



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ – БИТОЛА  
ТЕХНОЛОШКО ТЕНИЧКИ ФАКУЛТЕТ ВЕЛЕС



Иновативни технологии за храна и нутриционизам

**БИОКОНЦЕНТРАЦИЈА НА МАНГАН И НИКЕЛ ВО СЕЛЕКТИРАНИ ВИДОВИ  
ОВОШЈЕ ОД ОКОЛИНАТА НА КОСОВСКА МИТРОВИЦА**  
докторски проект

Кандидат:  
Вехби Зенели, број на индекс 20

Ментор:  
Проф. д-р Горица Павловска

## СОДРЖИНА

Апстракт .....	3
1. Вовед.....	4
2. Преглед на литература.....	5
2.1. Тешки метали.....	5
2.1.1. Никел .....	5
2.1.2. Манган.....	6
2.2. Тешки метали во селектирани видови овошја .....	6
Цреши ( <i>Prunus cerasus</i> ).....	6
Вишни ( <i>Prunus subg. Cerasus</i> ).....	7
Малини ( <i>Rubus idaeus</i> ) .....	7
Капини ( <i>Rubus fruticosus</i> L.) .....	7
3. Материјали и методи.....	8
3.1. Материјали.....	8
3.2. Методи.....	8
3.2.1. Област на проучување.....	8
3.2.2. Подготовка на примероците .....	8
3.2.3. Определување на тешки метали Mn и Ni.....	8
3.2.4. Определување на фактор на биоконцентрација (ФБ) .....	8
3.2.5. Статистичка обработка на податоците .....	8
4. Резултати и дискусија.....	9
5. Заклучок.....	12
6. Користена литература.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# **БИОКОНЦЕНТРАЦИЈА НА МАНГАН И НИКЕЛ ВО СЕЛЕКТИРАНИ ВИДОВИ ОВОШЈЕ ОД ОКОЛИНАТА НА КОСОВСКА МИТРОВИЦА**

**Вехби Зенели**

Св. Климент Охридски – Битола, Р.С. Македонија  
vehbi.zeneli@hotmail.com

**Горица Павловска**

Св. Климент Охридски – Битола, Р.С. Македонија  
0009-0008-6877-3188  
gorica.pavlovska@uklo.edu.mk

## **Апстракт**

Загадувањето со тешки метали претставува значаен ризик за здравјето на луѓето, животните и растенијата поради нивната токсичност и способност да се акумулираат во биолошките ткива. Во оваа студија се определени концентрациите на никел и манган во сува маса на различни видови овошје (цреши, вишни, малини и капини), одгледувани во три различни региони во Косово: Звечан, Фрашер и Полски. Определувањето на никел и манган е спроведено со индуктивно спрегната плазма со масена спектрометрија (ICP-MS) на сува маса од овошјето. Определен е и факторот на биоконцентрација на никел и манган, кој дава информација за навлегување и акумулирање на металите во растителните ткива. Во вишните од регионот Полски е определена највисока концентрација на никел (48,2 mg/kg), а во малините од регионот Фрашер (8,52 mg/kg) најниска конценцентрација на никел. Концентрацијата на манган е највисока во малините од регионот Полски (72,7 mg/kg), а најниска во црешите од регионот Фрашер (9,55 mg/kg). Средната вредност на факторот на биоконцентрација за никел кај коскестото овошје (цреши и вишни) изнесува 0,465, а за јагодестото овошје (малини и капини) 0,333. Факторот на биоконцентрација за манган е многу понизок од тој за никел и за коскестото овошје е 0,0185, а за јагодестото овошје 0,07.

Коскестото овошје покажа поголема способност за акумулација на никел, а јагодестото овошје поголема способност за акумулација на манган. Статистичката обработка на резултатите за вредностите од t-тест за манган и никел покажа дека помеѓу коскестото и јагодестото овошје не постои разлика во концентрацијата на манган, а постои разлика во концентрацијата на никел, но овие разлики не се статистичко значајни.

**Клучни зборови:** Овошје, никел, манган, биоцентрација

## 1. Вовед

Загадувањето со тешки метали е исклучително штетно поради токсичноста што ја имаат врз луѓето, животните и растенијата. Тешките метали во високи концентрации имаат негативен ефект врз производството на храна, бидејќи тие влијаат на метаболичката активност на растенијата. Тешките метали имаат сериозни импликации за човековото здравје, достигнувајќи до ткивото преку директно голтање, дермален контакт, вдишување и адсорпција (Содхи и сор. - Sodhi et al., 2022).

На глобално ниво, човековото здравје и животната средина во моментов се изложени на висок ризик од храна контаминирана со тешки метали и други сродни извори. Тешките метали влегуваат во синџирот на исхрана со природна контаминација или поради човечки активности. Тешките метали се акумулираат кај луѓето и животните преку ефектите на био-зголемување, со што полка предизвикуваат токсичност и резултираат со сериозни здравствени проблеми. Долготрајната изложеност може да предизвика прогресивна невролошка и мускулна дегенерација што може да резултира со Паркинсонова болест, мускулна дистрофија, Алцхајмерова болест и мултиплекс склероза (Чен и сор. - Chen et al., 2021).

Металите во трагови играат и позитивна и негативна улога во здравјето на луѓето. Тие можат да се класифицираат како токсични (арсен, кадмиум, олово, жива, никел, итн.), веројатно есенцијални (ванадиум) и есенцијални (бакар, цинк, железо, манган, селен и кобалт) метали. Сепак, токсичните ефекти на последните две класи на метали се исто така идентификувани кога внесот е претерано висок. Тешките метали имаат штетни ефекти врз луѓето и животните, поради нивната небiorазградлива природа, долгиот биолошки полуживот и потенцијалот да се акумулираат во различни делови од телото бидејќи постои несоодветен механизам за нивна елиминација од телото (Шаheen и сор. - Shaheen et al., 2016).

