije nitrata na svim tretmanima i to slijedom:

- 61,17 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 73,53 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 80,66 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 14.)

4.3.2. Koncentracije teških metala u mrkvi



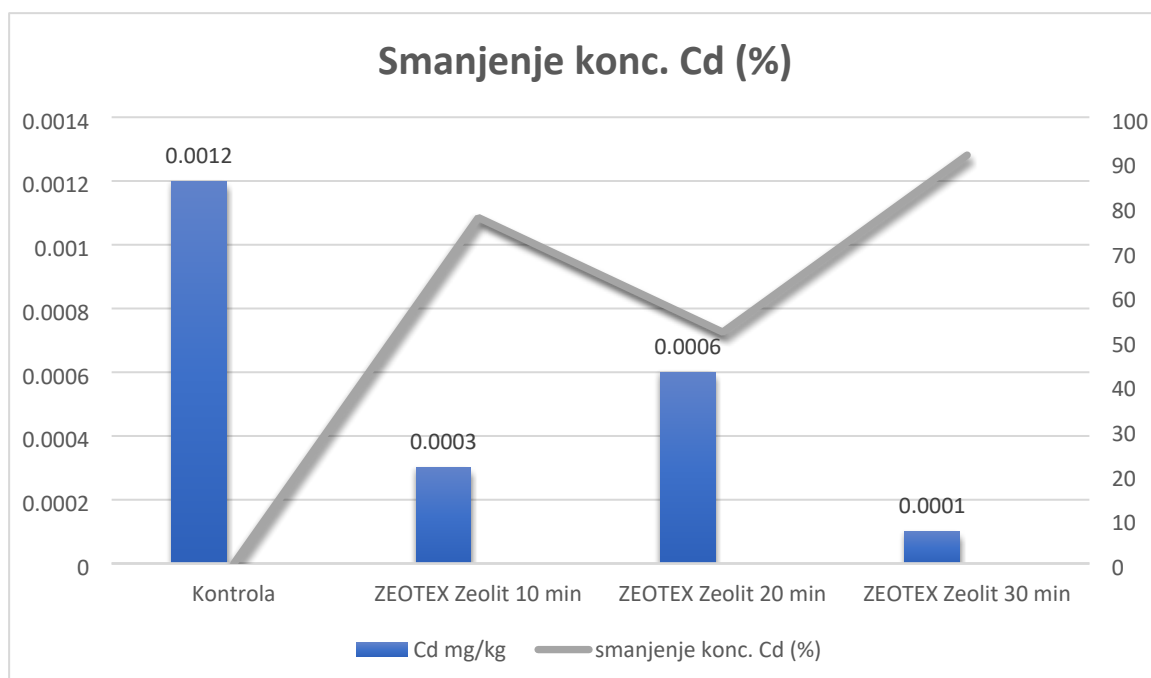
Grafikon 15 . Koncentracija teških metala u mrkvi



Grafikon 16. Smanjenje koncentracije nikla (%)

Smanjenje koncentracije nikla ovisno o tretmanu:

- 37,87 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 2,58 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 0,53 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 16.)



Grafikon 17. Smanjenje koncentracije kadmija (%)

Smanjenje koncentracije kadmija ovisno o tretmanu:

- 77,53 % nakon 10 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 51,85 % nakon 20 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom
- 91,52 % nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEX Zeolitom (Grafikon 17.)

Prilikom analize teških metala u korijenu mrkve su utvrđene vrlo niske koncentracije koje su za većinu analiziranih metala bile ispod limita detekcije.

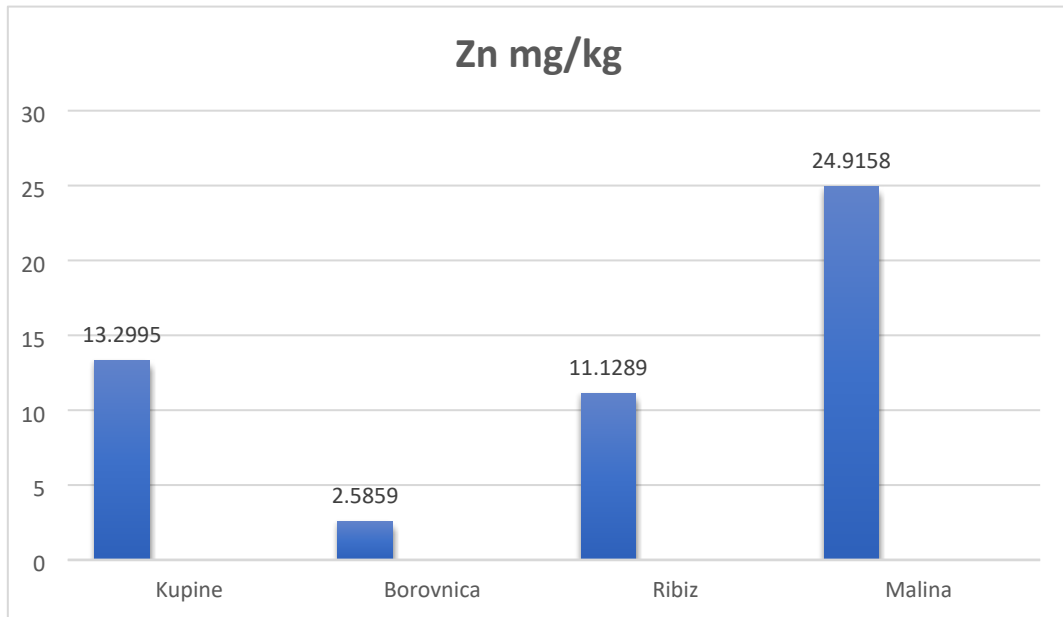
Jedino su se nikel i kadmij izdvojili kao metali na koje je tretman ZEOTEX Zeolitom imao najveći utjecaj, i tu je utvrđeno drastično smanjenje koncentracije kadmija od čak 90 % nakon 30 minuta namakanja korijena mrkve u otopini sa ZEOTEX-om (Grafikon 17.).

Smanjenje koncentracije nikla je bilo pod puno manjim utjecajem ZEOTEX-a, i iznosilo je od 0,53 % do 38 % (Grafikon 16.), ovisno o dužini namakanja.

Upotreba ZEOTEX Zeolita je u novom provedenom istraživanju dovela do smanjenja koncentracije kako nitrata tako i teških metala u povrću. Rezultati su vrlo heterogeni, a da bismo bili sigurni u mehanizam djelovanja ZEOTEX Zeolita potrebno je provesti i dopunska istraživanja na različitim vrstama povrća, te iz različitog načina uzgoja ali i porijekla na tržištu.

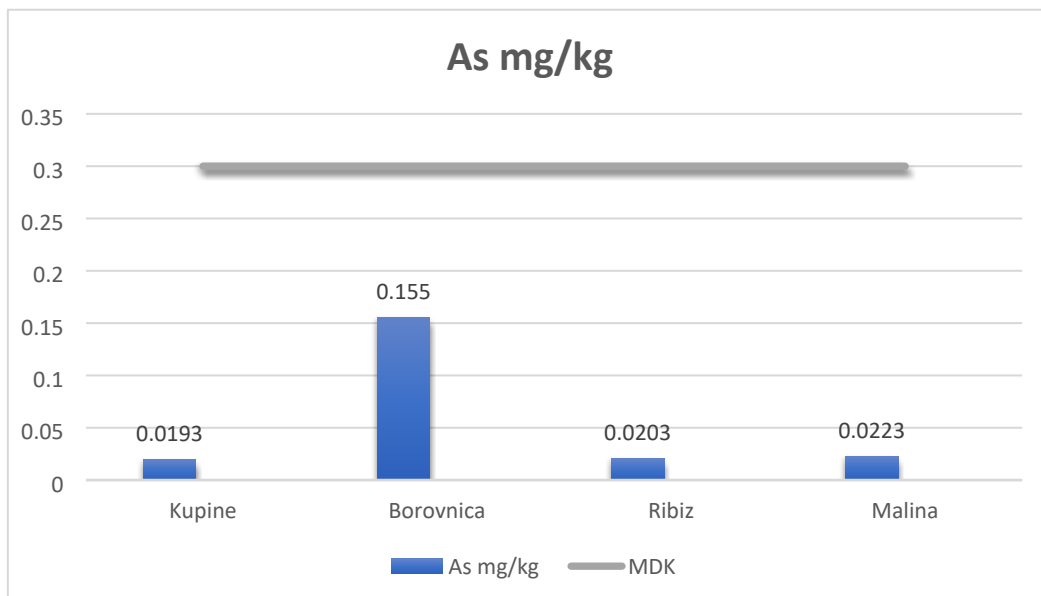
4.4. Rezultati koncentracije teških metala u biljnom materijalu

4.4.1. Koncentracija teških metala u bobičastom voću



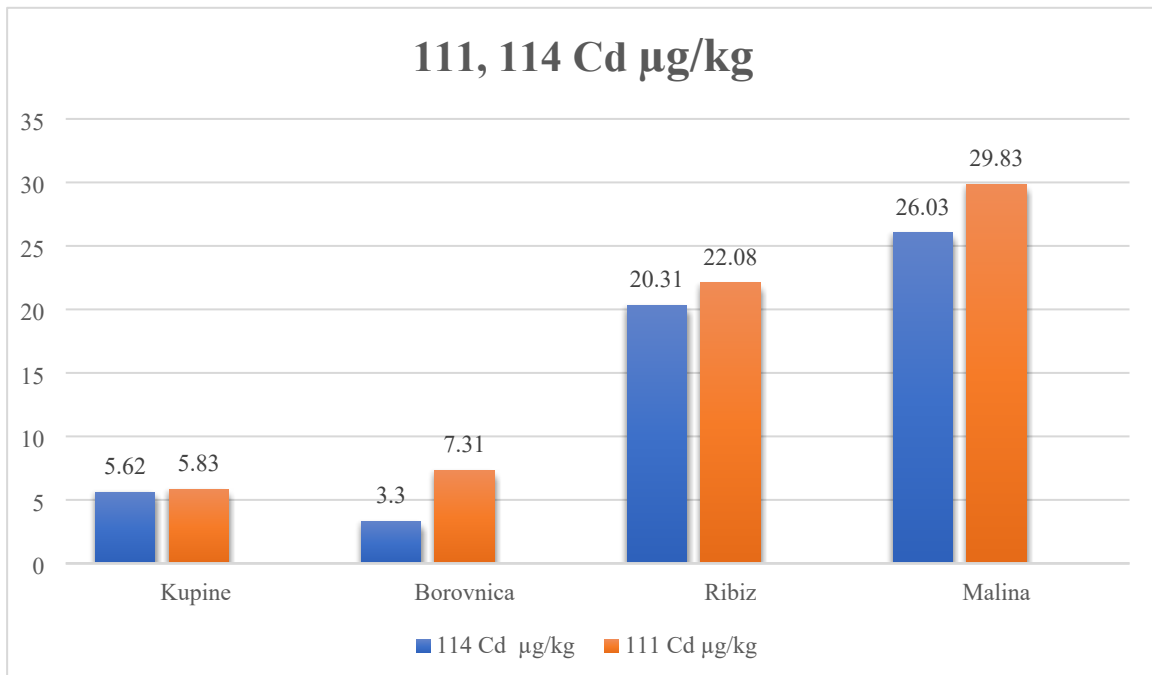
Grafikon 18. Koncentracije cinka u bobičastom voću

Kod analize toksičnih teških metala u bobičastom voću se primjećuje jedna konstanta u akumulaciji teških metala u malinama u odnosu na ostale vrste bobičastog voća. Sve utvrđene vrijednosti su bile značajno više kod malina. Tako je koncentracija cinka za malinu iznosila gotovo 25 mg/kg, dok je za borovnicu utvrđeno svega 2,58 mg/kg. Ribiz i kupine su imale koncentracije od 11 mg/kg, odnosno 13 mg/kg (Grafikon 18.).