Нерационалната употреба на хемиски ѓубрива, пестициди и загадена вода за наводнување се главни причини за контаминација на растенијата со тешки метали, а растенијата користат различни механизми за да избегнат токсичност, како што се задржување на метали во корените или акумулација во нечувствителни делови (Бора и сор. - Bora et al., 2022).

Овошјето како и соковите кои се добиваат од него се производи кои се конзумирани од сите возрастни групи и се дел од секојдневната исхрана. Тие исто така можат да се сметаат и за извори на важни хранливи материи како витамини и минерали (Фатхабед и сор. - Fathabad et al., 2018). Овошјето е поделено во неколку групи: јаболчесто овошје (јаболко, круша, дуња, оскоруша, мушмула), коскесто овошје (вишна, слива, цреша, праска, кајсија), јагодесто (јагода, капина, малина, црница), јаткасто (орев, бадем, лешник, костен), зрнесто (грозје, рибизла, боровница, брусница) и јужно, суптропско и тропско (лимон, портокал, мандарина, банана, ананас, авокадо, киви, смоква, калинка, рогач и др.) (Јашич - Jašić, 2007). Според Елеч во коскесто овошје спаѓаат сливите, праските, слатко-киселите цреша и кајсиите (Елеч и сор. - Elleuch et al., 2024).

Консумацијата на овошје контаминирано со тешки метали може да претставува сериозен здравствен ризик, што ја истакнува важноста од контрола и одредување на нивото на контаминација за обезбедување на нивниот квалитет и безбедност. (Бора и сор. - Bora et al., 2022)

Во овој докторски проект се претставени концентрациите на тешките метали Mn и Ni во коскесто овошје (цреша и вишна) и јагодесто овошје (малина и капина). За анализа е земено овошје од три села во Косово (Звечан, Фрашер и Полски) во околината на Митровица.

## 2. Преглед на литература

### 2.1. Тешки метали

Тешките метали влегуваат во човечкото тело преку гастроинтестиналниот тракт, кожата или преку нивно вдишување. Отровните метали се покажале како голема закана за човековото здравје, најмногу поради нивната способност да предизвикуваат оштетување на мембраните и ДНК и да ја нарушат функцијата на протеините и активноста на ензимите (Витковска и сор. - Witkowska et al., 2021). Контаминацијата со токсични тешки метали е исто така сериозна и поради нивната биоакмулативна природа. Детоксикациските дејствија треба да започнат со модификации во екосистемот (Моукадири и сор. - Moukadiri et al., 2023).

Тешките метали како кадмиум (Cd), хром (Cr), жива (Hg), олово (Pb), бакар (Cu), цинк (Zn) и никел (Ni), се однесуваат на метали со густина поголема од  $5 \text{ g/cm}^3$ . Тешките метали и нивните соединенија природно се присутни во почвата (Чен и сор. - Chen et al., 2015).

Тешките метали се сметаат за главна опасност по јавното здравје, и познато е дека тие се акумулираат во овошјето, кое е многу консумирано од луѓето поради неговиот сладок вкус и потенцијалните здравствени придобивки (Амер и сор. - Amer et al., 2019). Контаминацијата на овошјето со тешки метали е еден од главните проблеми што произлегуваат поради огромната употреба на пестициди и други хемикалии поради стремежот за брз економски развој со индустриски и нови земјоделски практики (Омохајо и сор. - Omojowo et al., 2017). Преку користење на вештачки ѓубрива како и животинско ѓубриво, отпадна тиња, наводнување со отпадни води, излевање на петрохемикалии, почвата и водата исто така се контаминираат со тешки метали (Пеабар и сор. - Prabagar et al., 2021). Долгиот период на консумирање на тешки метали во високи концентрации преку прехранбени производи како овошјето може да доведе до хронична акумулација која последователно може да предизвика оштетување на срцето, црниот дроб, бубрезите, крвта, белите дробови, коските, слезината и др. органи (Фатхабад и сор. - Fathabad et al., 2018). Тешките метали како Cu, Zn и Ni, кога се присутни во трагови, се корисни како микронутриенти во исхраната на човекот. Некои токсични несусштински тешки метали, како што се олово (Pb), жива (Hg), кадмиум (Cd) и арсен (As), се штетни за здравјето на луѓето дури и на нивоа во трагови, особено кај бремените жени и млади деца, кои се поподложни на токсичност од тешки метали (Мавари и сор. - Mawari et al., 2022).

Според СЗО градот Митровица и неговата околина се едни од најзагадените во Европа (Хајдини - Hajdini, 2017). Контаминацијата со тешки метали во земјоделските производи, овошјето и зеленчукот како и кај животните допринесува за консумирање на производи со висока содржина на тешки метали што негативно се одразува врз здравјето на луѓето.