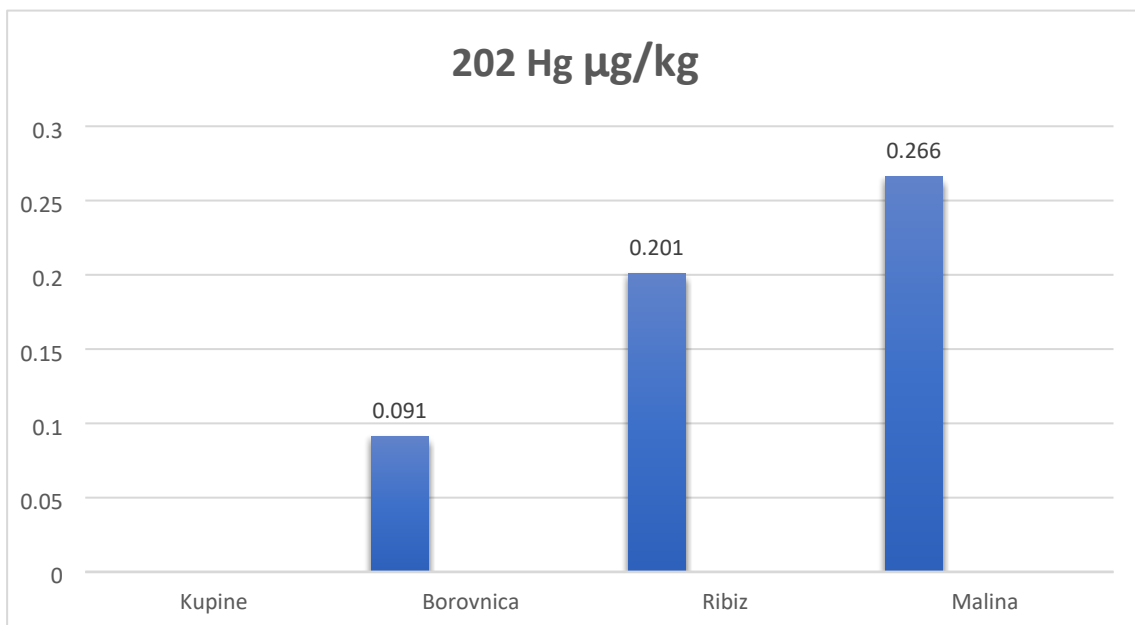
Grafikon 19. Koncentracije arsena u bobičastom voću

Najviše utvrđene koncentracije arsena su bile kod borovnica, te su iznosile 0,15 mg/kg, što je dvostruko niže od maksimalno dopuštenih koncentracija (Grafikon 19.).



Grafikon 20. Koncentracije kadmija u bobičastom voću

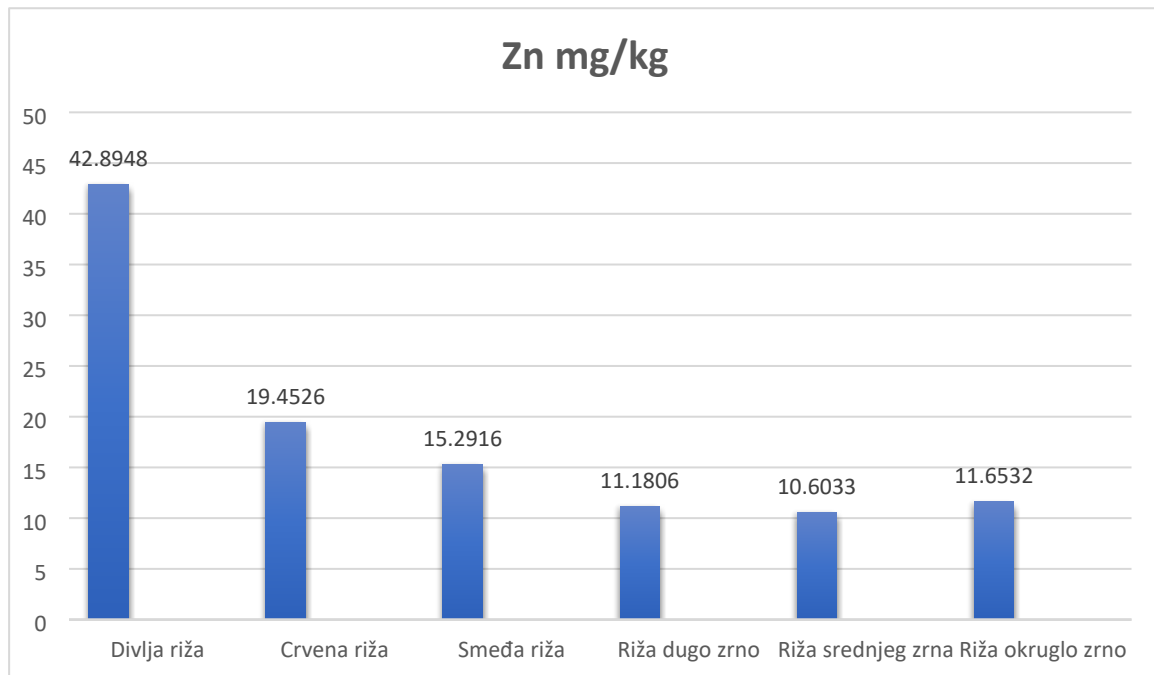
Kod 111 i 114 kadmija malina i ribiz imaju višestruko više koncentracije kadmija u odnosu na borovnicu i kupine. Vrijednosti za maline i ribiz su se kretale od 22 do 30 µg/kg, a za borovnice kupine od 3 do 7 µg/kg (Grafikon 20.)



Grafikon 21. Koncentracije žive u bobičastom voću

Koncentracije žive su bile ispod limita detekcije za kupine (0,006 $\mu\text{g}/\text{kg}$), a za ostalo voće je utvrđen rastući trend u nizu borovnica (0,09 $\mu\text{g}/\text{kg}$), ribiz (0,20 $\mu\text{g}/\text{kg}$) i malina (0,29 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Grafikon 21.).

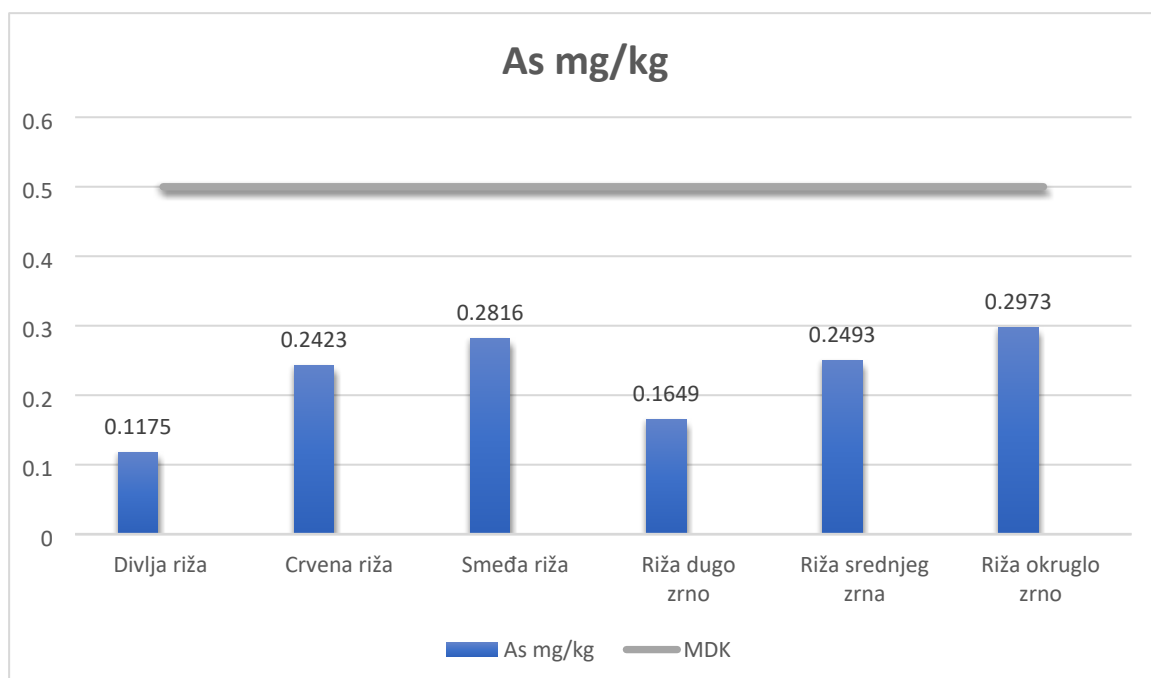
4.4.2. Koncentracija teških metala u riži



Grafikon 22. Koncentracije cinka u zrnju riže

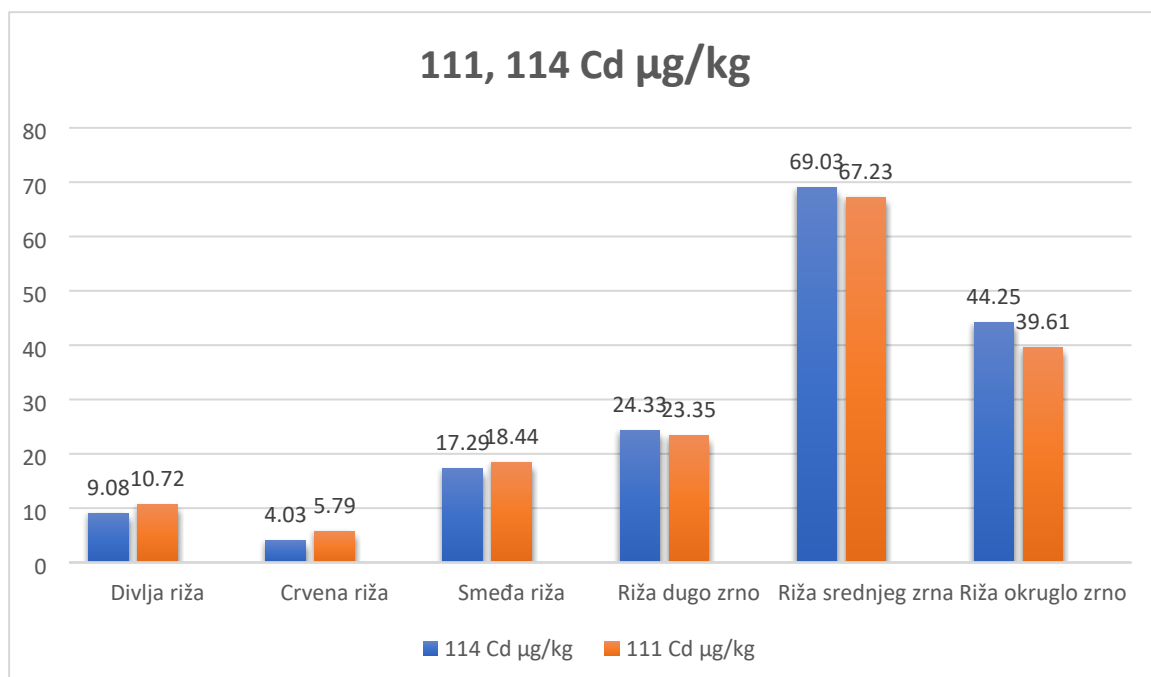
Utvrđene koncentracije cinka u zrnju različitih vrsta riže su se kretale od 11 do 43 mg/kg. Najviša koncentracija cinka je utvrđena u zrnju divlje riže (42,89 mg/kg), a to je dvostruko više u odnosu na crvenu i smeđu rižu (19,45; 15,29 mg/kg), a višestruko više u odnosu na bijele riže koje su se kretale od 11 do 12 mg/kg. (Grafikon 22.).

Ovakvi rezultati upućuju na opravdanost svrstavanja divlje riže kao i crvene riže u skupinu funkcionalne hrane koja doprinosi akumulaciji korisnih elemenata u lanac ljudske prehrane.