#### 2.1.1. Никел

Никелот (Ni; атомски број 28, атомска тежина 58,6934; густина  $8908 \text{ kg/m}^3$ ; точка на топење  $1455 \text{ }^\circ\text{C}$ ; точка на вриење  $2913 \text{ }^\circ\text{C}$ ; електронска конфигурација  $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$ ) припаѓа на групата 10 од периодниот систем, заедно со железото, кобалтот, паладиумот, платина и уште пет други елементи. Никелот е 24-ти најзастапен елемент во Земјината кора и е 5-тиот најзастапен елемент во однос на тежината по железото, кислородот, магнезиумот и силициумот (Шахаумофел - Schaumlöffel, 2012). Никелот е важен за метаболизмот на растенијата, но е опасен за повеќето растенија и други организми кога

е присутен во големи концентрации. Никелот исто така влијае и на различните ензими кои се вклучени во многу метаболички реакции. Од друга страна недостигот на никел предизвикува негативни ефекти врз растот и развојот на растенијата на различни начини. Тој исто така предизвикува стареење на растенијата (Икбал Кхан и сор. - Iqbal Khan et al., 2023). Никелот е хемотоксичен, имунотоксичен, невротоксичен, генотоксичен, нефротоксичен, хепатотоксичен агенс. Тој предизвикува и репродуктивна и белодробна токсичност. Акутната токсичност на никел резултира со заболување на бубрезите, гадење и повраќање. Хроничната изложеност резултира со хепатална и бубрежна токсичност, хипотермија, бронхитис и ринитис (Rizvi et al., 2020). Во научната литература постојат неколку *in vivo* студии во врска со концентрацијата на никел во човечкото тело. Во студија направена од страна на Зенели и сор. - Zeneli et al., (2015) во Косово е определена концентрацијата на никелот во серумот кај мажи (70 на број) помеѓу 31 и 64 години кои работеле во термоцентрала и мажи од 30 до 65 години (27 на број) кои не работеле во термоцентрала (контролни субјекти). Концентрацијата на никел била  $2,76 \pm 0,4$  и  $2,18 \pm 0,2$   $\mu\text{g/L}$ , соодветно.

Од страна на Ниссе и сор. - Nisse et al., (2017) е направена *in vivo* студија врз 2000 возрасни (982 мажи и 1.018 жени) во северна Франција. Биле анализирани примероци од крв и урина за присуство на никел и други метали и металоиди. Во крвта никелот бил откриен во 99,95% од примероците, а во урината 98,38%.

### 2.1.2. Манган

Манганот е метал од 7-та група во периодниот систем, кој е дванаесеттиот најзастапен елемент во земјината кора. Постои во голем број хемиски и физички форми во честичките во атмосферата и во водата. Манганот не се јавува природно во чиста состојба. Се наоѓа и како неорганско и како органско соединение, а неорганската форма е најчеста. Бидејќи во надворешната електронска обвивка манган може да донира до 7 електрони, може да се појави во 11 различни состојби на оксидација, кои варираат од  $-3$  до  $+7$ . Во живо ткиво, манган е пронајден како  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ , а можеби и како  $\text{Mn}^{4+}$ , додека  $\text{Mn}^{5+}$ ,  $\text{Mn}^{6+}$ ,  $\text{Mn}^{7+}$  и други комплекси на манган при пониски состојби на оксидација, не се забележани во биолошките материјали (Авила и сор. - Avila et al., 2013). Загадувањето со манган од индустриските процеси и рударството ги контаминира водите, создавајќи токсична средина. Хроничната изложеност на ниски нивоа на манган може да доведе до бихејвиорални, когнитивни и моторни дисфункции, кои првенствено влијаат на централниот нервен систем. Вишокот манган се акумулира во базалните ганглии, предизвикувајќи невролошки проблеми слични на Паркинсоновата болест. Дополнително, изложеноста на манган може да резултира со хематолошки, нефротоксични, ендокрини и хепатотоксични ефекти. Вдишување на прашина од манган може да предизвика иритација на белите дробови и кардиоваскуларни проблеми. Астроцитите во централниот нервен систем складираат манган, што потенцијално води до астроцитоза од тип II на Алцхајмерова болест. Манганот исто така го нарушува метаболизмот на холестеролот, што доведува до оштетување на црниот дроб и кардиоваскуларниот систем (Деј и сор. - Dey et al., 2023).

## 2.2. Тешки метали во селектирани видови овошја

### Цреши (*Prunus cerasus*)

Концентрацијата на тешки метали во цреша од еднаесет различни делови на Мексико е определена од страна на Перез-Фигуероа и сор. (Pérez-Figueroa et al., 2023). Средните вредности на содржината на тешки метали се следните: Cr –  $8,21 \text{ mg kg}^{-1}$ ; As –

11,95 mg kg<sup>-1</sup>; Ni – 6,02 mg kg<sup>-1</sup>; Pb – 5,05 mg kg<sup>-1</sup>; Cd – 3,34 mg kg<sup>-1</sup>. Од страна на Ал Јухаими и сор (Al Juhaimi et al., (2024) се анализирани неколку различни видови сушено овошје во регионот Düzce, (P. Турција). Во анализираниите цреши детектирани се следните количества тешки метали: Fe – 60,13 mg kg<sup>-1</sup>; Zn – 2,28 mg kg<sup>-1</sup>; Cu – 4,61 mg kg<sup>-1</sup>; Mn – 5,85 mg kg<sup>-1</sup> и B – 33,53 mg kg<sup>-1</sup>.

#### *Вишни (Prunus subg. Cerasus)*

Со помош на ICP-OES техника е определен елементарниот состав на неколку вида цреши одгледувани во јужна Србија. Резултатите добиени од оваа студија покажале дека не постојат здравствени ризици од консумацијата на анализираното овошје во споредба со нивоа пропишани од здравствените власти (Митич и сор. - Mitić et al., 2012).

Содржината на тешки метали во вишна од регионот Düzce, (P. Турција) определена од страна на Ал Јухаими и сор. Al Juhaimi et al., (2024) е следна: Fe – 16,94 mg kg<sup>-1</sup>; Zn – 3,54 mg kg<sup>-1</sup>; Cu – 3,50 mg kg<sup>-1</sup>; Mn – 4,42 mg kg<sup>-1</sup> и B – 76,25 mg kg<sup>-1</sup>.