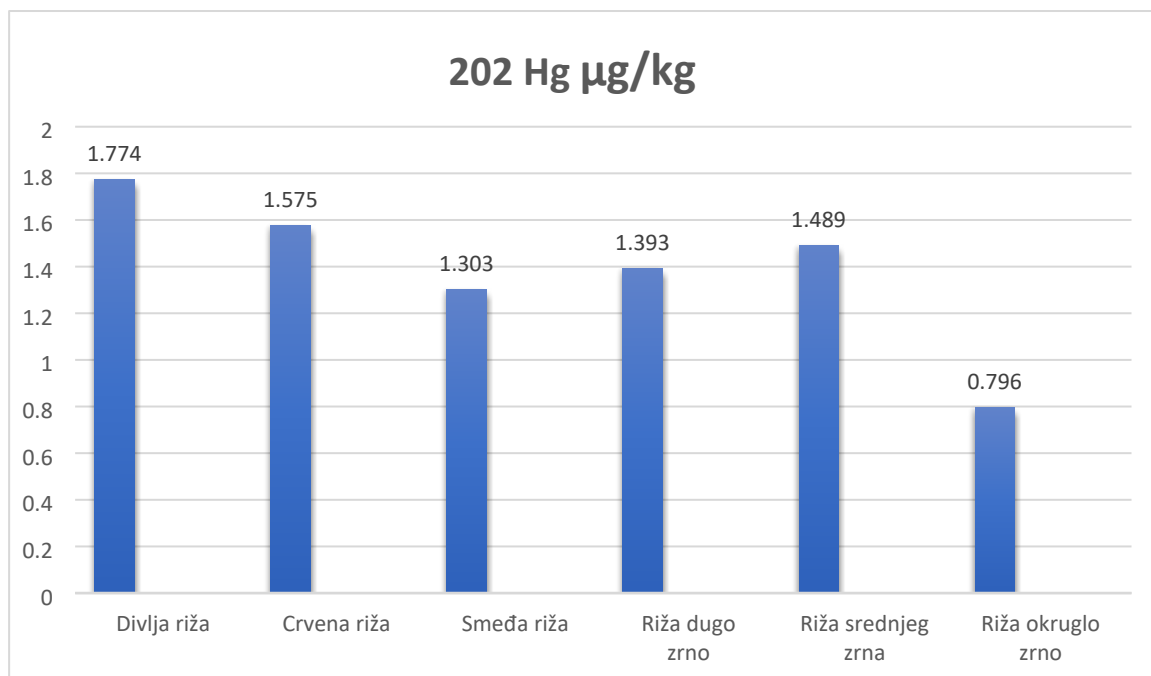
Grafikon 23. Koncentracije arsena u zrnu riže

Utvrđene koncentracije arsena u zrnu riže su ispod razine propisane Pravilnikom. Divlja riža je imala najnižu utvrđenu koncentraciju arsena od 0,11 mg/kg, a ostale vrijednosti su se kretale od 0,16 pa do 0,30 mg/kg (Grafikon 23.).



Grafikon 24. Koncentracije kadmija u zrnu riže

Koncentracije za 111 kadmij su se kretale od 6 do 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$, te za 114 kadmij od 4 do 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$, pri čemu se ističu crvena i divlja riža sa višestruko nižim koncentracijama kadmija u odnosu na ostale ispitivane vrste riže (Grafikon 24.).



Grafikon 25. Koncentracije žive u zrnju riže

Kod koncentracije žive su utvrđene niske koncentracije, a kod crvene riže i divlje riže su utvrđene nešto više vrijednosti od ostalih vrsta riža (Grafikon 25.).

4.5. Rezultati koncentracije teških metala nakon namakanja u ZEOTEX Zeolitu

4.5.1. Koncentracija teških metala u otopini vode i ZEOTEXa kod bobičastog voća

S obzirom na visoki udio vode u voću i mali udio suhe tvari, kod bobičastog voća nije zabilježen ujednačeni trend utjecaja dužine namakanja u otopini vode i ZEOTEXa (Tablica 1.).

Tablica 1. Koncentracije teških metala u otopini vode i ZEOTEXa nakon namakanja

| Oznaka uzorka | Tretmani | 66 Zn µg/kg | 75 As µg/kg | 111 Cd µg/kg | 114 Cd µg/kg | 202 Hg µg/kg |
|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Malina | Zeotex 20 min | 551,53 | 22,67 | 2,4618 | 2,35902 | 0,00281 |
| Malina | Zeotex 30 min | 483,35 | 23,51 | 3,3983 | 3,22332 | 0,00796 |
| Ribiz | Zeotex 20 min | 222,97 | 11,38 | 0,4207 | 0,31096 | 0,00241 |
| Ribiz | Zeotex 30 min | 422,75 | 15,17 | 1,7486 | 1,68410 | 0,00556 |
| Borovnica | Zeotex 20 min | 1,76 | 7,28 | 0,0261 | 0,00495 | 0,00460 |
| Borovnica | Zeotex 30 min | 0,68 | 5,85 | 0,0268 | 0,00964 | 0,00496 |
| Kupina | Zeotex 20 min | 23,99 | 7,87 | 0,0366 | 0,02160 | 0,00544 |
| Kupina | Zeotex 30 min | 35,31 | 7,98 | 0,0630 | 0,05259 | 0,00215 |
| Vodovodna voda | Kontrola | 61,33 | 5,73 | 0,0015 | 0,00183 | 0,00144 |

Prema pojedinom elementu možemo zaključiti slijedeće:

- Najveća efikasnost cinka je utvrđena kod malina nakon 20 minuta namakanja, a zatim kod ribiza nakon 30 minuta. Najniža efikasnost cinka je utvrđena kod borovnice nakon 30 minuta.
- Najveća efikasnost arsena je utvrđena kod malina, a zatim kod ribiza nakon 30 minuta namakanja. Najniža efikasnost arsena je utvrđena kod borovnice nakon 30 minuta.
- Najveća efikasnost kadmija je utvrđena kod malina, a zatim kod ribiza nakon 30 minuta namakanja. Najniža efikasnost kadmija je utvrđena kod borovnice nakon 20 minuta.
- Najveća efikasnost žive je utvrđena kod malina nakon 30 minuta namakanja. Najniža efikasnost žive je utvrđena kod kupine nakon 30 minuta.

4.5.2. Koncentracije teških metala u otopini vode i ZEOTEXa kod riže

Tablica 2. Koncentracije teških metala u otopini vode i ZEOTEXa nakon namakanja

| Oznaka uzorka | Tretmani | 66 Zn µg/kg | 75 As µg/kg | 111 Cd µg/kg | 114 Cd µg/kg | 202 Hg µg/kg |
|--------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Divlja riža | Zeotex 20 min | 230,25 | 10,04 | 0,0204 | 0,0035 | 0,00163 |
| Divlja riža | Zeotex 30 min | 248,09 | 10,61 | 0,0170 | 0,0016 | 0,00068 |
| Crvena riža | Zeotex 20 min | 65,86 | 12,06 | 0,0033 | 0,0044 | 0,00306 |
| Crvena riža | Zeotex 30 min | 66,76 | 13,06 | 0,0058 | 0,0007 | 0,00000 |
| Smeđa riža | Zeotex 20 min | 70,48 | 20,07 | 0,0122 | 0,0020 | 0,00461 |
| Smeđa riža | Zeotex 30 min | 83,14 | 19,58 | 0,0322 | 0,0110 | 0,00100 |
| Riža dugo zrno | Zeotex 20 min | 348,89 | 11,09 | 0,0411 | 0,0212 | 0,00803 |
| Riža dugo zrno | Zeotex 30 min | 417,62 | 11,44 | 0,0429 | 0,0343 | 0,00168 |
| Riža srednjeg zrna | Zeotex 20 min | 727,99 | 15,31 | 0,0460 | 0,0396 | 0,00829 |
| Riža srednjeg zrna | Zeotex 30 min | 869,43 | 17,62 | 0,0643 | 0,0471 | 0,00364 |
| Riža okruglo zrno | Zeotex 20 min | 339,20 | 21,32 | 0,0803 | 0,0613 | 0,00459 |
| Riža okruglo zrno | Zeotex 30 min | 393,79 | 23,67 | 0,1586 | 0,1536 | 0,01637 |
| Vodovodna voda | Kontrola | 61,33 | 5,73 | 0,0015 | 0,0018 | 0,00144 |

Bijela riža je većinom zastupljena u prehranbenim navikama kupaca, te dobiveni rezultati upućuju da je namakanje riže u otopini sa zeolitom puno bolje rješenje od uobičajenog ispiranja vodom.

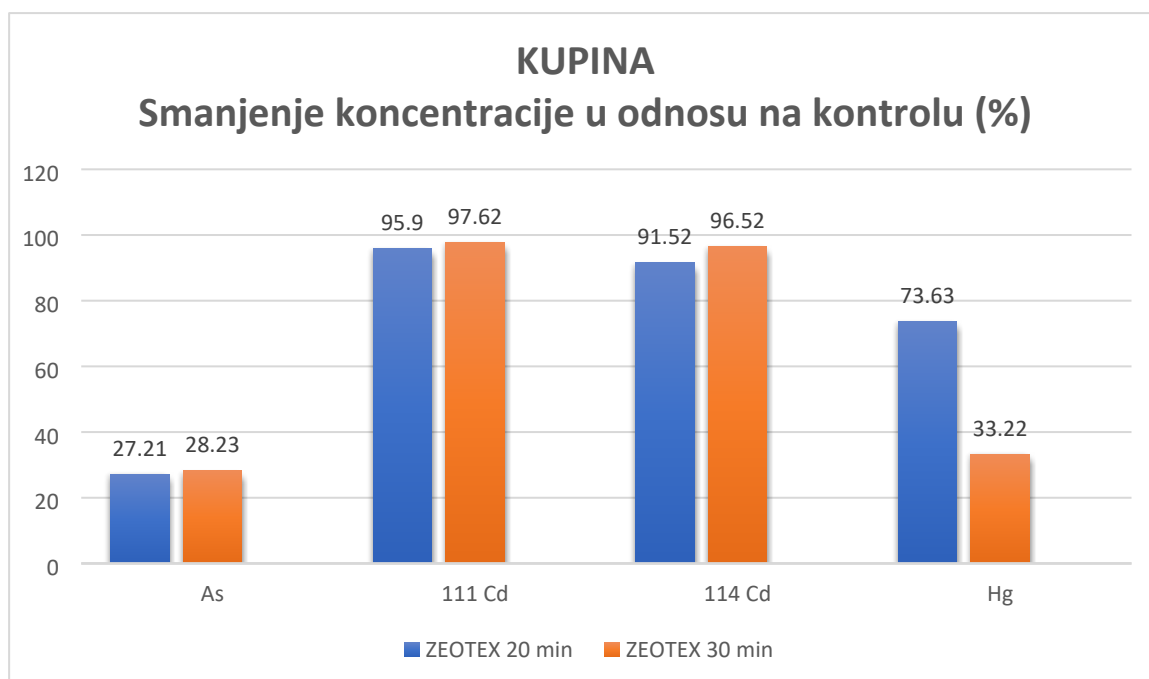
U promatranju efikasnosti namakanja zrna riže u otopini sa ZEOTEX zeolitom možemo zaključiti da je najveća efikasnost u uklanjanju teških metala utvrđena za bijelu rižu nakon 30 minuta namakanja, najniža efikasnost je utvrđena kod crvene riže nakon 20 minuta namakanja, te je namakanje od 20 minuta bilo učinkovitije kod svih vrsta riže u odnosu na 30 minuta (Tablica 2.).

4.6. Utjecaj upotrebe ZEOTEX Zeolita na smanjenje koncentracije teških metala

4.6.1. Smanjenje koncentracije teških metala u bobičastom voću

Kod analize koncentracije teških metala je zabilježena visoka koncentracija kadmija (Grafikon 20.) i žive (Grafikon 21.) kod maline i ribiza, i značajno viša koncentracija arsena (Grafikon 19.) kod borovnice u odnosu na ostale vrste. Kod kupine je zabilježena najniža koncentracija svih ispitivanih teških metala.

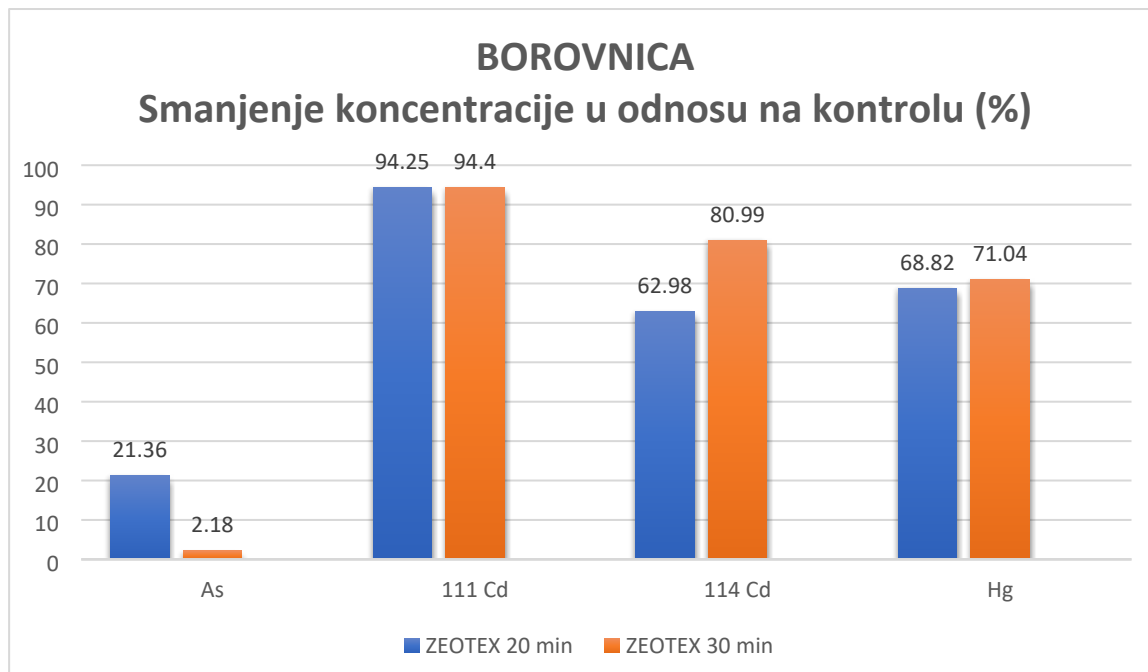
Početno stanje vrijednosti teških metala kod kupine je iznosilo 15,50 µg/kg As, 4,66 µg/kg 111 Cd, 4,50 µg/kg 114 Cd, te je jedino koncentracija Hg bila izrazito niska i iznosila 0,006 µg/kg.



Grafikon 26. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz kupine u odnosu na kontrolu

Kod kupine je utvrđen pozitivan utjecaj namakanja u otopini sa ZEOTEX zeolitom. Nakon 20 minuta je utvrđeno smanjenje arsena 27 %, kadmija više od 90 % te žive oko 74 %. Nakon 30 minuta namakanja učinkovitost je bila podjednaka za arsen i kadmij, jedino je za živu bila nešto niža te je iznosila 33 % (Grafikon 26.).

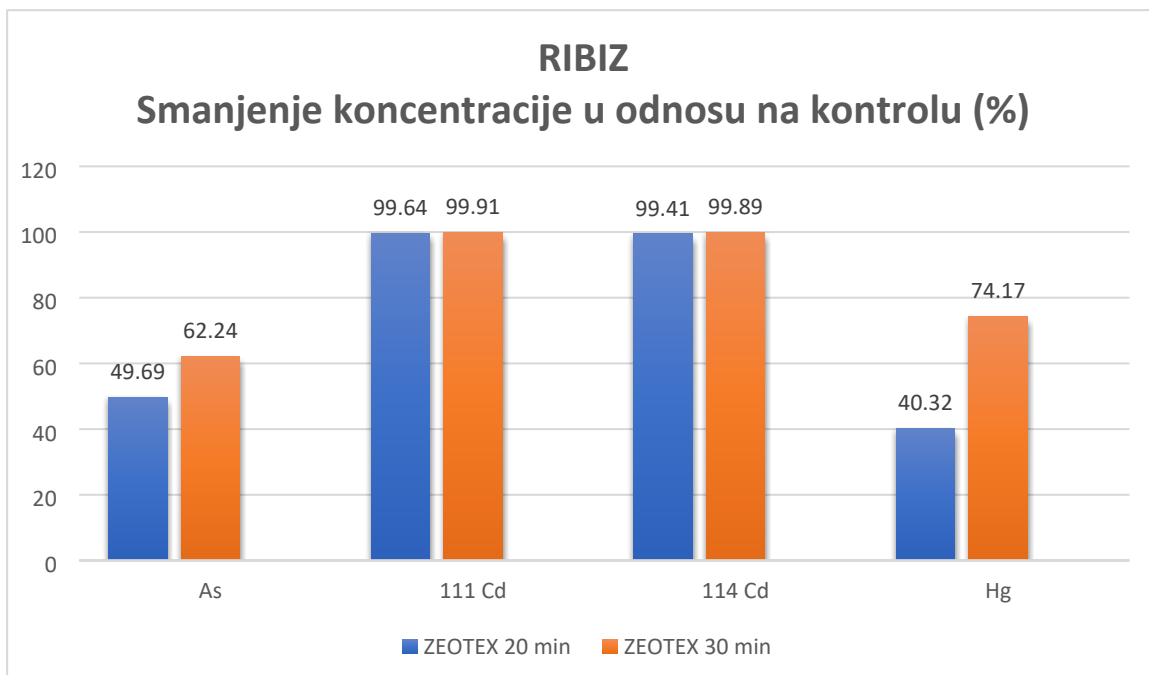
Početno stanje vrijednosti teških metala kod borovnice je iznosilo 124,08 µg/kg As, te je to bila najviša utvrđena koncentracija, ostale vrijednosti su bile nešto niže i iznosile su 5,70 µg/kg 111 Cd, 2,64 µg/kg 114 Cd i 0,073 µg/kg Hg.



Grafikon 27. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz borovnice u odnosu na kontrolu

Za arsen je utvrđena najniža učinkovitost ekstrakcije nakon 30 minuta namakanja i iznosila je 2,18 %, a nakon 20 minuta je iznosila 21 %. Kod ostalih elemenata je namakanje doprinijelo većem uklanjanju teških metala u odnosu na kontrolu, te je nakon 20 minuta ekstrahirano 94 % 111 kadmija, 63 % 114 kadmija i 69 % žive. Tretman namakanja 30 minuta ekstrahirao je 64 % 111 kadmija, 81 % 114 kadmija i 71 % žive u odnosu na kontrolu (Grafikon 27.).

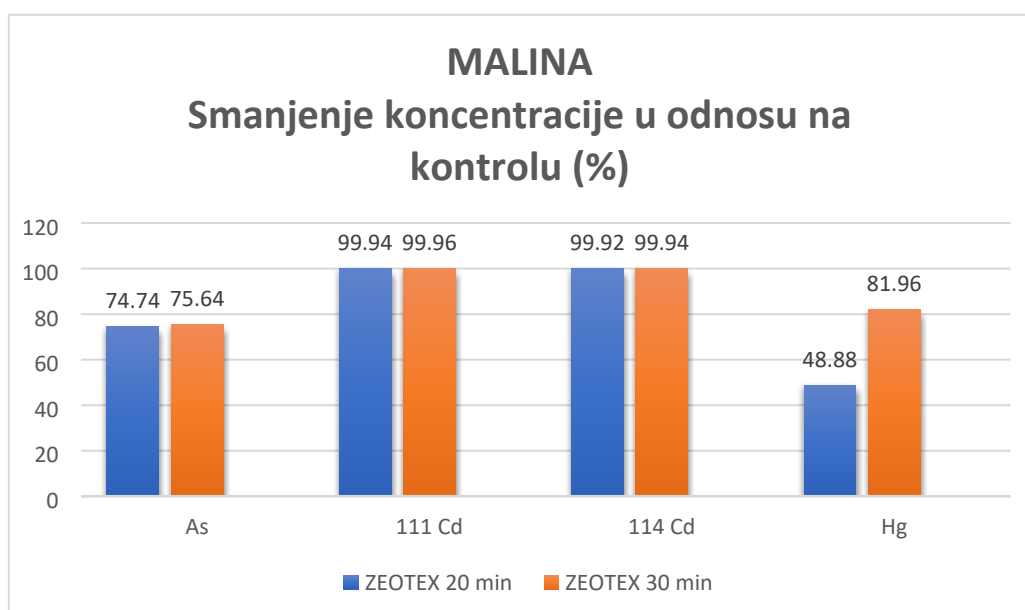
Početno stanje vrijednosti teških metala kod ribiza je iznosilo 16,31 µg/kg As, 17,66 µg/kg 111 Cd, 16,25 µg/kg 114 Cd i 0,161 µg/kg Hg.



Grafikon 28. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz ribiza u odnosu na kontrolu

Ako se uspoređuje učinkovitost tretmana uklanjanja teških metala, može se reći da je kod ribiza bilo učinkovitije namakanje u trajanju od 30 minuta i to je iznosilo 62 % arsena, preko 99 % kadmija i 74 % žive u odnosu na kontrolu. Nakon 20 minuta namakanja je utvrđeno 50 % arsena, preko 99 % kadmija i 40 % žive u odnosu na kontrolu (Grafikon 28.).

Početno stanje vrijednosti teških metala kod maline su bile slične kao i kod maline, i iznosile su 17,84 $\mu\text{g/kg}$ As, 23,86 $\mu\text{g/kg}$ 111 Cd, 20,83 $\mu\text{g/kg}$ 114 Cd i 0,213 $\mu\text{g/kg}$ Hg.



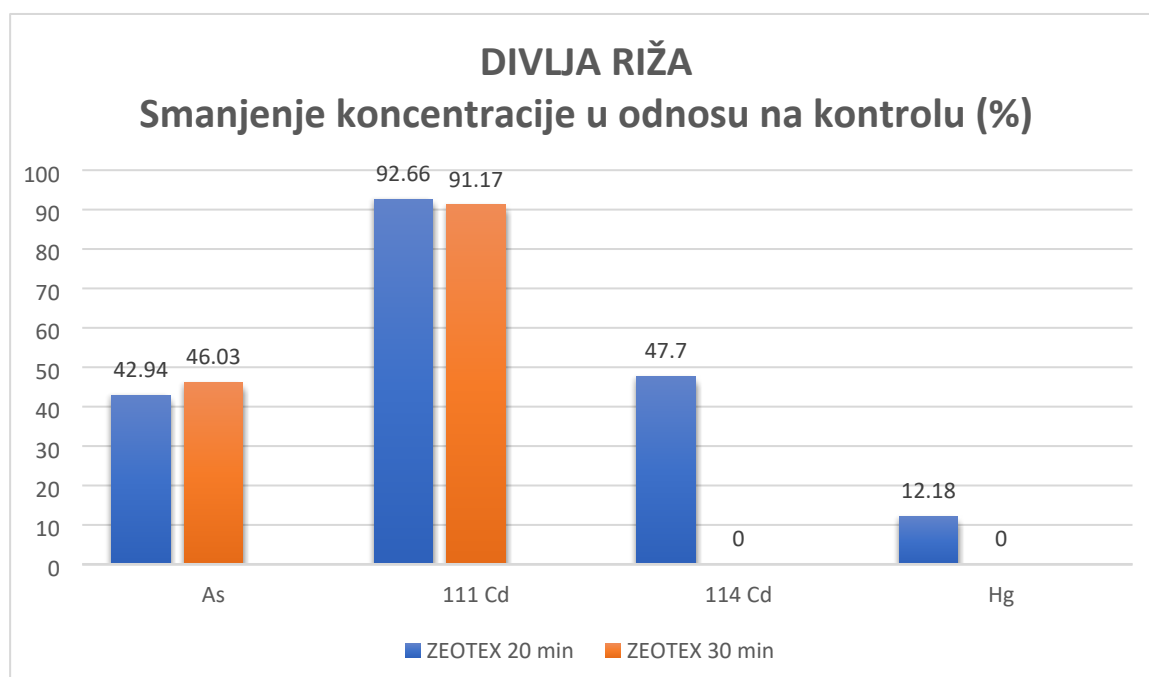
Grafikon 29. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz maline u odnosu na kontrolu

Kod maline su oba tretmana imala visoku učinkovitost u ekstrakciji teških metala u odnosu na kontrolu, te je nakon namakanja sa ZEOTEXom utvrđeno 75 % arsena, preko 99 % kadmija. Jedino je kod žive nakon 30 minuta (81,96 %) utvrđena veća učinkovitost u odnosu na tretman sa 20 minuta namakanja (49 %) (Grafikon 29).

4.6.2. Smanjenje koncentracije teških metala u riži

Kod analize koncentracije teških metala je zabilježena visoka koncentracija kadmija (Grafikon 24.) kod riže srednjeg zrna, i značajno viša koncentracija cinka (Grafikon 22.) kod divlje riže u odnosu na ostale vrste. Kod riže okruglog zrna je zabilježena najniža koncentracija svih ispitivanih teških metala.

Početno stanje vrijednosti teških metala kod divlje riže je iznosilo 117,53 $\mu\text{g}/\text{kg}$ As, 10,72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 111 Cd, 9,08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 114 Cd i 1,774 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Hg.