#### *Малини (Rubus idaeus)*

Во малини одгледани во Полска се детектирани следните количества на тешки метали изразени во милиграми на 100 грама сува материја: Fe - 1,12; Zn - 0,44; Cu – 0,11; Cr – 0,01; Mn – 1,17 и Ni – 0,07 (Грембецка и сор. - Grembecka et al., 2013). Од страна на Котула и сор. (Kotuła et al., 2022) е направена споредба на содржината на тешки метали во органски, конвенционални и диворастечки малини. Резултатите покажале дека значително повеќе ( $p \leq 0,05$ ) кадмиум, цинк, манган и ванадиум се пронајдени во органските малини во споредба со оние кои се одгледувани на конвенционален начин. При споредба на диворастечки малини со малини одгледувани по конвенционален начин од страна на авторите утврдено е дека диворастечките содржеле повеќе ( $p \leq 0,05$ ) кадмиум, цинк, бакар и манган.

#### *Капини (Rubus fruticosus L.)*

Во 44 примероци на диворастечки капини е определена содржината на тешки метали. Направена е споредба помеѓу диворастечки капини кои се измениени и друга група во која влегуваат капини кои не се измениени. Количеството на бакар е 7,742 и 6,861 mg/kg сува материја, олово 2,210 и 1,500 mg/kg сува материја и кадмиум 0,009 и 0,00 mg/kg сува материја, соодветно за немиени и за миени капини (Чамберлаин и сор. - Chamberlain et al., 2024).

Од страна на Влад и сор. (Vlad et al., (2019) се анализирани капини од област Сорта Миџ во Романија со високо антропогено влијание. Средната содржина на тешките метали од ова подрачје е: олово – 34,72 mg/kg сува материја, кадмиум – 1,61 mg/kg сува материја, цинк 70,29 mg/kg сува материја и бакар 7,18 mg/kg сува материја. Од оваа студија авторите заклучуваат дека концентрацијата на олово во капините од оваа област го надминуваат препорачаниот праг до 29 пати во 71% од случаите. Концентрациите на кадмиум го надминуваат прагот на СЗО до 15 пати, а концентрацијата на бакар до 39 пати. Друг заклучок кој го донесуваат истите автори е дека постои широко географско проширување на загадувањето со овие метали, во радиус од најмалку 26 km.

### 3. Материјали и методи

#### 3.1. Материјали

Испитувани се коскесто овошје (цреши и вишни) и јагодесто овошје (малини и капини) во нивна технолошка и нутритивна зрелост (реколта 2023 година). Исто така направена е и анализа на почвата на која е одгледувано ова овошје.

#### 3.2. Методи

##### 3.2.1. Област на проучување

Ова истражување беше спроведено во три села во регионот на Косовска Митровица (42.883°N, 20.867°E) во Косово. Две од селата - Звечан (42°54'27"N, 20°50'25.01"E) и Фрашер (42° 34' 59.88" N, 21° 00' 0.36" E) се наоѓаат во непосредна близина на топилницата за олово и цинк, додека третото село - Полски (43 25' 00", 25 39' 00") е на значително поголема оддалеченост од топилницата.

##### 3.2.2. Подготовка на примероците

Сите примероци за анализа беа сушени до постојана маса во сушница (Drying Oven SLN 15, Wodzisław Śląski, Полска) во период од 24 до 30 часа, зависно од видот на овошјето.

##### 3.2.3. Определување на тешки метали Mn и Ni

Определувањето на концентрацијата на Mn и Ni во селектираните видови овошје беше направено со акредитиран метод МКС EN ISO/IEC 17025:2018 за определување на содржина на 35 елементи во различни примероци со примена на микробранова дигестија и индуктивно спрегната плазма со масена спектрометрија ICP-MS (model 7500cx, Agilent USA) - метод со флексибилен опсег.

Mn и Ni во почвата се определени со методот ISO 11464:2006(E); ISO 14869-1:2001; ICP-MS техника (ISO 17294-2:2009) - метод со флексибилен опсег.

##### 3.2.4. Определување на фактор на биоконцентрација (ФБ)

Факторот на биоконцентрација (ФБ) е определен со помош на формулата:

$$\text{ФБ} = \frac{C_{\text{суво овошје}}}{C_{\text{почва}}},$$

Каде:

$C_{\text{суво овошје}}$  = концентрацијата на тешкиот метал во сувото овошје и

$C_{\text{почва}}$  = концентрацијата на тешкиот метал во почвата.

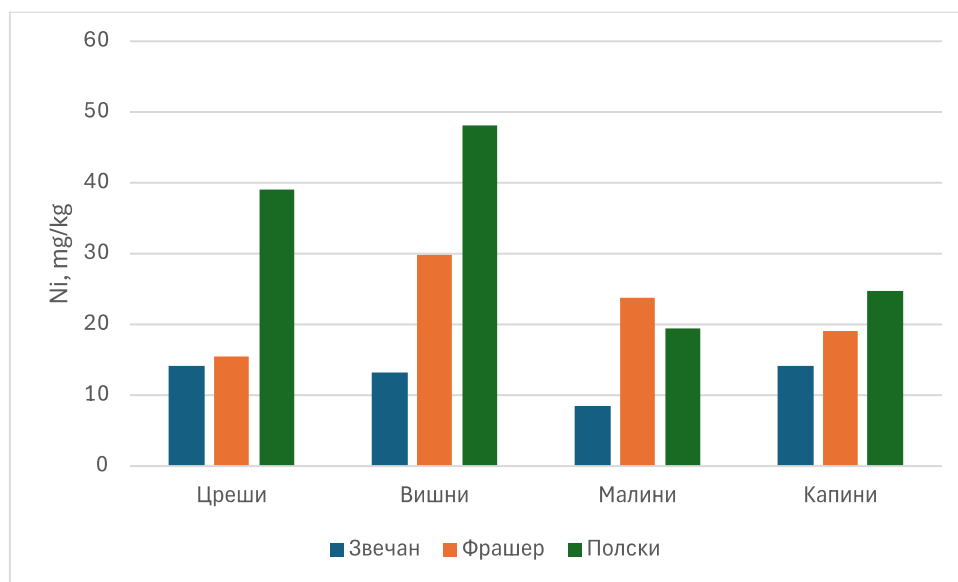
##### 3.2.5. Статистичка обработка на податоците