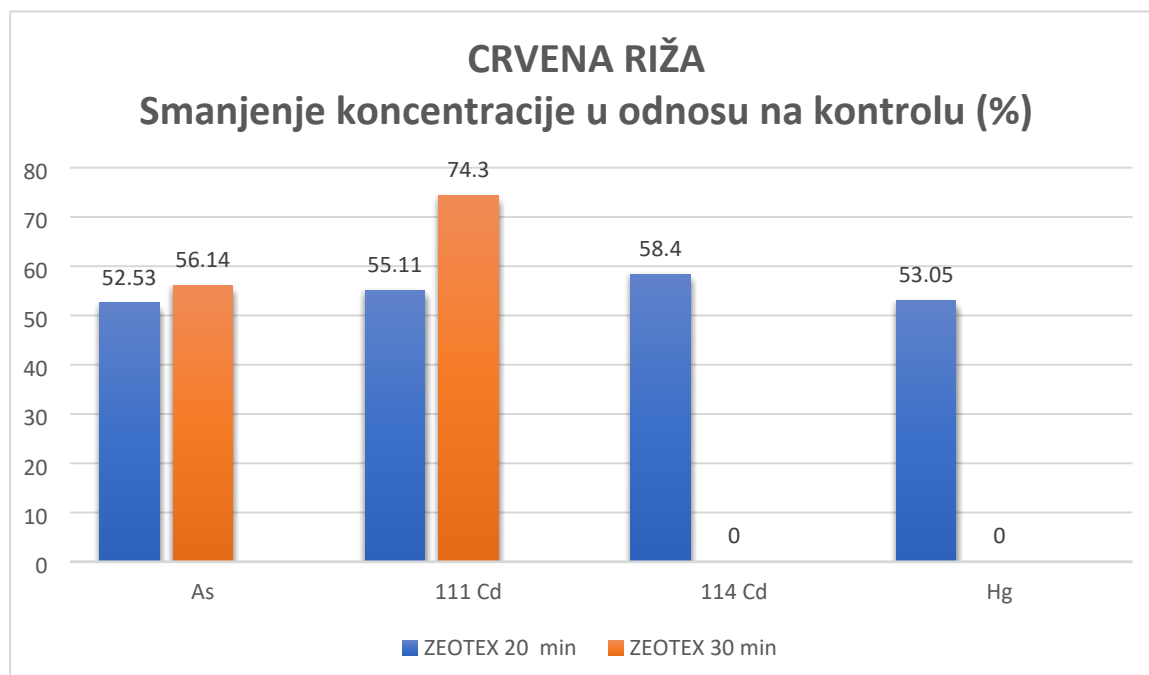


Grafikon 30. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz divlje riže u odnosu na kontrolu

Nakon namakanja u trajanju od 20 minuta za sve teške metale je utvrđena veća količina ekstrahiranih teških metala u odnosu na kontrolu. Najveća razlika je utvrđena za 111 Cd gdje je ZEOTEX ekstrahirao više od 90%, zatim slijedi 114 Cd sa 48%, As sa 43 % i Hg nešto više od 12 % (Grafikon 30.). Kod namakanja od 30 minuta su utvrđene niže razlike u odnosu na kontrolu i to samo za 111 Cd sa 91 % i As sa 46 %. Ovakve razlike su posljedica dva osnovna

faktora: debljine vanjske ovojnice riže, koja je genetsko svojstvo, i brzine uspostavljanja ravnoteže u koncentraciji teških metala u endospermu riže i otopini za namakanje.

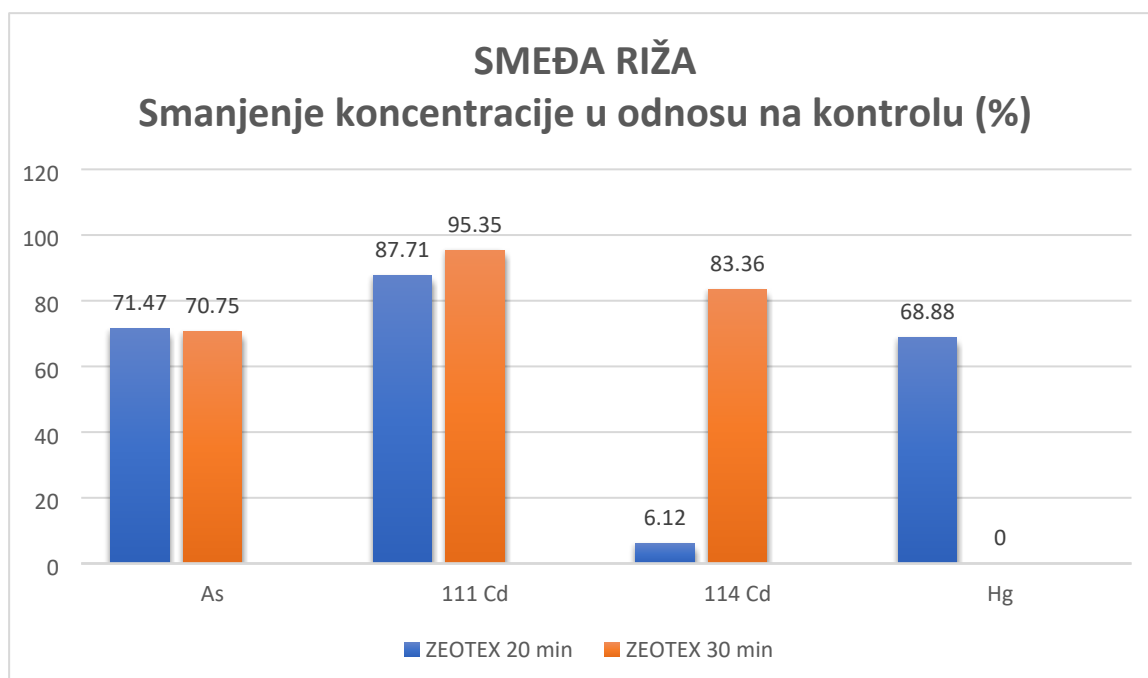
Početno stanje vrijednosti teških metala kod crvene riže je iznosilo 242,38 $\mu\text{g/kg}$ As, 5,79 $\mu\text{g/kg}$ 111 Cd, 4,03 $\mu\text{g/kg}$ 114 Cd, te 1,575 $\mu\text{g/kg}$ Hg.



Grafikon 31. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz crvene riže u odnosu na kontrolu

Namakanje u trajanju od 20 minuta sa ZEOTEXom je bilo učinkovitije u odnosu na namakanje u trajanju od 30 minuta. Kod namakanja u trajanju od 20 minuta su utvrđene podjednake učinkovitosti ekstrakcije teških metala u odnosu na kontrolu i iznosila je nešto više od 50 %. Nakon namakanja u trajanju od 30 minuta ZEOTEX je bio učinkovitiji samo na 111 Cd sa 74,30 % i za As sa 56,14 % (Grafikon 31.), isto kao i kod divlje riže.

Početno stanje vrijednosti teških metala kod smeđe riže je iznosilo 281,66 $\mu\text{g/kg}$ As, 18,44 $\mu\text{g/kg}$ 111 Cd, 17,29 $\mu\text{g/kg}$ 114 d i 1,303 $\mu\text{g/kg}$ Hg.



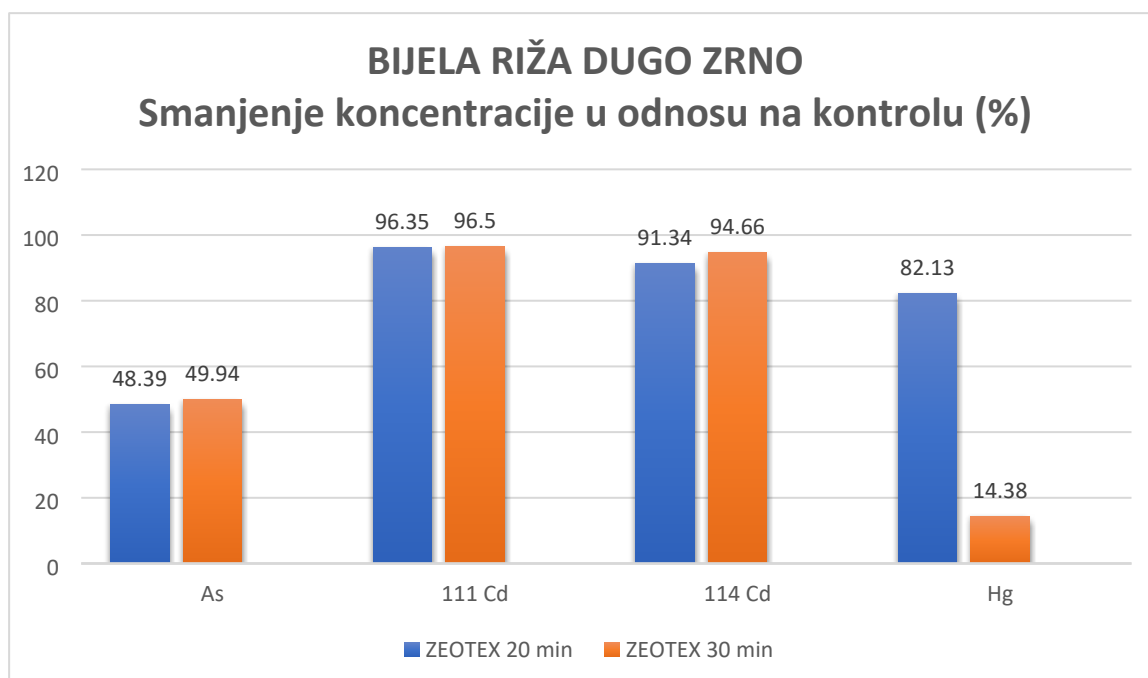
Grafikon 32. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz smeđe riže u odnosu na kontrolu

Kod smeđe riže je također zabilježena bolja ekstrakcija teških metala nakon 20 minuta u odnosu na 30 minuta. Nakon namakanja u trajanju od 20 minuta su zabilježeni rezultati od 70 % do preko 80 %, osim kod 114 Cd koji je iznosio 6,12 %. Nakon 30 minuta namakanja u otopini sa ZEOTEXom, oba oblika Cd su bili ekstrahirani za više od 90 % (111 Cd) i 80 % (114 Cd) (Grafikon 32.).

Razlog ovakvim rezultatima je da divlja, crvena i smeđa riža nemaju oljušteno zrnje, i upravo zbog toga se teški metali teže ekstrahiraju iz njihovog endosperma. Također sadrže i hranjive tvari poput bjelančevina, masti i dijetalnih vlakana, minerale poput K, Ca, Mn, Mg, Fe, tiamina, riboflavina i niacina.

Uklanjanje teških metala iz bijele riže je lakše u odnosu na divlju, crvenu i smeđu rižu, što je istraživanjem i potvrđeno. Kod bijelih vrsta riže je potvrđena veća ekstrakcija teških metala u odnosu na kontrolu i za 20 minuta i za 30 minuta namakanja.

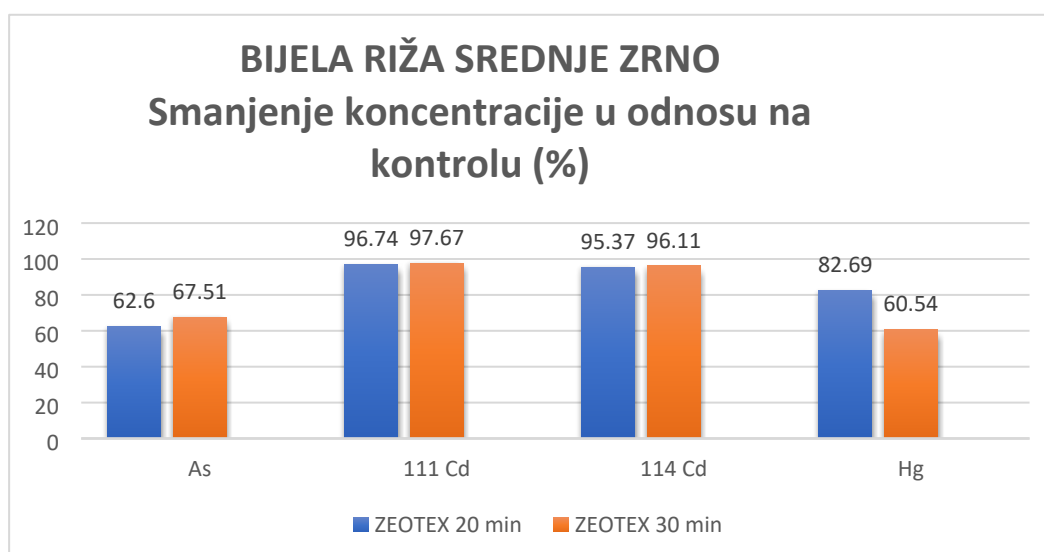
Početno stanje vrijednosti teških metala kod bijele riže dugog zrna je iznosilo 164,91 µg/kg As, 23,35 µg/kg 111 Cd, 24,33 µg/kg 114 Cd i 1,393 µg/kg Hg.



Grafikon 33. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz bijele riže dugog zrna u odnosu na kontrolu.

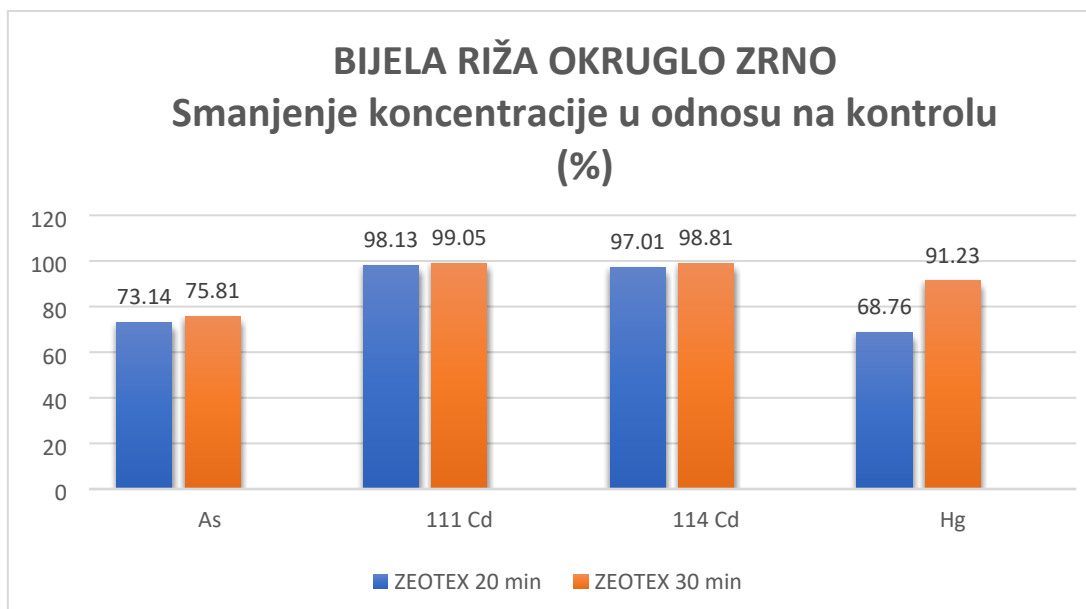
Učinkovitost namakanja u oba tretmana je bila podjednaka za sve elemente, osim za Hg gdje je već učinkovitost namakanja utvrđena nakon 20 minuta i iznosila je preko 80%, dok je nakon 30 minuta namakanja iznosila 15 %. Za As je učinkovitost bila gotovo 50 %, a za 111 Cd i 114 Cd preko 90% (Grafikon 33).

Početno stanje vrijednosti teškim metalima kod bijele riže srednjeg zrna je iznosilo 249,32 $\mu\text{g}/\text{kg}$ As, 67,23 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 111 Cd, 69,03 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 114 Cd i 1,489 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Hg



Grafikon 34. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz bijele riže srednjeg zrna u odnosu na kontrolu

Početno stanje vrijednosti teških metala kod bijele riže okruglog zrna je iznosilo 297,30 µg/kg As, 39,61 µg/kg 111 Cd, 44,25 µg/kg 114 Cd i 0,796 µg/kg Hg.



Grafikon 35. Utjecaj ZEOTEXa na ekstrakciju teških metala iz bijele riže okruglog zrna u odnosu na kontrolu

Kod bijele riže srednjeg zrna i kod bijele riže okruglog zrna je utvrđena visoka učinkovitost uklanjanja teških metala iz zrna riže nakon namakanja u ZEOTEXu pri čemu je najveća učinkovitost utvrđena kod uklanjanja Cd, zatim kod As i Hg (Grafikon 34. i Grafikon 35.).

5.RASPRAVA

5.1. Morfološka i kemijska svojstva salate

5.1.1. Morfološka svojstva salate

Salata je jednogodišnja kultura vretenastog i dobro razvijenog korijena. Stabljika se sastoji od nodija i internodija koji su u prvoj godini vegetacije skraćeni. U generativnoj fazi se naglo izdužuju i stabljika doseže visinu do 1,5 m. Cvjetovi su skupljeni u glavicu koja je obavijena pricvjetnim listovima. Cvjetovi su obavijeni sterilnim ovojem koji se sastoji od ljusaka. U svakom cvatu se nalazi oko 15 dvospolnih jezičastih cvjetova. Samooplodna biljka, ali je moguća i stranooplodnja insektima. Plod je roška koja je sive, smeđe ili crne boje. Sjemenke su ovalnog ili izduženog oblika (Parađiković, 2009.; Lešić i sur., 2016.).

5.1.2. Kemijska svojstva salate

Salata sadrži puno tiamina, askorbinske kiseline, alfa – tokoferola, piridoksina, sadrži i riboflavin, pantotensku kiselinu, vitamine K, PP i B9. Salata također sadrži makroelemente i mikroelemente, a među njima su natrij, kalij, bor, bakar, kalcij, silicij, fosfor, aluminij, berilij, mangan, željezo, jod i klor. Salata sadrži topljiva i netopljiva prehrambena vlakna, alkaloidne spojeve, beta – karoten i lutein (botanickivrh.hr).

Zeleni listovi su bogatiji vitaminima od unutarnjih listova u glavicu. Žile u listu sadrže više kalijeva i natrijeva citrata i vlakana. Salata sadrži oko 48 mg x 100 g⁻¹ limunske kiseline, te 65 mg x 100 g⁻¹ jabučne kiseline. Gorak okus salate uzrokuju neolaktucin, laktocerol, laktopikrin i laktucinske kiseline (Parađiković, 2009.).

Flavonoidi nemaju direktan utjecaj na rast i razvoj biljke, ali su moćni antioksidansi (Jatoi i sur., 2017.). Zivcak i sur. (2017.) su utvrdili kako izlaganje direktnoj sunčevoj svjetlosti dovodi do povećanja sadržaja ukupnih fenolnih spojeva i flavonoida u listovima salate.

5.2. Morfološka i kemijska svojstva špinata

5.2.1. Morfološka svojstva špinata

Špinat je jednogodišnja zeljasta biljka koja se uzgaja zbog lišća. Tankog vretenastog korijena, a korijen je u površinskom dijelu dosta razgranat. Stabljika je zeljasta, jako razgranata i može doseći do 1 m (Lešić i sur., 2016.). Listovi se sastoje od dužih i kraćih peteljki i plojki. Pod utjecajem temperatura i dugog dana špinat prelazi u generativnu fazu, odnosno formira cvjetnu stabljiku. Cvjetna stabljika je razgranata i može doseći do 1 m visine. Oprašuje se vjetrom. Plod je oraščić koji sadrži jednu sjemenku a sjeme je zaobljenog kopljastog oblika, sivkasto smeđe boje, 3 – 4 mm (povrce.com).

5.2.2. Kemijska svojstva špinata

Špinat je bogat mineralima, posebno željezom, ali i kalijem, natrijem, magnezijem, fosforom, kalcijem i sumporom, od vitamina beta – karotenom, vitaminom C i vitaminom B. Špinat ima sposobnost nakupljanja nitrata. U lišću špinata nitrati mogu prijeći u nitrite koji su veoma opasni. U peteljci lista se većim dijelom nalaze nitrati. Kalcijev ili magnezijev oksalat se nalazi u plojci lista. Dio oksalne kiseline je vezan na natrij ili kalij koji su topivi i lako se dislociraju (Lešić i sur., 2002.). Također, špinat sadrži antioksidanse kao što su polifenoli i karotenoidi koji imaju protuupalni učinak, animutageni potencijal, antineoplastične efekte. List špinata sadrži tanine i alkaloida za koje je utvrđeno da posjeduju antimikrobnu aktivnost (Inam – ur – Raheem, 2015.; Alnashi i sur., 2016.).

5.3. Morfološka i kemijska svojstva mrkve

5.3.1. Morfološka svojstva mrkve

Mrkva je dvogodišnja biljka koja u prvoj godini vegetacije formira zadebljali korijen, narančaste boje, sastavljen od skraćene stabljike, vrata korijena i pravog korijena. Na skraćenoj stabljici se nalazi lisna rozeta koju čine listovi sa dugim peteljka i perasto rascjepkanim liskama obraslih dlačicama. Prelaskom u generativnu fazu, druge godine mrkva razvija razgranatu cvjetnu stabljiku na čijim se vrhovima formiraju štitasti cvatovi sastavljeni od mnoštva cvjetova. Plod mrkve je kalavac koji je sastavljen od dva plodića polumjesečastog oblika koji se koristi kao sjeme, a sjeme je izduženo ovalnog oblika sa izraženim rebrima na kojima se nalaze sitne bodljice. Sjeme je sivožute do sivosmeđe boje, dugačko 2 – 4 mm i široko 1 – 2 mm. (Matotan, 2004.)

5.3.2. Kemijska svojstva mrkve

Kemijski sastav mrkve je dosta širok. Ona je najizdašniji izvor karotena koji se nakon ulaska u ljudski organizam pretvara u vitamin A. U 10 % suhe tvari prevladavaju ugljikohidrati sa 8%, sirova vlakna oko 2 % i bjelančevine 1 %. Treba napomenuti da sadrži i mineralne tvari, a najznačajniji su kalij, kalcij, željezo i fosfor (Matotan, 2004.). Mrkva sadrži više od 10 vitamina, i tu nisu samo poznati C, B, A, E vitamini, nego ima i rijetkih vitamina kao B9 (folna kiselina) i vitamin K (filokinon). Također, u mrkvi su zastupljeni i elementi u tragovima.

5.4.Morfološka i kemijska svojstva bobičastog voća (malina, ribiz, kupina i borovnica)

5.4.1.Morfološka svojstva bobičastog voća (malina, ribiz, kupina i borovnica)

Malina je višegodišnja biljka iz porodice ruža (*Rosaceae*). Listopadni grm koji stvara uspravne ili savijene, šibolike, zelene izboje obrasle sitnim trnjem. Naraste i do 2 metra visine. Korijen je dobro razvijen, dug do 1 m. Stabljika je grmolika, i sastoji se od dvogodišnjeg nadzemnog i višegodišnjeg podzemnog dijela. Iz podzemnog dijela se tijekom vegetacije razvija adventivno korijenje. U prvoj godini nadzemni izdanci rastu u visinu, a u drugoj godini se počinju formirati rodne mladice koje ugibaju nakon što donesu rod (Nikolić i sur., 2015.). Listovi su naizmjenično raspoređeni, dužine 5 -12 cm, na licu tamnozeleni i glatki, a na naličju dlakavi i svjetliji. Cvjetovi su pravilni, dvospolni, promjera 1 cm, nalaze se na stapkama i skupljeni su u grozdaste cvatove. Plod je zbirna koštunica koju čine gusto skupljeni crveni plodovi slatkog i sočnog okusa. Sjeme je svjetlosmeđe boje. Prema Skendrović i Zečević (2019.) i Hummer i Peacock (1994.) masa 100 sjemenki je iznosila 170 mg.

Ribiz je višegodišnji grm koji doseže i do 2 m visine. Lice lista je glatko, a naličje je ispunjeno sitnim dlačicama. Cvjetovi su dvospolni, maleni, formirani u grozdasti cvat. Plod je bobica promjera do 1 cm i može biti crvene, bijele, žute ili crne boje.