Статистичката обработка на податоците е со помош на Microsoft Excel 2016. Направена е статистичка корелација и студентов t-тест врз концентрацијата на Ni и Mn помеѓу коскестото овошје (црешите и вишните) и јагодестото овошје (малините и капините).



#### 4. Резултати и дискусија

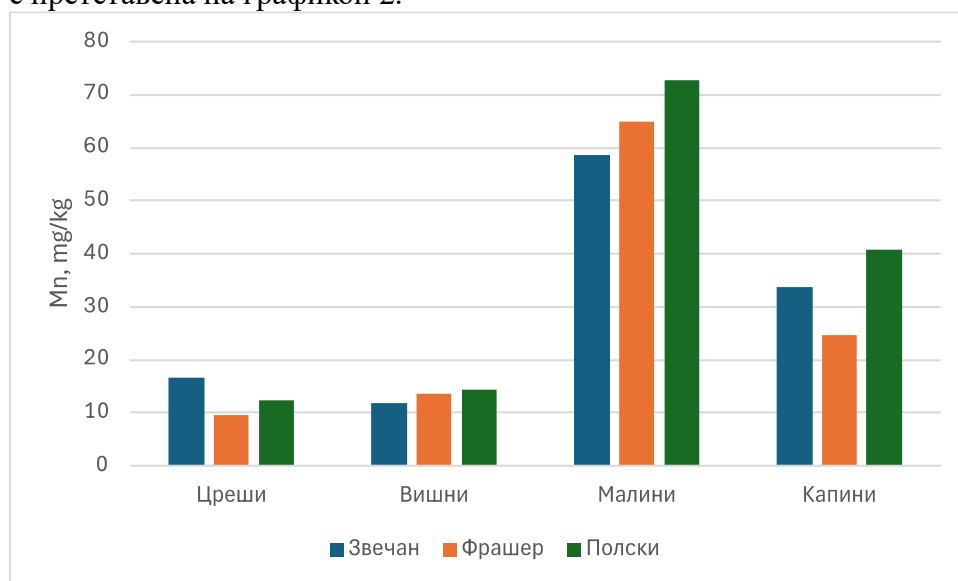
Содржината на никел во сува маса на различните видови овошје (цреши, вишни, малини и капини) одгледани во трите различни региони Звечан, Фрашер и Полски се претставени на графикон 1. Средната концентрација на никел во сува маса на црешите е 22,83 mg/kg, во вишните 30,47 mg/kg, во малините 17,27 mg/kg и во капините 19,33 mg/kg.



Графикон бр.1: Концентрација на никел во сува маса на различни видови овошје

При споредба на регионите се забележува дека концентрацијата на никел во анализирани овошја е највисока во регионот Полски (цреши – 39,0 mg/kg, вишни 48,2 mg/kg, и капини 24,8 mg/kg). Исклучок од ова прави концентрацијата на малините која е највисока во регионот Фрашер – 23,8 mg/kg. Се забележува дека во речиси сите региони, коскестото овошје има повисоки концентрации на никел од јагодестото овошје.

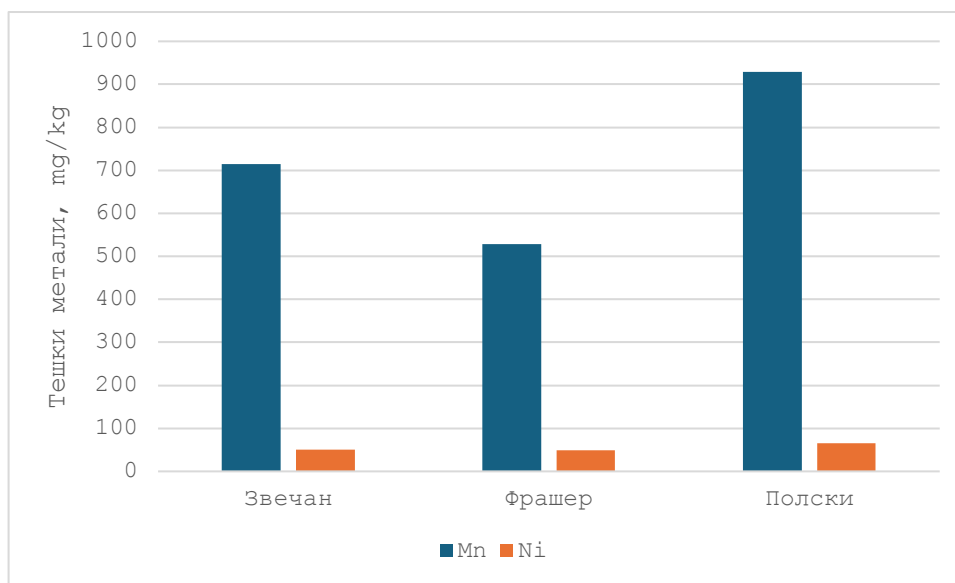
Концентрацијата на манган во сува маса на цреши, вишни, малини и капини одгледувани во трите региони во близина на Косовска Митровица (Звечан, Фрашер и Полски) е претставена на графикон 2.



Графикон бр.2: Концентрација на манган во сува маса на различни видови овошје

Концентрацијата на манган во сува маса на вишни, малини и капини е највисока во регионот Полски (14,3 mg/kg, 72,7 mg/kg и 40,8 mg/kg), а во црешите во регионот Звечан (16,7 mg/kg). Најниска концентрација на манган црешите и капините имаат во регионот Фрашер (9,55 mg/kg, 24,6 mg/kg), а вишните и малините во регионот Звечан (11,9 mg/kg и 58,6 mg/kg). Јагодестото овошје има значително повисоки концентрации на манган од коскестото овошје во сите три региона.

На графикон 3 е претставена концентрацијата на никел и манган во почвата на која се одгледувани црешите, вишните, малините и капините анализирани во овој докторски проект.



Графикон 3: Концентрација на Mn и Ni во почва

Значително повисока е концентрацијата на манган во сите три региони (Звечан - 750 mg/kg; Фрашер – 528,8 mg/kg и Полски – 929 mg/kg) во споредба со концентрацијата на никел во истата почва (Звечан – 50,5 mg/kg; Фрашер – 48,8 mg/kg и Полски – 66,1 mg/kg).

Во табела 1 е претставен факторот на биоконцентрација (ФБ) во цреши, вишни, малини и капини одгледувани во регионите Звечан, Фрашер и Полски.

Региони/Тешки метали	Фактор на биоконцентрација за Mn и Ni во анализираното овошје							
	Цреши		Вишни		Малини		Капини	
	Mn	Ni	Mn	Ni	Mn	Ni	Mn	Ni
<b>Звечан</b>	0,023	0,279	0,017	0,263	0,082	0,169	0,047	0,279
<b>Фрашер</b>	0,018	0,316	0,026	0,613	0,123	0,488	0,047	0,391
<b>Полски</b>	0,013	0,590	0,015	0,729	0,078	0,295	0,044	0,375
<b>Средна вредност <math>\bar{x}</math></b>	0,018	0,395	0,019	0,535	0,094	0,317	0,046	0,349

Табела 1: Фактор на биоконцентрација во анализираното овошје

Факторот на биоконцентрација е концентрацијата на тешките метали присутна во овошјето поделена со концентрацијата на тешките метали во почвата на која е одгледувано овошјето. Овој параметар е важен бидејќи дава информација за

навлегувањето на тешките метали во растителните ткива. Вредностите  $>1$  укажуваат на хиперакумулација на тешки метали во растителните ткива (Maity и сор - Maity et al., 2022).

Ако се споредат вредностите на ФБ за манган и ФБ за никел, може да се види дека ФБ за никел е повисок од ФБ за манган кај сите овошја. ФБ за никел во однос на ФБ за манган е повисок кај вишните за дури 28,16 пати, а кај црешите за 21,94 пати. Кај јагодестото овошје овошје овој однос е понизок во однос на коскестото овошје. Кај малините ФБ за никел е повисок од ФБ за манган за 3,37 пати, а кај капините за 7,59 пати. Ова значи дека сите анализирани овошја, многу повеќе го извлекуваат никелот од почвата отколку манганот. Коскестото овошје многу повеќе го извлекува никелот од почвата и го акумулира во себе, отколку јагодестото овошје. Ако пак се спореди средната вредности на ФБ за манган кај коскестото овошје (0,0185) со средната вредност на ФБ за манган кај јагодестото овошје (0,07) може да се види дека јагодестото овошје има 3,78 пати повисок ФБ, односно 3,78 пати повеќе го извлекува манганот од почвата во однос на коскестото овошје. Средната вредност на ФБ за никел кај коскестото овошје (0,465) е повисока од средната вредност на ФБ за јагодестото овошје (0,333), односно коскестото овошје извлекува никел од почвата за 1,40 пати повеќе од јагодестото овошје.

Во табела 2 се претставени коефициентите на корелација за концентрацијата на Mn и Ni помеѓу анализираното овошје.

	<b>Коефициент на корелација</b>
<b>Корелација помеѓу коскесто и јагодесто овошје за концентрацијата Mn</b>	0.16608475
<b>Корелација помеѓу коскесто и јагодесто овошје за концентрацијата Ni</b>	-0.007504195

Табела 2: Корелација на концентрацијата на Mn и Ni помеѓу коскесто и јагодесто овошје

Резултатите од табела 2 покажуваат позитивна корелација (0.16608475) за Mn и негативната корелација за Ni (-0.007504195) помеѓу анализираното коскесто и јагодесто овошје.

Во табела 3 се претставени резултатите од студентов t-тест за концентрацијата на Mn и Ni во коскестото (црешите и вишните) и јагодестото (малините и капините) овошје.

	<b>Mn</b>		<b>Ni</b>	
	Коскесто овошје	Јагодесто овошје	Коскесто овошје	Јагодесто овошје
<b>Средна вредност</b>	13,075	49,2166667	26,65	18,3033333
<b>Вредност на t-тест</b>	-4,6164214		1,2789951	
<b>Критична вредност за t</b>	0,0009558		0,22978055	
<b>Добиена p – вредност</b>	2,22813885		2,22813885	

Табела 3: Студентов t-тест помеѓу концентрацијата на Mn и Ni за анализираното овошје

Од прикажаните резултати за студентовиот t-тест во табела 3 може да се види дека не постои разлика помеѓу концентрацијата на манган во коскестото и јагодестото овошје ( $-4,6164214 < 0,0009558$ ). Добиената p-вредност  $2,22813885 >$  граничната p-вредност (0.05) што укажува дека не постои статистички значајна разлика помеѓу концентрациите на манган во испитуваното коскесто и јагодесто овошје. Од статистичката обработка на

резултатите за никел вредностите за t-тестот ( $1,2789951 > 0,22978055$ ) покажуваат дека има разлика во концентрацијата на Ni помеѓу коскестото и јагодестото овошје, но не постои статистички значајна разлика бидејќи добиената p-вредност  $2,22813885 >$  граничната p-вредност (0,05).

## 5. Заклучок

Во оваа студија беше определена содржината на никел и манган во сува маса на различни видови овошје (цреши, вишни, малини и капини) одгледувани во три различни региони: Звечан, Фрашер и Полски. Резултатите покажуваат дека највисока концентрација на никел е забележана во вишните од регионот Полски (48,2 mg/kg), додека најниска концентрација е измерена во малините од Звечан (8,52). Коскестото овошје има повисоки концентрации на никел од јагодестото овошје во речиси сите региони, а јагодестото овошје повисоки концентрации на манган во сите региони. Највисока концентрација на манган имаат малините од регионот Полски (72,7 mg/kg), а најниска црешите од Фрашер (9,55 mg/kg)

Важен аспект на истражувањето е факторот на биоконцентрација, кој ја мери способноста на овошјето за апсорпција на тешки метали од почвата. Сите анализирани овошја повеќе го извлекуваат никелот од почвата одколку манганот, при што коскестото овошје има поголема способност за акумулација на никел во споредба со јагодестото овошје. Сепак, јагодестото овошје извлекува манган од почвата 3,78 пати повеќе од коскестото овошје.

Вредностите од t-тестот покажуваат дека нема разлика во концентрацијата за манган, а има за никел помеѓу коскестото и јагодестото овошје, но не постои статистички значајна разлика, бидејќи добиените p-вредности > граничните p-вредности.

Овие наоди се важни за оценка на безбедноста на овошјето и управување со ризикот од тешки метали во овошните култури.

## 6. Користена литература

- Al Juhaimi, F., Kulluk, D. A., Ahmed, I. A. M., Özcan, M. M., & Karrar, E. (2024). Investigation of accumulation of element contents in some wild and cultivated dried fruits. *Biological Trace Element Research*. doi: 10.1007/s12011-024-04165-w
- Amer, M. M., Sabry, B. A., Marrez, D. A., Hathout, A. S., & Fouzy, A. S. M. (2019). Exposure assessment of heavy metal residues in some Egyptian fruits. *Toxicology Reports*, 6, 538–543. doi: 10.1016/J.TOXREP.2019.06.007
- Avila, D. S., Puntel, R. L., & Aschner, M. (2013). Manganese in Health and Disease. *Metal Ions in Life Sciences*, 13, 199. doi: 10.1007/978-94-007-7500-8\_7
- Bora, F. D., Bunea, A., Pop, S. R., Baniță, S. I., Dușa, D. Ș., Chira, A., & Bunea, C. I. (2022). Quantification and Reduction in Heavy Metal Residues in Some Fruits and Vegetables: A Case Study Galați County, Romania. *Horticulturae*, 8(11), 1034. doi: 10.3390/HORTICULTURAE8111034/S1
- Chamberlain, L. K., Scott, H., Beddoe, N., & Rintoul-Hynes, N. L. J. (2024). Heavy metal contamination (Cu, Pb, and Cd) of washed and unwashed roadside blackberries (*Rubus fruticosus* L.). *Integrated Environmental Assessment and Management*, 00, 0–1. doi: 10.1002/IEAM.4981
- Chen, H., Teng, Y., Lu, S., Wang, Y., & Wang, J. (2015). Contamination features and health risk of soil heavy metals in China. *Science of The Total Environment*, 512–513, 143–153. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2015.01.025
- Chen, Z., Muhammad, I., Zhang, Y., Hu, W., Lu, Q., Wang, W., Huang, B., & Hao, M. (2021). Transfer of heavy metals in fruits and vegetables grown in greenhouse cultivation systems

- and their health risks in Northwest China. *Science of The Total Environment*, 766, 142663. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2020.142663
- Dey, S., Tripathy, B., Kumar, M. S., & Das, A. P. (2023). Ecotoxicological consequences of manganese mining pollutants and their biological remediation. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5, 55–61. doi: 10.1016/J.ENCECO.2023.01.001
- Elleuch, A., & Hamdi, I. (2024). Naturally occurring viroid diseases of economically important plants in Africa. *Fundamentals of Viroid Biology*, 133–150. doi: 10.1016/B978-0-323-99688-4.00013-4
- Fathabad, A. E., Shariatifar, N., Moazzen, M., Nazmara, S., Fakhri, Y., Alimohammadi, M., Azari, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2018). Determination of heavy metal content of processed fruit products from Tehran's market using ICP- OES: A risk assessment study. *Food and Chemical Toxicology*, 115, 436–446. doi: 10.1016/J.FCT.2018.03.044
- Grembecka, M., & Szefer, P. (2013). Comparative assessment of essential and heavy metals in fruits from different geographical origins. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(11), 9139. doi: 10.1007/S10661-013-3242-Z
- Hajdini, S. (2017). *Determination the Concentration of the Heavy Metals in the Cultivated Cherries in the Territory of Mitrovica with Icp-Oes Technique*. Retrieved from [https://www.academia.edu/71812115/Determination\\_the\\_Concentration\\_of\\_the\\_Heavy\\_Metals\\_in\\_the\\_Cultivated\\_Cherries\\_in\\_the\\_Territory\\_of\\_Mitrovica\\_with\\_Icp\\_Oes\\_Tec hnique](https://www.academia.edu/71812115/Determination_the_Concentration_of_the_Heavy_Metals_in_the_Cultivated_Cherries_in_the_Territory_of_Mitrovica_with_Icp_Oes_Tec hnique)
- Iqbal Khan, Z., Ahmad, K., Ahmad, T., Zafar, A., Alrefaei, A. F., Ashfaq, A., Akhtar, S., Mahpara, S., Mehmood, N., & Ugulu, I. (2023). Evaluation of nickel toxicity and potential health implications of agriculturally diversely irrigated wheat crop varieties. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(8), 104934. doi: 10.1016/J.ARABJC.2023.104934
- Jašić, M. (2007). *Tehnologija voća i povrća – I dio*. Univerzitet u Tuzli.
- Kotuła, M., Kapusta-Duch, J., & Smoleń, S. (2022). Evaluation of Selected Heavy Metals Contaminants in the Fruits and Leaves of Organic, Conventional and Wild Raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Applied Sciences* 2022, Vol. 12, Page 7610, 12(15), 7610. doi: 10.3390/APP12157610
- Maiti, S. K., Ghosh, D., & Raj, D. (2022). Phytoremediation of fly ash: bioaccumulation and translocation of metals in natural colonizing vegetation on fly ash lagoons. *Handbook of Fly Ash*, 501–523. doi: 10.1016/B978-0-12-817686-3.00011-6
- Mawari, G., Kumar, N., Sarkar, S., Daga, M. K., Singh, M. M., Joshi, T. K., & Khan, N. A. (2022). Heavy Metal Accumulation in Fruits and Vegetables and Human Health Risk Assessment: Findings From Maharashtra, India. *Environmental Health Insights*, 16. doi: 10.1177/11786302221119151/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177\_11786302221119151-FIG4.JPEG
- Mitić, S. S., Obradović, M. V., Mitić, M. N., Kostić, D. A., Pavlović, A. N., Tošić, S. B., & Stojković, M. D. (2012). Elemental Composition of Various Sour Cherry and Table Grape Cultivars Using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry Method (ICP-OES). *Food Analytical Methods*, 5(2), 279–286. doi: 10.1007/S12161-011-9232-2/METRICS
- Moukadiri, H., Noukrati, H., Ben Youcef, H., Iraola, I., Trabadelo, V., Oukarroum, A., Malka, G., & Barroug, A. (2023). Impact and toxicity of heavy metals on human health and latest trends in removal process from aquatic media. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2023 21:3, 21(3), 3407–3444. doi: 10.1007/S13762-023-05275-Z
- Nisse, C., Tagne-Fotso, R., Howsam, M., Richeval, C., Labat, L., & Leroyer, A. (2017). Blood and urinary levels of metals and metalloids in the general adult population of Northern

- France: The IMEPOGE study, 2008-2010. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(2 Pt B), 341–363. doi: 10.1016/J.IJHEH.2016.09.020
- Omoyajowo, K. O., Njoku, K. L., Babalola, O. O., & Adenekan, O. A. (2017). Nutritional composition and heavy metal content of selected fruits in Nigeria. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, 111(1), 123–139. doi: 10.12895/JAEID.20171.560
- Pérez-Figueroa, C. E., Salazar-Moreno, R., Fitz Rodríguez, E., Lorenzo López Cruz, I., Schmidt, U., & Dannehl, D. (2023). Introduction Heavy Metals Accumulation in Lettuce and Cherry Tomatoes Cultivated in Cities. *J. Environ. Stud*, 32(3), 2293–2308. doi: 10.15244/pjoes/157316
- Prabagar, S., Dharmadasa, R. M., Lintha, A., Thuraisingam, S., & Prabagar, J. (2021). Accumulation of heavy metals in grape fruit, leaves, soil and water: A study of influential factors and evaluating ecological risks in Jaffna, Sri Lanka. *Environmental and Sustainability Indicators*, 12, 100147. doi: 10.1016/J.INDIC.2021.100147
- Rizvi, A., Parveen, S., Khan, S., & Naseem, I. (2020). Nickel toxicology with reference to male molecular reproductive physiology. *Reproductive Biology*, 20(1), 3–8. doi: 10.1016/J.REPBIO.2019.11.005
- Schaumlöffel, D. (2012). Nickel species: Analysis and toxic effects. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26(1), 1–6. doi: 10.1016/J.JTEMB.2012.01.002
- Shaheen, N., Irfan, N. M., Khan, I. N., Islam, S., Islam, M. S., & Ahmed, M. K. (2016). Presence of heavy metals in fruits and vegetables: Health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere*, 152, 431–438. doi: 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2016.02.060
- Sodhi, K. K., Mishra, L. C., Singh, C. K., & Kumar, M. (2022). Perspective on the heavy metal pollution and recent remediation strategies. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100166. doi: 10.1016/J.CRMICR.2022.100166
- Vlad, I. A., Goji, G., Dinulică, F., Bartha, S., Vasilescu, M. M., & Mihaiescu, T. (2019). Consuming Blackberry as a Traditional Nutraceutical Resource from an Area with High Anthropogenic Impact. *Forests 2019, Vol. 10, Page 246, 10(3)*, 246. doi: 10.3390/F10030246
- Witkowska, D., Słowik, J., & Chilicka, K. (2021). Heavy Metals and Human Health: Possible Exposure Pathways and the Competition for Protein Binding Sites. *Molecules 2021, Vol. 26, Page 6060, 26(19)*, 6060. doi: 10.3390/MOLECULES26196060
- Zeneli, L., Sekovanić, A., & Daci, N. (2015). Chronic exposure to aluminum, nickel, thallium and uranium and their relationship with essential elements in human whole blood and blood serum. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 50(6), 540–546. doi: 10.1080/10934529.2015.994936