Kupina je biljka penjačica iz porodice ruža (*Rosaceae*). Mogu narasti i do 3 m visine. Korijen je razgranat i dobro razvijen. Listovi su naizmjenični, na licu tamnozeleni i slabo dlakavi, a naličje je svjetlije, sivkasto zelene boje. Cvjetovi su dvospolni, pravilni, nalaze se na tankim stapkama, skupljeni su u grozdove na vrhovima ogranaka. Plod je sjajna zbirna koštunica promjera 1,5 – 2 cm i sastoji se od mnogobrojnih sitnih, sočnih koštunica, a svaka od njih sadrži po jednu sitnu svjetlosmeđu sjemenku (Godet, 2000.).

Borovnica je višegodišnji maleni grm. Visina joj varira od 30 do 60 cm, a kod nekih vrsta može doseći i do 9 m visine. Korijen je vlaknast, tanak i razgranat, uglavnom se sastoji od vrlo finih končastih korijenova, bez korijenovih dlačica. Grančice su uglavnom ili valjkaste, gole ili prekrivene dlačicama. Stablo ima debelu kutikulu koja pokriva jednoslojnu epidermu. U centralnom dijelu stabla se nalaze kanali za provođenje zraka. Listovi su eliptičnog oblika, sa obje strane su tamnozeleni, a na unutarnjoj strani su dlačice. Plod je okruglog, spljoštenog oblika, plavo ljubičaste boje. U plodu borovnice se može pronaći do 65 sitnih sjemenki koje većinom nisu sve razvijene. Veličina sjemenki ovisi i o vrsti, ali i o sorti borovnice (Ehlenfeldt i Martin Jr., 2009.).

5.4.2. Kemijska svojstva bobičastog voća (malina, ribiz, kupina i borovnica)

Na kemijski sastav utječe stupanj zrelosti plodova prije berbe, uvjeti tijekom dozrijevanja i nakon berbe, te način skladištenja (Bravo, 2009.). Maline sadrže vitamine A, C, E, K, PP, vitamine grupe B, od mikroelemenata i makroelemenata sadrže kalij, kalcij, magnezij, natrij, sumpor, željezo, mangan, bakar, selen i cink. Sadrže i glukozu, saharozu, fruktozu, zasićene masne kiseline (palmitinska, stearinska), nezasićene masne kiseline (oleinska), polinezasićene masne kiseline (linolna, linolenska).

Ribiz ima bogati kemijski sastav koji određuje njegova korisna svojstva. Tu su uključeni vitamini A, E, C, PP, V, folna kiselina, biotin, od elemenata magnezij, željezo, natrij kalij, kalcij, fosfor, te dijetalna vlakna.

Kemijski sastav kupine varira ovisno o sorti, stadiju zrelosti, uvjetima uzgoja, berbi i uvjetima skladištenja. Kupina sadrži antocijane i elagitanine, kao i druge fenolne spojeve koji doprinose velikom antioksidacijskom kapacitetu. Isto tako, sadrži i ugljikohidrate te nekoliko esencijalnih vitamina i minerala. Kupina je dobar izvor masnih kiselina, a glavne masne kiseline koje su u sjemenkama kupine su linolna i linoleinska kiselina i tako kupinu čine izvrsnim izvorom nezasićenih masnih kiselina. U svježem plodu kupine nalazimo različite vitamine a to su A, E, B1, B2, B3, B5, B6, B9 i vitamin C. Od organskih kiselina sadrži askorbinsku kiselinu (vitamin C), limunsku, laktoizokitričnu, jabučnu, fumarnu i jantarnu kiselinu. Ove nabrojane kiseline su važne za stabilizaciju antocijana i produljenje roka trajanja svježih i prerađenih bobica. Minerali imaju različite uloge kod biljaka, a neki od njih su kalcij, bakar, cink, kalij i fosfor (Jazić, 2019.).

Borovnice imaju bogati kemijski sastav. Plodovi borovnice sadrže visoku razinu vitamina C, celuloze, pektina i stvaraju antocijanine koji imaju važne vrijednosti (Hong i Wrolstad, 1990.). Hranjiva i ljekovita vrijednost borovnice se očituje u sadržaju pojedinih tvari kao što su ugljikohidrati, kiseline, mineralne soli, fenoli i vitamini. Također, plodovi borovnice imaju visoki sadržaj šećera koji se kreće od 6,5 do 8%, a u nekim plodovima je i veći postotak. Antocijani, prirodni pigmenti za crvenu, ljubičastu i plavu boju ploda, su zastupljeni u značajnoj količini u plodu samonikle šumske borovnice (Lohachompol i sur., 2004.).

5.5. Morfološka i kemijska svojstva riže

Korijen riže je žiličast i prilagođen životu u vodi. Kisik koji se oslobodi tijekom fotosinteze odlazi u korijen i na taj način omogućava uzgoj riže u vodi (Kovačević i Rastija, 2009.). Većina korijenja se razvija u plićem dijelu tla na oko 15 cm dubine. Stabljika je člankovita i sastoji se od članaka (internodija) koji su tamnozeleni do crvenkaste boje, i sastoji se od koljenaca ili čvorova (nodija) koji su svijetlozelene boje (Kovačević i Rastija, 2009.). Visina stabljike varira od 50 do 70 cm, ali je pogodnija kraća stabljika kako ne bi došlo do polijeganja. List se sastoji od rukavca i plojke, te raste znatno dulje nego kod drugih žitarica, jer je potrebno da se plojka izdigne iznad vode kako bi se osigurala fotosinteza. Cvjetovi su oblikovani u metlicu koji je nastavak posljednjeg članka (internodija) stabljike. Na vrhu grančica se oblikuju mali klasići koji se sastoje od dvije jače pljeve i cvijeta. Plod je zrno kod kojeg je pljevica srasla sa zrnom, i ovisno o tome može biti crne, smeđe ili žute boje (Gagro, 1997.). Zrno riže se sastoji od pljevica, omotača, endosperma (jezgre) i klice (Pospišl, 2010.).

Smeđa riža koja se dobije nakon uklanjanja pljevice je hranjivija od bijele riže, jer sadrži puno više prehrambenih vlakana, lizina i minerala kao što su kalcij, fosfor i kalij. Zrno smeđe riže sadrži 57 % ugljikohidrata, 7,2 % proteina, 1,9 % masti, 0,7 % vlakana i 1 % pepela. Zrno bijele riže sadrži 67 % ugljikohidrata, 5,7 % proteina, 0,3 % masti, 0,3 % vlakana i 0,5 % pepela (Pospišl, 2010.).

6. ZAKLJUČAK

Izbor mjesta uzgoja i vrste povrća značajno utječe na unos teških metala u ljudsku ishranu zbog previsoke koncentracije teških metala u povrću koje je proizvedeno u vrtovima na urbanim područjima. Najmanje koncentracije se mogu očekivati u plodovitom povrću, a najveće koncentracije u korjenastom povrću.

U provedenim istraživanjima upotreba ZEOTEX Zeolita je dovela do smanjenja koncentracije nitrata, ali i teških metala u povrću. Rezultati su vrlo heterogeni, i da bismo bili potpuno sigurni u mehanizam djelovanja ZEOTEX Zeolita, potrebno je provesti i dopunska istraživanja na različitim vrstama povrća koji su iz različitih načina uzgoja, ali i različitog porijekla na tržištu. Ovakva istraživanja mogu biti put u razvijanje novih strategija smanjenja rizika od narušavanja ljudskog zdravlja kontaminacijom teških metala jer su se do sada strategije bazirale na praćenju koncentracija propisanih Pravilnicima u Republici Hrvatskoj kojima je određena najviša razina teških metala koja se smije nalaziti u namirnicama i vodi za piće.

Isto tako, ovakva istraživanja imaju potencijal u pravcu poboljšanja kvalitete namirnica koje se koriste u proizvodnji dječje hrane. U budućnosti bi se trebalo osvrnuti na aspekt obrade tih namirnica upotrebom detoksikatora visokog stupnja finoće na bazi prirodnog minerala zeolita.

7. PREGLED LITERATURE

1. Alnashi, B. A., Hassuona, H. Z., El Dairouty, R. K. (2016.): Evulation of antimicrobial activity, total phenolic compounds, antioxidant activity and nutritional value of fresh spinach (*Spinacia Oleraceae*) extracts. *Research Journal of Pharmaceutial Biological and Chemical Sciences*
2. Angelova, V., Ivanova, R., Ivanov, K. (2003.): Accumulation of heavy metals in leguminous crops (bean, soybean, peas, lentils and grain). *Jorunal of Environmental Protection and Ecology*
3. Baerlocher, Ch. (2001.): *Atlas of Zeolites Framework Types*. Esevier, Amsterdam
4. Bravo, L. (2009.): Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*
5. Butorac, A., Redžepović, S., Bašić, F. (1988.): Neka aktualna pitanja „prometa“ organske tvari u tlu. *Poljoprivredne aktivnosti*
6. Camberato, J. (2001.): Nitrogen in soils and fertilizers. *South Carolina Turfgrass Foundation News*. Jan – Mar
7. Ehlenfeldt, M. K., Martin Jr., R. B. (2009.): sSeed set, fruit weight and yield in highbush (*Vaccinium corymbosum* L.). Blueberry cultivars 'Duke' and 'Bluecrop'. *Acta Horti*
8. Gagro, M. (1997.): *Ratarstvo obiteljskog gospodarstva. Žitarice i zrnate mahunarke*. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb
9. Godet, J. D. (2000.): *Drveće i grmlje: cvjetovi, listovi, pupovi i kora*. Naklada C d.o.o. Zagreb
10. Halamić, J., Galović, L., Šparica, M. (2003.) Heavy Metal (As, Cd, Cu, Hg, Pb and Zn). Distribution in Topsoil Developed pm Alluvial Sediments of the Drava and Sava Rivers in NW Croatia. *Geologia Croatica*.
11. He, Z. L., Yang, C. E., Stoffellab, P. J. (2005.): Trace element sin agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Element sin Medicine and Biology*
12. Hecl, J., Toth, Š. (2009.): Effect of fertilizers and sorbents applied to the soil on heavy metals transfer from the soil. *Electric Journal of Polish Agricultural Universities*
13. Hong, V., Wrolstad, R. E. (1990.): Use of HPLC separation/photodiode array detection for characterization of anthocyanins. *J. Agr. Food Chemistry*
14. Hummer, K. E., Peacock, D. N. (1994.): Seed Dimensions and Weight of Selected *Rubus* Species. *HortScience*

15. Ivezić, V., Almas, A. R., Lončarić, Z., Singh, B. R. (2009.): Distribution of water extractable heavy metals (Cd, Co, Mn and Mo) in the topsoil of Osijek – Baranja Country (Eastern Croatia). International Plant Nutrition Colloquium. University of California
16. Jatoi, M. A., Jurić, S., Vidrih R., Vinceković, M., Vuković, M., Jeremić, T. (2017.): The effects of postharvest application of lecithin to improve storage potential and quality of fresh goji (*Lycium barbarum* L.) berries. Food Chemistry
17. Jazić, M. (2019.): Hemijski sastav i biološki potencijal ploda, soka i trupa kultivisane i divlje kupine (*Rubus fruticosus* L.). Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Novi Sad
18. Kabata – Pendias, A., Mukherjee, A. B. (2007.): Trace Elements from Soil to Human. Springer, Berlin
19. Kabata – Pendias, A., Pendias, H. (2001.): Trace elements in soil and plants, 3rd ed., CRC Press, Boca Raton, FL.
20. Kovačević, V., Rastija, M. (2009.): Modul osnovne proizvodnje žitarica. Sveučilišni preddiplomski studij – smjer bilinogojstvo. Osijek
21. Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Herak Ćustić, M., Romić, D. (2002.): Povrčarstvo. Zrinski, Čakovec
22. Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Herak Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2016.): Povrčarstvo. Zrinski d.d., Čakovec
23. Leagried, M., Bockam, O. C., Kaarstad, O. (1999.): Agriculture, Fertilizers and the Environment, CABI Publishing in association With Norks Hydro ASA
24. Logan, T. J., Eckert, D. J., Beak, D. G. (1994.): Tillage, crop and climatic effects on runoff and tile drainage losses of nitrate and four herbicides. Soil & Tillage Res
25. Lohachoompol, V., Srzednicki, G., Craske, J. (2004.): The change of total anthocyanins in blueberries and their antioxidant effect after drying and freezing. Journal of Biomedicine and Biotechnology
26. Lončarić, Z., Ivezić, V., Kovačević, V., Kadar, I., Popović, B., Karalić, K., Rastija, D. (2012.): Heavy metals in agricultural soils of eastern Croatia. Proceeding Safe Food. XVI. International Eco – conference 2012. Ecological Movement of Novi Sad. Novi Sad
27. Lončarić, Z., Kadar, I. (2013.): Elementi u tragovima i teški metali u antroposferi. Interna skripta. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
28. Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
29. Margeta, K., Vojnović, B., Zabukovec Logar, N. (2011.): Development of Natural Zeolites for Their Use in Water – Treatment Systems. Recent Patents on Nanotechnology

30. Matotan, Z. (2004.): suvremena proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus
31. Mkandawiew, T. (2008.): Quality of groundwater from shallow wells of selected villages in Blantyre District, Malawi
32. Muchoverly, R. M. C., Rechcigl, J. E. (1995.): Nitrogen fertilizer, Soil Amandments and Environmental Quality. CRC Press, Boca Raton
33. Narodne novine br. 32. (2010.): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja 13.03.2010., <http://narodne-novine.nn.hr/> (28.01.2022.)
34. Nestroy, O. (1994.): Poljoprivreda i zaštita voda u protuslovlju. Zbornik radova sa savjetovanja „poljoprivreda i gospodarenje vodama“ (uredio Marušić, J.) Bizovačke toplice
35. Nikolić, D., Milivojević, J. M. (2015.): Jagodaste voćke – tehnologija gajenja. Beograd
36. Pan, J., Plant, J. A., Voulvoulis, N., Oates, C. J., Ihlenfeld, C. (2010.): Cadmium levels in Europe: implications for human health. Environmental Geochemistry and Health
37. Parađiković, N. (2009.): Opće i specijalno povrćarstvo. Poljoprivredni fakultet Osijek
38. Pevalek – Kozlina, B. (2002.): Fiziologija bilja, profil, Zagreb
39. Pospišil, A. (2010.): Ratarstvo I. dio. Zrinski d.d., Čakovec
40. Roderer, G. (1984.): Toxic effects in plants organisms. In: Grandjean Ph. (ed) Biological effects or organolead compounds. CRC Press, Boca Raton, FL
41. Skendrović Babojelić. M., Zečević, A. (2019.): Morfološka karakterizacija sjemenski jagodastih voćnih vrsta. Pomologia Croatica
42. Škorić, A. (1991.): Sastav i svojstva tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
43. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.) Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
44. Wu, J. J., Bernardo, D. J., Mapp, M. P. (1997.) An evaluation of nitrogen runoff and leaching potential in the high plants. Soil Water Conserv
45. Zimdahl, R. L., Koeppe, D. E. (1979.): Uptake by plants. In Boggess, W. R., Wixson, B. G. (ede) Lead in the environment. Castle House Publ, Washington DC
46. <https://www.agroklub.com/agro-hobi/upotreba-zeolita-u-biljnoj-proizvodnji/46193/> (23.01.2022.)
47. <https://www.agroportal.hr/savjeti/13725> (23.01.2022.)
48. <https://maricavrtlarica.com/svi-pricaju-o-zeolitu/> (23.01.2022.)

8. SAŽETAK

Analize su izvršene u ovlaštenom laboratoriju za analizu tla Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Zavod za agroekologiju i zaštitu okoliša. Sve analize su provedene sukladno propisanoj metodologiji za analizu nitrata i teških metala u povrću, prema ISO standardima. Cilj istraživanja je bio primjena zeolita sa ciljem smanjenja sadržaja nitrata i teških metala u voću, povrću i riži. Provedena su istraživanja koncentracija nitrata i toksičnih metala u listu salate, kod špinata, mrkve, bobičastog voća (malina, ribiz, kupina i borovnica), te kod riže. Istraživanja su provedena na 3 tretmana sa različitom dužinom trajanja namakanja: kontrola, namakanje u vodi 20 minuta, namakanje u vodi i ZEOTEX Zeolitu 10, 20 i 30 minuta. Odnos biljnog materijala i otopine vode ZEOTEXa je bio 1:2, odnosno 50 g biljnog materijala je preliveno sa 100 ml vode i dodana je jedna žličica ZEOTEXa (3 g). Koncentracije su dobivene mjerenjem na ICP – OES-u i AAS-u, te predstavljaju ukupan sadržaj u biljnoj tvari i utvrđene su nakon postupka mokrog razaranja mikrovalnom tehnikom. Upotreba ZEOTEX zeolita u provedenim istraživanjima je dovela do smanjenja koncentracije nitrata, ali i teških metala u povrću. Takva istraživanja mogu biti put u razvijanje novih strategija smanjenja rizika od narušavanja ljudskog zdravlja kontaminacijom teških metala, a isto tako istraživanja imaju potencijal u pravcu poboljšanja kvalitete namirnica.

Ključne riječi: zeoliti, nitrati, teški metali, povrće, voće, riža

9. SUMMARY

The analyses were carried out in a authorized laboratory for soil analyses of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek, Department of agroecology and Vegetable Protection. All analyses were carried out in accordance with the prescribed methodology for the analyses of nitrates and heavy metals in vegetables, according to ISO standards. The aim of the study was to apply zeolites with the aim of reducing the content of nitrates and heavy metals in fruits, vegetables and rice. Studies have been carried out on the concentrations of nitrates and toxic metals in the lettuce leaf, in spinach, carrots, berries (raspberries, currants, blackberries and blueberries) and in rice. Studies were carried out on 3 treatments with different length of soaking duration: control, soaking in water 20 minutes, soaking in water and ZEOTEX zeolite for 10, 20 and 30 minutes. The ratio of plant material and ZEOTEX water solution was 1 : 2, respectively 50 g of plant material was topped with 100 ml of water and one teaspoon of ZEOTEX (3 g) was added. Concentrations were obtained by measurement at the ICP- OES and AAS, and represent the total content in plant matter and were established after the wet destruction procedure using the microval technique. The use of ZEOTEX zeolite in the conducted studies has led to a decrease in the concentration of nitrates, but also of heavy metal sin vegetables. Such research can be way to develop new strategies to reduce the risk of harm to human health by contaminations heavy metals, and also research has the potential to improve the quality of foods.

Key words: zeolites, nitrates, heavy metals, vegetables, fruit, rice

10. POPIS GRAFIKONA

| Redni broj: | Sadržaj: | Stranica: |
|-------------|--|-----------|
| 1. | Sadržaj nitrata u listu salate (mg kg^{-1}) | 15 |
| 2. | Smanjenje sadržaja nitrata u listu salate (%) | 15 |
| 3. | Koncentracija teških metala u listu salate | 16 |
| 4. | Smanjenje koncentracije kobalta (%) | 17 |
| 5. | Smanjenje koncentracije kroma (%) | 17 |
| 6. | Smanjenje koncentracije olova (%) | 18 |
| 7. | Smanjenje koncentracije kadmija (%) | 19 |
| 8. | Smanjenje sadržaja nitrata u špinatu | 20 |
| 9. | Smanjenje sadržaja nitrata u špinatu sa OPG-a | 21 |
| 10. | Koncentracija teških metala u špinatu | 22 |
| 11. | Smanjenje koncentracije nikla (%) | 22 |
| 12. | Smanjenje koncentracije kroma (%) | 23 |
| 13. | Smanjenje koncentracije kadmija (%) | 23 |
| 14. | Smanjenje koncentracije nitrata u korijenu mrkve | 24 |
| 15. | Koncentracija teških metala u mrkvi | 25 |
| 16. | Smanjenje koncentracije nikla (%) | 25 |
| 17. | Smanjenje koncentracije kadmija (%) | 26 |
| 18. | Koncentracija cinka u bobičastom voću | 27 |
| 19. | Koncentracija arsena u bobičastom voću | 27 |
| 20. | Koncentracija kadmija u bobičastom voću | 28 |
| 21. | Koncentracija žive u bobičastom voću | 28 |
| 22. | Koncentracija cinka u zrnu riže | 29 |
| 23. | Koncentracija arsena u zrnu riže | 30 |
| 24. | Koncentracija kadmija u zrnu riže | 30 |
| 25. | Koncentracija žive u zrnu riže | 31 |
| 26. | Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz kupine u odnosu na kontrolu | 34 |
| 27. | Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz borovnice u odnosu na kontrolu | 35 |
| 28. | Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz ribiza u odnosu na kontrolu | 36 |
| 29. | Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz maline u odnosu na kontrolu | 36 |
| 30. | Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz divlje riže u odnosu na kontrolu | 37 |

31. Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz crvene riže u odnosu na kontrolu 38
32. Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz smeđe riže u odnosu na kontrolu 39
33. Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz bijele riže dugog zrna u odnosu na kontrolu 40
34. Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz bijele riže srednjeg zrna u odnosu na kontrolu 40
35. Utjecaj Zeotexa na ekstrakciju teških metala iz bijele riđe okruglog zrna u odnosu na kontrolu 41

11. POPIS SLIKA

| Redni broj: | Sadržaj: | Stranica: |
|-------------|----------------------------------|-----------|
| 1. | Uzorci mrkve i špinata | 12 |
| 2. | Istraživanje na listovima salate | 13 |
| 3. | Istraživanje na bobičastom voću | 14 |

12.POPIS TABLICA

| Redni broj: | Sadržaj: | Stranica: |
|-------------|--|-----------|
| 1. | Koncentracije teških metala u otopini vode i ZEOTEXa nakon namakanja | 32 |
| 2. | Koncentracije teških metala u otopini vode i ZEOTEXa nakon namakanja | 33 |

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij Ishrana bilja i tloznanstvo

Diplomski rad

Potencijal upotrebe zeolita na smanjenje sadržaja nitrata i teških metala u biljci

Valentina Drenjančević

Sadržaj: Istraživanje je provedeno u laboratoriju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Cilj istraživanja je bio primjena zeolita sa ciljem smanjenja sadržaja nitrata i teških metala u voću, povrću i riži. Provedena su istraživanja koncentracija nitrata i toksičnih metala u listu salate, kod špinata, mrkve, bobičastog voća (malina, ribiz, kupina i borovnica), te kod riže. Istraživanja su provedena na 3 tretmana sa različitom dužinom trajanja namakanja: kontrola, namakanje u vodi 20 minuta, namakanje u vodi i ZEOTEX Zeolitu 10, 20 i 30 minuta. Odnos biljnog materijala i otopine vode ZEOTEXa je bio 1:2, odnosno 50 g biljnog materijala je preliveno sa 100 ml vode i dodana je jedna žličica ZEOTEXa (3 g). koncentracije su dobivene mjerenjem na ICP – OES-u i AAS-u, te predstavljaju ukupan sadržaj u biljnoj tvari i utvrđene su nakon postupka mokrog razaranja mikrovalnom tehnikom.

Rad je rađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: izv. prof. dr. sc. Brigita Popović

Broj stranica: 56

Broj grafikona i slika: 38

Broj tablica: 2

Broj literaturnih navoda: 32

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: zeoliti, nitrati, teški metali, povrće, voće, riža

Datum obrane: 09. 12. 2022.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. Vladimir Zebec, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član

Rad je pohranjen: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, Plant nutrition and soil science

Graduate thesis

Potential of zeolite use in decrease of nitrate and heavy metals content in plants

Valentina Drenjančević

Abstract: The research was carried out in the laboratory of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek. The aim of the study was to apply zeolites with the aim of reducing the content of nitrates and heavy metals in fruits, vegetables and rice. Studies have been carried out on the concentrations of nitrates and toxic metals in the lettuce leaf, in spinach, carrots, berries (raspberries, currants, blackberries and blueberries) and in rice. Studies were carried out on 3 treatments with different length of soaking duration: control, soaking in water for 20 minutes, soaking in water and ZEOTEX zeolite for 10, 20 and 30 minutes. The ratio of plant material and ZEOTEX water solution was 1:2, respectively 50 g of plant material was topped with 100 ml of water and one teaspoon of ZEOTEX (3 g) was added. Concentrations were obtained by measurement at the ICP – OES and AAS, and represent the total content in plant matter and were established after the wet destruction procedure using the microval technique.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: izv. prof. dr. sc. Brigita Popović

Number of pages: 56

Number of figures: 38

Number of tables: 2

Number of references: 32

Number of appendices: -

Original in: Croatian

Key words: zeolites, nitrates, heavy metals, vegetables, fruit, rice

Thesis defended on date: 09. 12. 2022.

Reviewers:

1. doc. dr. sc. Vladimir Zebec, president
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, menthor
3. doc. dr. sc. Boris Đurđević member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek.