

Mestna občina Celje
Komisija Mladi za Celje

KAJ V SEBI SKRIVAJO LASJE

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorici:

Leila Bohorč, 3. b

Pia Gobec, 3. b

Mentorice:

mag. Smiljana Adamič, prof.

doc. dr. Maša Islamčević Razboršek

Pija Rep, univ. dipl. kem.

Celje, marec 2018

Gimnazija Celje Center
Program splošna gimnazija

KAJ V SEBI SKRIVAJO LASJE

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorici:

Leila Bohorč, 3. b
Pia Gobec, 3. b

Mentorice:

mag. Smiljana Adamič, prof.
doc. dr. Maša Islamčević Razboršek
Pija Rep, univ. dipl. kem.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2018

ZAHVALA

Zahvaljujeva se...

... mentorici Smiljani Adamič, ki naju je spodbujala pri raziskovanju,

... mentorici Maši Islamčević Razboršek za idejo za to raziskovalno nalogo,

... mentorici Piji Rep, ki nama je omogočila analizo las na Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano Maribor,

... Darji Poglajen za jezikovni pregled naloge,

... ravnatelju Gimnazije Celje – Center Gregorju Deleji, ki nama je omogočil izdelavo raziskovalne naloge,

... frizerskim salonom, kjer sva dobili vzorce las.

KAZALO

POVZETEK	11
1 UVOD.....	12
1.1 Predstavitev raziskovalnega problema	12
2 TEORETIČNI DEL	13
2.1 Vloga las.....	13
2.2 Tipi in oblika las	13
2.3 Anatomska zgradba las	15
2.4 Kemijska zgradba las	16
2.4.1 Keratin	16
2.4.2 Voda	20
2.4.3 Sledi elementov	20
2.5 Obdelava las	21
2.5.1 Barvanje.....	21
2.5.2 Toplotna obdelava	22
2.6 Težke kovine	23
2.6.1 Aluminij (Al).....	23
2.6.2 Arzen (As)	25
2.6.3 Kadmij (Cd)	28
2.6.1 Kositer (Sn).....	31
2.6.2 Svinec (Pb)	32
2.7 Esencialni elementi.....	35
2.7.1 Baker (Cu).....	35
2.7.2 Cink (Zn)	37
2.7.3 Jod (I).....	39
2.7.4 Kalcij (Ca)	41
2.7.5 Kalij (K)	43
2.7.6 Magnezij (Mg)	45
2.7.7 Natrij (Na).....	47
2.7.8 Selen (Se).....	49
2.7.9 Železo (Fe).....	51
2.8 Pomen razmerij med elementi v telesu.....	53
2.8.1 Razmerje Ca/Mg	53

2.8.2	Razmerje Na/K.....	53
2.8.3	Razmerje Zn/Cu.....	53
2.8.4	Razmerje Zn/Cd.....	54
2.9	Biomonitoring	54
2.10	Referenčna vrednost	55
2.11	Analiza las	55
2.12	Mikrovalovni temperaturni razklop las	56
2.13	Masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo (ICP–MS)	57
3	EKSPERIMENTALNO DELO	58
3.1	Hipoteze	58
3.2	Metodologija	58
3.2.1	Vzorčenje las	59
3.2.2	Tehtanje	61
3.2.3	Mikrovalovni temperaturni razklop las	62
3.2.4	Analiza z ICP–MS	64
3.2.5	Referenčne vrednosti	65
3.3	Rezultati	66
3.3.1	Težke kovine	66
3.3.2	Esencialni elementi	71
3.3.3	Razmerja med elementi	80
4	PREDSTAVITEV REZULTATOV	84
4.1	Hipoteza 1	84
4.2	Hipoteza 2	90
4.3	Hipoteza 3	94
4.4	Hipoteza 4	107
5	RAZPRAVA.....	109
6	ZAKLJUČEK	112
7	VIRI IN LITERATURA	115
7.1	Spletni viri	115
7.2	Literatura	122
7.3	Viri slik	123
8	PRILOGE	125
8.1	Referenčne vrednosti	125

8.2 Izjava	126
------------------	-----

KAZALO SLIK

Slika 1: Zdravo lasno steblo in uničeni stebli pod mikroskopom	14
Slika 2: Oblike las	14
Slika 3: Anatomska zgradba lasu	15
Slika 4: Zgradba α -keratina	16
Slika 5: Cistein	17
Slika 6: Serin	17
Slika 7: Glutaminska kislina	17
Slika 8: Treonin	17
Slika 9: Glicin	17
Slika 10: Levcin	17
Slika 11: Valin	17
Slika 12: Arginin	17
Slika 13: Asparaginska kislina	17
Slika 14: Alanin	18
Slika 15: Prolin	18
Slika 16: Izolevcin	18
Slika 17: Tirozin	18
Slika 18: Fenilalanin	18
Slika 19: Histidin	18
Slika 20: Metionin	18
Slika 21: Nastnek peptidne vezi	19
Slika 22: Škoda zaradi toplotne obdelave in barvanja las	21
Slika 23: Aluminij	23
Slika 24: Arzen	25
Slika 25: Kadmij	28
Slika 26: Kositer	31
Slika 27: Svinec	32
Slika 28: Baker	35
Slika 29: Cink	37

Slika 30: Jod	39
Slika 31: Kalcij	41
Slika 32: Kalij	43
Slika 33: Magnezij	45
Slika 34: Sol NaCl.....	47
Slika 35: Selen.....	49
Slika 36: Železo	51

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Aluminij (rezultati)	66
Graf 2: Arzen (rezultati)	67
Graf 3: Kadmij (rezultati).....	68
Graf 4: Kositer (rezultati).....	69
Graf 5: Svinec (rezultati)	70
Graf 6: Baker (rezultati)	71
Graf 7: Cink (rezultati)	72
Graf 8: Jod (rezultati).....	73
Graf 9: Kalcij (rezultati)	74
Graf 10: Kalij (rezultati)	75
Graf 11: Magnezij (rezultati)	76
Graf 12: Natrij (rezultati)	77
Graf 13: Selen (rezultati).....	78
Graf 14: Železo (rezultati).....	79
Graf 15: Razmerje Ca/Mg (rezultati).....	80
Graf 16: Razmerje Na/K (rezultati)	81
Graf 17: Razmerje Zn/Cu (rezultati).....	82
Graf 18: Razmerje Zn/Cd (rezultati).....	83
Graf 19: Rezultati za aluminij glede na referenčno vrednost	84
Graf 20: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za aluminij glede na kraj	85
Graf 21: Rezultati za arzen glede na referenčno vrednost	86
Graf 22: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za arzen glede na kraj	86
Graf 23: Rezultati za kositer glede na referenčno vrednost	87
Graf 24: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za kositer glede na kraj	87

Graf 25: Rezultati za kadmij glede na referenčno vrednost	88
Graf 26: Rezultati za svinec glede na referenčno vrednost	89
Graf 27: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za svinec glede na kraj	89
Graf 28: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za aluminij glede na spol	90
Graf 29: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za arzen glede na spol.....	91
Graf 30: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za kositer glede na spol	92
Graf 31: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za svinec glede na spol	93
Graf 32: Rezultati za baker glede na referenčno območje.....	94
Graf 33: Vzorci v referenčnem območju za baker glede na spol	95
Graf 34: Rezultati za cink glede na referenčno območje	96
Graf 35: Vzorci v referenčnem območju za cink glede na spol	96
Graf 36: Rezultati za jod glede na referenčno območje.....	97
Graf 37: Vzorci v referenčnem območju za jod glede na spol.....	97
Graf 38: Rezultati za kalcij glede na referenčno območje.....	98
Graf 39: Vzorci v referenčnem območju za kalcij glede na spol	98
Graf 40: Rezultati za kalij glede na referenčno območje	99
Graf 41: Vzorci v referenčnem območju glede na spol	99
Graf 42: Rezultati za magnezij glede na referenčno območje	100
Graf 43: Vzorci v referenčnem območju za magnezij glede na spol.....	100
Graf 44: Rezultati za natrij glede na referenčno območje.....	101
Graf 45: Vzorci v referenčnem območju za natrij glede na spol.....	101
Graf 46: Rezultati za selen glede na referenčno območje	102
Graf 47: Vzorci v referenčnem območju za selen glede na spol.....	102
Graf 48: Rezultati za železo glede na referenčno območje	103
Graf 49: Vzorci v referenčnem območju za železo glede na spol	103
Graf 50: Razmerja Ca/Mg glede na referenčno območje	104
Graf 51: Vzorci v referenčnem območju za razmerje Ca/Mg	104
Graf 52: Razmerja Na/K glede na referenčno območje	105
Graf 53: Vzorci v referenčnem območju za razmerje Na/K.....	105
Graf 54: Razmerja Zn/Cu glede na referenčno območje	106
Graf 55: Vzorci v referenčnem območju za razmerje Zn/Cu	106
Graf 56: Vzorci, ki presegajo referenčno območje za železo glede na barvo las.....	108

KAZALO TABEL

Tabela 1: Aminokisline v keratinu	17
Tabela 2: Fizikalne in kemijske lastnosti aluminija	23
Tabela 3: Fizikalne in kemijske lastnosti arzena	25
Tabela 4: Fizikalne in kemijske lastnosti kadmija	28
Tabela 5: Fizikalne in kemijske lastnosti kositra	31
Tabela 6: Fizikalne in kemijske lastnosti svinca	32
Tabela 7: Fizikalne in kemijske lastnosti bakra	35
Tabela 8: Fizikalne in kemijske lastnosti cinka	37
Tabela 9: Fizikalne in kemijske lastnosti joda	39
Tabela 10: Fizikalne in kemijske lastnosti kalcija	41
Tabela 11: Fizikalne in kemijske lastnosti kalija	43
Tabela 12: Fizikalne in kemijske lastnosti magnezija	45
Tabela 13: Fizikalne in kemijske lastnosti natrija	47
Tabela 14: Fizikalne in kemijske lastnosti selena	49
Tabela 15: Fizikalne in kemijske lastnosti železa	51
Tabela 16: Vzorci las	60
Tabela 17: Aluminij (rezultati)	66
Tabela 18: Arzen (rezultati)	67
Tabela 19: Kadmij (rezultati)	68
Tabela 20: Kositer (rezultati)	69
Tabela 21: Svinec (rezultati)	70
Tabela 22: Baker (rezultati)	71
Tabela 23: Cink (rezultati)	72
Tabela 24: Jod (rezultati)	73
Tabela 25: Kalcij (rezultati)	74
Tabela 26: Kalij (rezultati)	75
Tabela 27: Magnezij (rezultati)	76
Tabela 28: Natrij (rezultati)	77
Tabela 29: Selen (rezultati)	78
Tabela 30: Železo (rezultati)	79
Tabela 31: Razmerje Ca/Mg (rezultati)	80
Tabela 32: Razmerje Na/K (rezultati)	81

Tabela 33: Razmerje Zn/Cu (rezultati).....	82
Tabela 34: Razmerje Zn/Cd (rezultati).....	83
Tabela 35: Povprečje koncentracij aluminija v vzorcih izven Celja in iz Celja.....	84
Tabela 36: Povprečje koncentracij arzena v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja	86
Tabela 37: Povprečje koncentracij kositra v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja	87
Tabela 38: Povprečje koncentracij kadmija v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja	88
Tabela 39: Povprečje koncentracij svinca v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja	89
Tabela 40: Povprečje koncentracij aluminija v vzorcih moških in ženskih las.....	90
Tabela 41: Povprečje koncentracij arzena v vzorcih moških in ženskih las	91
Tabela 42: Povprečje koncentracij kadmija v vzorcih moških in ženskih las.....	91
Tabela 43: Povprečje koncentracij kositra v vzorcih moških in ženskih las	92
Tabela 44: Povprečje koncentracij svinca v vzorcih moških in ženskih las.....	93
Tabela 45: Povprečje koncentracij bakra v vzorcih moških in ženskih las	94
Tabela 46: Povprečje koncentracij cinka v vzorcih moških in ženskih las.....	96
Tabela 47: Povprečje koncentracij joda v vzorcih moških in ženskih las	97
Tabela 48: Povprečje koncentracij kalcija v vzorcih moških in ženskih las	98
Tabela 49: Povprečje koncentracij kalija v vzorcih moških in ženskih las.....	99
Tabela 50: Povprečje koncentracij magnezija v vzorcih moških in ženskih las.....	100
Tabela 51: Povprečje koncentracij natrija v vzorcih moških in ženskih las	101
Tabela 52: Povprečje koncentracij selena v vzorcih moških in ženskih las	102
Tabela 53: Povprečje koncentracij železa v vzorcih moških in ženskih las.....	103
Tabela 54: Povprečje razmerij Ca/Mg v vzorcih moških in ženskih las.....	104
Tabela 55: Povprečje razmerij Na/K v vzorcih moških in ženskih las	105
Tabela 56: Povprečje razmerij Zn/Cu v vzorcih moških in ženskih las	106
Tabela 57: Povprečje koncentracij bakra za barvane in nebarvane lase.....	107
Tabela 58: Povprečje koncentracij kadmija za barvane in nebarvane lase.....	107
Tabela 59: Povprečje koncentracij železa za barvane in nebarvane lase	108

POVZETEK

Lasje še zdaleč nimajo le estetske vloge. V njih se skriva veliko podatkov, zato je danes analiza las nepogrešljiva metoda v forenziki in medicini. Z njo lahko ugotovimo DNA osebe, katere snovi je zaužila oziroma katerim snovem je bila v preteklosti izpostavljena. V laseh smo raziskali prisotnost nekaterih težkih kovin (aluminij, arzen, kadmij, kositer in svinec) in esencialnih elementov (baker, cink, jod, kalcij, kalij, magnezij, natrij, selen in železo). S tehniko induktivno sklopljene plazme z masno spektrometrijo (ICP–MS) smo analizirali 28 vzorcev las ljudi iz Celja in okolice. Za dobljene rezultate smo izračunali povprečne vrednosti in ugotovili, vrednosti katerih vzorcev se nahajajo nad referenčno vrednostjo težkih kovin oziroma nad referenčnim območjem in znotraj referenčnega območja esencialnih elementov. Rezultate smo predstavili z vidika kraja prebivališča oseb, spola in barvanosti las. Analize so pokazale, da so bile pri vzorcih las ljudi iz okolice Celja v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin kot v vzorcih las ljudi iz Celja.

1 UVOD

1.1 Predstavitev raziskovalnega problema

Ker nam tehnologija in razvitost naravoslovnih znanosti danes to omogočajo, lahko z analizo las ugotovimo DNA osebe, katere snovi je zaužila in katerim snovem je bila v preteklosti izpostavljena. Take analize so danes nepogrešljive v forenziki in medicini. Vedno dostopnejše so tudi širši javnosti, saj v mnogih državah laboratoriji ponujajo izdelavo mineralograma.

V teoretičnem delu raziskovalne naloge smo predstavili anatomsko in kemijsko strukturo las ter nekaj težkih kovin in esencialnih elementov, ki jih lahko najdemo v laseh. Te elemente človek zaužije s hrano, pijačo, z drogami, lasje pa jih lahko tudi sami absorbirajo iz zraka. Raziskali smo, ali imajo te kovine kakšno posebno vlogo pri delovanju našega telesa ter kdaj in kako nam škodujejo.

V eksperimentalnem delu naloge smo analizirali lasnega steblo z metodo ICP–MS. V frizerskih salonih v Celju in okolici smo dobili vzorce opranih in postrizanih las – ravnih, kodrastih, barvanih in nebarvanih oziroma naravnih las. Za vsako osebo vemo tudi, kje živi in kakšnega spola je.

Z analizo las, ki smo jo opravili v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano v Mariboru, smo želeli ugotoviti vrednosti nekaterih elementov v laseh. Preučevali smo vrednosti težkih kovin (svinca, kadmija, arzena, aluminija in kositra) in vrednosti esencialnih elementov (bakra, cinka, joda, kalcija, kalija, magnezija, natrija, selena in železa). Rezultate analiz smo primerjali z referenčnimi vrednostmi.

Pri postavljanju hipotez smo se oprli na splošna prepričanja o količini težkih kovin na delovnih mestih, v prsti v naseljih, v prehranjevalnih navadah ljudi in v razvadah (predvsem) moških (kajenje). Zadnjo hipotezo pa smo postavili glede na eno izmed ugotovitev kitajske raziskave iz leta 2008. Na koncu smo za vsako hipotezo posebej interpretirali rezultate in razpravljali o njih.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Vloga las

Znano je, da nas dlake in lasje ščitijo. Trepalnice ščitijo oči, dlake v nosu in zunanjih ušesih lovijo tujke in jim preprečujejo, da bi prišli v notranjost, obrvi pa ščitijo oči pred potom. Lasje ohranjajo toploto. Zrak, ki je med njimi, obkroža kožo in tako ohranja toploto. Biološki pomen las se ne more primerjati s socialno-psihološkim pomenom las za človeka. [1]

Že v davnih časih so ljudje posvečali veliko pozornosti videzu svojih las in njihovi negi, saj so v laseh videli vir naslade ali razvrata. Lasje predstavljajo osebnost, moč in neodvisnost. Že nekaj časa se za različno "obdelavo" las trošijo milijarde po vsem svetu. Ljudje si lase strižejo, barvajo, češejo, navijajo, kodrajo, ravnaajo, utrujejo z lakom in drugimi lasnimi kozmetičnimi sredstvi, da bi tako dopolnili svojo osebnosti.

Lasje so zelo prepoznaven znak različnosti med ljudmi na našem planetu. Na primer čopek las, ki krasi sumoborca, slavnostno odstrižejo, ko ta konča svojo športno dejavnost. V Kambodži ženinu in nevesti po tradiciji na poseben način ostrižejo lase, da bi tako od mladoporočencev odgnali zle duhove. V Maleziji moški ne smejo imeti dolgih las. V indijski severni državi Pandžab grozi smrtna kazen moškemu, postriženemu na kratko.

2.2 Tipi in oblika las

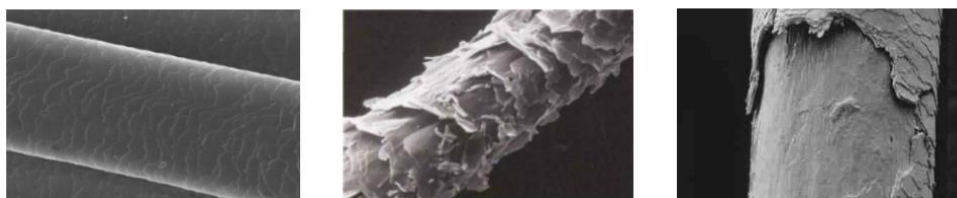
Poznamo:

- suhe, normalne, mastne in mešane lase,
- mehke in trde, debele in tanke lase,
- zdrave in oslabele lase.

Kako mastni so naši lasje, je odvisno od tega, kako mastna je naša koža. Na mastni koži rastejo mastni, na suhi pa suhi lasje. Normalna koža je zmerno mastna, se ne lušči, nima širokih por in ogrcev. Mastna koža je pokrita z debelejšim slojem kožne maščobe in ima masten lesk. Zanja so značilne široke pore. Suha koža se rada lušči in je razdražena. Pogosta je mešana koža, ki pa nima nič skupnega z mešanim tipom las. [2]

Količina maščobe na laseh je odvisna od delovanja žlez lojnic, kar je izključno individualno ter zasnovano hormonsko in dedno. Mastni lasje so pramenasti, vlažni, lepijo se na glavo in pričeska hitro izgubi polnost in zračnost. Po pranju postanejo hitro umazani in neurejeni. Zelo pogosto jih spremlja tudi masten prhljaj.

Suhi lasje so brez leska, radi se lomijo in cepijo, težko jih je oblikovati. Pogosto jih spremlja droben suh prhljaj. Navadno so posledica nepravilne nege. Za mešane lase je značilno, da so dolgi, mastni pri korenini, imajo suhe konice, ker se maščoba ne porazdeli po vsej dolžini. Konice ne dobivajo dovolj maščobe, zato se pogosto cepijo. Normalni, zdravi lasje so prožni, zlahka jih oblikujemo in tudi mokre brez težav češemo. So živahni, prožni in imajo lep lesk. Oslabeli lasje so hrapavi, brez leska, težko se jih oblikuje. [1]



Slika 1: Zdravo lasno steblo in uničeni stebli pod mikroskopom

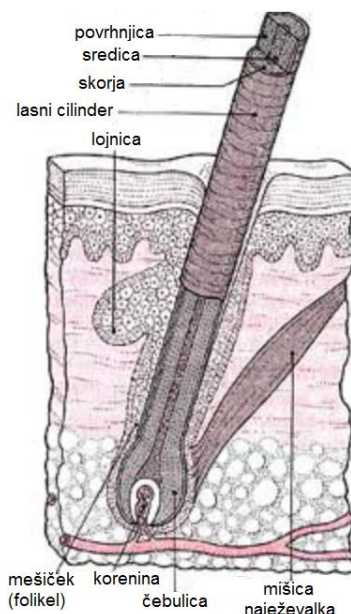
Oblika las je odvisna od oblike folikla, sestave keratina v lasnem stebelu, rase in posebnosti posameznika. Posplošeno pravimo, da je oblika las odvisna od oblike lasnih koreninic. V glavnem razlikujemo tri oblike las: *ravne*, *valovite* in *kodraste*.



Slika 2: Oblike las

2.3 Anatomska zgradba las

Anatomsko se las deli na steblo in korenino.



Slika 3: Anatomska zgradba lasu

V **lasni korenini**, ki je v koži na dnu lasnega korena in jo obkroža lasna ovojnica, se celice razmnožujejo, saj je tam dovolj kisika, hranljivih snovi in mineralnih soli, ki jih prenašajo kapilare.

Lasno steblo je vidni del lasu nad površino kože. Sestavljeno je iz treh plasti. Notranja se imenuje sredica ali medula, srednja je skorja, zunanja pa vrhnjica ali kutikula. Sredica je sestavljena iz celic, ki še niso popolnoma poroženele, skorja pa iz poroženelih celic, ki predstavljajo kar 90 odstotkov teže lasu. Od tega sloja je odvisna njegova trdnost. V celicah skorje je pigment, ki daje lasem barvo. Evmelanin (črno – rjava barva) in fevmelanin (rumeno – rdeča barva). Od razmerja med tema pigmentoma je odvisna barva las. Kutikulo sestavlja od 6 do 8 slojev celic. Spominjajo na strešnike ali luske in potekajo od korenine proti konici lasu. Ko deluje na lase bazična raztopina (navadno milo), se luske razprejo, pri delovanju kisle raztopine se zaprejo. Najpomembnejši del lasu je **lasni folikel** ali **mešiček**, to je drobna jamica cevaste oblike, iz katere raste dlaka oziroma las. Na dnu mešička je las priraščen in odebeljen v lasno čebulico, ki je sestavljena iz celic, ki z delitvijo tvorijo las. V spodnjem delu se k čebulici stiska lasna brbončica ali papila, v kateri so krvne žilice. Lasna brbončica je pomemben sestavni del mešička, ki kot računalnik nadzira stanje in rast lasu. Če brbončica odmre, odmre tudi las. Če las zaradi

kateregakoli vzroka odmre, npr. če je bil izpuljen s korenino, brbončica pa je ostala nepoškodovana, na njegovem mestu zraste nov. [2, 3]

2.4 Kemijska zgradba las

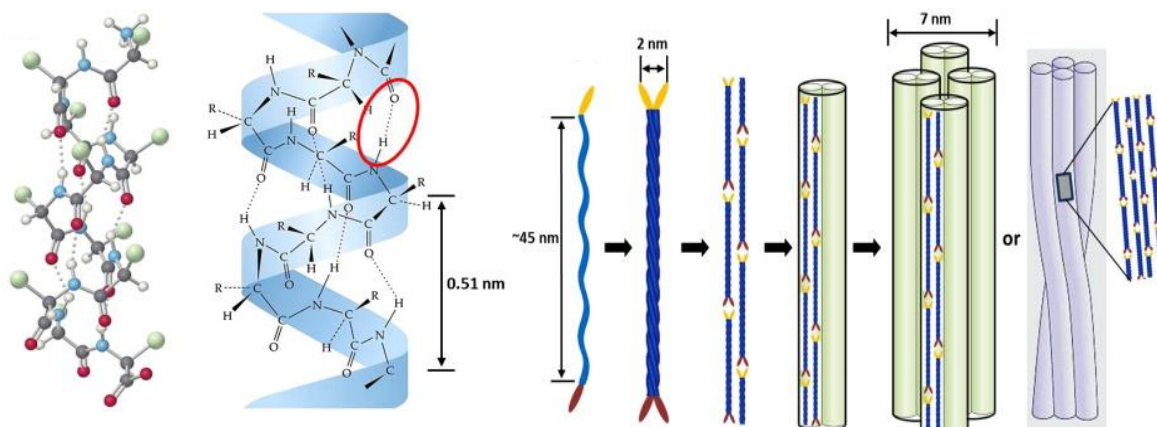
Proteini sestavljajo od 65 do 95 % človeškega lasu. Točna količina je odvisna od vlage (količine vode) v lasu. Poleg vode in beljakovin so v lasu še lipidi, pigment in sledi različnih elementov (težke in esencialne kovine in drugi elementi). [4]

2.4.1 Keratin

Keratin velja za eno najmočnejših snovi, ki sestavljajo živa bitja in je skupaj s kolagenom najpomembnejši biopolimer pri živalih. Keratini so beljakovinska vlakna, ki pri človeku sestavljajo lase, nohte in povrhnjico kože, pri drugih bitjih pa npr. tudi rogove. Glede na povezovanje molekul jih delimo na α -keratine (najdemo jih pri človeku, tudi v laseh) in β -keratine. Poznamo trde in mehke, kar je odvisno od količine disulfidnih vezi.

α -keratini so v obliki spirale oziroma vijačnice. V tej verigi najdemo vodikove vezi, ki obliko stabilizirajo. So na takšnih mestih, da se veriga zvije in nastane spirala. Dve taki vijačnici tvorita *dimer*. Dimeri se uredijo drug ob drugem in povežejo z disulfidnimi vezmi, da nastane *vlakno*. Nato se po dve vlakni združita v eno. Po štiri primarna vlakna pa se organizirajo v en intermediatni filament (IF). [5]

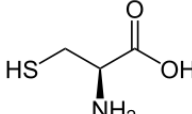
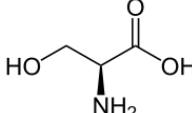
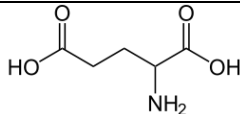
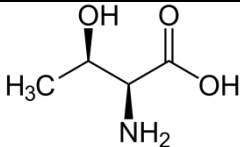
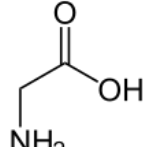
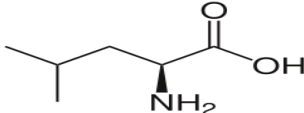
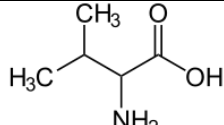
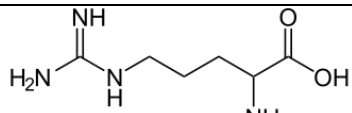
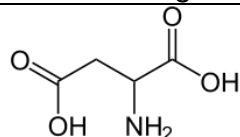
Biokemijska analiza celic človeka je razkrila, da vsi človeški keratini niso enaki, zato jih delimo na dva tipa. V tip I sodijo bolj kisli, kar pomeni, da jih sestavlja več kislih aminokislin. Pri laseh so to keratini K31–K40. V tip II pa sodijo bolj bazični, torej jih sestavlja več bazičnih aminokislin. Pri laseh so to K81–K86. [6]

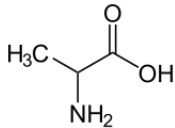
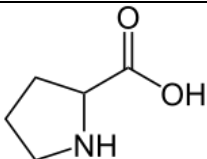
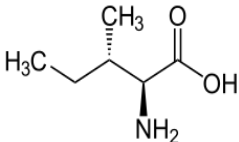
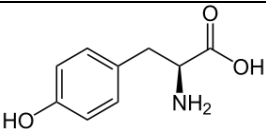
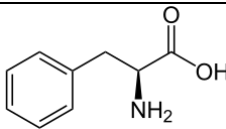
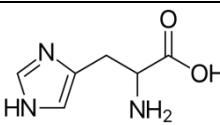
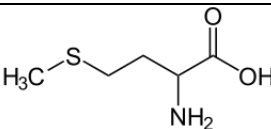


Slika 4: Zgradba α -keratina

- Aminokisline, ki sestavljajo keratin

Tabela 1: Aminokisline v keratinu [7]

Aminokislina	Drugo ime	Skeletna formula	Količina [%]
cistein	2-amino-3-sulfhidrilpropanojska kislina	 Slika 5: Cistein	17.5
serin	2-amino-3-hidroksipropanojska kislina	 Slika 6: Serin	11.7
glutaminska kislina	2-aminopentandiojska kislina	 Slika 7: Glutaminska kislina	11.1
treonin	2-amino-3-hidroksibutanojska kislina	 Slika 8: Treonin	6.9
glicin	aminoetanojska kislina	 Slika 9: Glicin	6.5
levcin	2-amino-4-metilpentanojska kislina	 Slika 10: Levcin	6.1
valin	2-amino-3-metilbutanojska kislina	 Slika 11: Valin	5.9
arginin	2-amino-5-gvanidinopentanojska kislina	 Slika 12: Arginin	5.6
asparaginska kislina	2-aminobutandiojska kislina	 Slika 13: Asparaginska kislina	5.0

alanin	2-aminopropanojska kislina	 Slika 14: Alanin	4.8
prolin	pirolidin-2-karboksilna kislina	 Slika 15: Prolin	3.6
izolevcin	2-amino-3-metilpentanojska kislina	 Slika 16: Izolevcin	2.7
tirozin	L-2-amino-3- (4-hidroksifenil) propanojska kislina	 Slika 17: Tirozin	1.9
fenilalanin	2-amino-3-fenilpropanojska kislina	 Slika 18: Fenilalanin	1.4
histidin	2-amino-3- (1H-imidazol-4-il) propanojska kislina	 Slika 19: Histidin	0.8
metionin	2-amino-4- (metiltio) butanojska kislina	 Slika 20: Metionin	0.5

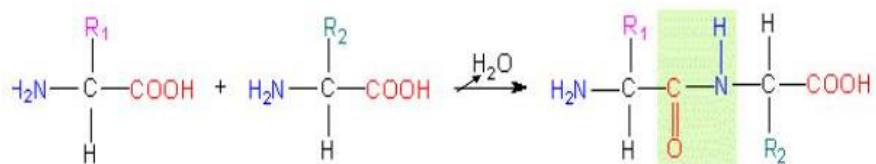
Beljakovino keratin sestavlja 16 glavnih aminokislin. Največ je cisteina.

- **Topnost keratina in vezi**

Vsi keratini so netopni, kar je posledica močnih znotrajmolekularnih in medmolekularnih disulfidnih ter medverižnih peptidnih vezi. [6] Pomembne so tudi ionske, glikozidne in vodikove vezi.

Peptidna vez je kovalentna kemijska vez, ki nastane z vezavo karboksilne skupine ene in aminoskupine druge molekule aminokislina, pri čemer se kot stranski produkt

sprosti molekula vode (H_2O). Glavni produkt take reakcije je dipeptid. Zaradi stabilnih peptidnih vezi je tudi sama vijačnica α -keratina zelo stabilna. [8]



Slika 21: Nastnek peptidne vezi

Disulfidna vez je kovalentna. Imenujemo jo tudi cistinska in je v lasnih vlaknih najpomembnejša. Nastane pri oksidaciji tiolnih funkcionalnih skupin (R-SH). Pri keratinu nastane ta vez med molekulami cistina. Čeprav ima žveplo tudi metionin, ta ne more tvoriti disulfidnih vezi. V keratinu se s takimi vezmi povežejo dimeri. Od količine disulfidnih vezi je odvisno tudi, ali so keratini mehki ali trdni. Vezi so močne in dajejo lasem 90 % moči. Kljub temu se zlahka prekinajo pod vplivom $\text{pH} > 5.5$. (Več o posledici prekinitev disulfidnih vezi je napisano v podpoglavju z naslovom *Spremembe in razlike v keratinu*).

Ionske vezi prispevajo k moči in elastičnosti las. Nastanejo, ko bazična aminokislina odda elektron kisli aminokislini. Tudi te se zlahka prekinajo pod vplivom $\text{pH} > 5.5$.

Glikozidna vez je manj pomembna za moč las in ohranjanje vlage. Povezava nastane med delom verige keratina, ki vsebuje hidroksilno skupino (R-OH), in med kislno aminokislino.

Vodikove vezi veljajo za zelo močne, vendar so šibkejšje od kovalentnih in ionskih. So privlak med elektropozitivnim vodikom in elektronegativnim kisikom, dušikom ali fluorom. Pomembne so za stabilizacijo vijačnice v keratinu. [9, 73]

- **Spremembe in razlike v keratinu**

Če lase tako ali drugače spreminjamo (belimo, barvamo, kodramo, likamo ...), se prekinajo disulfidne vezi med aminokislinami. Če to pogosto ponavljamo, vedno bolj uničujemo lase, zato so videti suhi in nezdravi. Škoda se lahko popravi z uporabo produktov za lase, ki vsebujejo aminokislino cistin. Razlika nastane tudi v količini določenih aminokislin. Pobeljeni lasje, analizirani en mesec po beljenju, vsebujejo manj cistina, tirozina in metionina, več pa cisteinske kisline. Tudi v trajno skodranih

laseh je manj cistina, več pa je cisteinske kisline in cisteina. V laseh, ki so bili zdravni z likalnikom za lase, pa je bila večja količina lantionina.

Na količino aminokislin v laseh oziroma sestavo keratina vplivata tudi genetika in spol. V neki raziskavi so analizirali lase 120 ljudi različnih starosti in barve las. Primerjali so količine cistina – molekule, ki nastane iz dveh molekul cisteina. Ugotovili so, da so moški lasje vsebovali več cistina kot ženski. Več cistina je bilo v temnih kot v svetlih laseh. Na količino aminokislin v laseh torej vplivata tudi spol in genetika. Drugi dejavniki, ki sicer pri tej raziskavi niso bili upoštevani, so še prehrana, vremenske razmere, okolje (npr. snovi v zraku) ... [4]

2.4.2 Voda

Lasje so higroskopični, torej iz vlažnega zraka absorbirajo molekule vode, nato pa jih spuščajo v suh zrak. 75 % maksimalne količine vode, ki jo lahko sprejmejo, se absorbira v 4 minutah. Več kot je vode v lasu, težji je. Teža se lahko poveča tudi od 12 do 18 %.

Količina vode v laseh je najbolj odvisna od tega, kako so bili lasje posušeni (naravno ali s toplim zrakom) in od količine vlage v zraku. Drugi dejavniki so še količina lipidov v laseh, pH ...

2.4.3 Sledi elementov

Sledi elementov najdemo v laseh zaradi različnih razlogov. Velika je lahko onesnaženost zraka v okolju, kjer bivamo (tudi izpostavljenost cigaretnemu dimu). Lasje, ki so večkrat in pogosteje oprani, vsebujejo višje koncentracije kovin (npr. Ca, Mg, Mn, Fe, Cu). Prav tako lahko v njih najdemo elemente znoja ali izločke, ki so posledica nepravilnega delovanja metabolizma. Vrednosti elementov, ki jih zaznamo s kemijsko analizo las (npr. z ICP–MS), lahko povežemo tudi z nekaterimi bolezenskimi stanji.

2.5 Obdelava las



Slika 22: Škoda zaradi toplotne obdelave in barvanja las

2.5.1 Barvanje

Barve za lase so lahko začasne, deloma obstojne ali obstojne. Večina jih vsebuje veliko škodljivih kemikalij, ki ne le da uničijo lase, temveč pogosto dražijo tudi našo kožo, oči in dihala.

V trajni barvi za lase najdemo amonijak in vodikov peroksid. Slednji uniči naravno barvo las tako, da kutikola zateče, hkrati pa sprošča kisik, kar omogoča nove kemijske reakcije v njej. Amonijak pa uniči kutikolo lasnega stebila, da lahko do tja prodrejo ostale kemikalije in se barva razvije, zato so take barve tudi trajne oziroma obstojne. Po večkratnem barvanju postanejo lasje trši in šibkejši. Druge nevarne kemikalije so še:

- etanolamin, ki pogosto nadomešča amonijak,
- resorcinol, ki pogosto izzove alergijske reakcije,
- natrijev lauril sulfat, ki izsuši kožo,
- svinčev acetat, ki ga najdemo navadno v produktih za ohranjanje barve las in je znan kot nevrotoksin, po mnenju znanstvenikov je pa kancerogen,
- para-fenilendiamin (PPD), toulen-2,5-diamin (TD) in toulen-2,5-diamin sulfat (TDS) so alergeni. Te spojine pogosto sprožijo alergijske reakcije, ki se kažejo kot otekel obraz, rdečica, opekline. Tudi naravna barva kana vsebuje PPD in je neprimerna za alergike. [10]

Za razliko od trajnih barv se začasna barva s pomočjo van der Waalsovih sil le »nalepi« na kutikolo in ne poškoduje notranjih plasti lasnega stebila. Po nekaj pranjih izgine. Podobno se zgodi z deloma obstojnimi barvami, le da pri teh barva že sega nekoliko globlje v korteks.

2.5.2 Toplotna obdelava

K toplotni obdelavi las spada oblikovanje pričeske s pripomočki, kot so likalnik, kodralnik za lase, toplotne krtače, sušilniki ...

Kakšna je škoda, je odvisno od temperature. Če pogosto uporabljamo toploto, postanejo lasje sčasoma suhi, trdi, vidne so tudi razcepljene konice.

Toplota prekine vodikove vezi, ki jih najdemo v korteksu, zato postanejo lasje prožnejši in se lahko oblikujejo. Ko jih spet izpostavimo vlagi, se ponovno vzpostavijo vodikove vezi, zato se vrnejo v svojo naravno obliko. [11]

Sušenje las s sušilnikom lahko povzroči večjo škodo na površini las kot naravno sušenje, a če lase s sušilnikom enakomerno sušimo z razdalje 15 cm, je škoda manjša kot pri naravnem sušenju. [12]

2.6 Težke kovine

2.6.1 Aluminij (Al)

Tabela 2: Fizikalne in kemijske lastnosti aluminija [13]

Skupina elementov	kovina
Perioda in skupina v PSE	3. perioda, 13. skupina
Vrstno število	14
Elektronska konfiguracija	[Ne] 3s ² 3p ¹
Relativna atomska masa	26,9815385
Agregatno stanje ¹	trdno
Tališče	660,32 °C (933,47 K, 1220,58 °F)
Vrelišče	2470 °C (2743 K, 4478 °F)
Gostota	2,70 g/cm ³
Specifična toplota	880
Elektronegativnost	1,61
Kristalna struktura	ploskovno centrirana kocka



Slika 23: Aluminij

Aluminij je mehka, nemagnetna in kovna srebrno bela kovina. V Zemljini skorji je za kisikom in silicijem tretji najpogostejši element in najpogostejša kovina, ki tvori približno 8 % njene mase. Zaradi velike reaktivnosti je v elementarni obliki izjemno redek in omejen samo na zelo reduktivna okolja. Nahaja se v več kot 270 različnih mineralih. Glavna aluminijeva ruda je boksit, najpomembnejše spojine pa oksidi in sulfati. Aluminij je pomemben predvsem zaradi majhne gostote in velike odpornosti proti koroziji, ki je posledica pasivacije površine. Njegove zlitine so ključne v letalski

¹ Standardni pogoji: T = 273,15 K; p = 100 kPa

industriji. Pomemben je tudi v transportu in konstrukcijah, v biologiji pa nima posebne vloge. [14]

- **Viri**

Osnovna surovina za pridobivanje aluminija, ki jo najdemo v naravi, je boksit. Zaradi fizikalnih in kemijskih razlogov iz njega ne moremo direktno pridobivati aluminija, pač pa ga pridobivajo z elektrolizo 10-odstotne raztopine aluminijevega oksida v talini kriolita (Na_3AlF_6). [14]

- **Izpostavljenost**

Aluminij je v pločevinkah, posodah, dezodorantih, kozmetiki, konzerviranih sirih, rafinirani moki, umetnem kvasu, pitni vodi itd. [14]

- **Vplivi na zdravje**

Nekaj toksičnosti se kaže v odlaganju aluminija v kosti in osrednje živčevje. To se zelo poveča predvsem pri bolnikih z zmanjšanim delovanjem ledvic. Ker aluminij pri absorpciji konkurira kalciju, lahko prehrana z veliko vsebnostjo aluminija prispeva k zmanjšanju mineralizacije kosti (osteopenija). To so opazili pri prezgodaj rojenih otrocih in pri tistih z zavirano rastjo. Aluminij v zelo visokih odmerkih se povezuje tudi s spremembo funkcije krvno-možganske pregrade. [14]

Simptomi, ki nakazujejo zastrupitev z aluminijem, so: mišična oslabelost, bolečine v kosteh, anemija, odpor do mesa, pekoči občutek v želodcu, karies, demenca, obolenja in disfunkcije živčevja, jeter in ledvic, Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen, izguba spomina, dekoncentracija, zmedenost in težave pri dojetju. [15]

2.6.2 Arzen (As)

Tabela 3: Fizikalne in kemijske lastnosti arzena [16]

Skupina elementov	polkovina
Perioda in skupina v PSE	4. perioda, 15. skupina
Vrstno število	33
Elektronska konfiguracija	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^3$
Relativna atomska masa	74,92160 a. e. m.
Agregatno stanje	trdno
Tališče	1090 K (1503 °F)
Vrelišče	887 K (1137 °F)
Gostota	5720 kg/m ³ (sivi) 1970 kg/m ³ (rumeni) 4700–5100 g/m ³ (črni)
Specifična toplota	330 J/(kg · K)
Elektronegativnost	2,18
Kristalna struktura	trigonalna (sivi)



Slika 24: Arzen

Arzen je splošno znan metaloid, ki se uporablja v različnih pesticidih, herbicidih in insekticidih in tudi v številnih zlitinah, predvsem za okrepitev. Pojavlja se v številnih mineralih, večinoma v kombinaciji z žveplom in kovinami, najdemo pa ga tudi v samorodni obliki v naravi. [17]

- **Izpostavljenost**

Do zastrupitev z arzenom oziroma prekomerne izpostavljenosti arzenu prihaja zaradi kontaminacije okolja s hrano in pitno vodo ter na delovnem mestu. Določene arzenove spojine se uporabljajo tudi v medicini, vsebujejo jih t. i. naravna zdravila, predvsem iz orientalskih dežel, ter dodatki v prehrani perutnine in prašičev. Uporaba arzenovih spojin v biocidnih sredstvih (konzervansih za stavbni les) in pesticidih pa

se omejuje. Znani so tudi primeri kriminalnih zastrupitev; na primer arzenik se je včasih uporabljal v te namene. Arzenovi spojini sta tudi bojna strupa adamsit in luizit.

- **Vplivi na zdravje**

Arzen je kemijsko zelo podoben fosforju. Delno ga nadomešča v biokemijskih reakcijah. Je strupen. Ko ga segrevamo, hitro oksidira v arzenov oksid, ki ima vonj po česnu.

Nekaj arzena se normalno nahaja v živih organizmih, zato kvalitativna potrditev prisotnosti arzena v telesnih tekočinah še ne pomeni tudi zastrupitve.

Plin arzin (arzenovodik, AsH_3) je najbolj toksična oblika arzena, a le v koncentracijah, ki jih človek ne zazna z vonjem, ne draži kože in sluznic, je brezbarven. [17]

Klinični potek zastrupitve je odvisen predvsem od vrste in količine arzenove spojine. Simptomi se lahko pojavijo od 30 minut do nekaj ur po izpostavljenosti. Nekatere dražijo oči, kožo in dihala, lahko pa povzročijo tudi pljučni edem. Ne glede na način izpostavljenosti pa arzen povzroča multisistemsko organsko prizadetost.

Za akutno zastrupitev so značilni slabost, bruhanje, hude bolečine v trebuhu, obilna krvava driska, ki hitro privede do izsušitve, ter motnje elektrolitnega in kislinsko-baznega ravnotežja. Možna je okvara ledvic, jeter, mišic, pojavi se lahko možganski edem z glavoboli, komo in krči. Smrt nastopi zaradi odpovedi srca in ožilja. Če bolnik preživi akutno fazo zastrupitve, se lahko po več dnevih ali tednih razvijejo periferna senzorična in motorična polinevropatija, alopecija itd. Pri vdihavanju arzenovodika (arzina) so opisani znaki zastrupitve manj izraženi; plin ne draži kože in sluznic, v ospredju sta hemoliza in sekundarna okvara ledvic. Klinični potek zastrupitve je odvisen od koncentracije plina in nastopa v več fazah. Sprva se oseba počuti dokaj dobro, ima lahko le zadah po česnu. V 30–60 minutah pa tudi po več urah se zaradi razvoja hemolize pojavijo splošna oslabelelost, glavobol, tresenje, žeja, slabost, bruhanje, bolečine v trebuhu, mišični krči, hematurija, lahko tudi hipotenzija. V zadnji fazi pride zaradi hemoglobinurije in neposrednega toksičnega učinka arzena do okvare ledvic z anurijo, pojavi se tudi zlatenica.

Za kronično zastrupitev z arzenom so značilne mialgija, periferna senzorična in motorična nevropatija, anemija, povišana raven transaminaz, prebavne težave ter

spremembe na koži, kot so hiperpigmentacija, hiperkeratoza podplatov in dlani, tudi eksfoliativni dermatitis in alopecija ter bele črte na nohtih. Določene arzenove spojine se uvrščajo med kancerogene snovi, npr. arzenik, arzenova kislina in njene soli. [18]

2.6.3 Kadmij (Cd)

Tabela 4: Fizikalne in kemijske lastnosti kadmija [19]

Skupina elementov	prehodni element
Perioda in skupina v PSE	5. perioda, 12. skupina
Vrstno število	48
Elektronska konfiguracija	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ²
Relativna atomska masa	112, 414 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	321,07 °C = 594,22 K
Vrelišče	767 °C = 1040 K
Gostota	8,65 g/cm ³
Specifična toplota	233 J/kgK
Elektronegativnost	1,69
Kristalna struktura	heksagonalna



Slika 25: Kadmij

- Izpostavljenost**

Kadmiju se ne moremo izogniti. 5–50 % ga pride v naše telo skozi pljuča. 1–10 % ga zaužijemo s hrano in vodo. Manj kot je v telesu železa, kalcija, cinka, bakra in hranilnih snovi, več je kadmija. V hrani so njegov glavni vir navadno žita in riž, zelenjava, oreški, zrna stročnic, krompir, ki se namakajo v vodi ali rastejo v zemlji, onesnaženi z odplakami, blatom in gnojili. Zaužijemo ga tudi z mesom in morskjo hrano. Visoke količine vsebuje predelana hrana, žitna zrna, instant kava, čokolada, kokakola, ker med predelavo odstranijo cink in kalcij, ki bi sicer morala absorbirati kadmij. [20]

Najbolj so kadmiju izpostavljeni kadilci, tako aktivni kot pasivni. Po podatkih ameriškega ministrstva za zdravje je v eni cigareti 1,7 mikrogramov kadmija. Vsakodnevno so izpostavljeni tudi delavci v tovarnah pri izdelavi kadmijevih baterij, taljenju kadmija, reciklaži izdelkov s kadmijem in proizvodnji barvnih kovin. [21]

- **Vplivi na zdravje**

Kadmij nima posebnega pomena za človeško telo in v malih količinah ni nevaren. Če ga je preveč, pa lahko to vodi k številnim (kroničnim) boleznim ali do akutne zastrupitve. Povezujejo ga tudi s povišanim krvnim tlakom in sladkorno boleznijo. Večina kadmija se iz pljuč in prebavil prenese v kri, kjer se veže z eritrociti in potuje do jeter in ledvic. Tam ostane več let in se zaradi dolgega razpolovnega časa (10–30 let) akumulira. Le majhne količine se izločijo z urinom in drugimi iztrebki. V majhnih količinah kadmij sicer nima pozitivnih učinkov za naše telo, a mu ne škoduje.

Kadmij velja za snov, ki je kancerogena. Znan je kot povzročitelj pljučnega raka. Povezujejo ga tudi z nastankom ledvičnega raka, raka na jetrih, na mehurju, prostati, trebušni slinavki, hematopoetskem (krvnotvornem) sistemu, materničnem vratu, dojkah. Ne deluje direktno na DNA, ampak sproža tvorbo reaktivnih kisikovih spojin, ki poškodujejo DNA, uničujejo membrane, zavirajo popravljanje DNA, celično rast in apoptozo. To pripomore k staranju celic. Napake in poškodbe se kopičijo, zato je mutacij vedno več in so vedno pogostejše. Spreminja tudi izražanje genov. Kadmij je tudi eden izmed hormonskih motilcev, ki so v živilih, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju. [22]

Kronična zastrupitev nastopi, če smo kadmiju izpostavljeni dolgo časa. Znanstveniki na John Hopkins Medicine so v raziskavi, v katero je bilo vključenih 12.732 ljudi, ugotovili, da imajo ljudje, ki so izpostavljeni kadmiju, dlje časa 3,5–krat večjo možnost, da umrejo zaradi bolezni jeter (npr. nealkoholno vnetje jeter, nealkoholna mastna jetra ...). Pri ženskah naj bi se ta kadmij zaradi menopavze porazdelil v kosti, kjer je stabilnejši kot v ledvicah in jetrih. Ker moški tega nimajo, so bolj izpostavljeni takim boleznim. [23]

Kadmij močno vpliva na ledvice. Po dolgi izpostavljenosti nastane okvara sečnih cevok in Fanconijev sindrom, kar pomeni, da glukoza, aminokisline, sečna kislina, fosfati in bikarbonati, ki bi se sicer morali reabsorbirati v ledvicah in vrniti v kri, prehajajo v seč. [24] Možna je tudi odpovedi ledvic. Tveganje je še večje pri osebah, ki imajo sladkorno bolezen ali hipertenzijo. Telo se pred boleznimi ledvic skuša zavarovati s cinkom, a mehanizmi, ki pomagajo pri tem, niso znani. Dolgotrajna izpostavljenost kadmiju povzroča tudi izgubo vonja, apetita, hujšanje, anemijo, krhkost kosti ... [25]

Akutna zastrupitev nastane zaradi vdihavanja zraka, ki vsebuje visoke koncentracije kadmija. Njeni simptomi so kašelj, težko dihanje, glavobol, vročica, znojenje, omotica, slabost, bruhanje, driska ... V najhujših primerih se pojavi vnetje pljuč, spremeni se prepustnost pljučnih membran, nastopi pomanjkanje kisika in smrt. Pri preživelih so lahko posledice emfizma, ki povzroča težko dihanje, možna pa je tudi popolna ozdravitev. [18]

2.6.1 Kositer (Sn)

Tabela 5: Fizikalne in kemijske lastnosti kositra [26]

Skupina elementov	kovina
Perioda in skupina v PSE	5. perioda, 14. skupina
Vrstno število	50
Elektronska konfiguracija	$[\text{Kr}]4d^{10} 5s^2 5p^2$
Relativna atomska masa	118,710 a. e. m.
Agregatno stanje	trdno
Tališče	505,08 K (449,47 °F)
Vrelišče	2875 K (4716 °F)
Gostota	7310 kg/m ³
Specifična toplota	228 J/(kg · K)
Elektronegativnost	1,96
Kristalna struktura	Tetragonalna



Slika 26: Kositer

Kosíter je srebrna kovina, ki na zraku ne oksidira zlahka in se upira koroziji. Najdemo ga v številnih zlitinah, npr. v bronu ali cinku. Uporabljamo ga za zaščitno prevleko drugih kovin za preprečevanje korozije. Večinoma ga pridobivajo iz minerala kasiterita, kjer se pojavlja kot oksid. [27]

- **Izpostavljenost**

Kositer najdemo v zraku, vodi in prsti, zato manjše količine zaužijemo s hrano.

- **Vpliv na zdravje**

Dokazov, da bi bil kositer za nas esencialna kovina, ni. V telesu se hitro akumulira in prav tako hitro izstopi, zato nima dolgoročnih škodljivih učinkov na organizem. Kositer in njegove anorganske spojine spadajo med zdravju škodljive substance, vendar ne med najbolj strupene. Kositrove organske spojine, še posebej alkilne (etil, metil itd.), so izjemno hudi strupi. [28]

2.6.2 Svinec (Pb)

Tabela 6: Fizikalne in kemijske lastnosti svinca [29]

Skupina elementov	kovina, prehodni element
Perioda in skupina v PSE	6. perioda, 14. skupina
Vrstno število	82
Elektronska konfiguracija	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Relativna atomska masa	207, 20 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	327,46°C = 600.61 K
Vrelišče	1749 °C = 2022 K
Gostota	11,34 g/cm ³
Specifična toplota	26650 J/kgK
Elektronegativnost	1,87
Kristalna struktura	ploskovno centrirana kocka



Slika 27: Svinec

Svinec (Pb) je v naravi prisoten predvsem kot posledica antropogenih in industrijskih aktivnosti in tudi kot posledica odlaganja odpadkov iz teh dejavnosti. V okolju se pojavlja v organski, še pogostejše pa v anorganski obliki.

- **Izpostavljenost**

Svinec vstopa v človeka s hrano, ki je vodilni vir vnosa, z vodo, zrakom, tlemi in prahom. Največ ga vnašamo z žiti in žitnimi proizvodi, v domačem okolju pa so lahko vzrok za zastrupitev stare svinčene igrače, neustrezno izdelana lončena posoda in barve ali tradicionalna ljudska zdravila, kozmetika in homeopatska zdravila. [30]

- **Vplivi na zdravje**

Nekatere študije so nakazale možnost, da svinec povzroča raka, zato ga Mednarodna agencija za raziskave raka uvršča med verjetne dejavnike tveganja za nastanek raka – skupina 2B (»possibly carcinogenic to humans«), EPA pa v skupino B2 (»probable human carcinogen«). Nekatere epidemiološke študije kažejo, da bi lahko vplival na razvoj raka na ledvicah in pljučih. [30]

- **Zastrupitev**

Svinec uvrščamo med težke kovine. Toksičnost njegovih spojin je odvisna od tega, ali gre za anorgansko obliko svinca (svinčev oksid, elementarni svinec, svinčeve barve) ali za organokovinski svinec (svinčev tetraetil; vsebuje ga osvinčeni bencin). Zastrupitve z organosvinčenimi spojinami imajo na splošno slabšo prognozo zaradi manj učinkovitega specifičnega zdravljenja. Otroci so zaradi drugačne farmakokinetike svinca občutljivejši kot odrasli, saj je tudi absorpcija v prebavnem traktu precej višja pri otrocih (30–50 %) v primerjavi z odraslimi (5–10 %).

Toksičnost svinčevih soli je sorazmerna z njihovo topnostjo in obratno sorazmerna z velikostjo delcev. Anorganski svinec vstopa v organizem skozi dihala in prebavila, organski pa tudi skozi kožo. Za svinec je značilno kopičenje v organizmu. Prizadene lahko skoraj vse organske sisteme, najbolj pa osrednji in periferni živčni sistem, prebavni trakt, ledvice in tudi krvotvorni, srčno-žilni in endokrini sistem.

Akutne zastrupitve s svincom so redke. Svinčeve spojine močno dražijo sluznico prebavnega trakta, zaužitje večje količine povzroči bruhanje, kovinski okus, bolečine v trebuhu in drisko, v hujših primerih oligurijo, cirkularni kolaps in nezavest.

Pri kronični zastrupitvi je klinična slika odvisna od intenzivnosti in časa izpostavljenosti. Začetni znaki so lahko sprva prikriti ali blagi in se kažejo kot splošna slabost, utrujenost, hujšanje, izguba apetita, nato pa se pojavijo abdominalne kolike (svinčeve kolike), obsipacija in slabokrvnost. Značilen svinčev rob na dlesnih je viden le pri slabi higieni sob. V krvi najdemo bazofilno punktirane eritrocite. Pozneje oziroma pri hujši zastrupitvi je pri odraslih značilna periferna motorična nevropatija, ki prizadene ekstenzorje v zapestjih in skočnih sklepih, pri otrocih pa je najbolj izražena svinčeva encefalopatija, ki je lahko življenjsko ogrožujoča. Kaže se kot ataksija, delirij, krči in motnje zavesti do kome. Posledice kroničnega vpliva svinca so tudi

okvara ledvic, jeter, artralgie in putika, motnje mišljenja in obnašanje, lahko oslabi plodnost in škoduje nerojenemu otroku.

Zastrupitev z organskim svincem prizadene predvsem osrednje živčevje. Splošno znani so toksični učinki svinčevega tetraetila. V klinični sliki je v ospredju svinčeva encefalopatija, ki se kaže kot nespečnost, konvulzije in toksična psihoza. Značilni triadi ataksije, tremorja in hipotenzije se lahko pridružita tudi bradikardija in hipotermija. Večja izpostavljenost povzroči dezorientiranost, zmedenost, bolečine v mišicah, v najhujših primerih tudi halucinacije, manijo, psihozo, krče, možganski edem, komo in smrt. [18]

2.7 Esencialni elementi

2.7.1 Baker (Cu)

Tabela 7: Fizikalne in kemijske lastnosti bakra [31]

Skupina elementov	prehodna kovina
Perioda in skupina v PSE	4. perioda, 11. skupina
Vrstno število	29
Elektronska konfiguracija	$[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$
Relativna atomska masa	63,536 a. e. m.
Agregatno stanje	trdno
Tališče	1357,6 K (1084,45 °C)
Vrelišče	2840 K (2566,9 °C)
Gostota	8920 kg/m ³
Specifična toplota	380 J/(kg · K)
Elektronegativnost	1,9
Kristalna struktura	kubična, ploskovno centrirana



Slika 28: Baker

Baker je rdečkasta kovina z visoko električno in toplotno prevodnostjo (med čistimi kovinami ima pri sobni temperaturi višjo električno prevodnost le srebro). [32]

- **Viri**

Dober vir bakra za telo so predvsem jetra, ostrige, jastogi, rakovice in zelenjava, kot so stročnice, polnozrnata žita in izdelki iz njih, oreščki, semena, grah, artičoka, avokado, redkvica, česen, gobe, krompir, paradižnik, izdelki iz soje. Baker je tudi v sadju, predvsem v bananah in suhih slivah. [32]

- **Pomen**

Baker je esencialen element, vgrajuje se v številne encime, ki sodelujejo v različnih metabolnih procesih. Potrebni dnevni vnos s hrano za odraslega je 2 mg. Bakrove soli se uporabljajo kot fungicidi in algicidi ter v industriji. Bakrov sulfat kot emetik so v

medicini zaradi toksičnosti prepovedali. Kot mikroelement je nepogrešljiv pri krepitvi žil, kosti, kit in živčevja, pomaga ohranjati plodnost, zagotavlja zdravo kožo in pigmentacijo, saj sodeluje pri tvorbi kolagena, pripomore k strjevanju krvi in je nujen za nastanek eritrocitov, pomaga telesu izkoriščati obstoječe zaloge železa, ohranja imunsko odpornost in preprečuje celo sivenje las. [33]

Bakrove soli se uporabljajo kot fungicidi in algicidi ter v industriji. Bakrov sulfat kot emetik so v medicini zaradi toksičnosti prepovedali.

Za odraslega človeka je priporočljiva količina bakra približno 2–3 mg na dan. Bakra je dovolj v vsakodnevni mešani, uravnoteženi prehrani, zato je njegovo hudo pomanjkanje zelo redek pojav. Navadno nastopi pri ljudeh s Crohnovo boleznijo, s celiakijo in pri obolelih z dednimi boleznimi, ki zavirajo vsrkanje bakra, kot npr. albinizem. Baker utegne primanjkovati tudi otrokom, ki uživajo nadomestke za materino mleko z manj kot 0,75 milimola bakra na liter. Pomanjkanje bakra lahko nastopi tudi v nosečnosti, ob jemanju kontracepcijskih tablet in kajenju. [32]

- **Vplivi na zdravje**

Elementarni baker se slabo absorbira iz prebavil in je primarno netoksičen, pod vplivom želodčne kisline pa se lahko tvorijo toksični bakrovi ioni. Stik bakrovega prahu z očmi lahko povzroči resno poškodbo.

Večina bakrovih spojin je zaradi slabe topnosti in absorpcije malo sistemsko toksičnih. Topne bakrove soli, kot sta bakrov sulfat in acetat, imajo poleg korozivnega učinka na sluznice in roženico pri večjem zaužitju tudi sistemsko toksičnost. Tako zaužitje več kot 250 mg bakrovega sulfata povzroči bruhanje, še večje količine pa okvaro jeter in ledvic. Ocenjen smrtni odmerek za nezdravljeno odraslo osebo je od 10–20 g bakra. Organske bakrove spojine so zaradi boljše topnosti na splošno bolj toksične kot anorganske. Baker se večinoma izloča z žolčem, njegovo nenadno sproščanje iz jeter v obtok (npr. pri centrilobularni nekrozi) in prehod v eritrocite pa povzroči sekundarno hemolizo. [32]

2.7.2 Cink (Zn)

Tabela 8: Fizikalne in kemijske lastnosti cinka [34]

Skupina elementov	prehodna kovina
Perioda in skupina v PSE	4. perioda, 12. skupina
Vrstno število	30
Elektronska konfiguracija	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ²
Relativna atomska masa	65,38 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	419,53 °C = 692,68 K
Vrelišče	907 °C = 1180 K
Gostota	7,14 g/cm ³
Specifična toplota	390 J/kgK
Elektronegativnost	1,65
Kristalna struktura	heksagonalna



Slika 29: Cink

- **Viri**

Največ cinka najdemo v morski hrani, mesu in semenih. Veliko ga je tudi v fižolu in grahu, najmanj pa v sadju in zelenjavi.

- **Pomen**

Tako kot za druga živa bitja je cink nujno potreben tudi za človeka. Še posebej veliko vlogo ima za še nerojenega otroka, v otroštvu, pa tudi v puberteti, zato so takrat potrebe po njem največje. Ker sodeluje pri delitvi in rasti celic, pomaga pri normalni rasti ter otrokovem dosegu zdrave teže in pravilnem razvoju organov. Ključen je pri razvoju spolnih organov in možganov. Pomemben pa je tudi za odrasle. Telo s pomočjo cinka proizvede posebno vrsto belih krvnih celic, tj. T-limfocite oziroma T-celice, ki so ključne pri imunskem odgovoru na antigene. Ko se v telesu pojavi antigen (npr. virus), T-limfociti proizvedejo protitelesa, drugi T-limfociti pa lahko prepoznajo celice, ki so že okužene z virusom, in jih uničijo. Pomemben je za različne celične procese, kot so signaliziranje, prenos živčnih dražljajev in apoptoza

ali celična smrt. Vsebuje ga 60 encimov, zato je pomemben pri sintezi proteina, ki odloča o prenosu vitamina A. V telesu pomaga tudi pri ohranjanju vitamina E. [35]

Cink je torej življenjsko pomemben za pravilno delovanje našega imunskega sistema, sodeluje pa tudi pri drugih procesih, kot je razgradnja ogljikovih hidratov, ki jih telo zaužije s hrano.

- **Vpliv na zdravje**

Če je v telesu premalo cinka to vpliva na našo odpornost, rane se celijo slabše, pri otrocih se lahko upočasni rast. Vpliva na spolni razvoj, nastajanje spolnih celic, človek izgubi tek, izpadajo mu lasje, lahko se pojavijo težave pri gledanju v temi (nočna slepota) ...

Pomanjkanje je še posebno problematično pri bolnikih z drugimi boleznimi, kot so kronična diareja, anoreksija, Chronova bolezen, sladkorna bolezen ... Pri takih bolnikih telo absorbira manj cinka in/ali ga veliko izgublja z urinom, blatom ... [35]

Zastrupitev s cinkom se pojavi, če ga dnevno zaužijemo več kot 40 mg. Lahko je akutna, kar pomeni, da tolikšno količino zaužijemo naenkrat, lahko pa kronična, če človek v daljšem času skupaj zaužije več kot 150 mg.

Akutne zastrupitve so redke. Simptomi so slabost, bruhanje, krči, diareja, glavoboli ... Ko je nek 17-letnik zaužil 4 g tablet cinkovega glukonata, ki vsebuje 570 mg cinka, sta se po 30 minutah pojavila slabost in bruhanje. Drugih posledic akutne zastrupitve ni bilo. [36]

2.7.3 Jod (I)

Tabela 9: Fizikalne in kemijske lastnosti joda [37]

Skupina elementov	nekovina, halogeni element
Perioda in skupina v PSE	5. perioda, 17. skupina
Vrstno število	53
Elektronska konfiguracija	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵
Relativna atomska masa	126,90 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	113,7 °C = 386,85 K
Vrelišče	184,3 °C = 457,4 K
Gostota	4,933 g/cm ³
Specifična toplota	54,44 J/kgK
Elektronegativnost	2,66
Kristalna struktura	ortorombična



Slika 30: Jod

Jod je najtežji halogeni element. Je trdna snov črnomodre barve. Zanj je značilna sublimacija, torej se pri sobni temperaturi trdni kristali joda spremenijo neposredno v plin. To vidimo kot temnovijoličasto paro. [73]

- **Viri**

Jodove atome in ione v vesolju težko najdemo, saj so zelo redki. Večina proizvedenega joda vsako leto prihaja iz mineralov z jodidnimi ioni. Ostalo ekstrahirajo iz slanice. Najdemo ga še v organskih spojinah v nekaterih morskih organizmih (metil jodid) in v morski travi ter nekaterih algah. Posledično ga lahko zaužijemo z morsko hrano. [73]

• Pomen

Čeprav naše telo samo ne zna izdelati joda in ga je v telesu zelo malo (okoli 20 mg), je za nas pomemben, zato ga moramo v dovolj velikih količinah zaužiti s hrano. Pomemben je za delovanje ščitnice, kjer sodeluje pri sintezi dveh pomembnih hormonov – trijodtironina in tiroksina, ki uravnavata naš metabolizem, telesno temperaturo, srčni utrip, rast, regulirata krvni sladkor ... Kadar potrebujemo več energije, pomaga tudi pri porabi maščob in hranilnih snovi, ki so shranjene v telesu. Nosečnica si mora nujno zagotoviti vnos joda, saj so hormoni ščitnice nujno potrebni za razvoj plodu, še posebej za možgane. Jod najdemo še v želodcu, delih očesa in drugih organih, a njegova vloga še ni dokončno raziskana. Znanstveniki predvidevajo, da lahko pripomore k manjši možnosti za razvoj raka na dojkah, saj preprečuje neobičajno in hitro rast in delitev celic. [38]

• Vplivi na zdravje

S pomanjkanjem joda se na svetu sooča veliko ljudi. Kot posledica tega se najpogosteje pojavi golša. Ker ščitnica nima dovolj joda za sintezo omenjenih hormonov, mora za delovanje porabiti več energije. To se odrazi kot oteklina na vratu, ki je posledica povečane ščitnice. Možna sta tudi avtoimunska bolezen ščitnice in rak. Pri ženskah je možno, da preneha ovulacija, kar lahko povzroči tudi neplodnost. Velike so lahko tudi posledice za še nerojenega otroka, npr. okvara živčnega sistema, duševna prizadetost ...

Jod je lahko škodljiv v različnih oblikah oziroma nam lahko škoduje ob različnih stikih z njim. Če ga zaužijemo preveliko količino, se pojavijo poškodbe ust, požiralnika in pljuč, kar se kaže kot težko dihanje, bolečine v trebuhu, bruhanje, vročina, kovinski okus v ustih ... Možne težave so tudi odpoved ledvic, povišana srčni utrip in krvni tlak, glavbol ... Čeprav jod vsebuje hrana, ki jo uživamo, so te količine majhne, zato nam ne škodujejo. Nevarno je uživanje velikih količin joda dlje časa, saj se pojavi kronična zastrupitev. Pri odraslih so te doze višje od 1100 µg/dan, pri otrocih pa se zgornja meja giba med 200 in 800 µg/dan (odvisno od starosti). Za najstnike je lahko nevarna količina višja od 900 µg/dan. Posledica vdihavanja joda je lahko pljučni edem (nabiranje tekočine v pljučnem tkivu). Če so v stiku z jodom koža ali oči, pa se pojavijo hude opekline. Če v telo pride izjemno velika količina joda, je lahko posledica tudi smrt. [39]

2.7.4 Kalcij (Ca)

Tabela 10: Fizikalne in kemijske lastnosti kalcija [40]

Skupina elementov	zemeljskoalkalijska kovina
Perioda in skupina v PSE	4. perioda, 2. skupina
Vrstno število	20
Elektronska konfiguracija	[Ar] 4s ²
Relativna atomska masa	40.078 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	842 °C = 1115 K
Vrelišče	1484 °C = 1757 K
Gostota	1,55 g/cm ³
Specifična toplota	25,929 J/molK
Elektronegativnost	1,00
Kristalna struktura	ploskovno centrirana kocka



Slika 31: Kalcij

- **Viri**

Kalcij je peti najpogostejši element v zemeljski skorji. Veliko ga je v kamninah ali mineralih, ki jih zato splošno imenujemo apno. Pomemben je kalcit, glavna sestavina apnenca in marmorja. [73]

V hrani ga je največ v mlečnih izdelkih, npr. v kozarcu mleka približno $\frac{1}{3}$ g. Tudi zelenjava je vir kalcija, predvsem zelenolistna, npr. špinača in ohrovt. Problem pa je, da je v zelenjavi večina kalcija vezanega z oksalno kislino, česar pa telo ne more absorbirati. Najdemo ga še v nekaterih ribah, pomarančnem soku ...

- **Pomen**

Kalcij je najpogostejša kovina v našem telesu. Je ključnega pomena za naše kosti in zobe. Kar 99 % vsega se nahaja ravno tam in je glavni element v spojini hidroksiapatit. Če je v telesu kalcija dovolj, so naše kosti in zobje trdni in močni. Telo

potrebuje največ kalcija, ko raste, torej v otroštvu in adolescenci. Še posebej pomembna je zadostna količina pri nosečnicah in doječih materah. Kalcij je pomemben tudi za celično delitev, sproščanje hormonov, nadziranje pH-vrednosti krvi in pravilno delovanje srca ter živčevja. Če ga kje v telesu primanjkuje, se lahko sprost iz kosti. S starostjo količina kalcija v telesu pada. Telo ga izgublja s potenjem in kožnimi celicami. Pri ženskah je za to razlog tudi manjša količina estrogena.

V povezavi s kalcijem je pomemben vitamin D, ki pomaga tako pri absorpciji kalcija iz črevesja, kot pri izgradnji kosti. [73]

- **Vpliv na zdravje**

Poznamo dve vrsti pomanjkanja kalcija. Prvo se pojavi zaradi premajhnega dnevnega vnosa s hrano ali prehranskimi dopolnili. V kosteh se zaloge kalcija manjšajo, zato so kosti zelo krhke. To lahko povzroči osteoporozo in povečanje možnosti zlomov kosti. Takšno pomankljanje se kaže v bolečinah v kosteh, hrbtu in vratu ter sključeni drži ... Kost se lahko zlomijo ob najmanjšem pritisku. Druga vrsta je hipokalcemija, pomanjkanje kalcija v krvi. Največkrat jo povzročijo zdravila ali bolezni, npr. hipoparatiroidizem. Posledično se pojavi tudi pomanjkanje v kosteh, saj telo nujno potrebuje kalcij za svoje delovanje. Simptomi so mišični krči, otrplost, izguba apetita, modrice ... Katero koli pomankljanje lahko privede do nevarnih bolezenskih stanj, kot so visok krvni pritisk, nenormalen srčni utrip, bolečine v prsih, težko dihanje ... [41]

Bolezensko stanje, ki je posledica prevelike količine kalcija v krvi, je hiperkalcemija. Nastane zaradi nepravilnega delovanja ščitnice – hiperparatiroidizem. Obščitnične žleze proizvedejo preveč paratiroidnega hormona, ki uravnava količino kalcija. Ta se sprost iz kosti v kri. Poleg visoke ravni kalcija v krvi kosti postanejo krhkejše. Simptomi so bruhanje, slabost in zaprtje. Hiperkalcemija je pogosto posledica raka, simptomi pa so pogosto spregledani, saj so taki tudi stranski učinki kemoterapije. Če zdravljenja ni, lahko oseba pade v komo ali celo umre. Do zastrupitve lahko pride tudi zaradi prevelikega vnosa kalcija zaradi prehranskih dopolnil. [42]

2.7.5 Kalij (K)

Tabela 11: Fizikalne in kemijske lastnosti kalija [43]

Skupina elementov	alkalijska kovina
Perioda in skupina v PSE	4. perioda, 1. skupina
Vrstno število	19
Elektronska konfiguracija	[Ar] 4s ¹
Relativna atomska masa	39,10 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	63,5 °C = 336,7 K
Vrelišče	759 °C = 1032 K
Gostota	0,862 g/cm ³
Specifična toplota	26,6 J/molK
Elektronegativnost	0,82
Kristalna struktura	telesno centrirana kocka



Slika 32: Kalij

- **Viri**

Kalij je sedmi najpogostejši element v zemeljski skorji (2,1 %). Je zelo reaktiven, predvsem z vodo in kisikom, elementarnega pa v naravi ni. Čisto kovino pridobivajo industrijsko s segrevanjem kalijevega klorida z natrijevo paro. Natrij izpodrine kalij, da se kot para izloči. [73]

Naše telo ga ne proizvaja samo, zato je pomembno, da ga dovolj zaužijemo s hrano. Največ ga je v sadju in zelenjavi. Pomembni viri kalija so avokado (708 mg), banana (400 mg), krompir z olupkom (926 mg), rozine (600 mg), špinača (420 mg). Je tudi v mleku in mesu. [44]

- **Pomen**

Kalij je pomemben elektrolit v našem telesu, kar pomeni, da je mineral, ki nosi električni naboj po telesu preko krvi. V krvi so zato raztopljeni kalijeve ioni K^+ . 98 % kalija se nahaja v celicah in je nujno potreben za tvorbo in prenos živčnih signalov. [72] Ko pride v celico, to sproži izmenjavo natrija in kalija preko celične membrane. V živčnih celicah se zato pojavi električni potencial, ki prevaja živčne impulze. Ima ključno vlogo pri krčenju skeletnih in gladkih mišic ter regulira bitje srca. Ker nevtralizira učinke natrija, pomaga pri uravnavanju krvnega tlaka. Za stalno raven v telesu skrbijo ledvice, ki izločajo nepotrebne količine kalija v urin. [45, 46]

- **Vpliv na zdravje**

Hipokalemija je pomanjkanje kalija v krvi. Največkrat je razlog za to izguba kalija z urinom, blatom, prekomernim potenjem ..., redko premajhen vnos hrane. Velikokrat je posledica bolezni ali stranski učinek zdravil, npr. Bartterjev sindrom (zaradi okvare ledvic nastane neravnovesje natrija in kalija), Gitelmanov sindrom (nastane neravnovesje ionov v telesu), Chronova bolezen, diabetična ketoacidoza, prevelike doze penicilina ... Povzroča nenormalen srčni utrip in visok krvni tlak. Simptomi so izguba energije, mišični krči, problemi z želodcem. Je smrtno nevarno stanje, zato je potrebna takojšnja zdravniška pomoč. [47]

Povišan kalij imenujemo hiperkalemija. Količina je prevelika za ledvice, ki bi sicer morale izločati presežek. Razlogi za hiperkalemijo so odpoved ledvic, diabetes, kemoterapija, opekline, uporaba diuretikov, ki zadržujejo kalij (zdravila, ki pospešujejo nastajanje urina). Za osebo, ki ni navajena na velike količine kalija, je enkratno zaužitje več kot 18 g zelo nevarno, čeprav ledvice delujejo normalno. Simptomi so utrujenost, bruhanje, slabost, težko dihanje, bolečine v prsih ... Pojavita se lahko srčna aritmija in zastoj srca. [48]

2.7.6 Magnezij (Mg)

Tabela 12: Fizikalne in kemijske lastnosti magnezija [48]

Skupina elementov	zemeljskoalkalijska kovina
Perioda in skupina v PSE	3. perioda, 2. skupina
Vrstno število	12
Elektronska konfiguracija	[Ne] 3s ²
Relativna atomska masa	24,305 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	650 °C = 923 K
Vrelišče	1091 °C = 1363 K
Gostota	1,738 g/cm ³
Specifična toplota	24,869 J/molK
Elektronegativnost	1,31
Kristalna struktura	heksagonalno gosto zložena



Slika 33: Magnezij

- **Viri**

Magnezij najdemo v zemeljski skorji, pridobiva pa se iz magnezijevih rud. Za ljudi je dober vir magnezija zelena zelenjava, saj najdemo njegove atome v klorofilu, npr. v špinači. Veliko ga je v hrani, ki vsebuje vlaknine, kot so stročnice, oreščki, semena ... Nekateri dobijo dodatne količine magnezija s prehranskimi dopolnili. Je tudi glavna sestavina nekaterih odvajal. [50]

- **Pomen**

99 % magnezija v telesu najdemo v kosteh, mišicah in mehkem tkivu. Preostali del se nahaja v serumu in rdečih krvnih celicah. Tretjina, ki je shranjena v kosteh, služi za vzdrževanje primerne ravni magnezija zunaj celice. Z leti se količina magnezija v kosteh manjša. Kot kofaktor ima pomembno vlogo pri več kot 300 encimskih

reakcijah. Pomemben je za sintezo proteinov, krčenje in sproščanje mišic, uravnavanje krvnega sladkorja in krvnega tlaka. Magnezijevi ioni so ključni za nastanek adenozin trifosfata – ATP (proizvodnja energije).

Nujen je za sintezo DNA in RNA. Sodeluje tudi z drugimi elementi, kot sta kalcij in kalij. Potreben je za aktivni transport kalcijevih in kalijevih ionov skozi celično membrano. Količino magnezija v telesu uravnavajo ledvice. [51, 52]

- **Vplivi na zdravje**

Premajhno količino magnezija v krvi imenujemo hipomagnezija. Pomanjkanje zaradi premajhnega vnosa magnezija s hrano je redko, saj zdrave ledvice skrbijo, da se ga z urinom ne izloči preveč. Največkrat so razlogi alkoholizem, saj ledvice takrat izločajo večje količine magnezija, kot sicer, težave s prebavo, kot je kronična diareja ... Ogrožene so tudi nosečnice, še posebno v tretjem trimesečju, saj tudi takrat ledvice izločajo več snovi kot sicer. Tudi zaradi nekaterih zdravil telo težko absorbira magnezij.

Daljša pomanjkanje se kaže v izgubi apetita, slabosti, glavobolu, utrujenosti ... Kosti sčasoma postanejo krhke, pojavijo se lahko mišični krči in težave pri delovanju srca. Ker sodeluje tudi s kalijem in kalcijem, lahko pomanjkanje magnezija povzroči tudi pomanjkanje teh dveh elementov.

Povečano količino magnezija v krvi imenujemo hipermagnezija. Najpogosteje se pojavi zaradi težav z jetri ali zaradi odpovedi ledvic, saj organa nista sposobna odstranjevati odvečnih količin elementa iz telesa. Problem je lahko tudi uporaba odvajal, ki vsebujejo magnezij. Zastrupitev se kaže s simptomi, kot so diareja, bolečine v trebuhu, bruhanje ... V hujših primerih se pojavijo težave pri dihanju, nizek krvni tlak, srčni zastoj ... [52]

2.7.7 Natrij (Na)

Tabela 13: Fizikalne in kemijske lastnosti natrija [53]

Skupina elementov	alkalijska kovina
Perioda in skupina v PSE	3. perioda, 1. skupina
Vrstno število	11
Elektronska konfiguracija	[Ne] 3s ¹
Relativna atomska masa	22,99 g/mol
Agregatno stanje	trdno
Tališče	370.944 K = 97,794 °C
Vrelišče	1156,090 K = 882,940 °C
Gostota	0,968 g/cm ³
Specifična toplota	28,230 J/molK
Elektronegativnost	0,93
Kristalna struktura	telesno centrirana kubična



Slika 34: Sol NaCl

- **Viri**

Natrija je v naravi največ v morski vodi, na 1 m³ kar 10 kg v obliki raztopljenih natrijevih ionov Na⁺. V industriji ga pridobivajo z elektrolizo natrijevega klorida NaCl. [73]

Natriju se v hrani skorajda ne moremo izogniti, saj ga uživamo kot kuhinjsko sol NaCl, ki je že dodana kupljenim jedem, prav tako pa jo sami dodajamo pri kuhanju. Naravno ga najdemo v mleku, rdeči pesi in zeleni. [54]

- **Pomen**

Natrij je elektrolit, ki ga telo nujno potrebuje za ohranjanje hidracije telesa, zato ga največ najdemo v krvi in v medceličnini. Ima ključno vlogo pri pravilnem delovanju živčnih in mišičnih celic. Naravno ga izgubljamo z urinom in potem, njegovo količino pauravnavajo ledvice; hormon vasopresin namreč regulira količino vode v telesu z nadziranjem količine urina. Delovanje tega hormona lahko pospešijo zdravila, telesna aktivnost, stres, hipoglikemija, srčne bolezni, okvara ledvic ... [54]

- **Vpliv na zdravje**

Če je v krvi premalo natrija, nastane hiponatriemija. To stanje lahko povzročijo odpoved ledvic, srčne bolezni, ciroza jeter ali uporaba odvajal. Možen vzrok je tudi polidipsija, kar pomeni, da človek popije preveč vode, kar je navadno posledica drugih bolezni. Pomanjkanje vpliva predvsem na možgane, kar se kaže kot zmedenost, trzanje mišic ... Nujno potrebna je zdravniška pomoč. Stanje navadno urejajo z zdravili ali z infuzijo.

Če je v krvi preveč natrija, imenujemo to stanje hipernatriemija. Pojavi se, če pijemo premalo vode, uporabljamo odvajala, zaradi diareje, bruhanja, se prekomernega potenja, saj telo izloča veliko vode. Stanje je lahko tudi posledica drugih bolezni, kot so odpoved ledvic, diabetes in hiperglikemija. Razlog pa je lahko tudi uživanje preslane hrane, ki se kaže v zaostajanju vode v telesu. Posledično se poviša krvni tlak.

Hipernatriemija se kaže v žeji. Enako kot hiponatriemija vpliva tudi na možgane, zato človek postane zmeden, trzajo mu mišice. V ekstremnih primerih to vodi v komo, lahko pa celo v smrt. [54]

2.7.8 Selen (Se)

Tabela 14: Fizikalne in kemijske lastnosti selena [56]

Skupina elementov	polkovina
Perioda in skupina v PSE	4. perioda, 16. skupina
Vrstno število	34
Elektronska konfiguracija	$[\text{Ar}]3d^{10}4p^44s^2$
Relativna atomska masa	78,96 a. e. m.
Agregatno stanje	trdno
Tališče	494 K (430 °F)
Vrelišče	957,8 K (1265 °F)
Gostota	4790 kg/m ³
Specifična toplota	320 J/(kg · K)
Elektronegativnost	2,48
Kristalna struktura	heksagonalna



Slika 35: Selen

Selen je strupena polkovina, ki je kemijsko podobna žveplu in telurju. Pojavlja se v številnih oblikah, ena od njih je stabilna siva kovini podobna oblika, ki na svetlobi bolje prevaja elektriko kot v temi, zato se uporablja v fotocelicah. Ta element najdemo v sulfidnih rudah, kot je pirit.

Selen obstaja v številnih alotropnih oblikah. V prašni obliki je amorfni selen rdeče barve, prozorna oblika pa je črna. Kristalinski heksagonalni selen je kovinsko siv, monoklinski kristal pa je intenzivno rdeče barve.

Selen izkazuje fotovoltaični učinek, ko pretvarja svetlobo v elektriko, in fotoprevodni učinek, ko se električna prevodnost selena na svetlobi poveča. [57]

- **Viri**

Selen se pojavlja kot selenid v mnogih sulfidnih rudah, kot so bakrova, srebrova ali svinčeva. Pridobivajo ga kot stranski produkt pri predelovanju teh rud, iz anodnega blata pri elektrolitskem rafiniranju bakra in iz blata svinčenih komor v tovarnah žveplene kisline. Ta blata obdelajo na številne načine, da pridobijo prosti selen.

Vir selen v hrani so žitarice, meso, ribe, jajca in brazilski oreščki.

- **Pomen**

Uporablja se za razbarvanje stekla, saj nevtralizira zeleno barvo, nastalo zaradi železnih nečistoč. Uporabljajo ga lahko tudi za pordečitev stekel in steklovin, za izboljšanje odpornosti proti odrgninam vulkaniziranih gum, za toniranje fotografij, uporablja pa se tudi pri fotokopiranju.

Selen je v prehrani nujno potrebno mikrohranilo, saj sestavlja nenavadno aminokislino selenocistein. Uporabljamo ga za odstranjevanje prostih radikalov z antioksidantnimi encimi, pomemben pa je tudi pri pravilnem delovanju ščitnice. [57]

- **Vpliv na zdravje**

Priporočen dnevni odmerek za odrasle je 55 mikrogramov. Pri zdravih ljudeh je pomanjkanje selen zelo redko. Pojavi se lahko pri ljudeh z resno obolelim črevesjem ali pri tistih s popolno parenteralno prehrano. V nevarnosti pa so tudi ljudje, ki so odvisni od hrane, pridelane v zemlji, revni s selenom.

Posledice pomanjkanja selen so težave s srcem, bolezni ledvic, rak, arterioskleroza. Pojavijo se lahko tudi izguba las, spremembe na koži in neplodnost, hudo pomanjkanje pa lahko privede do nastanka Keshanske bolezni, to je vrsta kardiomiopatije. [58]

Čeprav prosti selen ni toksičen, so nekatere njegove spojine izjemno strupene; delujejo podobno kot arzen. Vodikov selenid in druge spojine so zelo strupene, nevaren pa je tudi v visokih koncentracijah.

Zastrupitev s selenom (selenoza) nastane ob zaužitju več kot 400 mikrogramov dnevno. [57]

2.7.9 Železo (Fe)

Tabela 15: Fizikalne in kemijske lastnosti železa [59]

Skupina elementov	prehodna kovina
Perioda in skupina v PSE	4. perioda, 8. skupina
Vrstno število	26
Elektronska konfiguracija	$[\text{Ar}]3d^64s^2$
Relativna atomska masa	55,845 a. e. m.
Agregatno stanje	trdno (feromagnetik)
Tališče	1808 K (1538 °C)
Vrelišče	3023 K (2862 °C)
Gostota	7874 kg/m ³
Specifična toplota	440 J/(kg · K)
Elektronegativnost	1,83
Kristalna struktura	telesno centrirana kocka, a = 286,65 pm, ploskovno centrirana kocka (pri T = 1185 – 1667 K)



Slika 36: Železo

- **Viri**

Z uravnoteženo prehrano se dnevno vnese v telo 10 do 30 mg železa. Naravni viri so tako rastlinskega kot živalskega izvora, veliko železa pa vsebujejo leča, školjke, goveja in piščančja jetra, sezam, sojino zrnje, rdeč fižol, ostrige, mandlji, suhe marelice, jajca, tofu, losos in brokoli. [60]

- **Pomen**

Železo je eden najpomembnejših biogenih elementov v človeškem organizmu. Skupna količina v telesu zdravega odraslega človeka je 4,5 g. Je sestavni del več sto proteinov in encimov. [60]

- **Vpliv na zdravje**

Pomanjkanje železa je najpogostejša oblika pomanjkanja mikroelementov v svetu. Poznamo tri nivoje pomanjkanja železa:

- izčrpane so zaloge, vendar funkcionalnega pomanjkanja še ni,
- zgodnje funkcionalno pomanjkanje železa že moti nastajanje rdečih krvnih celic,
- daljše pomanjkanja železa povzroči mikrocitno hipokromno slabokrvnost (anemijo), za katero so značilne majhne rdeče krvne celice z nizko vsebnostjo hemoglobina. Simptomi, kot so bledica, utrujenost, slabost, so posledica nezadostne oskrbe s kisikom. Ravno tako je moten potek vseh telesnih procesov, v katerih sodelujejo snovi, ki vsebujejo železo. Anemija zaradi pomanjkanja železa se zdravi z železovimi prehranskimi dopolnili. [60]

Vzroki za pomanjkanje so lahko hitra rast, nosečnost (potrebe po železu so povečane zaradi oskrbe zarodka in posteljice ter povečanja volumna krvi), kronična krvavitev pri nekaterih boleznih, akutna krvavitev, ki pa običajno povzroči le kratkotrajno pomanjkanje, saj se izčrpajo le zaloge železa, bolezni, ki povzročajo slabšo absorpcijo železa v črevesju (celiakija, infekcija), vegetarijanstvo (ker je biološka razpoložljivost železa iz rastlinskih virov precej manjša kot tista iz živalskih, morajo vegetarijanci zaužiti približno 80 % več železa in paziti, da zaužijejo dovolj snovi, ki optimizirajo absorpcijo železa) ter redna in intenzivna telesna vadba (potrebe telesno aktivnih ljudi so lahko do 30 % višje kot pri telesno neaktivni populaciji). [33]

Zastrupitve z železom so redke. Pojavljajo se pri namernem jemanju velikih odmerkov ali pri hemokromatozi, ki je vzrok podedovane motnje čezmerne absorpcije železa. Smrtna doza železa je med 200 in 250 mg/kg telesne teže, simptomi akutne zastrupitve pa se lahko pojavijo že pri 20–60 mg/kg telesne teže.

Simptomi se lahko pojavijo v štirih fazah:

- 1–6 ur po zaužitju se lahko pojavijo slabost, bruhanje, šibek srčni utrip, nizek krvni tlak, letargija in bolečine v trebušnem predelu,
- če zastrupitev ne povzroči takojšnje smrti, se lahko simptomi umirijo za naslednjih 12–24 ur,
- 12–48 ur po zaužitju se simptomi vrnejo in lahko vključujejo še odpovedovanje srčno-žilnega sistema, jeter, ledvic in centralnega živčnega sistema,

- 2–6 tednov po zaužitju se lahko razvijejo kronične poškodbe jeter, želodca in centralnega živčnega sistema. [60]

2.8 Pomen razmerij med elementi v telesu

2.8.1 Razmerje Ca/Mg

Kalcij in magnezij v našem telesu delujeta vzajemno. Kalcij je nujno potreben za strjevanje krvi, torej za celjenje ran, magnezij pa preprečuje nenormalno strjevanje, ki bi lahko bilo nevarno za človeka. Kalcij daje kostem trdnost, magnezij pa je odgovoren za fleksibilnost in je pomemben, da kosti ne postanejo prekrhke. Kalcij najdemo večinoma zunaj celic, magnezij pa v njih. Ko je v telesu premalo magnezija, se kalcij v celicah sprosti. Raven kalcija v celicah se spet zniža, ko imamo dovolj magnezija. Kalcij je skupaj s kalijem potreben za krčenje mišic in vzpodbuja živce, magnezij pa jih sprošča. Problem je tudi, če prevelike količine kalcija povzročijo strjevanje mehkih tkiv, npr. celic srčne mišice. Povišana je lahko tudi raven magnezija. S hrano ga redko zaužijemo v prevelikih količinah, saj večinoma uživamo hrano z malo magnezija. [61]

2.8.2 Razmerje Na/K

Razmerje med natrijem in kalijem je verjetno pomembnejše od količine posameznega elementa. Sodelujeta pri krvnem tlaku – natrij ga poviša, kalij pa uravnava. Ker sta elektrolita, vplivata na razporeditev telesnih tekočin, med drugim regulirata tudi prehajanje tekočine preko celične membrane. Največkrat s hrano zaužijemo preveč natrija, kalij pa ga pomaga odstranjevati z urinom. Posledično se znižuje tudi krvni tlak. [62]

Višje kot je razmerje, bolj je oseba dovzetna za razna srčno-žilna obolenja in zastoj srca. Pogostejši so problemi z ledvicami in jetri.

2.8.3 Razmerje Zn/Cu

Cink in baker sta skupaj pomembna za pravilno delovanje našega metabolizma. Oba aktivirata encim baker-cink superoksid dimutaza (CuZnSOD), ki deluje kot antioksidant – ščiti pred reaktivnimi kisikovimi spojinami, da lahko celice delujejo normalno. [63] Prevelika količina enega elementa vpliva na količino drugega in tako na razna bolezenska stanja. V istih procesih se absorbirata iz črevesja v kri, zato sta

nenekakšna konkurenta. Cink zmanjšuje količino bakra, zato ga uporabljajo za zdravljenje Wilsonove bolezni, kjer se baker nabira v jetrih, možganih in roženici. [64] Na razmerje lahko vplivajo nosečnost ter virusna in bakterijska obolenja.

2.8.4 Razmerje Zn/Cd

Cink je esencialni element, kadmij pa težka kovina. Slednji zavira delovanje cinka v telesu, hkrati pa cink, ki ga zaužijemo, močno vpliva na absorpcijo kadmija, akumulacijo in njegovo toksičnost. Cink zavira absorpcijo kadmija. Če ga je v telesu premalo, je toksični učinek kadmija večji, več pa se ga tudi akumulira. [65]

2.9 Biomonitoring

Biomonitoring pomeni merjenje in spremljanje sprememb v organizmih, tkivih, tekočinah, celicah ali biokemičnih procesih, nastalih zaradi izpostavljenosti organizma kemikalijam. Poznamo biomonitoring pri ljudeh in v okolju. V ožjem smislu pomeni merjenje koncentracij kemikalij v krvi, urinu, semenski tekočini, izdihanem zraku, materinem mleku, laseh, nohtih ali v tkivih, npr. v podkožnem maščevju. [66]

Namen biomonitoringa je opredelitev in ugotavljanje trendov izpostavljenosti ljudi kemikalijam, ki škodujejo zdravju, ter odnosa med odmerkom in učinkom kemikalije na zdravje in obnašanja kemične snovi v organizmih. Glede na podatke pristojni ocenijo tveganje za zdravje ljudi in izdelajo predloge ukrepov za njegovo zmanjšanje. Spremlja se tudi učinkovitost izvajanja predpisov, ukrepov in priporočil. Pomemben del biomonitoringa je še ugotavljanje virov izpostavljenosti škodljivim snovem. [66, 67] V Sloveniji se z biomonitoringom kemikalij ukvarja Urad za kemikalije RS.

Slovenija in še 25 drugih evropskih držav sodeluje v projektu HBM4EU v Evropski iniciativi za humani biomonitoring. Projekt se je začel 1. januarja 2017 in bo trajal do leta 2021. Njegov namen je zagotoviti dokaze o izpostavljenosti ljudi kemikalijam, podatke interpretirati in ozaveščati prebivalstvo, kako se varno ravna s kemikalijami, ter tako zaščititi zdravje prebivalstva v Evropi. Raziskati želijo, kako določene kemikalije vplivajo na zdravje različnih ljudi (otrok, nosečnic, delavcev ...). V projektu sodeluje pet ustanov iz Slovenije. [66]

2.10 Referenčna vrednost

Referenčna vrednost ali območje je razpon med zgornjo in spodnjo mejo normalnih rezultatov določene meritve. [68] Pri določevanju mora biti v intervalu 95 % populacije, ki je bila analizirana. V tem intervalu so vrednosti snovi, ki jih navadno najdemo pri zdravem človeku. [69] Referenčna območja nam pomagajo interpretirati rezultate raznih analiz, tudi analizo las. V Sloveniji in Evropski uniji referenčne vrednosti težkih kovin v laseh zakonsko še niso določene. Določili jih bodo v projektu HBM4EU.

2.11 Analiza las

Z analizo las pridobimo veliko informacij. Katere, je odvisno od dela lasu, ki ga analiziramo. V lasnem steblu najdemo snovi, ki jih zaužijemo (s hrano, z drogami ...) ali pa jih lasje absorbirajo iz zraka. Nekatere snovi pridejo v lase z uporabo šampona, laka za lase, barv za lase ... Pri analizi las določamo vsebnost težkih kovin in esencialnih elementov. Kako dolgo smo izpostavljeni morebitnim toksičnim snovem, je odvisno od tega, kateri del lasnega stebla analiziramo. Čeprav je analiza las pomembna metoda določanja nedovoljenih substanc ali težkih kovin v telesu, so druge analize zanesljivejše, zato bi jih bilo treba potrditi s krvno analizo ali analizo urina.

V forenziki je pomembna tudi analiza lasnega mešička. Z njo ugotavljajo DNA osebe, ki ji je las pripadal, kar je lahko ključno za kriminalistične preiskave.

2.12 Mikrovalovni temperaturni razklop las

Razklop vzorcev predstavlja pomemben korak pri anorganskih analizah. Opravljamo ga, preden naredimo analizo za različne elemente z ICP–MS (masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo) ali AAS (atomska spektroskopija). Pri razklopu neke snovi (npr. las) se izolirajo elementi, hkrati pa se uničijo organske in biološke komponente vzorca. Iz trdnega vzorca tako dobimo tekočino. Agresivne tehnike razklopa navadno uničijo tako nezaželeno kot tudi sestavne dele vzorca, ki jih potrebujemo za analizo. Takšne tehnike so uporaba kislin, toplote, encimov ali mikrovalov. A če delamo razklop las, ki vsebujejo veliko proteinov, so take tehnike nujno potrebne. [75]

Vzorci, za katere želimo narediti razklop, v našem primeru lase, skupaj z močno kislino (dušikova(V) kislina in vodikov peroksid) zapremo v teflonske posodice. Razklop opravljamo v mikrovalovni pečici, kjer na rotor nastavimo teflonske posodice. Prej jih temeljito zapremo v posebno ogrodje. Mikrovalovno pečico upravljamo z digitalnim zaslonom. Nastavimo primeren temperaturni program.

V rotor lahko postavimo do 10 mikrovalovnih posodic. Nikoli pa ne smejo biti manj kot tri, saj slabo absorbirajo mikrovalove. Prav tako v sistem ne vstavljamo kovinskih delov, saj lahko nekontrolirani dvig temperature povzroči poškodbe enote. Mikrovalovni sistem je treba ves čas nadzorovati, da ne bi prišlo do poškodb ali vžiga delov rotorja in posodic. Tudi po končanem programu moramo z njimi ravnati pazljivo, saj lahko zaradi visokih temperatur pride do opeklin. Pred nadaljnjim ravnanjem s posodicami, se morajo te ohladiti. [74]

2.13 Masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo (ICP–MS)

Masna spektrometrija z induktivno sklopljeno plazmo (ICP–MS) je ena najpomembnejših tehnik, s katero v vzorcu naenkrat določimo vrednosti več mikro- in makroelementov. Vzorci so lahko voda, hrana, drugi biološki ali okoljski materiali ... Odlikujejo jo širok spekter določevanih elementov ter široko delovno območje, visoka občutljivost za doseganje nizke meje detekcije, hitrost analize in možnost izotopskih analiz.

ICP–MS temelji na ionizaciji analiziranega materiala v plazmi pri visokih temperaturah. Sestavljajo ga:

- sistem uvajanja vzorca, ki ga sestavljajo peristaltična črpalka, razpršilec in razpršilna komora,
 - ICP – plamen z ioniziranjem proizvaja plazmo, ki služi kot vir ionov (spreminjanjem atomov v ione),
- vmesnik, ki povezuje ICP – ionski izvor, kjer je atmosferski tlak z masnim spektrometrom, kjer je visok vakuum,
- vakuumski sistem, ki zagotavlja visok vakuum za optiko ionov, kvadrupolov in detektorja,
- leča, ki žarišči ione v žarek za prenos v kvadrupol ter odstrani nezaželene ione in fotone,
- kvadrupol, ki razvršča ione po masah oz. naboju,
- detektor, ki zazna ione, ki prehajajo skozi kvadrupol, in jih pretvori v električni tok,
- vodenje podatkov in kontrola sistema, ki sta potrebna za kontrolo instrumentov in vodenje podatkov za pridobivanje končnih rezultatov. [74]

Pri induktivno sklopljeni plazmi se kemijske spojine ali elementi ionizirajo, kar pomeni, da oddajo ali izgubijo elektron in tako pridobijo naboj – nastane plazma, električno prevoden plin s temperaturo med 6000 in 12000 K. Sestavljena je iz kationov, elektronov in atomov in je navzven električno nevtralna. Pridobimo jo z ionizacijo argona. Elektromagnetna tuljava ionizira plin argon v cevi in pospeši hitrost ionov. Ker trkajo drug v drugega, se plazma segreje. Ko se generator ustavi, je konec ustvarjanja plazme. Ti električno nabiti delci se s pomočjo masne spektrometrije zaznavajo glede na razmerje med njihovo maso in nabojem. [75]

3 EKSPERIMENTALNO DELO

3.1 Hipoteze

Hipoteza 1: V primerjavi z vzorci las ljudi iz okolice Celja bodo v vzorcih las ljudi iz Celja v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin in več vzorcev bo presegalo referenčno vrednost.

Hipoteza 2: V primerjavi z vzorci ženskih las bodo v vzorcih moških las v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin in več vzorcev bo presegalo referenčno vrednost.

Hipoteza 3: V primerjavi z vzorci moških las bodo v vzorcih ženskih las v povprečju prisotne višje koncentracije esencialnih elementov in več vzorcev bo znotraj referenčnega območja.

Hipoteza 4: V primerjavi z nebarvanimi lasmi bodo v vzorcih barvanih las v povprečju koncentracije bakra, kadmija in železa višje in več vzorcev bo presegalo referenčno območje.

3.2 Metodologija

Na osnovi hipotez smo kot metodo dela izbrali masno spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo (ICP–MS). Pri analizi smo uporabili še vzorčenje in tehniko temperaturnega razklopa las. Analizo smo izvedli v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano Maribor.

Z analizo las smo ugotavljali vrednosti težkih kovin in esencialnih elementov v vzorcih.

Rezultate, ki smo jih dobili z ICP–MS, smo prikazali s preglednicami in grafi, nato pa smo z grafi predstavili še ugotovitve za hipoteze.

3.2.1 Vzorčenje las

Zbrali smo 28 vzorcev. Pridobili smo jih v štirih frizerskih salonih: Frizerstvo Tali (Stranice), Frizerstvo Regina Petek (Laško), Frizerstvo Damjana (Celje) in Kristjan Styling frizerska hiša (Celje). Razdelili smo jih v dve skupini. V prvo smo uvrstili 14 vzorcev las ljudi iz okolice Celja (Zreče, Slovenske Konjice, Polzela, Laško, Ljubečna in 9 iz Stranic), v drugo pa 14 vzorcev las ljudi iz Celja. Pri vsakem vzorcu smo upoštevali spol, obliko lasu in barvanost. Vzorcev moških las je 19, ženskih pa 9. 25 je ravnih, 3 pa so kodrasti. 17 je nebarvanih, 11 pa barvanih. Vsi lasje so bili pred zbiranjem oprani.



Slika 37: Vzorci las

Tabela 16: Vzorci las

Št. vzorca	Kraj	Spol	Oblika las	Barvani ali nebarvani lasje	Masa [g]
1	Zreče	moški	ravni	nebarvani	0.11
2	Slovenske Konjice	moški	ravni	nebarvani	0.11
3	Stranice	moški	ravni	nebarvani	0.11
4	Stranice	moški	ravni	nebarvani	0.10
5	Stranice	moški	ravni	nebarvani	0.11
6	Stranice	moški	ravni	nebarvani	0.12
7	Stranice	ženska	ravni	barvani	0.11
8	Stranice	moški	kodrasti	nebarvani	0.10
9	Stranice	moški	ravni	nebarvani	0.12
10	Stranice	moški	ravni	barvani	0.11
11	Stranice	moški	ravni	nebarvani	0.11
12	Polzela	moški	ravni	nebarvani	0.12
13	Laško	ženska	ravni	barvani	0.11
14	Ljubečna	ženska	ravni	barvani	0.12
15	Celje	ženska	ravni	barvani	0.12
16	Celje	ženska	ravni	barvani	0.12
17	Celje	ženska	ravni	barvani	0.12
18	Celje	ženska	ravni	barvani	0.10
19	Celje	moški	ravni	nebarvani	0.12
20	Celje	moški	kodrasti	nebarvani	0.10
21	Celje	moški	ravni	nebarvani	0.11
22	Celje	ženska	ravni	barvani	0.11
23	Celje	moški	ravni	nebarvani	0.11
24	Celje	moški	kodrasti	nebarvani	0.11
25	Celje	moški	ravni	nebarvani	0.12
26	Celje	ženska	ravni	barvani	0.11
27	Celje	moški	ravni	nebarvani	0.12
28	Celje	moški	ravni	barvani	0.11

3.2.2 Tehtanje

Laboratorijski pripomočki:

- škarje,
- teflonske posodice.

Laboratorijska oprema:

- tehtnica Mettler Toledo AX205 Delta Range.

Lase smo najprej razrezali na dolžino približno 0,5 cm.

V posebnem tehtalnem prostoru s konstantno kontrolirano temperaturo [22 °C] in normalnim zračnim tlakom, smo v vsako teflonsko posodico za vsak vzorec las zatehtali okoli 0,11 g ($\pm 0,01$ g).



Slika 38: Tehtnica



Slika 39: Teflonske posodice z vzorci las

3.2.3 Mikrovalovni temperaturni razklop las

Laboratorijski pripomočki:

- dispencer,
- avtomatska pipeta.

Kemikalije:

- vodikov peroksid H_2O_2 ,
- 69.00 % – 70.00 % koncentrirana HNO_3 .

Laboratorijska oprema:

- ETHOS Touch Control – Advanced Microwave Labstation.

V vsako teflonsko posodico, kjer smo prej zatehtali vzorce las, smo z dispencerjem dodali koncentrirano HNO_3 in z avtomatsko pipeto vodikov peroksid.



Slika 40: Dispencer z HNO_3



Slika 41: Dodajanje H_2O_2 z avtomatsko pipeto

Posodice smo zaprli ročno ali s pomočjo naprave, jih vstavili v rotor za razklop in vključili program za mikrovalovni temperaturni razklop las. Temperatura je naraščala od sobne do 200 °C, nato smo na tej temperaturi držali vzorce nadaljnjih 20 min. Temperaturo smo spremljali na digitalnem zaslonu.



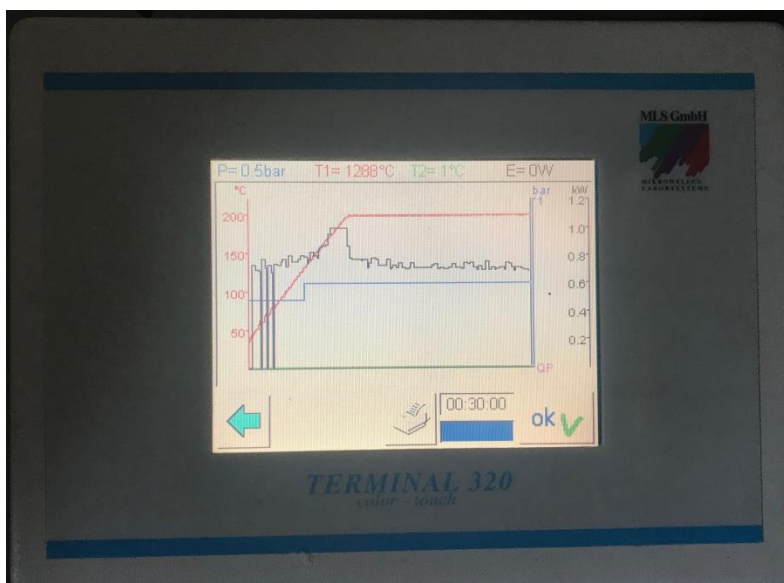
Slika 42: Naprava za zapiranje posodic



Slika 43: Zaprta posodica



Slika 44: Vzorci v napravi za temperaturni razklop las



Slika 45: Naraščanje temperature pri mikrovalovnem temperaturnem razklopu las

3.2.4 Analiza z ICP–MS

Laboratorijski pripomočki:

- plastične posodice (50 mL),
- epruvete (2 za vsak vzorec).

Kemikalije:

- enoodstotno koncentrirana HNO_3 ,
- raztopina rodija.

Laboratorijska oprema:

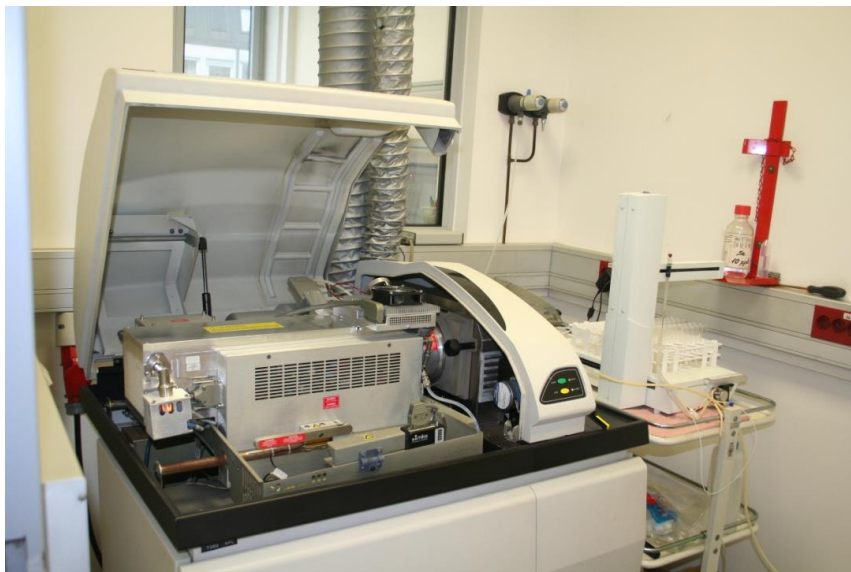
- sistem ICP–MS (Perkin–Elmer, ELAN DRC-e, USA).

Po končanem razklopu in hlajenju smo tekočo vsebino posodic prenesli v 50 mL plastične posodice. Vsebino smo razredčili z enoodstotno HNO_3 .

Vsebino vsake posodice smo prenesli v dve epruveti, saj smo vsak vzorec merili v dveh ponovitvah.

V epruvete smo dodali še raztopino rodija, ki služi kot interni standard oz. bolj natančno referenčni element. Razredčili smo z enoodstotno koncentrirano HNO_3 .

Vzorci smo analizirali v sistemu ICP–MS.



Slika 46: Sistem ICP-MS (1)



Slika 47: Sistem ICP-MS (2)

3.2.5 Referenčne vrednosti

Pri vrednotenju hipotez smo si pomagali z referenčnimi vrednostmi oziroma območji za kovine.

Ker za Slovenijo ni določenih referenčnih vrednosti za analizo las, smo uporabili vrednosti, ki jih upošteva nemški inštitut IFU Wolfhagen [70], kjer med drugim opravljajo tudi analize las. Vse uporabljene referenčne vrednosti so navedene v prilogi 1.

3.3 Rezultati

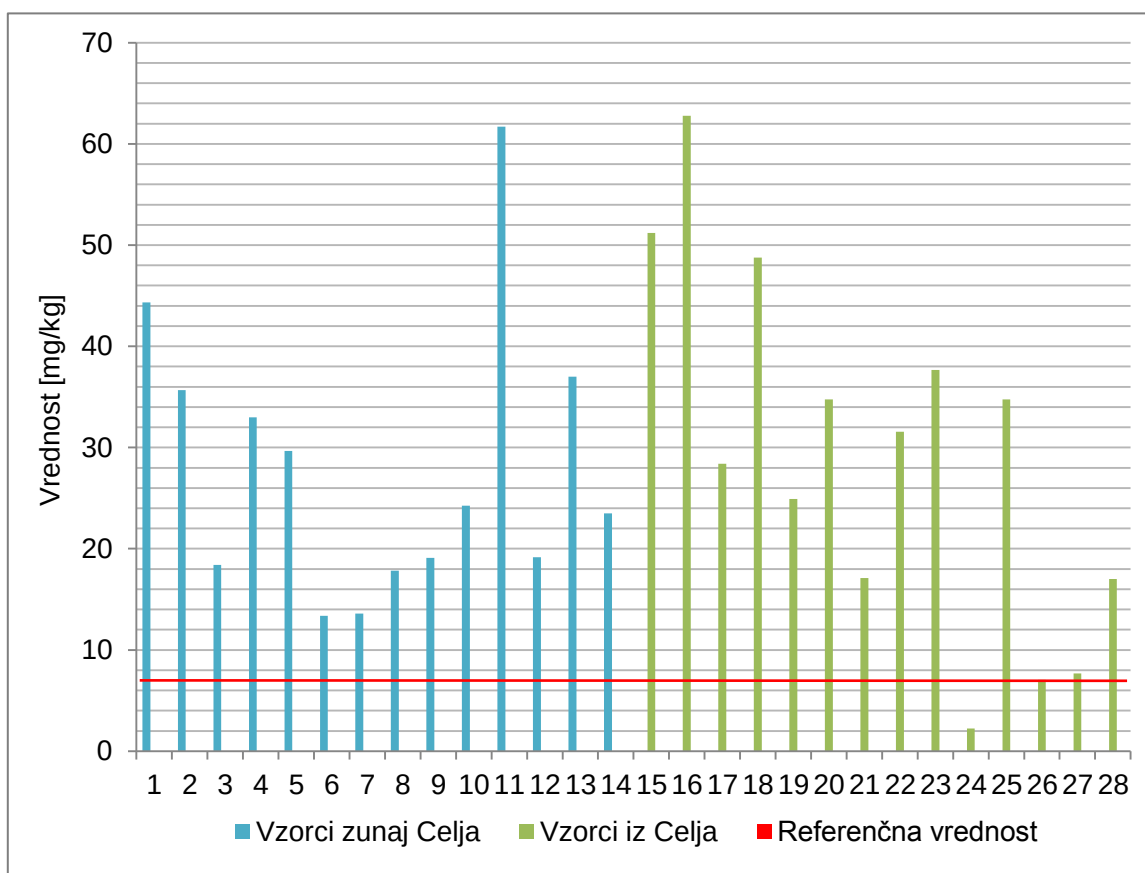
Po analizi z ICP–MS smo dobili koncentracije kovin v mg/L raztopine po razklopu. Preračunali smo jih v mg kovine/kg las.

3.3.1 Težke kovine

3.3.1.1 Aluminij

Tabela 17: Aluminij (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	44,347	8	17,847	15	51,207	22	31,546
2	35,656	9	19,107	16	62,782	23	37,668
3	18,414	10	24,255	17	28,384	24	2,232
4	32,969	11	61,717	18	48,777	25	34,767
5	29,647	12	19,165	19	24,919	26	7,037
6	13,369	13	36,984	20	34,743	27	7,680
7	13,608	14	23,487	21	17,109	28	17,008

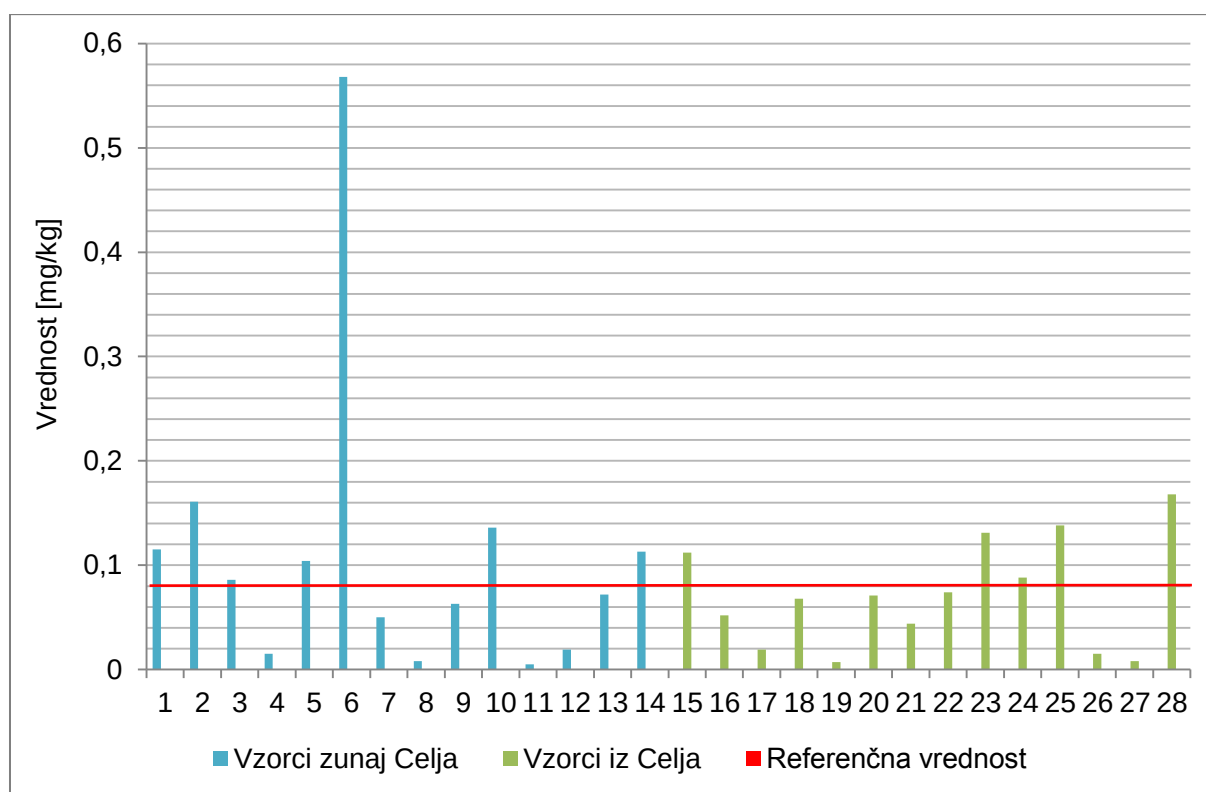


Graf 1: Aluminij (rezultati)

3.3.1.2 Arzen

Tabela 18: Arzen (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	0,115	8	0,008	15	0,112	22	0,074
2	0,161	9	0,063	16	0,052	23	0,131
3	0,086	10	0,136	17	0,019	24	0,088
4	0,015	11	0,005	18	0,068	25	0,138
5	0,104	12	0,019	19	0,007	26	0,015
6	0,568	13	0,072	20	0,071	27	0,008
7	0,050	14	0,113	21	0,044	28	0,168

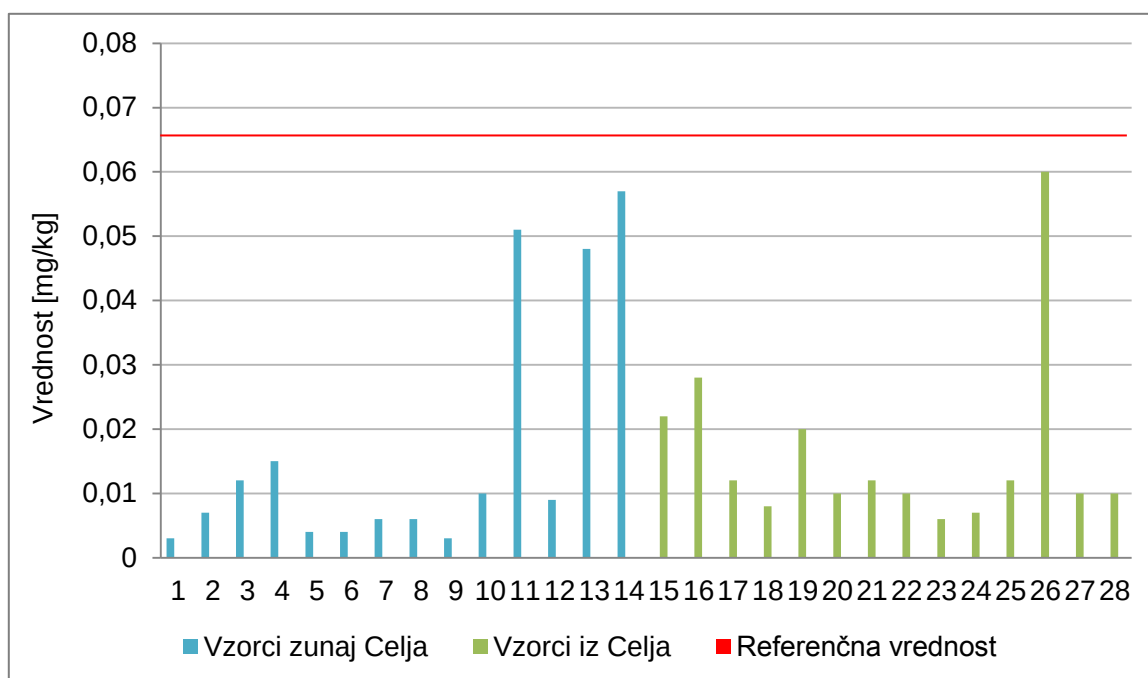


Graf 2: Arzen (rezultati)

3.3.1.3 Kadmij

Tabela 19: Kadmij (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	0,003	8	0,006	15	0,022	22	0,010
2	0,007	9	0,003	16	0,028	23	0,006
3	0,012	10	0,010	17	0,012	24	0,007
4	0,015	11	0,051	18	0,008	25	0,012
5	0,004	12	0,009	19	0,020	26	0,060
6	0,004	13	0,048	20	0,010	27	0,010
7	0,006	14	0,057	21	0,012	28	0,010

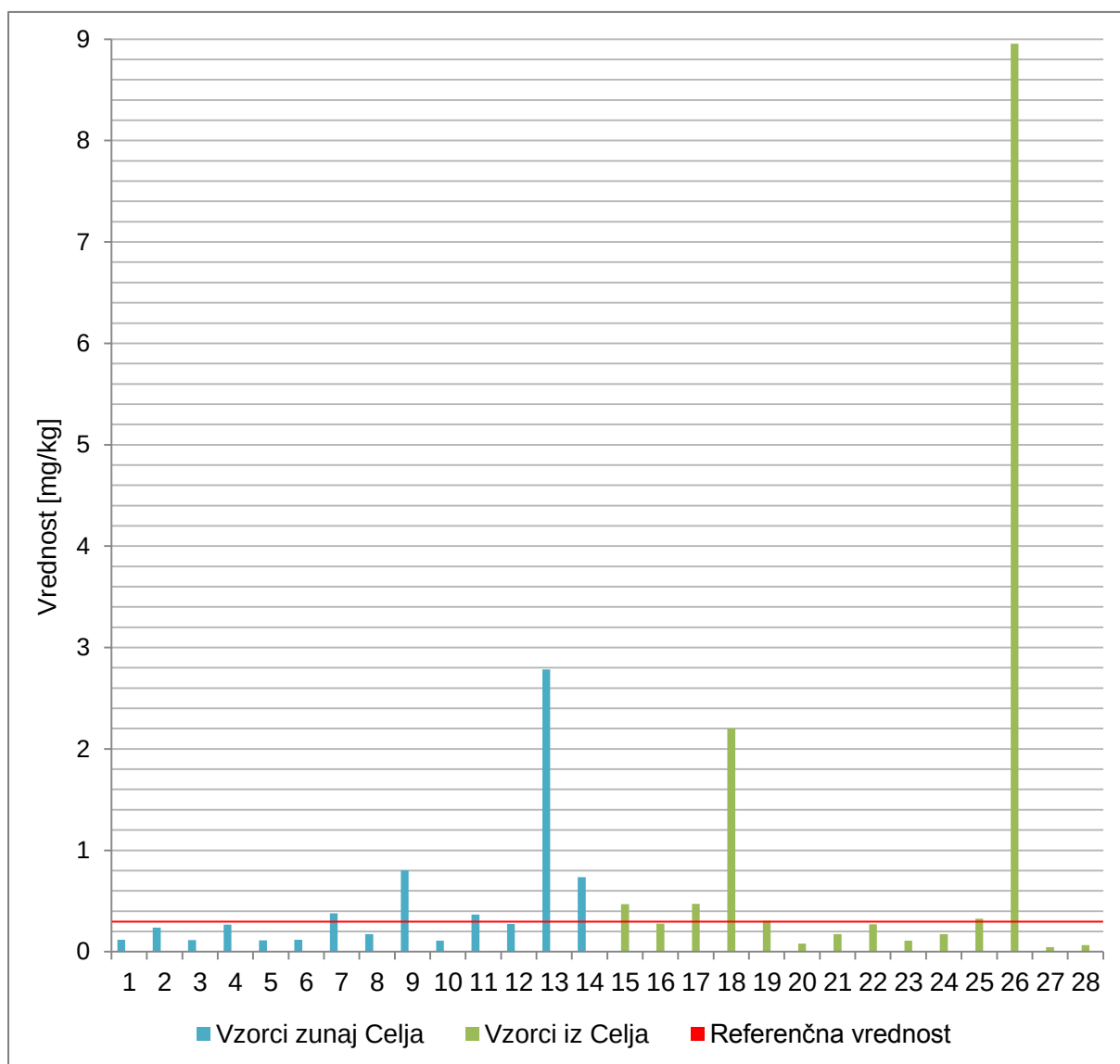


Graf 3: Kadmij (rezultati)

3.3.1.4 Kositer

Tabela 20: Kositer (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	0,119	8	0,174	15	0,470	22	0,271
2	0,238	9	0,803	16	0,276	23	0,109
3	0,115	10	0,110	17	0,472	24	0,173
4	0,266	11	0,366	18	2,201	25	0,326
5	0,112	12	0,272	19	0,304	26	8,955
6	0,119	13	2,784	20	0,079	27	0,044
7	0,377	14	0,736	21	0,174	28	0,065

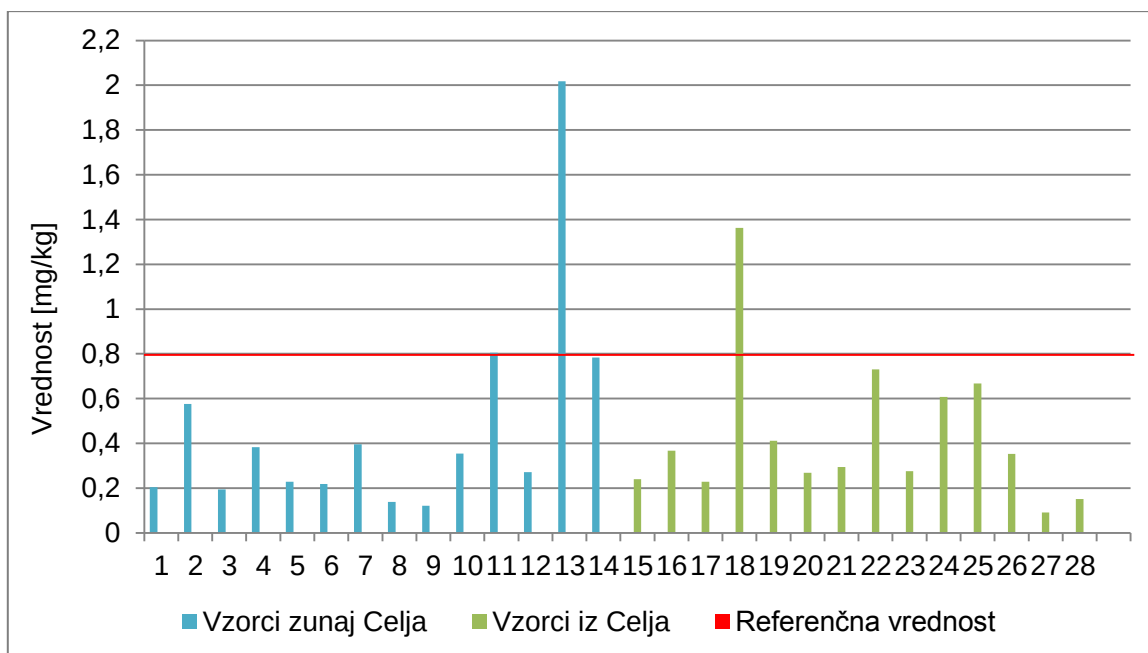


Graf 4: Kositer (rezultati)

3.3.1.5 Svinec

Tabela 21: Svinec (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	0,204	8	0,138	15	0,240	22	0,730
2	0,576	9	0,121	16	0,367	23	0,275
3	0,194	10	0,354	17	0,229	24	0,608
4	0,383	11	0,805	18	1,363	25	0,668
5	0,228	12	0,271	19	0,411	26	0,353
6	0,218	13	2,018	20	0,268	27	0,091
7	0,396	14	0,783	21	0,294	28	0,151



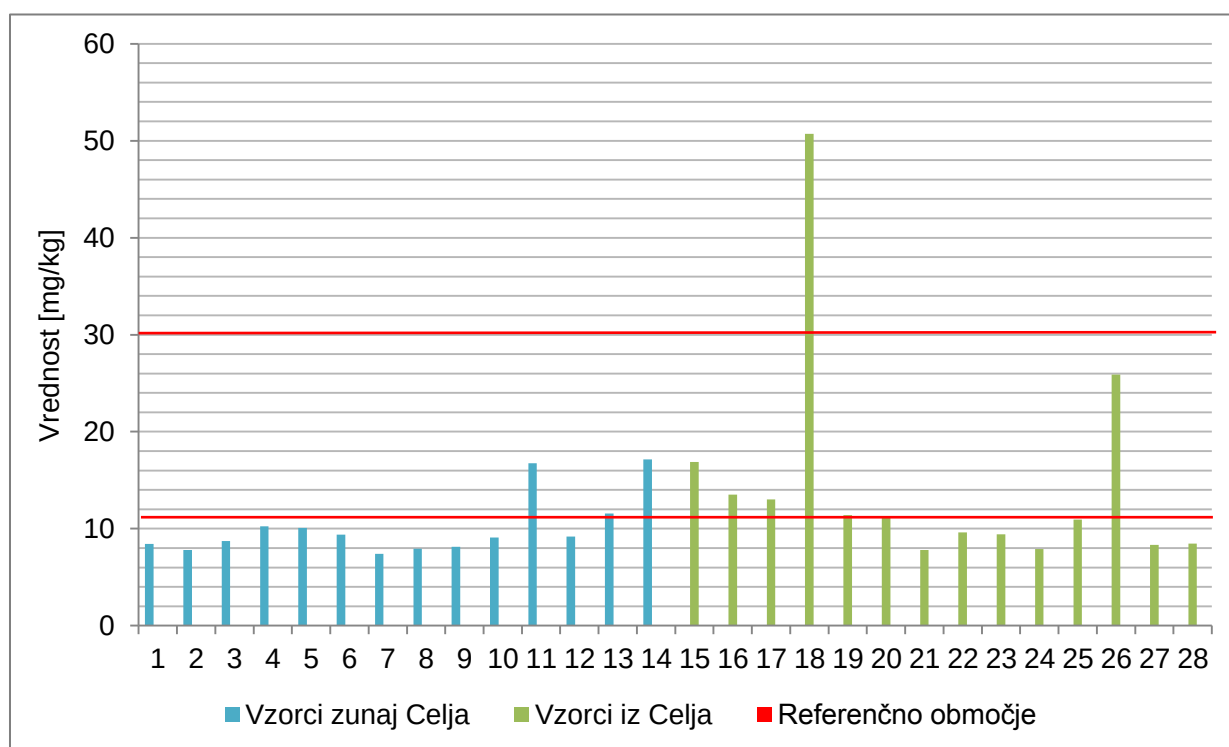
Graf 5: Svinec (rezultati)

3.3.2 Esencialni elementi

3.3.2.1 Baker

Tabela 22: Baker (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	8,427	8	7,936	15	16,867	22	9,624
2	7,800	9	8,128	16	13,527	23	9,432
3	8,730	10	9,095	17	13,020	24	7,911
4	10,228	11	16,731	18	50,699	25	10,929
5	10,070	12	9,175	19	11,404	26	25,883
6	9,372	13	11,579	20	11,110	27	8,313
7	7,395	14	17,138	21	7,814	28	8,463

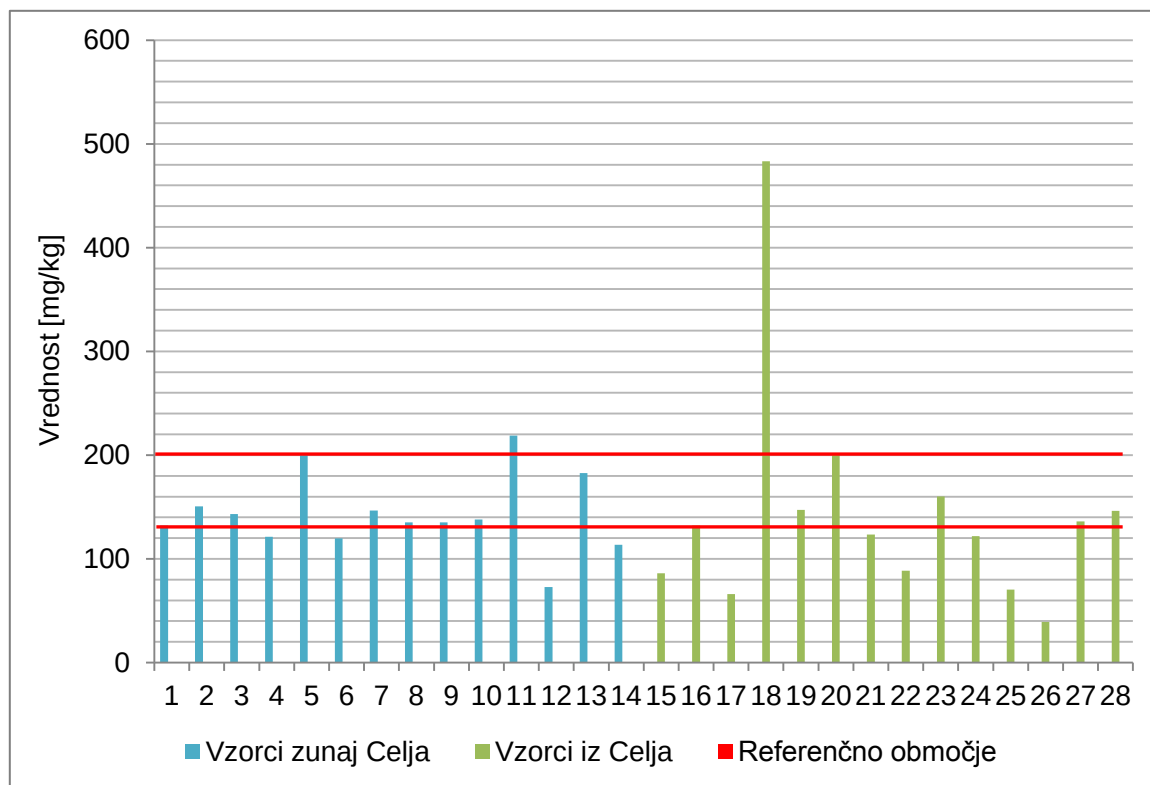


Graf 6: Baker (rezultati)

3.3.2.2 Cink

Tabela 23: Cink (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	132,206	8	135,188	15	86,187	22	88,629
2	150,702	9	135,096	16	132,030	23	160,187
3	143,075	10	137,958	17	66,008	24	121,779
4	121,415	11	218,812	18	483,160	25	70,418
5	200,100	12	72,863	19	147,192	26	39,313
6	119,676	13	182,806	20	201,195	27	136,162
7	146,508	14	113,680	21	123,293	28	146,174

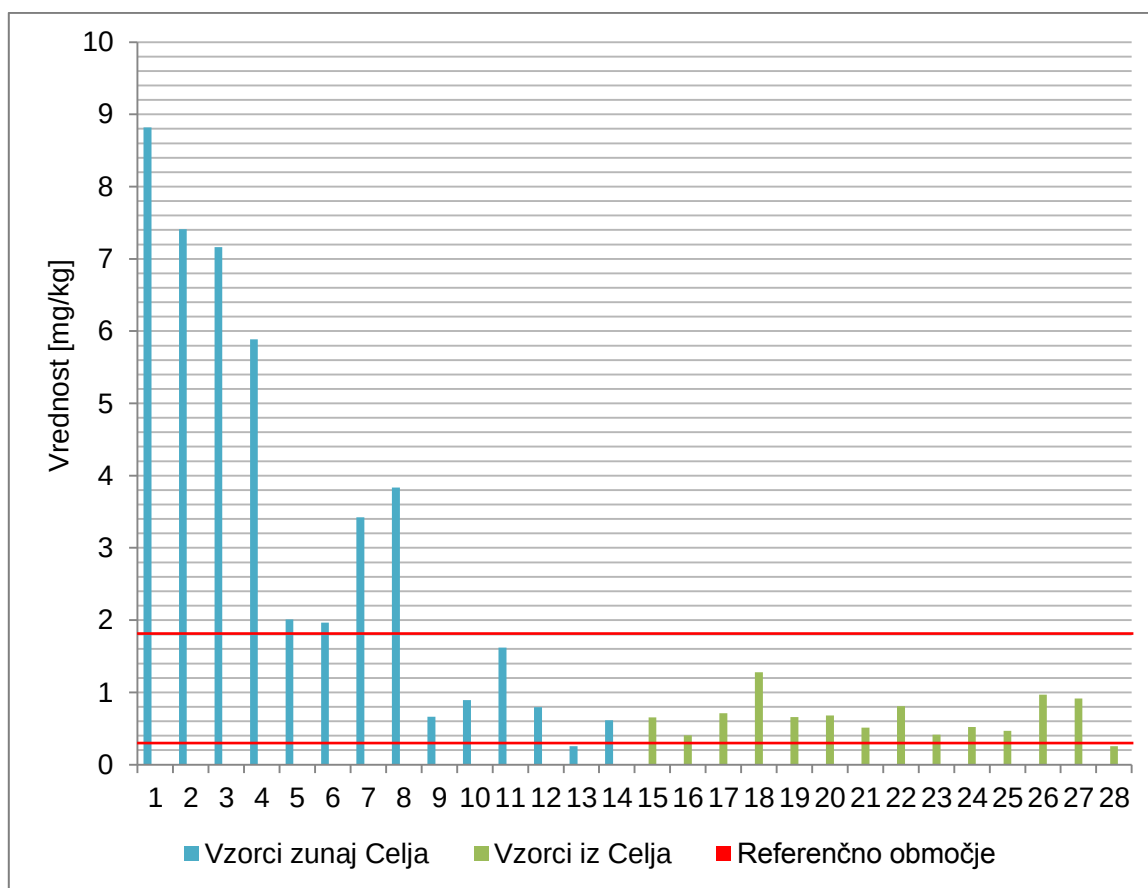


Graf 7: Cink (rezultati)

3.3.2.3 Jod

Tabela 24: Jod (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	8,820	8	3,834	15	0,652	22	0,808
2	7,413	9	0,661	16	0,405	23	0,413
3	7,164	10	0,892	17	0,713	24	0,520
4	5,888	11	1,621	18	1,277	25	0,469
5	2,009	12	0,794	19	0,659	26	0,967
6	1,964	13	0,255	20	0,682	27	0,917
7	3,423	14	0,614	21	0,511	28	0,253

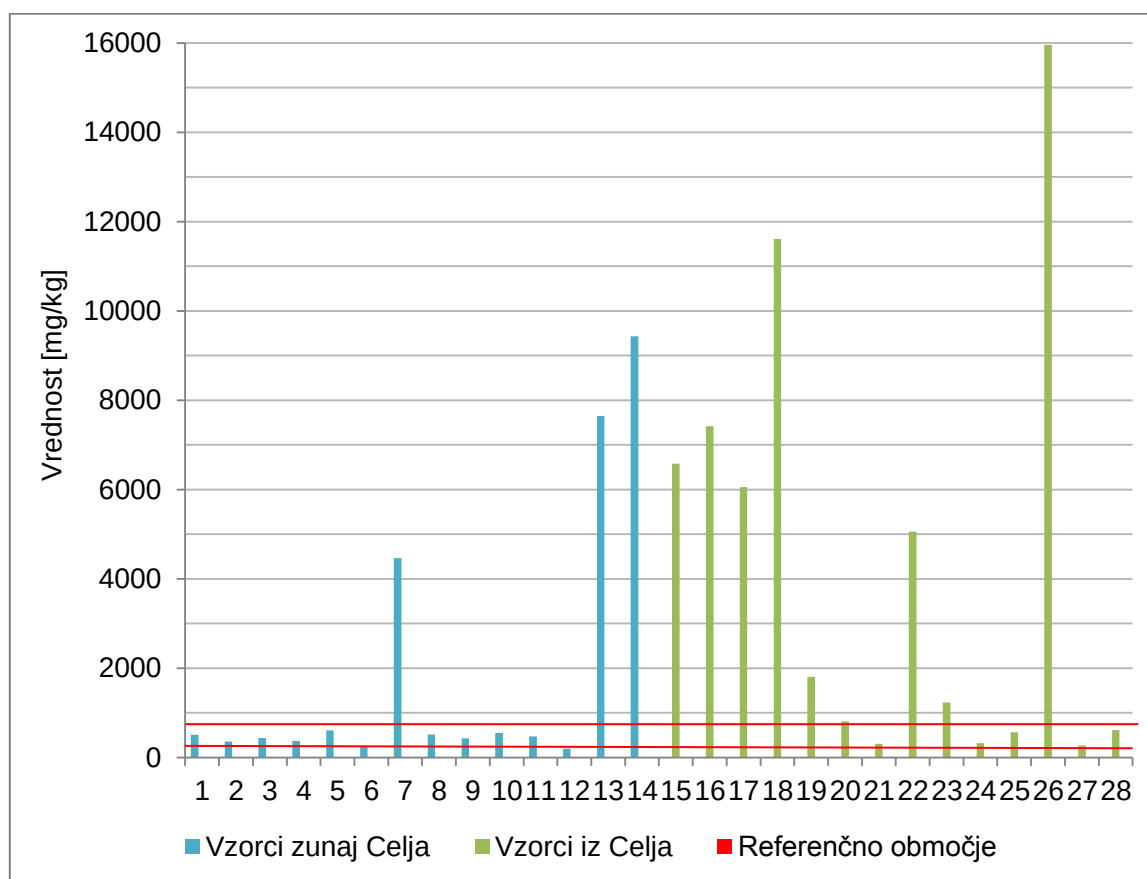


Graf 8: Jod (rezultati)

3.3.2.4 Kalcij

Tabela 25: Kalcij (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	502,273	8	515,370	15	6577,028	22	5060,511
2	357,758	9	426,575	16	7418,123	23	1228,083
3	430,695	10	548,359	17	6054,247	24	319,209
4	366,462	11	467,489	18	11611,782	25	559,878
5	607,668	12	196,867	19	1802,990	26	15951,907
6	244,067	13	7642,394	20	808,771	27	266,467
7	4459,341	14	9427,399	21	303,408	28	611,894

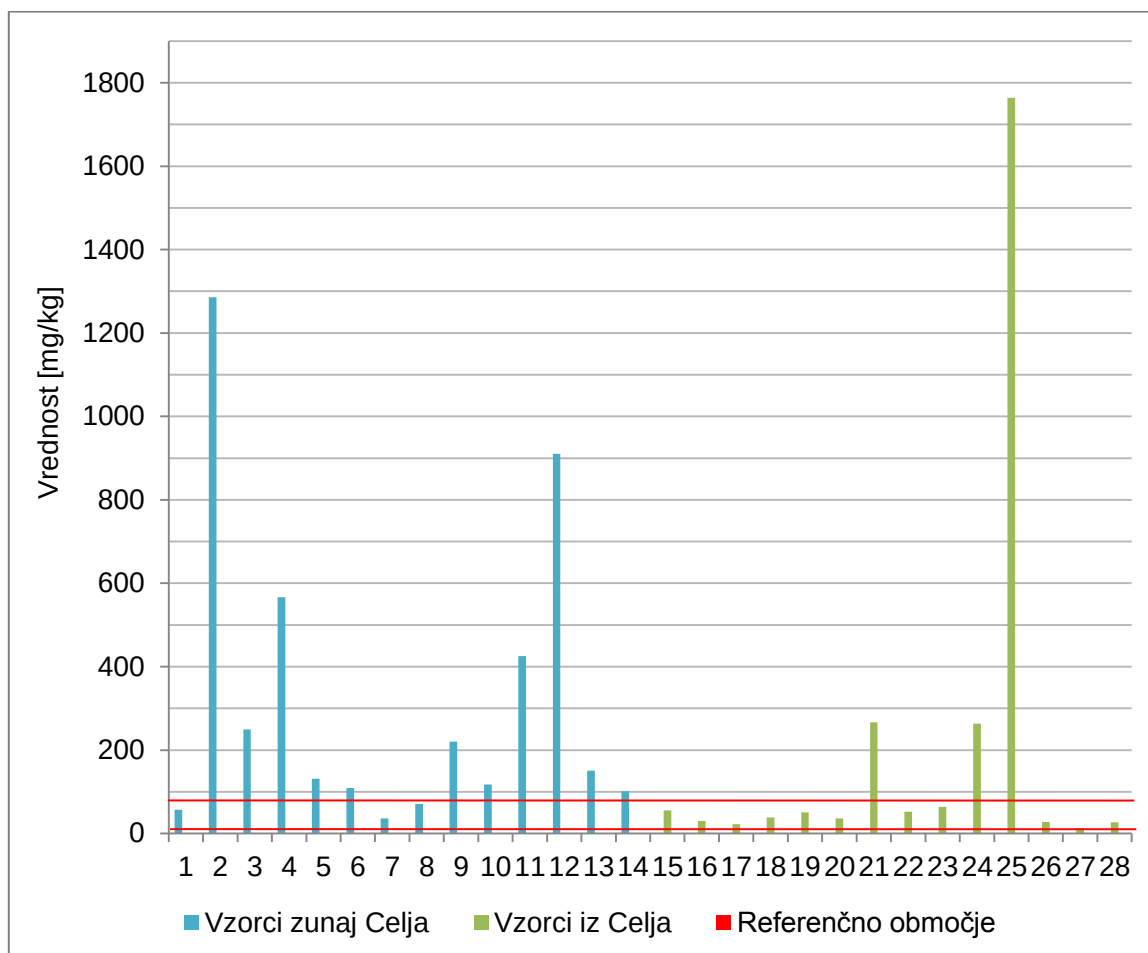


Graf 9: Kalcij (rezultati)

3.3.2.5 Kalij

Tabela 26: Kalij (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	56,830	8	70,850	15	55,369	22	52,432
2	1285,409	9	220,567	16	29,951	23	63,534
3	249,617	10	117,547	17	22,697	24	263,659
4	566,566	11	425,703	18	38,204	25	1763,695
5	131,478	12	910,566	19	50,971	26	27,580
6	109,392	13	150,258	20	36,422	27	13,389
7	36,310	14	101,778	21	266,159	28	26,702

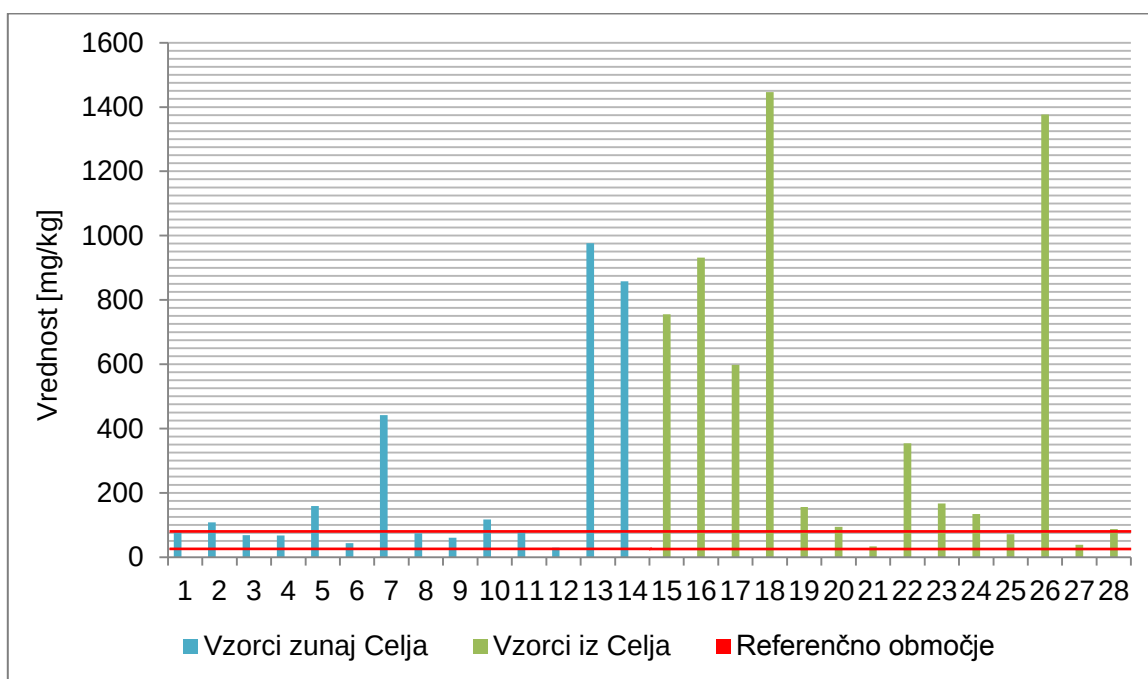


Graf 10: Kalij (rezultati)

3.3.2.6 Magnezij

Tabela 27: Magnezij (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	81,821	8	73,907	15	755,570	22	354,183
2	107,830	9	60,371	16	931,856	23	167,179
3	67,835	10	116,733	17	598,234	24	133,761
4	67,285	11	84,229	18	1446,416	25	71,439
5	158,430	12	29,502	19	156,183	26	1376,753
6	43,056	13	976,618	20	94,209	27	38,100
7	441,387	14	858,318	21	33,780	28	87,204

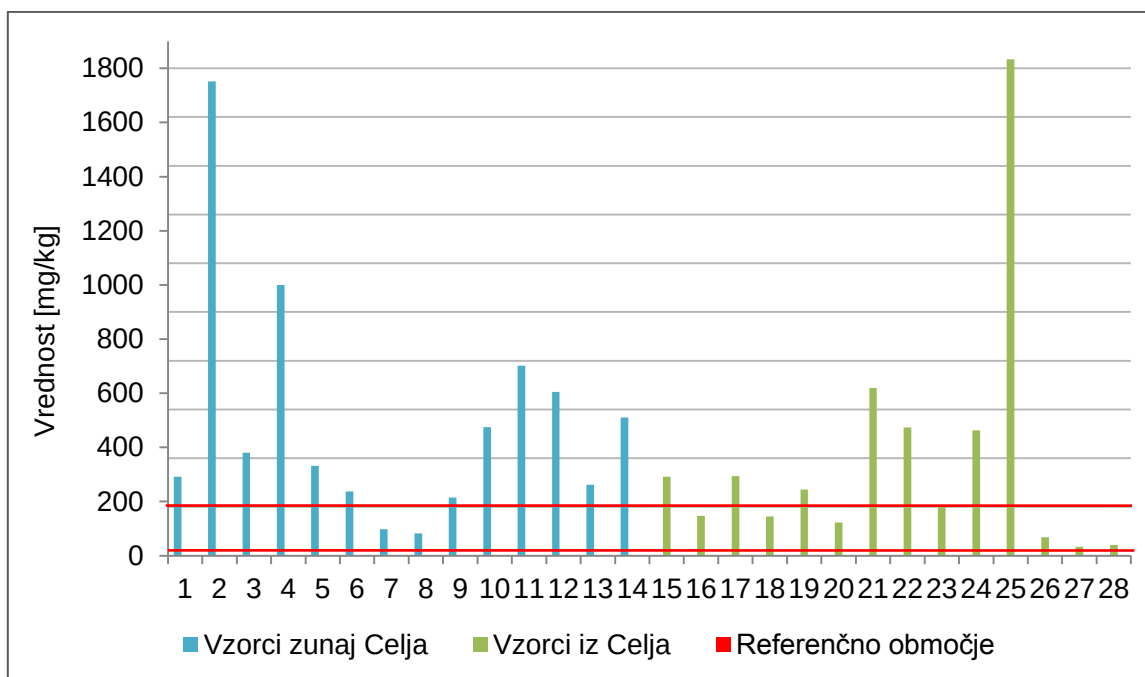


Graf 11: Magnezij (rezultati)

3.3.2.7 Natrij

Tabela 28: Natrij (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	290,907	8	81,630	15	291,348	22	472,987
2	1752,181	9	214,038	16	147,349	23	185,924
3	380,178	10	474,743	17	293,409	24	462,896
4	999,975	11	701,273	18	145,148	25	1832,866
5	332,114	12	604,383	19	244,133	26	68,328
6	237,158	13	262,047	20	122,152	27	32,338
7	98,008	14	510,271	21	618,969	28	39,716

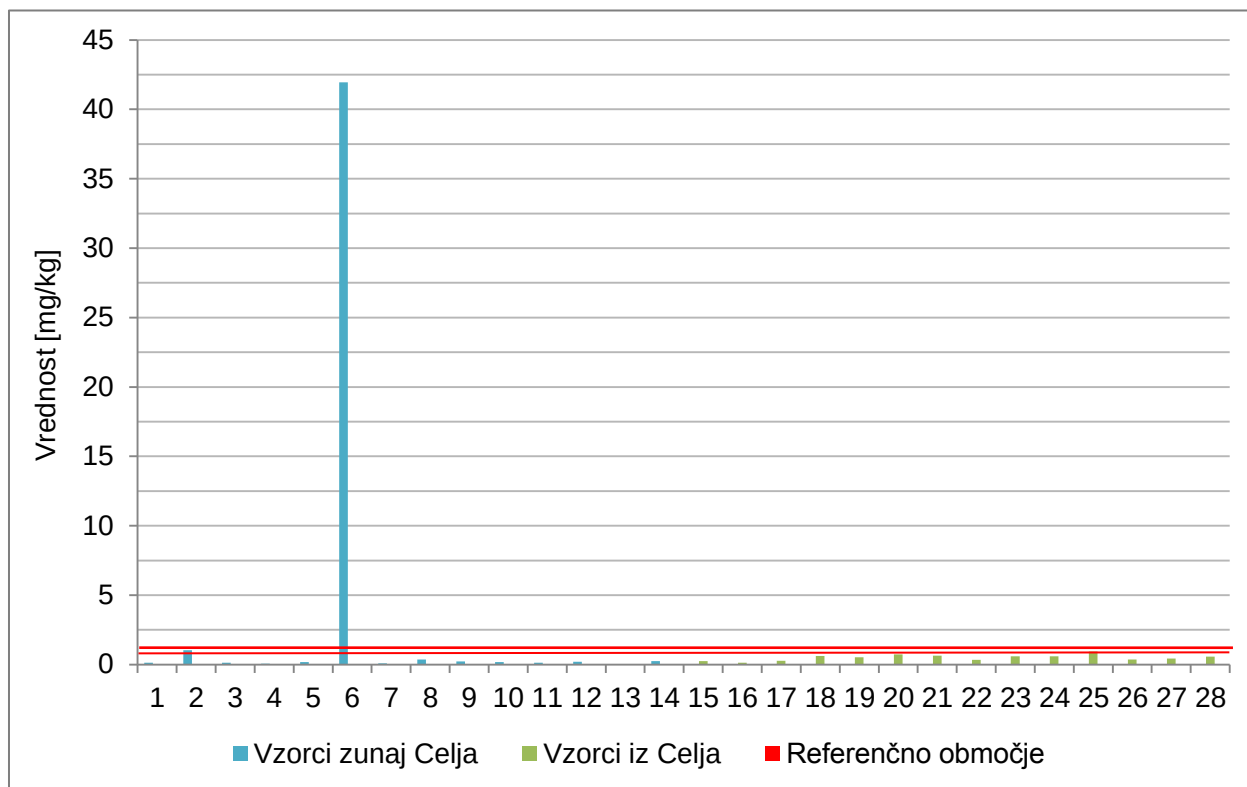


Graf 12: Natrij (rezultati)

3.3.2.8 Selen

Tabela 29: Selen (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	0,130	8	0,358	15	0,253	22	0,333
2	1,036	9	0,232	16	0,125	23	0,597
3	0,131	10	0,184	17	0,268	24	0,603
4	0,065	11	0,138	18	0,606	25	0,943
5	0,181	12	0,189	19	0,518	26	0,356
6	41,939	13	0,004	20	0,719	27	0,426
7	0,089	14	0,257	21	0,646	28	0,559

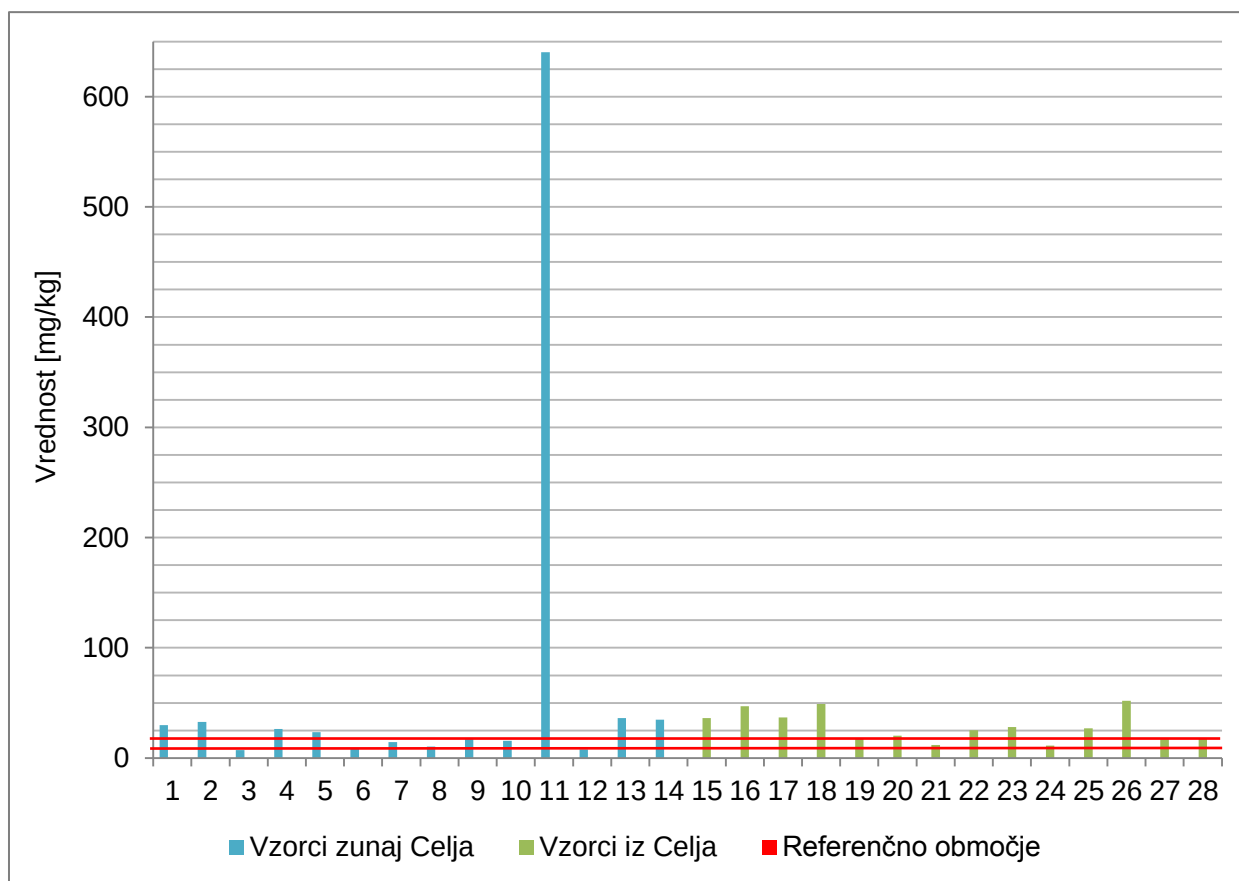


Graf 13: Selen (rezultati)

3.3.2.9 Železo

Tabela 30: Železo (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	29,860	8	10,418	15	36,203	22	25,316
2	32,844	9	17,008	16	46,999	23	28,168
3	7,160	10	15,487	17	36,766	24	11,366
4	26,316	11	640,347	18	48,878	25	27,044
5	23,555	12	7,846	19	17,330	26	51,774
6	8,929	13	36,134	20	20,140	27	17,162
7	14,555	14	34,759	21	11,749	28	17,601



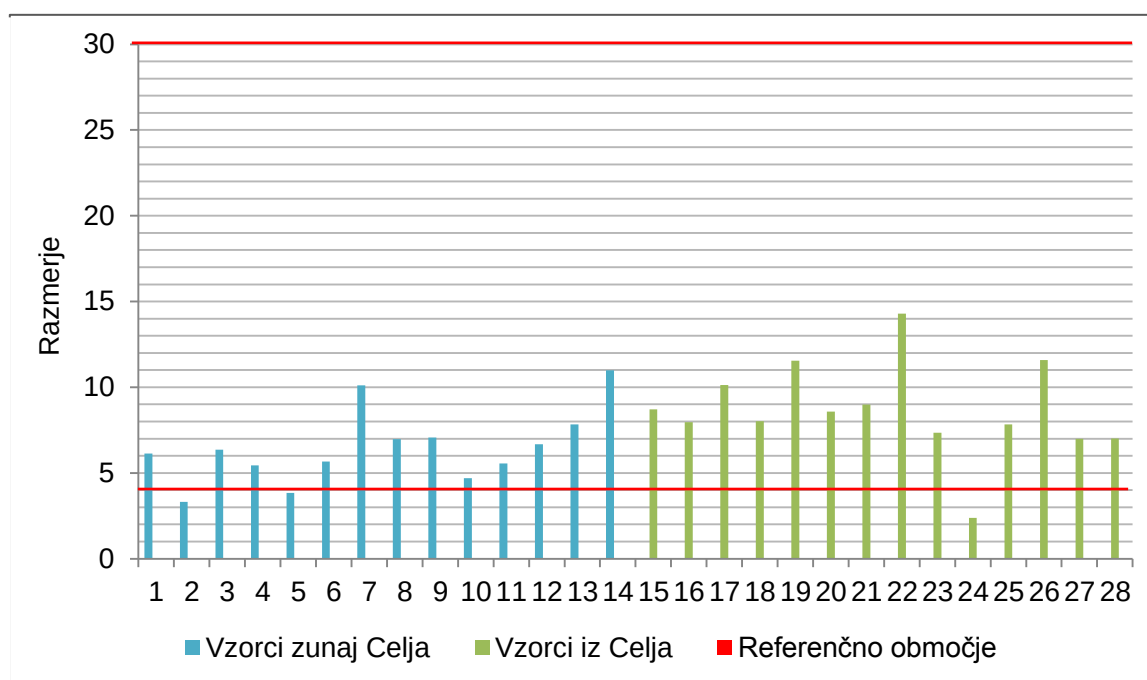
Graf 14: Železo (rezultati)

3.3.3 Razmerja med elementi

3.3.3.1 Razmerje Ca/Mg

Tabela 31: Razmerje Ca/Mg (rezultati)

vzorec	Ca/Mg	vzorec	Ca/Mg	vzorec	Ca/Mg	vzorec	Ca/Mg
1	6,139	8	6,973	15	8,705	22	14,288
2	3,318	9	7,066	16	7,961	23	7,346
3	6,349	10	4,698	17	10,120	24	2,386
4	5,446	11	5,550	18	8,028	25	7,837
5	3,836	12	6,673	19	11,544	26	11,587
6	5,669	13	7,825	20	8,585	27	6,994
7	10,103	14	10,984	21	8,982	28	7,017



Graf 15: Razmerje Ca/Mg (rezultati)

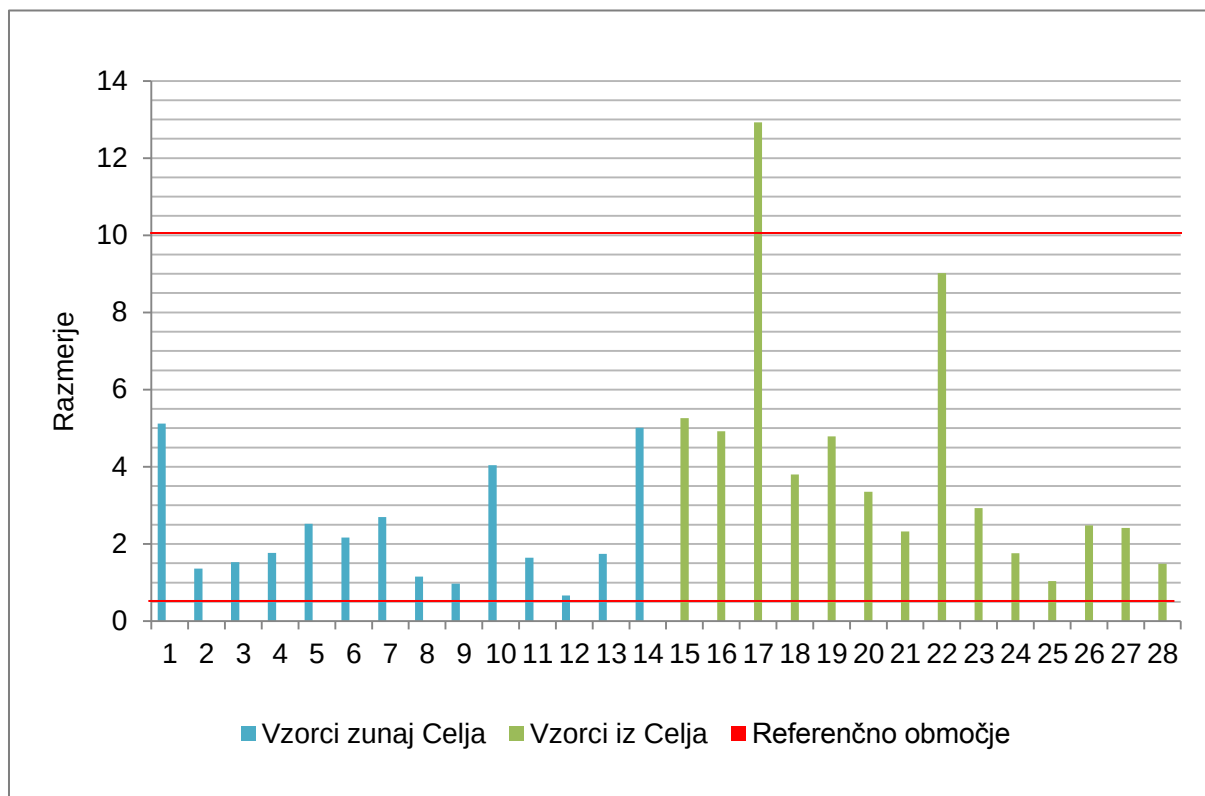
Referenčno območje za razmerje Ca/Mg je 4–30. Pod tem območjem so 3 vzorci, in sicer 2 vzorca ravnih nebarvanih moških las in 1 vzorec kodrastih naravnih moških las.

Med vzorci, ki so v referenčnem območju, so v povprečju razmerja v vzorcih iz Celja nekoliko višja kot pri tistih, zunaj Celja.

3.3.3.2 Razmerje Na/K

Tabela 32: Razmerje Na/K (rezultati)

vzorec	Na/K	vzorec	Na/K	vzorec	Na/K	vzorec	Na/K
1	5,119	8	1,152	15	5,262	22	9,021
2	1,363	9	0,970	16	4,920	23	2,926
3	1,523	10	4,039	17	12,927	24	1,756
4	1,765	11	1,647	18	3,799	25	1,039
5	2,526	12	0,664	19	4,790	26	2,477
6	2,168	13	1,744	20	3,354	27	2,415
7	2,699	14	5,014	21	2,326	28	1,487



Graf 16: Razmerje Na/K (rezultati)

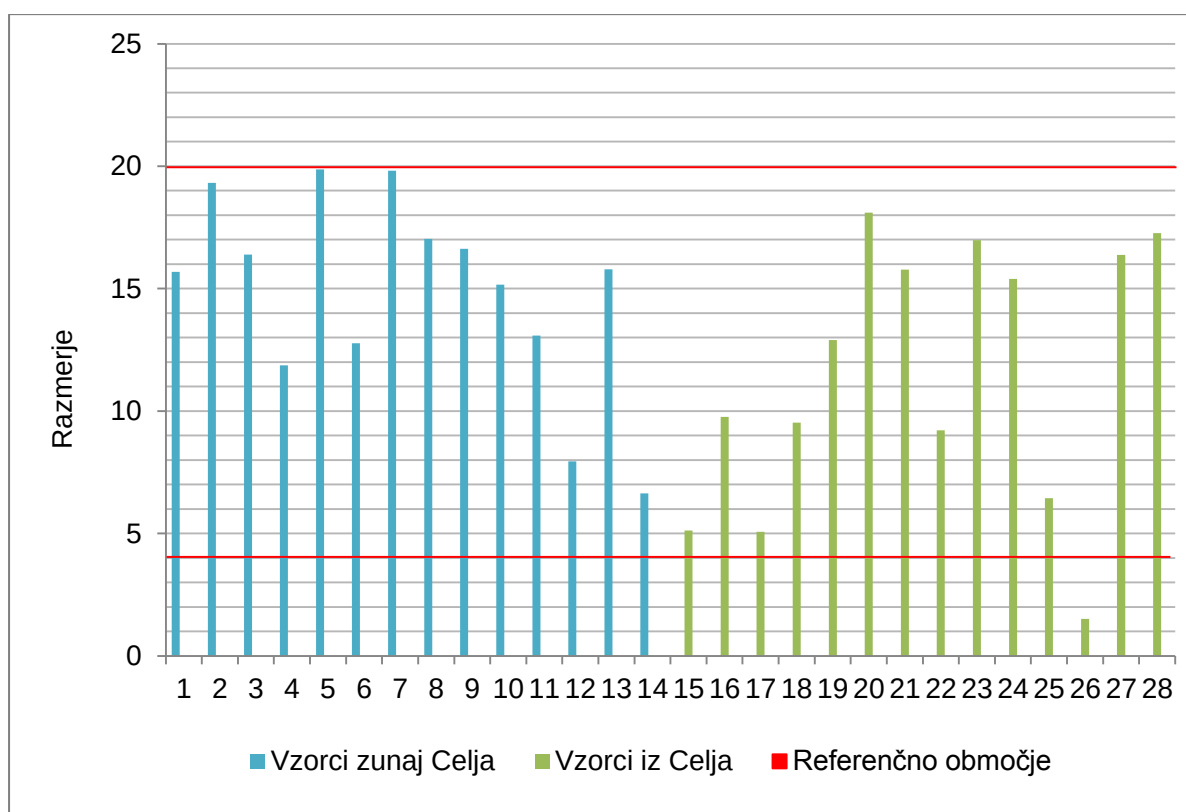
Referenčno območje za razmerje Na/K je 0,5–10. V tem intervalu je 27 vzorcev, 1 pa ga presega. To je vzorec ženskih ravnih barvanih las iz Celja.

Iz grafa je tudi razvidno, da čeprav je ostalih 27 vzorcev v referenčnem območju, so v povprečju še vedno večje vrednosti razmerja pri vzorcih iz Celja.

3.3.3.3 Razmerje Zn/Cu

Tabela 33: Razmerje Zn/Cu (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	15,688	8	17,035	15	5,120	22	9,209
2	19,320	9	16,621	16	9,760	23	16,983
3	16,389	10	15,169	17	5,070	24	15,394
4	11,871	11	13,078	18	9,530	25	6,443
5	19,871	12	7,941	19	12,907	26	1,519
6	12,770	13	15,788	20	18,109	27	16,379
7	19,812	14	6,633	21	15,778	28	17,272



Graf 17: Razmerje Zn/Cu (rezultati)

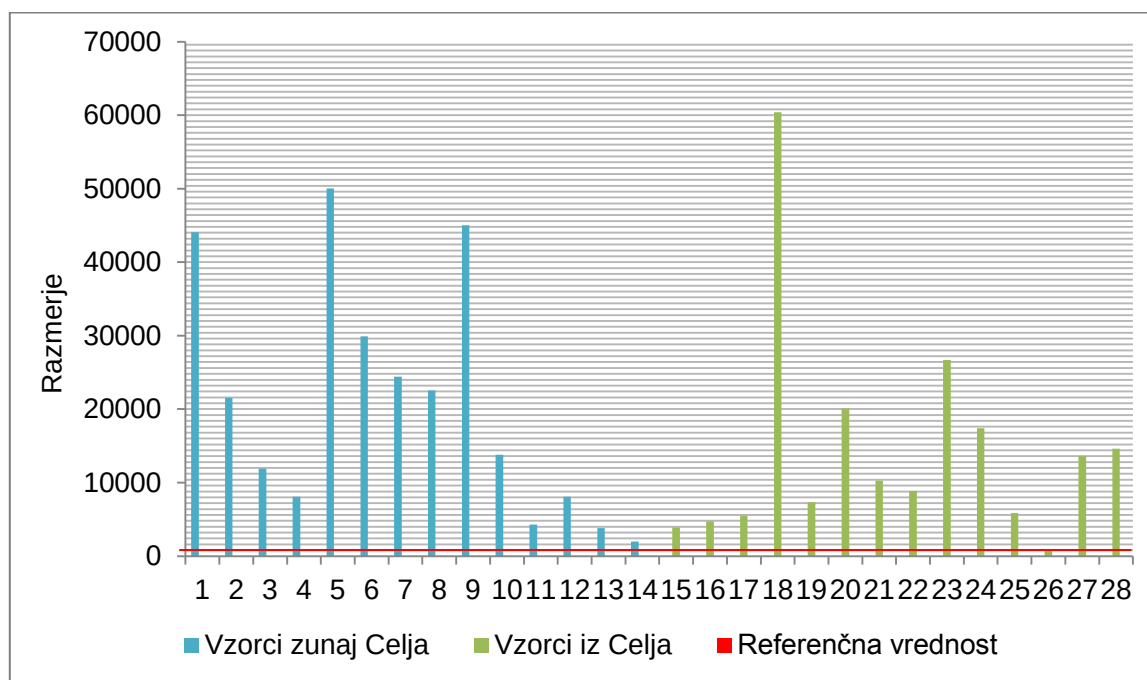
Referenčno območje za razmerje Zn/Cu je 4–20. Razen 1 vzorca so vsi v tem intervalu. Pod spodnjo mejo je 1 vzorec ženskih ravnih barvanih las iz Celja.

V povprečju pa so razmerja ostalih vzorcev visoka in pri nekaterih tik pod zgornjo mejo referenčnega območja. Največ je takih v vzorcih zunaj Celja.

3.3.3.4 Razmerje Zn/Cd

Tabela 34: Razmerje Zn/Cd (rezultati)

vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg	vzorec	mg/kg
1	44068,67	8	22531,33	15	3917,6	22	8862,9
2	21528,86	9	45032,0	16	4715,36	23	26697,83
3	11922,92	10	13795,8	17	5500,67	24	17397
4	8094,33	11	4290,43	18	60395,0	25	5868,17
5	50025,0	12	8095,89	19	7359,6	26	655,22
6	29919,0	13	3808,46	20	20119,5	27	13616,2
7	24418,0	14	1994,39	21	10274,42	28	14617,4



Graf 18: Razmerje Zn/Cd (rezultati)

Referenčna vrednost za razmerje Zn/Cd je > 800 . Nad to vrednostjo je 27 vzorcev, pod njo pa je 1 vzorec ženskih ravnih barvanih las iz Celja.

4 PREDSTAVITEV REZULTATOV

4.1 Hipoteza 1

V primerjavi z vzorci las ljudi iz okolice Celja bodo v vzorcih las ljudi iz Celja v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin in več vzorcev bo presegalo referenčno vrednost.

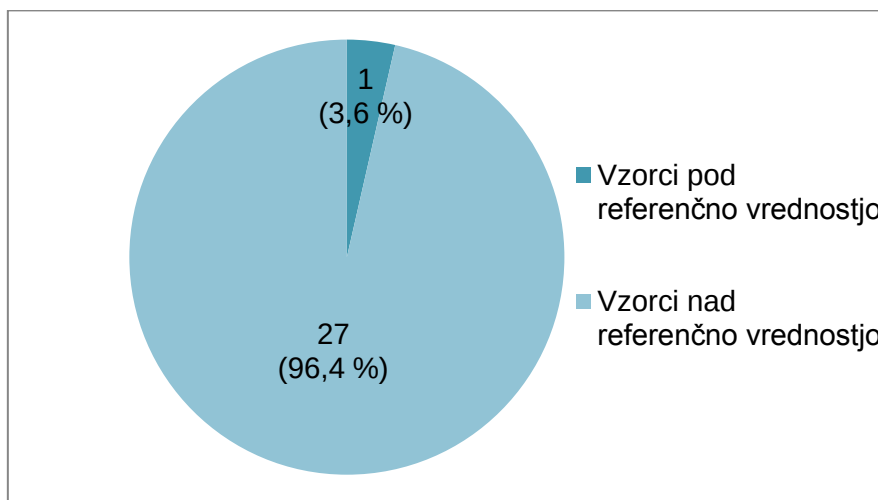
- **ALUMINIJ**

Pri analizi za aluminij smo ugotovili, da so v vzorcih las ljudi iz Celja v povprečju koncentracije višje kot v vzorcih tistih zunaj Celja.

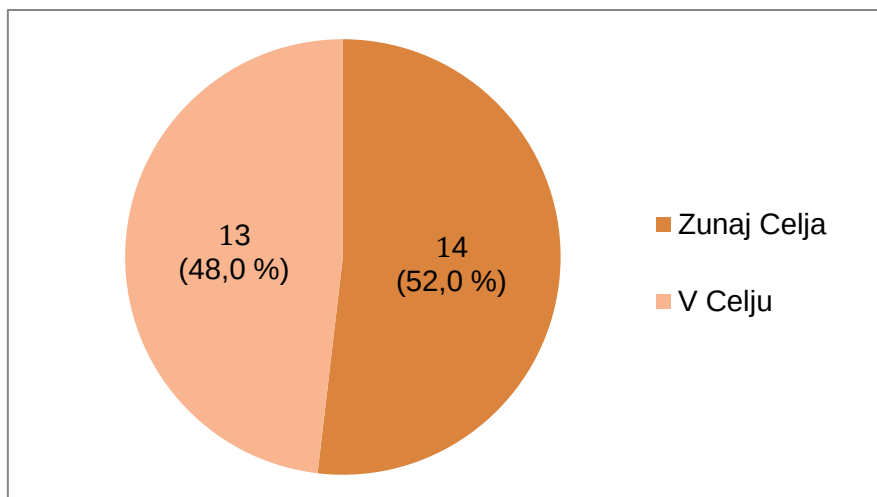
Tabela 35: Povprečje koncentracij aluminija v vzorcih izven Celja in iz Celja

	Povprečje koncentracij aluminija [mg/kg]
Vzorci zunaj Celja	27,898
Vzorci iz Celja	28,990

Referenčno vrednost, ki je za aluminij $< 7,0$ mg/kg, presega 27 od 28 vzorcev oz. 96,4 %. Od tega je 14 (51,9 %) vzorcev zunaj Celja, 13 (48,1 %) pa iz Celja.



Graf 19: Rezultati za aluminij glede na referenčno vrednost



Graf 20: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za aluminij glede na kraj

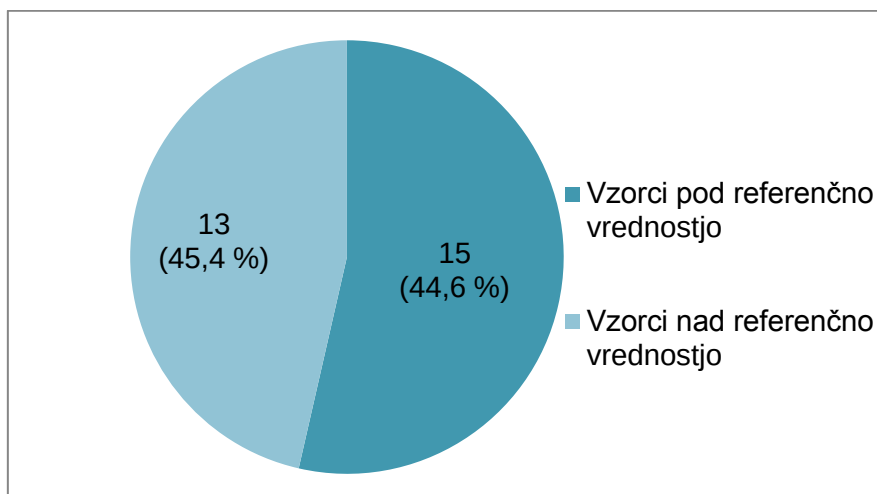
- **ARZEN**

Pri analizi za arzen smo ugotovili, da so v vzorcih las ljudi zunaj Celja koncentracije v povprečju višje kot v vzorcih tistih iz Celja.

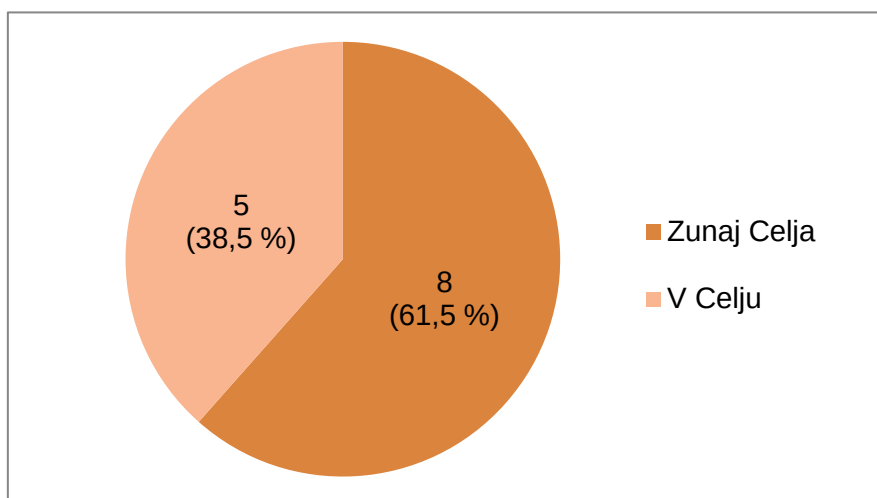
Tabela 36: Povprečje koncentracij arzena v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja

	Povprečje koncentracij arzena [mg/kg]
Vzorci zunaj Celja	0,108
Vzorci iz Celja	0,071

Referenčno vrednost, ki je za arzen $< 0,080$ mg/kg, presega 13 od 28 vzorcev oz. 45,4 % vseh vzorcev. Od tega je 8 (61,5 %) vzorcev zunaj Celja, 5 (38,5 %) pa iz Celja.



Graf 21: Rezultati za arzen glede na referenčno vrednost



Graf 22: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za arzen glede na kraj

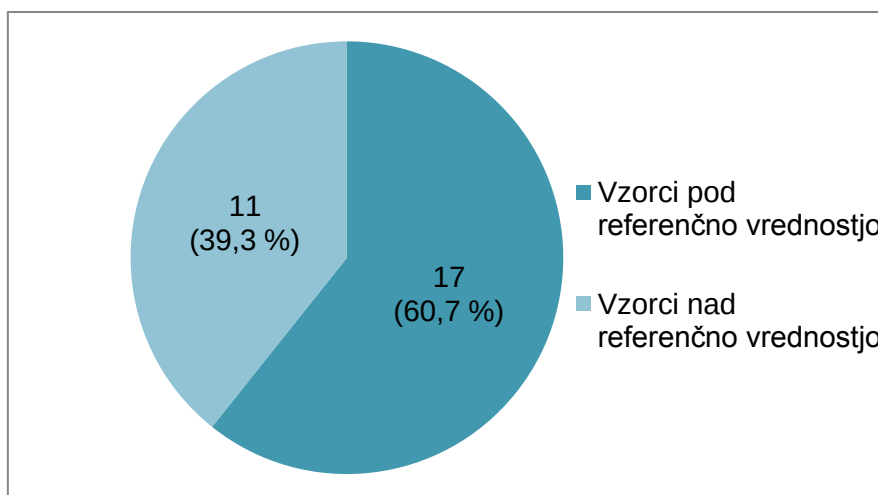
- **KOSITER**

Pri analizi za kositer smo ugotovili, da so v vzorcih las ljudi iz Celja v povprečju koncentracije višje kot v vzorcih tistih zunaj Celja.

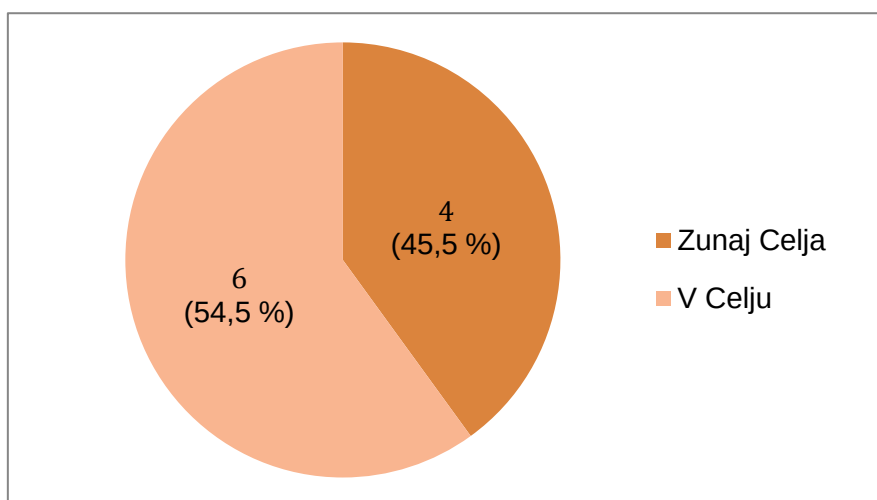
Tabela 37: Povprečje koncentracij kositra v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja

	Povprečje koncentracij kositra [mg/kg]
Vzorci zunaj Celja	0,471
Vzorci iz Celja	0,994

Referenčno vrednost, ki je za kositer $< 0,30$ mg/kg, presega 11 od 28 vzorcev oz. 39,3 % vzorcev. Od tega je 6 (54,5 %) vzorcev las ljudi iz Celja in 4 (45,5 %) vzorci tistih zunaj Celja.



Graf 23: Rezultati za kositer glede na referenčno vrednost



Graf 24: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za kositer glede na kraj

- **KADMIJ**

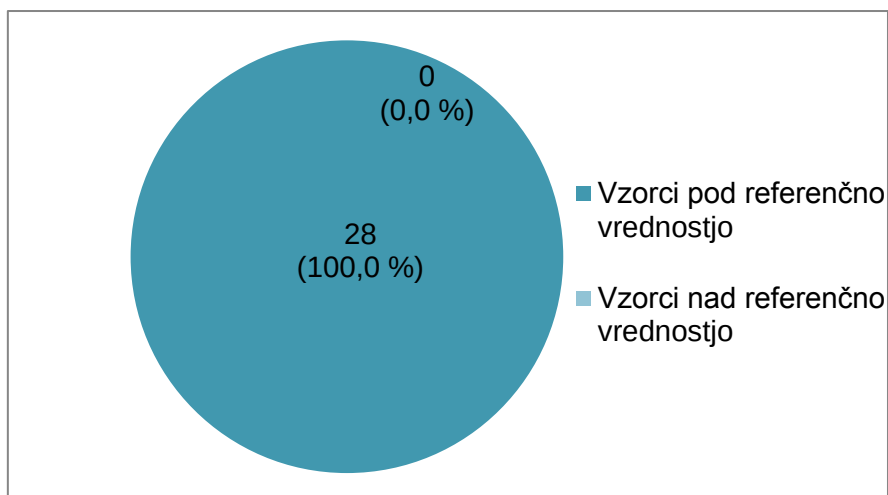
Pri analizi za kadmij smo ugotovili, da so v vzorcih las ljudi zunaj Celja v povprečju koncentracije višje kot v vzorcih tistih v Celju.

Tabela 38: Povprečje koncentracij kadmija v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja

	Povprečje koncentracij kadmija [mg/kg]
Vzorci zunaj Celja	0,017
Vzorci iz Celja	0,016

Referenčne vrednosti, ki je za kadmij $< 0,65$ mg/kg, ne presega noben vzorec.

Na grafu 3 se vidi, da ima nekaj vzorcev izrazito povišane vrednosti kadmija. Trije (vzorci št. 11, 13 in 14) taki so zunaj Celja. Vrednosti teh se gibljejo od 0,048 do 0,057 mg/kg. En vzorec (št. 26) pa je iz Celja. Njegova vrednost je 0,060 m/kg.



Graf 25: Rezultati za kadmij glede na referenčno vrednost

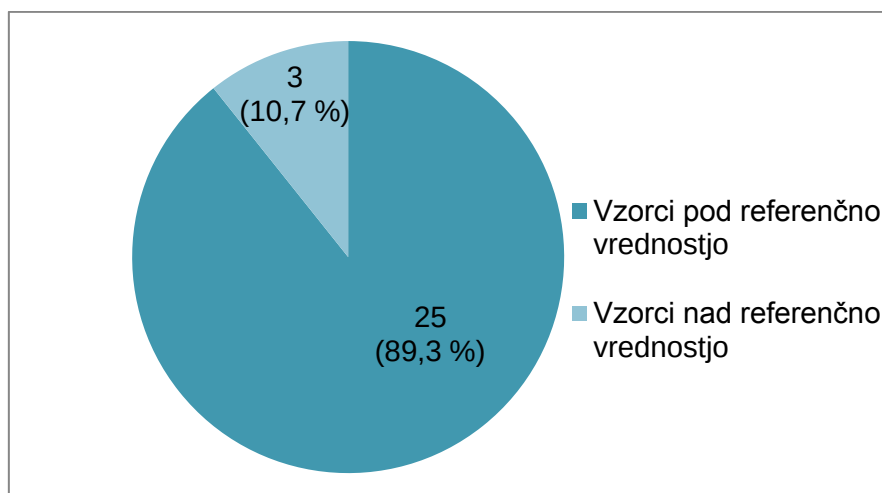
- **SVINEC**

Pri analizi za svinec smo ugotovili, da so v vzorcih las ljudi zunaj Celja v povprečju koncentracije višje kot v vzorcih tistih iz Celja.

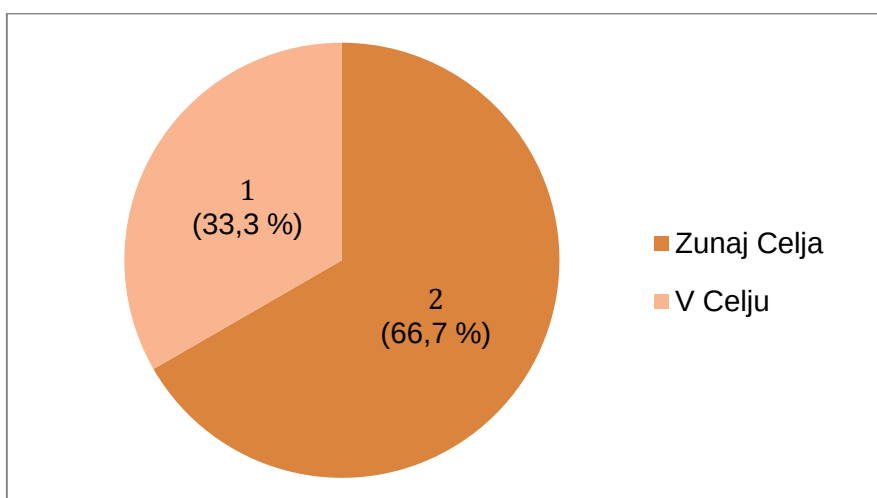
Tabela 39: Povprečje koncentracij svinca v vzorcih las ljudi zunaj Celja in tistih iz Celja

	Povprečje koncentracij svinca [mg/kg]
Vzorci zunaj Celja	0,478
Vzorci iz Celja	0,432

Referenčno vrednost, ki je za svinec $< 0,80$ mg/kg, presegajo 3 od 28 vzorcev oziroma 10,7 % vseh vzorcev. Od tega sta 2 (66,7 %) vzorca zunaj Celja in 1 (33,3 %) iz Celja.



Graf 26: Rezultati za svinec glede na referenčno vrednost



Graf 27: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za svinec glede na kraj

4.2 Hipoteza 2

V primerjavi z vzorci ženskih las bodo v vzorcih moških las v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin in več vzorcev bo presegalo referenčno vrednost.

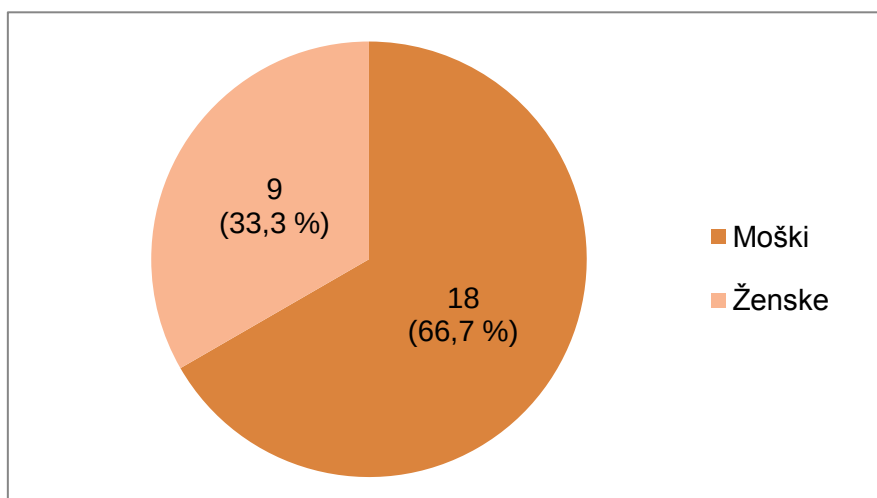
- **ALUMINIJ**

Ugotovili smo, da so vrednosti aluminija v vzorcih ženskih las v povprečju višje kot v vzorcih moških.

Tabela 40: Povprečje koncentracij aluminija v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij aluminija [mg/kg]
Moški	25,927
Ženske	33,757

Med 27 vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za aluminij, je 18 (66,7 %) vzorcev moških las in 9 (33,3 %) ženskih.



Graf 28: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za aluminij glede na spol

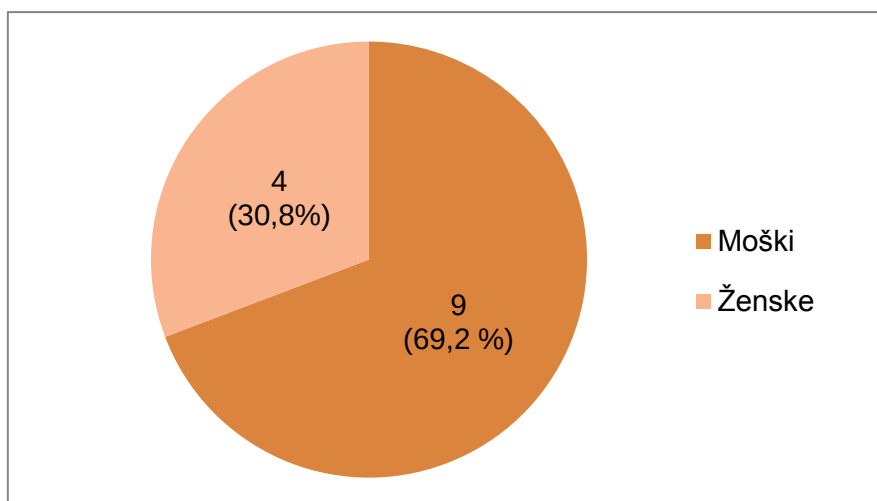
- **ARZEN**

Ugotovili smo, da so vrednosti arzena v vzorcih moških las v povprečju višje kot v vzorcih ženskih.

Tabela 41: Povprečje koncentracij arzena v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij arzena [mg/kg]
Moški	0,102
Ženske	0,064

Med 13 vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za arzen, je 9 (69,2 %) vzorcev moških las in 4 (30,8 %) vzorci ženskih.



Graf 29: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za arzen glede na spol

- **KADMIJ**

Ugotovili smo, da so vrednosti kadmija v vzorcih ženskih las v povprečju višje kot v vzorcih moških.

Tabela 42: Povprečje koncentracij kadmija v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij kadmija [mg/kg]
Moški	0,011
Ženska	0,028

Med 4 vzorci, ki z visokimi vrednostmi kadmija izstopajo iz povprečja (vidno na grafu 3) so 3 vzorci ženskih las (št. 13, 14 in 26) in 1 vzorec moških (št. 11).

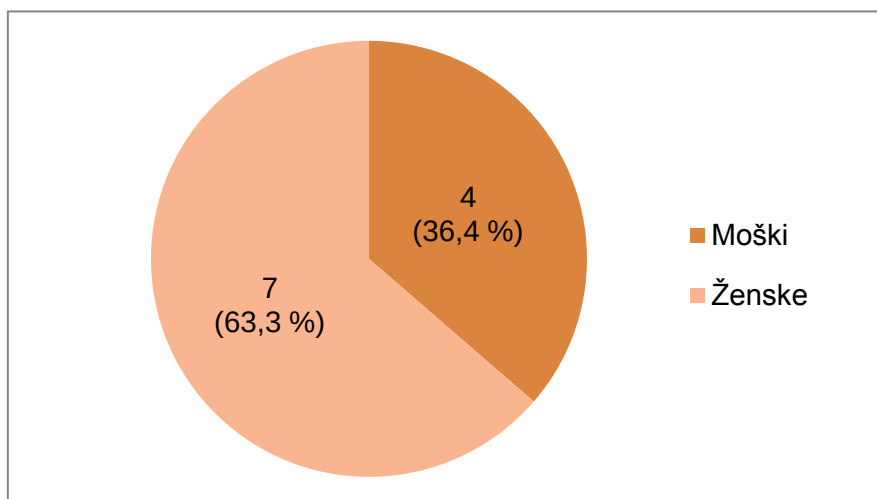
- **KOSITER**

Ugotovili smo, da so vrednosti kositra v vzorcih ženskih las v povprečju višje kot v vzorcih moških.

Tabela 43: Povprečje koncentracij kositra v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij kositra [mg/kg]
Moški	0,209
Ženska	1,838

Med 11 vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za kositer, je 7 (63,3 %) vzorcev ženskih las in 4 (36,4 %) moških.



Graf 30: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za kositer glede na spol

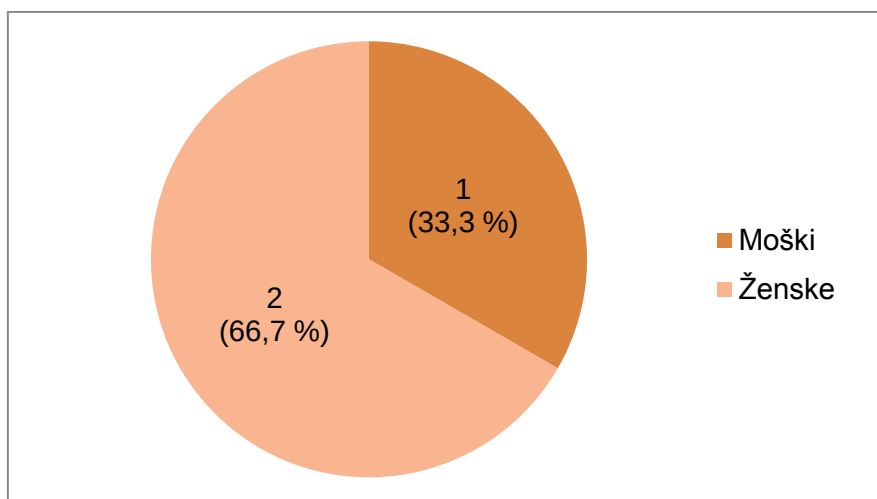
- **SVINEC**

Ugotovili smo, da so vrednosti svinca v vzorcih ženskih las v povprečju višje kot v vzorcih moških.

Tabela 44: Povprečje koncentracij svinca v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij svinca [mg/kg]
Moški	0,329
Ženske	0,710

Med 3 vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za svinec, sta 2 (66,7 %) vzorca ženskih las in 1 (33,3 %) vzorec moških.



Graf 31: Vzorci, ki presegajo referenčno vrednost za svinec glede na spol

4.3 Hipoteza 3

V primerjavi z vzorci moških las bodo v vzorcih ženskih las v povprečju prisotne višje koncentracije esencialnih elementov in več vzorcev bo v referenčnem območju.

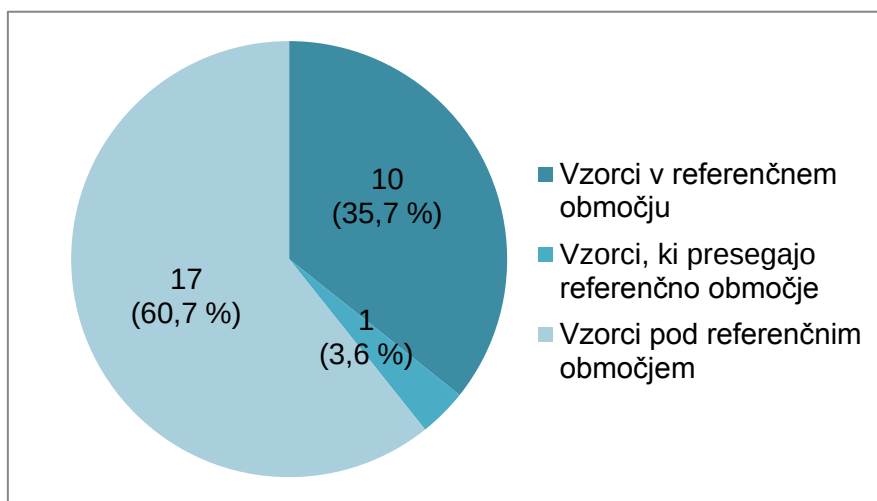
- **BAKER**

Pri analizi za baker smo ugotovili, da so v vzorcih ženskih las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih moških.

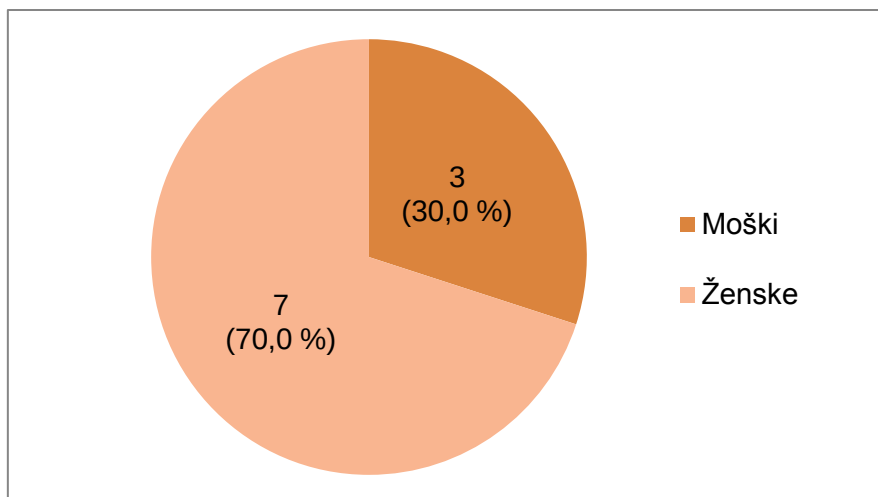
Tabela 45: Povprečje koncentracij bakra v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij bakra [mg/kg]
Moški	9,529
Ženske	18,415

V referenčnem območju, ki je za baker 11–30 mg/kg, je 10 (35,7 %) vzorcev, od tega so 3 (30 %) vzorci moških las in 7 (70 %) vzorcev ženskih.



Graf 32: Rezultati za baker glede na referenčno območje



Graf 33: Vzorci v referenčnem območju za baker glede na spol

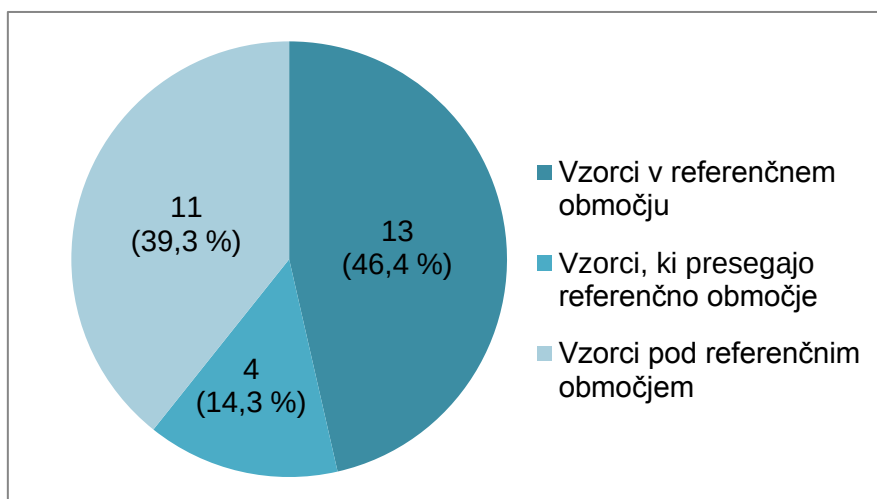
- **CINK**

Pri analizi za cink smo ugotovili, da so v vzorcih ženskih las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih moških.

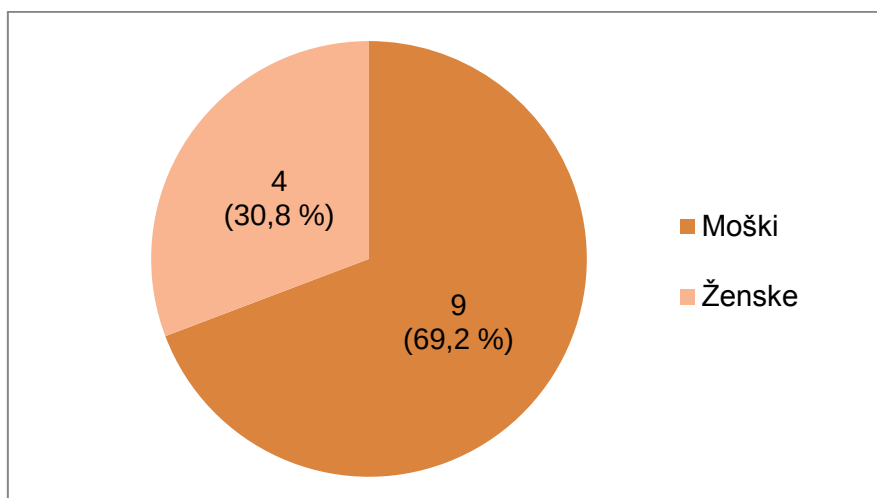
Tabela 46: Povprečje koncentracij cinka v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij cinka [mg/kg]
Moški	140,710
Ženske	148,702

V referenčnem območju, ki je za cink 130–200 mg/kg, je 13 (46,4 %) vzorcev, od tega je 9 (69,2 %) vzorcev moških las in 4 (30,8 %) vzorci ženskih.



Graf 34: Rezultati za cink glede na referenčno območje



Graf 35: Vzorci v referenčnem območju za cink glede na spol

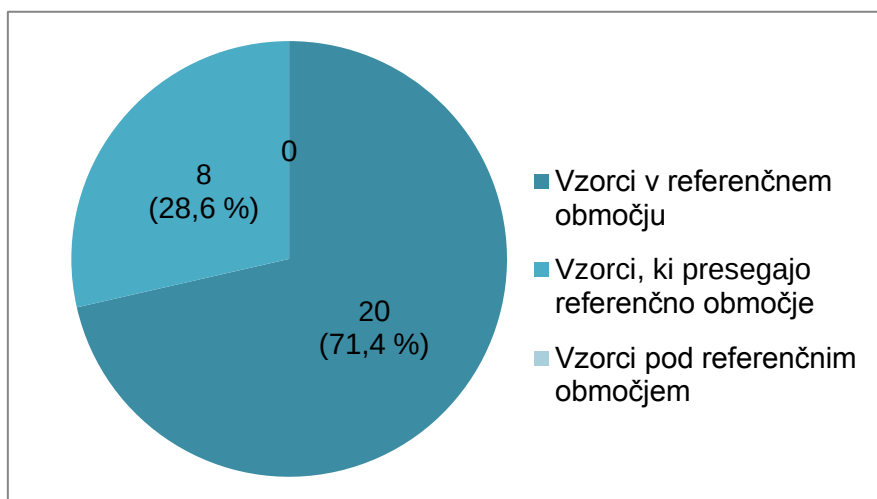
- JOD

Pri analizi za jod smo ugotovili, da so v vzorcih moških las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih ženskih.

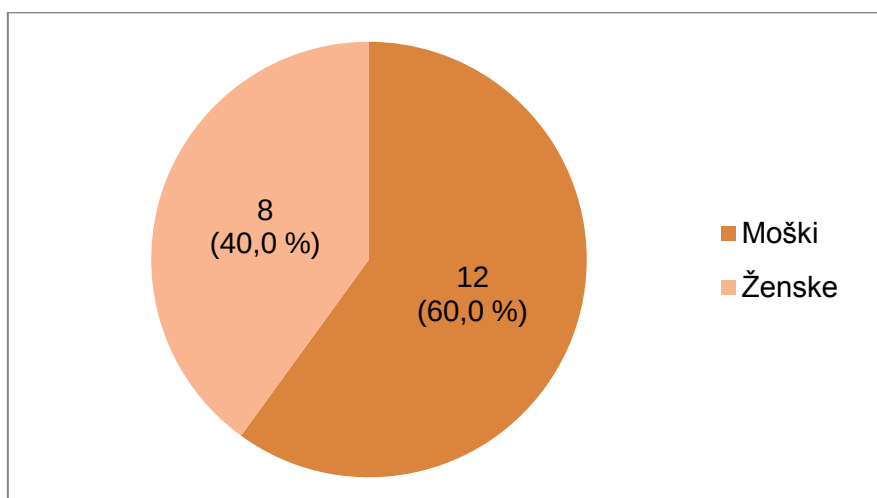
Tabela 47: Povprečje koncentracij joda v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij joda [mg/kg]
Moški	2,394
Ženske	1,013

V referenčnem območju, ki je za jod 0,25–1,8 mg/kg, je 20 (71,4 %) vzorcev, od tega je 12 (60,0 %) vzorcev moških las in 8 (40,0 %) ženskih.



Graf 36: Rezultati za jod glede na referenčno območje



Graf 37: Vzorci v referenčnem območju za jod glede na spol

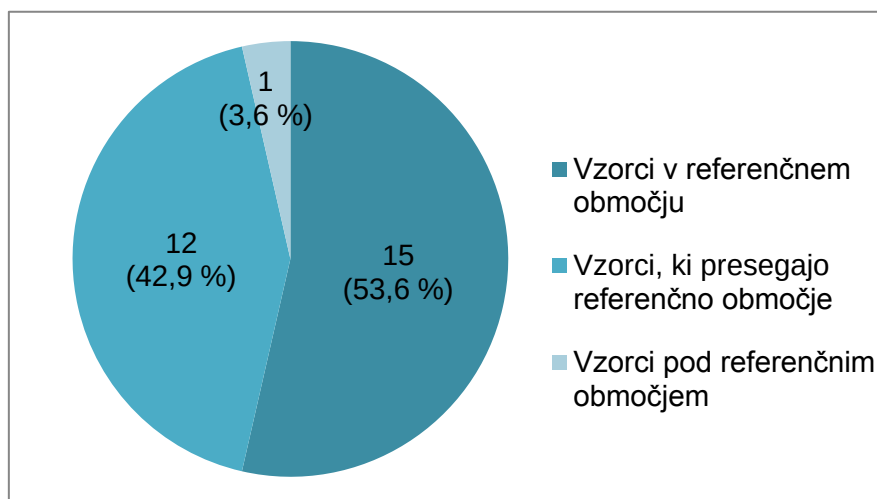
• KALCIJ

Pri analizi za kalcij smo ugotovili, da so v vzorcih ženskih las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih moških.

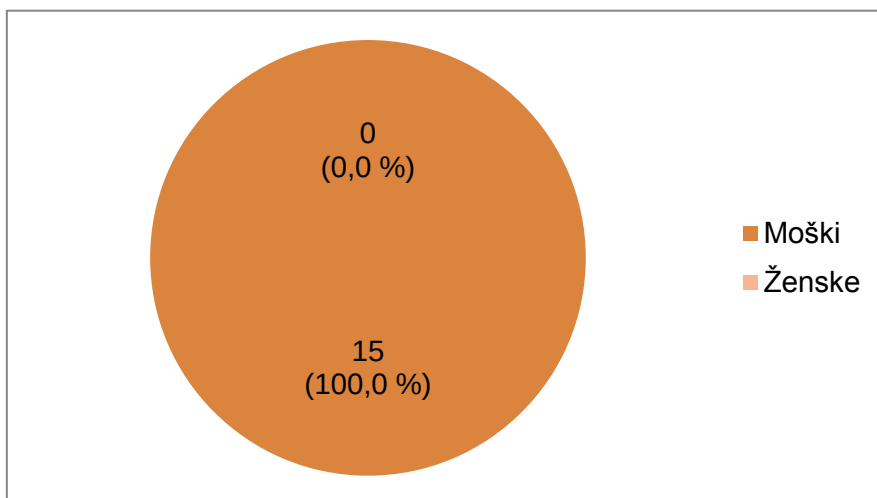
Tabela 48: Povprečje koncentracij kalcija v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij kalcija [mg/kg]
Moški	556,015
Ženske	8244,748

V referenčnem območju, ki je za kalcij 200–750 mg/kg, je 15 (75,0 %) vzorcev, od tega je vseh 15 (100,0 %) moških vzorcev las.



Graf 38: Rezultati za kalcij glede na referenčno območje



Graf 39: Vzorci v referenčnem območju za kalcij glede na spol

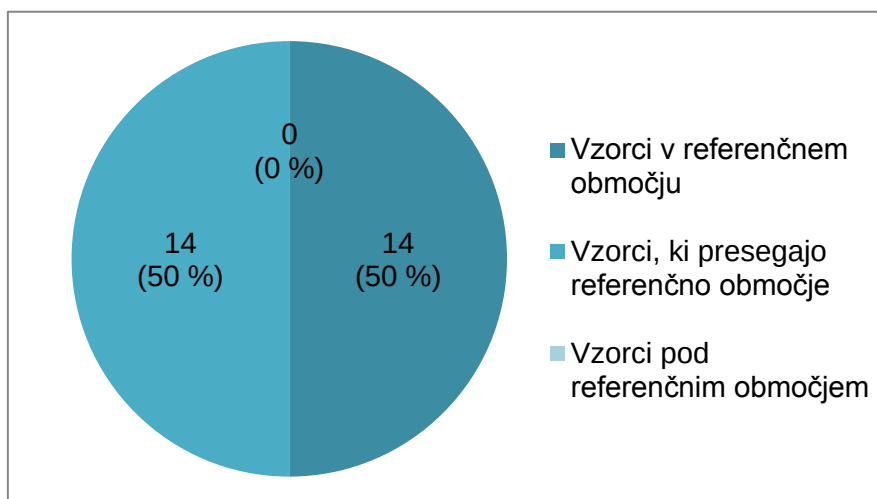
• KALIJ

Pri analizi za kalij smo ugotovili, da so v vzorcih moških las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih ženskih.

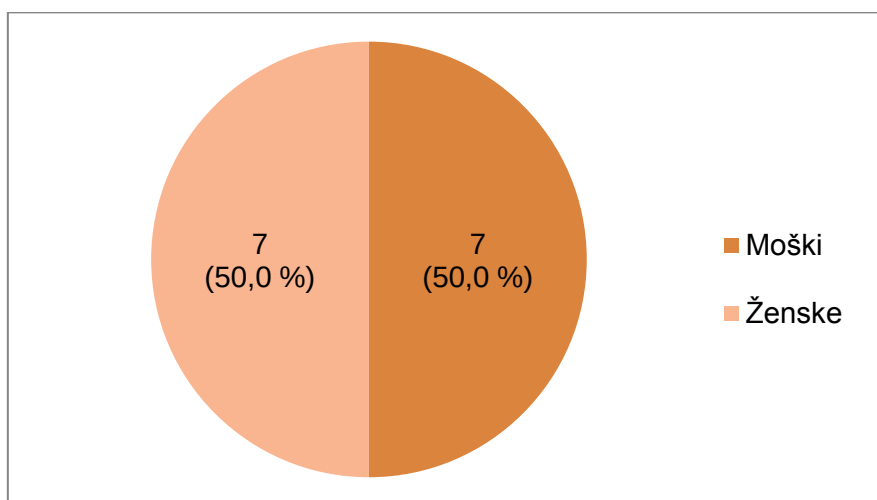
Tabela 49: Povprečje koncentracij kalija v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij kalija [mg/kg]
Moški	348,898
Ženske	57,175

V referenčnem območju, ki je za kalij 9–80 mg/kg, je 14 (50,0 %) vzorcev, od tega je 7 (50,0 %) vzorcev moških las in 7 (50,0 %) ženskih.



Graf 40: Rezultati za kalij glede na referenčno območje



Graf 41: Vzorci v referenčnem območju glede na spol

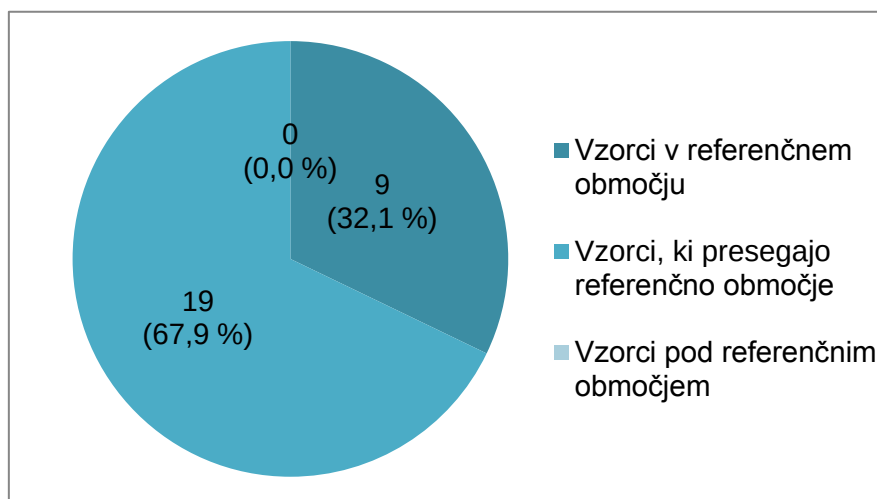
• MAGNEZIJ

Pri analizi za magnezij smo ugotovili, da so v vzorcih ženskih las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih moških.

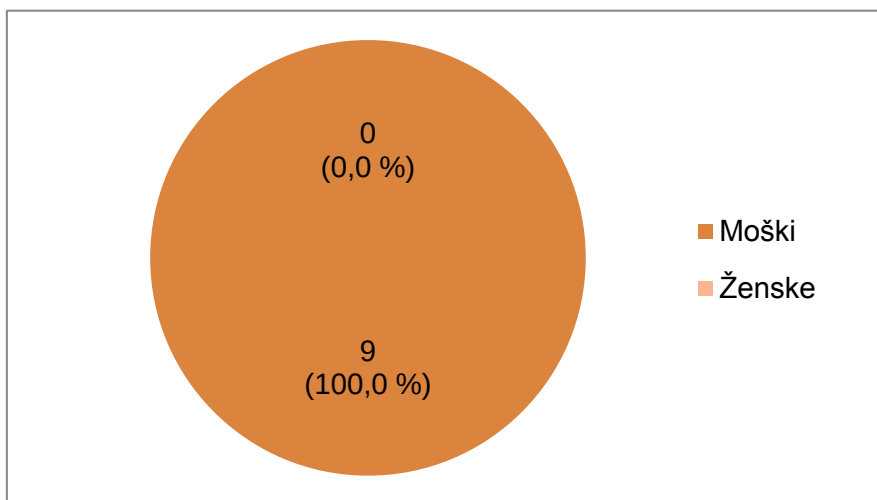
Tabela 50: Povprečje koncentracij magnezija v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij magnezija [mg/kg]
Moški	88,045
Ženske	859,926

V referenčnem območju, ki je za magnezij 25–75 mg/kg, je 9 (32,1 %) vzorcev, od tega je vseh 9 (100,0 %) vzorcev moških las.



Graf 42: Rezultati za magnezij glede na referenčno območje



Graf 43: Vzorci v referenčnem območju za magnezij glede na spol

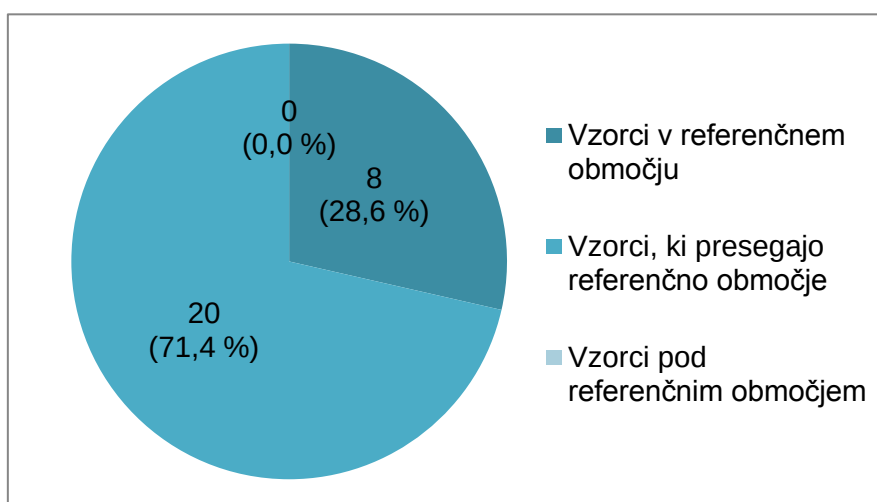
• NATRIJ

Pri analizi za natrij smo ugotovili, da so v vzorcih moških las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih ženskih.

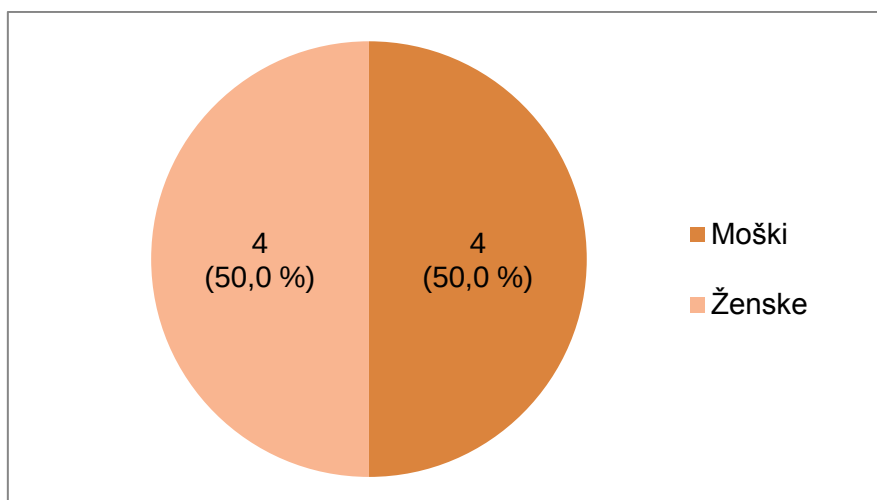
Tabela 51: Povprečje koncentracij natrija v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij natrija [mg/kg]
Moški	505,662
Ženske	254,322

V referenčnem območju, ki je za natrij 20–180 mg/kg, je 8 (28,6 %) vzorcev, od tega so 4 (50,0 %) vzorci moških las in 4 (50,0 %) ženskih.



Graf 44: Rezultati za natrij glede na referenčno območje



Graf 45: Vzorci v referenčnem območju za natrij glede na spol

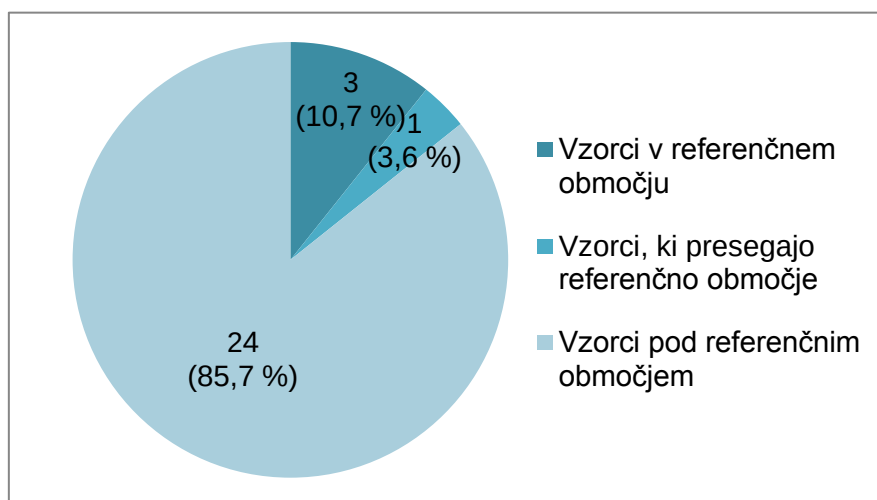
- **SELEN**

Pri analizi za selen smo ugotovili, da so v vzorcih moških las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih ženskih.

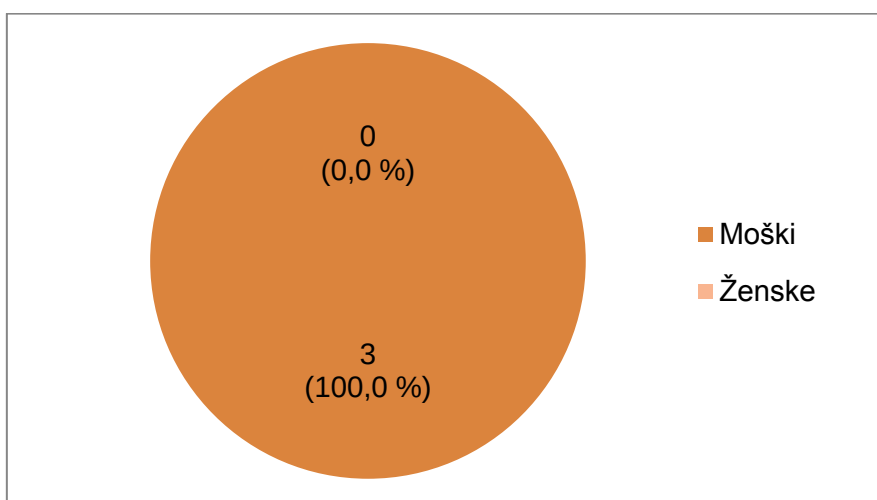
Tabela 52: Povprečje koncentracij selena v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij selena [mg/kg]
Moški	2,610
Ženske	0,255

V referenčnem območju, ki je za selen 0,70–1,2 mg/kg, so 3 vzorci (10,7 %), od tega so vsi 3 vzorci (100,0 %) moških las.



Graf 46: Rezultati za selen glede na referenčno območje



Graf 47: Vzorci v referenčnem območju za selen glede na spol

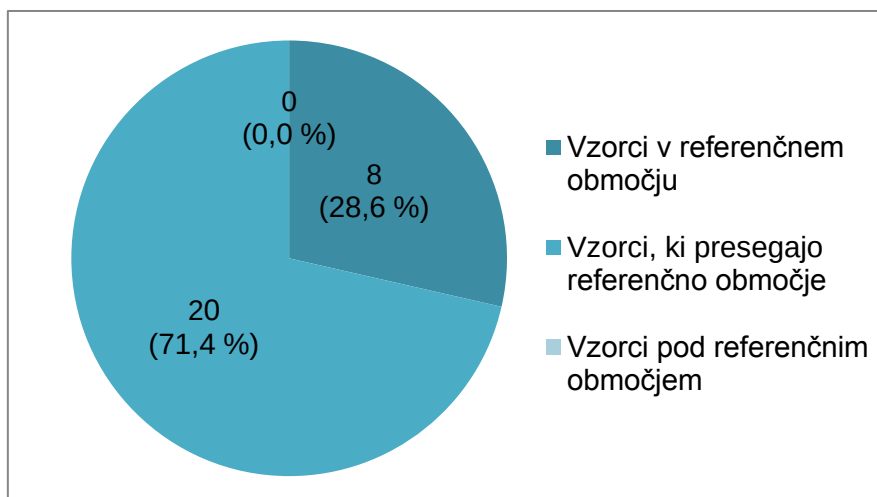
• ŽELEZO

Pri analizi za železo smo ugotovili, da so v vzorcih moških las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih ženskih.

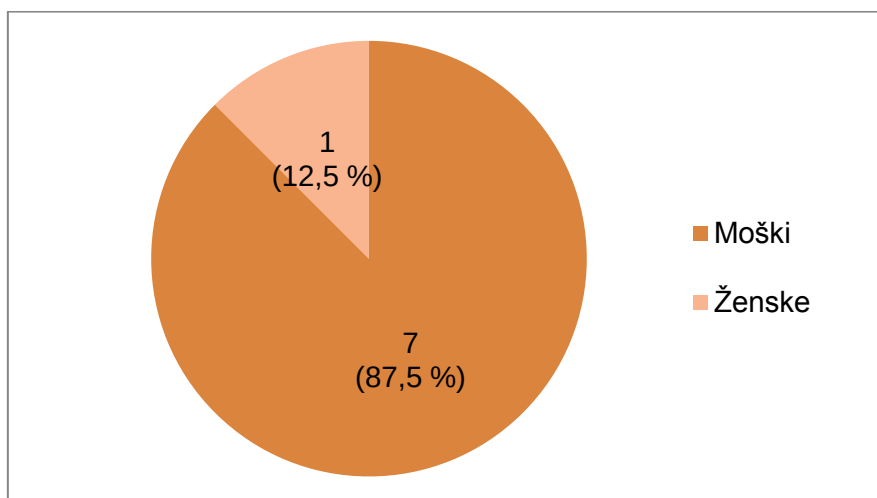
Tabela 53: Povprečje koncentracij železa v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje koncentracij železa [mg/kg]
Moški	51,069
Ženske	36,819

V referenčnem območju, ki je za železo 7–16 mg/kg, je 8 (28,6 %) vzorcev, od tega je 7 (87,5 %) vzorcev moških las in 1 (12,5 %) vzorec ženskih.



Graf 48: Rezultati za železo glede na referenčno območje



Graf 49: Vzorci v referenčnem območju za železo glede na spol

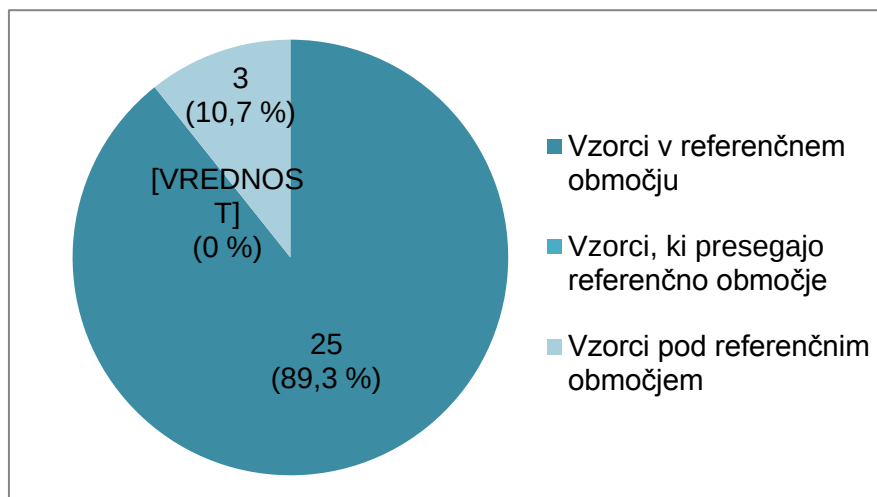
- **RAZMERJE Ca/Mg**

Ugotovili smo, da je razmerje Ca/Mg v povprečju višje pri ženskah kot pri moških.

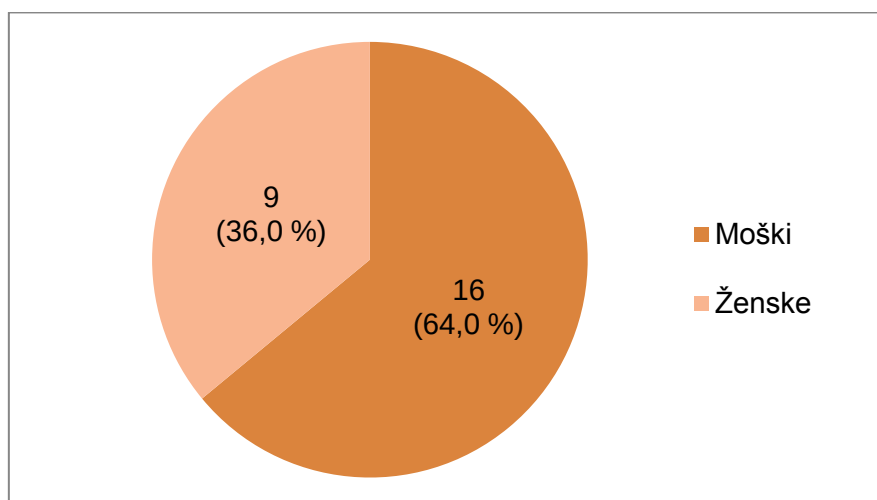
Tabela 54: Povprečje razmerij Ca/Mg v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje razmerij Ca/Mg
Moški	2,265
Ženske	5,318

Znotraj referenčnega območja, ki je za razmerje Ca/Mg 430, je 25 (89,3 %) vzorcev, od tega je 16 (64,0 %) vzorcev moških las in 9 (36,0 %) ženskih.



Graf 50: Razmerja Ca/Mg glede na referenčno območje



Graf 51: Vzorci v referenčnem območju za razmerje Ca/Mg

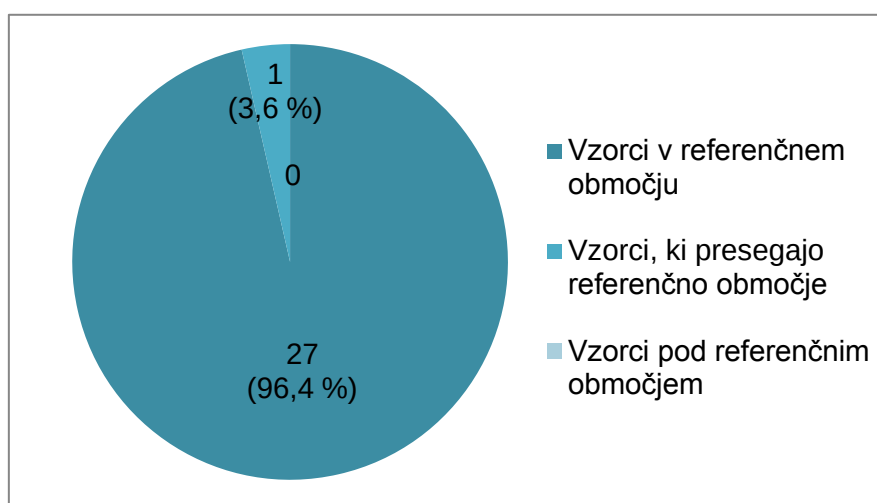
- **RAZMERJE Na/K**

Ugotovili smo, da je razmerje Na/K v povprečju višje pri ženskah kot pri moških.

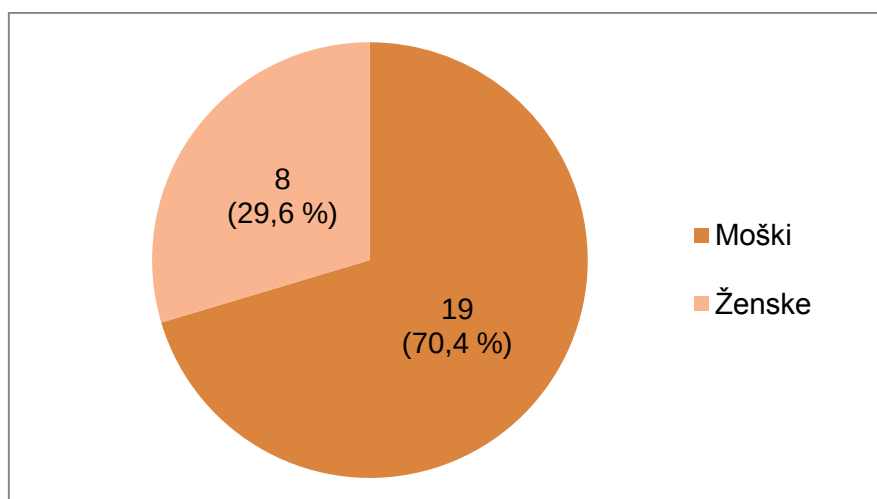
Tabela 55: Povprečje razmerij Na/K v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje razmerij Ca/Mg
Moški	6,443
Ženske	9,956

Znotraj referenčnega območja, ki je za razmerje Na/K 0,5–10, je 27 (96,4 %) vzorcev, od tega je 19 (70,4 %) vzorcev moških las in 8 (29,6 %) ženskih.



Graf 52: Razmerja Na/K glede na referenčno območje



Graf 53: Vzorci v referenčnem območju za razmerje Na/K

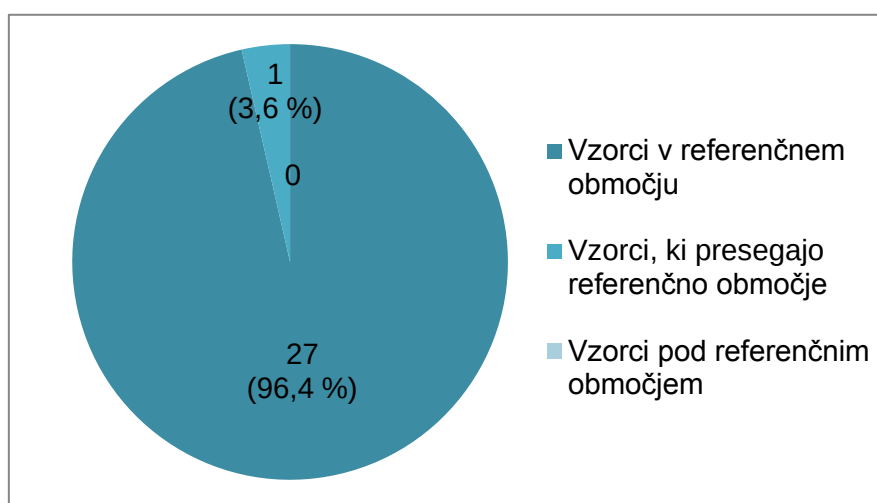
- **RAZMERJE Zn/Cu**

Ugotovili smo, da je razmerje Zn/Cu v povprečju višje pri moških kot pri ženskah.

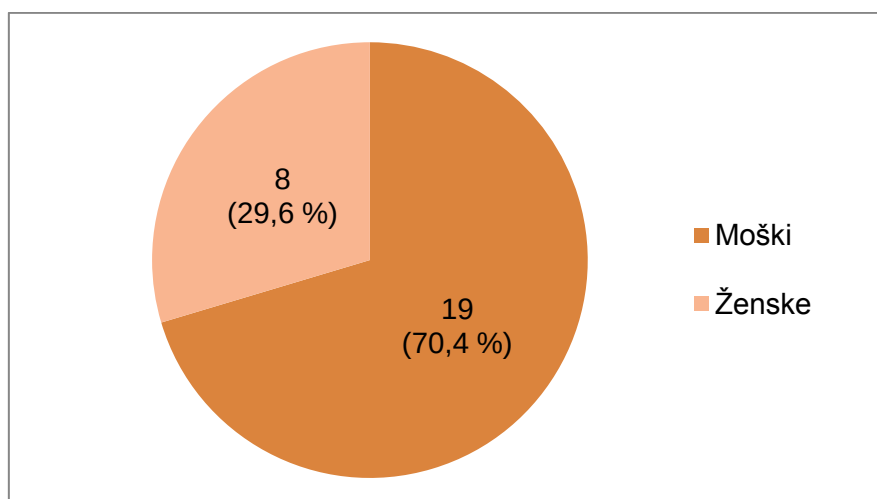
Tabela 56: Povprečje razmerij Zn/Cu v vzorcih moških in ženskih las

	Povprečje razmerij Zn/Cu
Moški	15,001
Ženske	9,160

Znotraj referenčnega območja, ki je za razmerje Zn/Cu 4–20, je 27 (96,4 %) vzorcev, od tega je 19 (70,4 %) vzorcev moških las in 8 (29,6 %) ženskih.



Graf 54: Razmerja Zn/Cu glede na referenčno območje



Graf 55: Vzorci v referenčnem območju za razmerje Zn/Cu

4.4 Hipoteza 4

V primerjavi z nebarvanimi lasmi bodo v vzorcih barvanih las v povprečju koncentracije bakra, kadmija in železa višje in več vzorcev bo presegalo referenčno območje.

- **BAKER**

Pri analizi za baker smo ugotovili, da so v vzorcih barvanih las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih nebarvanih.

Tabela 57: Povprečje koncentracij bakra za barvane in nebarvane lase

	Povprečje koncentracij cinka [mg/kg]
Barvani lasje	16,663
Nebarvani lasje	9,618

Za baker noben vzorec ne presega referenčne vrednosti.

- **KADMIJ**

Pri analizi za kadmij smo ugotovili, da so v vzorcih nebarvanih las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih barvanih.

Tabela 58: Povprečje koncentracij kadmija za barvane in nebarvane lase

	Povprečje koncentracij kadmija [mg/kg]
Barvani lasje	0,08
Nebarvani lasje	0,096

Za kadmij noben vzorec ne presega referenčne vrednosti.

Med 4 vzorci, ki po vrednostih izrazito izstopajo iz povprečja, so 3 (75,0 %) vzorci barvanih las in 1 (25,0 %) vzorec nebarvanih.

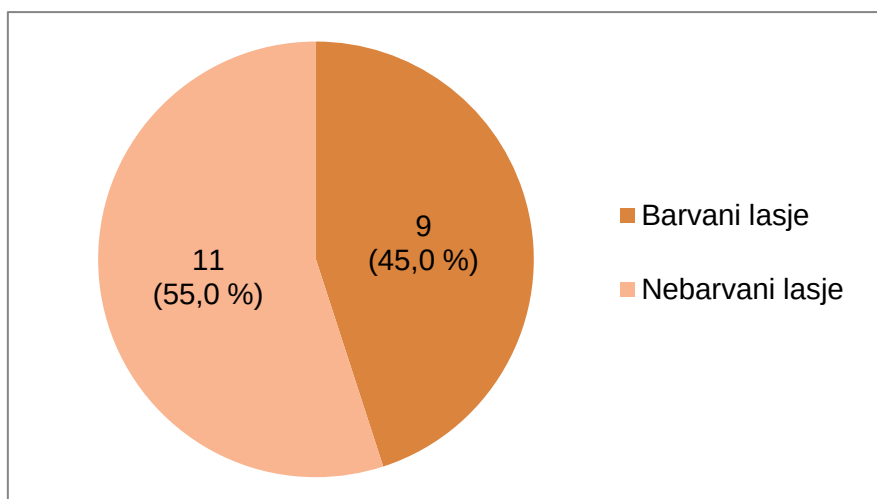
• ŽELEZO

Pri analizi za železo smo ugotovili, da so v vzorcih nebarvanih las v povprečju višje koncentracije kot v vzorcih barvanih.

Tabela 59: Povprečje koncentracij železa za barvane in nebarvane lase

	Povprečje koncentracij železa [mg/kg]
Barvani lasje	33,134
Nebarvani lasje	55,132

Med 20 vzorci, ki presegajo referenčno območje za železo, je 9 (45,0 %) vzorcev barvanih las in 11 (55,0 %) nebarvanih.



Graf 56: Vzorci, ki presegajo referenčno območje za železo glede na barvo las

5 RAZPRAVA

- **Hipoteza 1:** V primerjavi z vzorci las ljudi iz okolice Celja bodo v vzorcih las tistih iz Celja v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin in več vzorcev bo presegalo referenčno vrednost.

V Celju na splošno velja prepričanje, da je koncentracija težkih kovin v prsti višja kot zunaj Celja, zato smo odločili, da bi v prvi hipotezi primerjali koncentracije težkih kovin v laseh ljudi, ki živijo v Celju s koncentracijo težkih kovin v laseh ljudi, ki živijo zunaj Celja.

Naše ugotovitve kažejo, da pri vzorcih las ljudi iz Celja v povprečju niso prisotne večje količine težkih kovin kot v vzorcih tistih iz okolice Celja. V vzorcih las ljudi iz okolice Celja so bile povprečne koncentracije kadmija (0,017 mg/kg), arzena (0,108 mg/kg) in svinca (0,478 mg/kg) celo višje od povprečne koncentracije kadmija (0,016 mg/kg), arzena (0,071 mg/kg) in svinca (0,432 mg/kg) v vzorcih las ljudi iz Celja. Povprečne koncentracije aluminija (27,898 mg/kg) in kositra (0,481 mg/kg) v laseh ljudi iz okolice Celja pa so le nekoliko nižje od koncentracij aluminija (28,99 mg/kg) in kositra (0,994 mg/kg) v vzorcih las ljudi iz Celja.

Ugotovili smo še, da je referenčno vrednost za aluminij, arzen in svinec presegalo več vzorcev las ljudi zunaj Celja kot tistih v Celju. Referenčno vrednost je presegalo več vzorcev las ljudi iz Celja samo pri kositru. Presenetili so nas rezultati za kadmij in aluminij. Vrednosti kadmija so bile v vseh 28 vzorcih pod referenčno vrednostjo. V 4 primerih so vrednosti izrazito odstopale od ostalih vzorcev (od tega so bili 3 vzorci las ljudi zunaj Celja, eden pa tistih iz Celja). Vrednosti aluminija so v 96,4 % presegale referenčno vrednost. Vzrok je verjetno v prehrani, saj je veliko prehramnih izdelkov v embalaži, v kateri je aluminij.

Na nizke količine kadmija vpliva visoka količina cinka, kar je razvidno iz razmerja Zn/Cd. Primer: vzorec 26 je imel koncentracijo cinka (graf 7) pod referenčno vrednostjo, koncentracijo kadmija (graf 3) pa najvišjo med vsemi vzorci, razmerje Zn/Cd je imel ta vzorec pod referenčno vrednostjo (graf 19).

Hipotezo smo torej morali ovreči, kar nas je presenetilo, saj smo sklepali, da bodo iz rezultatov analize razvidne očitne razlike v koncentracijah posameznih težkih kovin vzorcev las ljudi iz Celja in tistih zunaj njega. Glede na rezultate analize ne moremo

sklepati, ali vzorec las pripada osebi, ki živi v Celju ali zunaj njega. Za boljšo interpretacijo rezultatov bi poleg kraja, v katerem živi oseba, morali poznati njene prehrambene navade, delovno mesto, ali je aktiven ali pasiven kadilec ipd. Če bi te podatke poznali, bi lahko sklepali, zakaj so koncentracije kovin v njihovih lasih takšne, kakršne je pokazala analiza. Ker vpliva na vsebnost težkih kovin v posameznikovih lasih veliko dejavnikov, ne moremo pojasnjevati koncentracij teh kovin v posameznih vzorcih samo s krajem bivanja.

- **Hipoteza 2:** V primerjavi z vzorci ženskih las bodo v vzorcih moških las v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin in več vzorcev bo presegalo referenčno vrednost.

Hipotezo smo ovrgli, saj je bila le pri eni izmed težkih kovin, za katere smo naredili analizo, to je arzen, povprečna koncentracija kovine višja pri moških (0,102 mg/kg) kot pri ženskah (0,064 mg/kg), pri aluminiju (33,757 mg/kg), kadmiju (0,028 mg/kg), kositru (1,838 mg/kg) in svincu (0,710 mg/kg) pa so višje povprečne koncentracije teh težkih kovin pri ženskah.

Referenčno vrednost za arzen je presegalo več vzorcev moških las (69,2 %) kot ženskih (30,8 %). Pri ostalih težkih kovinah so prevladovali povprečne vrednosti vzorcev ženskih las: pri kositru 63,3 %, pri svincu 66,7%, pri aluminiju pa 33,3 %.

Tudi pri tej hipotezi moramo poudariti, da vsebnost posameznih kovin v lasih ni odvisna samo od spola osebe, pač pa od številnih drugih dejavnikov. Hipotezo smo oblikovali iz predvidevanj, da so moški na splošno bolj izpostavljeni težkim kovinam zaradi svojih delovnih mest v tovarnah, industriji, kmetijstvu itd., da je več kadilcev ali da se v povprečju prehranjujejo s hrano, ki je manj bogata z vitamini, minerali in vlakninami. Naši rezultati pa nasprotujejo vsemu temu, zato te hipoteze nismo mogli potrditi.

- **Hipoteza 3:** V primerjavi z vzorci moških las bodo v vzorcih ženskih las v povprečju prisotne višje koncentracije esencialnih elementov in več vzorcev bo znotraj referenčnega območja.

Ženske naj bi v povprečju živele bolj zdravo od moških. Na splošno zaužijejo tudi več esencialnih elementov kot moški (v obliki prehranskih dodatkov, zelenjave, stročnic ...), zato smo predvidevali, da bo v ženskih laseh povprečna koncentracija esencialnih elementov višja od tiste v moških. Naše analize so pokazale, da to ne drži, zato smo hipotezo ovrgli.

Pri 4 od 9 esencialnih elementov je povprečna koncentracija posameznega elementa višja pri ženskah, kar pa ni večina, kot smo predvidevali na začetku. Povprečne koncentracije bakra (18,415 mg/kg), cinka (148,702 mg/kg), kalcija (8244,748 mg/kg) in magnezija (859,926 mg/kg) so višje v vzorcih ženskih las. Pri elementih jod (2,394 mg/kg), kalij (348,898 mg/kg), natrij (505,622 mg/kg), selen (2,610 mg/kg) in železo (51,069 mg/kg) pa so bile povprečne koncentracije višje v vzorcih moških las.

V referenčnem območju za baker je bilo več vzorcev ženskih las (70 %). Pri kaliju in natriju so 50 % vzorcev v referenčnem območju predstavljali ženski lasje, 50 % pa moški. Pri cinku, jodu, kalciju, magneziju, selenu in železu pa so v referenčnem območju prevladovali vzorci moških las.

Razmerji Ca/Mg in Na/K sta v povprečju višji pri ženskah kot pri moških, razmerje Zn/Cu pa je v povprečju višje pri moških kot pri ženskah, pri vseh razmerjih pa je v referenčnem območju več moških las.

Za podrobnejše pojasnevanje rezultatov za tretjo hipotezo bi potrebovali podatke o prehranjevanju žensk in moških, ki so bili zajeti v raziskavi.

- **Hipoteza 4:** V vzorcih barvanih las bodo povprečne koncentracije bakra, kadmija in železa višje kot pri nebarvanih laseh.

Hipotezo smo oblikovali glede na raziskave narejene, na Kitajskem leta 2008, kjer so med drugim ugotovili, da so barvani lasje vsebovali višje koncentracije bakra, kadmija in železa kot nebarvani. [71]

Hipotezo smo ovrgli, saj drži, da je povprečna vrednost bakra višja pri barvanih laseh kot pri nebarvanih, toda naši rezultati kažejo, da so povprečne vrednosti kadmija in železa višje pri vzorcih nebarvanih las. Tako celotna hipoteza, da bodo povprečne koncentracije vseh treh kovin višje pri barvanih laseh, ne drži.

6 ZAKLJUČEK

Pred raziskovanjem smo se vprašali, kaj v sebi skrivajo lasje, in po večmesečnem delu ugotovili, da še zdaleč nimajo samo estetskega pomena. Poleg drugih dlak na telesu jih imamo zato, da nas ščitijo pred zunanjimi vplivi. Njihova anatomsko in kemijsko zgradbo sta dokaj zapleteni.

V eksperimentalnem delu naloge smo se osredinili na analizo las, v teoretičnem delu pa razložili, čemu takšne analize sploh služijo in kaj nam lahko povedo. Večina teoretičnega dela je bila namenjena predstavitvi elementov, za katere smo kasneje analizirali vzorce las (arzen, aluminij, kadmij, kositer, svinec, baker, cink, jod, kalcij, kalij, magnezij, natrij, selen in železo). Predstavili smo osnovne podatke za posamezne elemente: kje jih najdemo oziroma kako smo jim izpostavljeni, kakšen pomen imajo za naše telo in ali nam morda škodijo. Pri esencialnih elementih nas je zanimalo tudi, kako se naše telo odziva na pomanjkanje ali prevelike količine teh elementov.

Analize so pokazale, da so bile pri vzorcih las ljudi iz okolice Celja v povprečju prisotne višje koncentracije težkih kovin kot v vzorcih las tistih iz Celja. V medijih mnogokrat zasledimo, da izmerjene vrednosti kadmija v prsti v Celju presegajo mejno vrednost, kar bi se moralo odražati tudi v vzorcih las ljudi iz Celja. Opozoriti moramo, da okoljska izpostavljenost težkim kovinam v Sloveniji ni takšen problem, kot ga nekateri želijo prikazati. Povprečni državljani nismo izpostavljeni tako visokim koncentracijam težkih kovin, če res ne živimo na območjih, ki so že znano kontaminirana (Mežiška dolina, Celje z okolico, Idrija ...). Zrak se kontrolira v celotni Sloveniji, industrije, ki bi bila možen vir kontaminacije, ni več, rudniki so zaprti (Mežica, Idrija). Tudi v Celju Cinkarna ne onesnažuje več toliko kot včasih. Problemi s težkimi kovinami so v glavnem rezultat preteklega delovanja industrije. Ta področja so danes znana in nadzirana. Naša analiza je pokazala, da noben vzorec ni presegal referenčne vrednosti. Prav to smo v nalogi potrdili s prvo hipotezo.

Poleg tega je količina enega elementa v telesu velikokrat odvisna tudi od količine drugega, npr. koncentracijo kadmija v telesu znižuje zadostna količina cinka, zato moramo pri iskanju vzrokov za rezultate, ki smo jih dobili pri analizi za en element, vedno upoštevati še rezultate analiz za druge elemente (kot so razmerja Ca/Mg, Na/K, Zn/Cu in Zn/Cd).

Povprečne koncentracije težkih kovin so bile pri aluminiju, kadmiju, kositru in svincu višje v vzorcih ženskih las kot moških. Pri esencialnih elementih pa so bile povprečne koncentracije joda, kalija, natrija, selena in železa višje v vzorcih moških las.

Presenetili so nas predvsem rezultati analize za aluminij, saj so bile koncentracije v vseh vzorcih, razen v enem, nad referenčno vrednostjo. Na rezultate lahko vpliva način vzorčenja in predpriprava vzorcev (pred analizo bi jih morali sprati z acetonom, z destilirano vodo in jih posušiti). Višje koncentracije aluminija lahko povežemo tudi z množično uporabo izdelkov, ki so prevlečeni z aluminijem, saj se danes uporabi tetrapakov, alufolije in podobnega skoraj ne moremo izogniti. Z uživanjem embalarane hrane prihajajo v naše telo večje količine aluminija. Visoke koncentracije aluminija v lasih se ujemajo z vse večjim številom obolelih za Parkinsonovo in Alzheimerjevo boleznijo, izgubo spomina, dekoncentracijo, zmedenostjo in težavami pri dojetanju, kar nam potrjuje, da je visoka koncentracija aluminija resen problem in izziv za zdravljenje v prihodnosti.

Na naše rezultate je vplival izbor referenčnih območij za esencialne elemente oz. referenčnih vrednosti za težke kovine. Za izbor teh vrednosti smo se odločili glede na naše metode analiz in izbora težkih kovin ter esencialnih elementov. V Evropski uniji zakonsko še ni določenih referenčnih vrednosti oz. območij za preiskovane elemente.

Na rezultate je vplivalo število vzorcev moških in ženskih las, saj je bilo moških 19, ženskih pa 9. Pri zadnji hipotezi pa je na rezultat vplivalo 11 vzorcev barvanih las in 17 vzorcev nebarvanih. Pri interpretaciji nismo posebej upoštevali oblike las, saj je bilo vzorec kodrastih las premajhen (3 vzorci).

Da bi hipoteze natančneje ovrednotili, bi morali ob vzorčenju zbirati še druge podatke, npr. o prehranjevalnih navadah ljudi, njihovem delovnem mestu, razvadah, kot sta kajenje, uživanje prehranskih dopolnil ..., to so namreč nekateri izmed

ključnih dejavnikov, ki vplivajo na količine posameznih elementov v laseh, predvsem pa bi morali analizirati večje število vzorcev in primerjati enako število ženskih in moških ter barvanih in nebarvanih las. Pri zbiranju vzorcev bi morali poenotiti vrsto škarij, s katerimi so bili rezani lasje in dolžino, na kateri so bili odrezani.

Pri analizi las smo ugotovili, da so lahko raziskave las odličen prispevek k natančnejšemu vpogledu v zdravstveno stanje neke osebe, zato je smiselno, da se opravljajo individualno, da se za vsakega posameznika upošteva čim več dejavnikov, ki lahko vplivajo tako na vsebnost težkih kovin kot esencialnih elementov.

Z nalogo smo želeli opozoriti na okoljske probleme, s katerimi se vsak dan srečujemo. Jasno je, da sta izpostavljenost težkim kovinam in kontaminacija z njimi zelo resni težavi, ki lahko močno poslabšata kakovost našega življenja. Slaba novica je, da se kontaminacije s težkimi kovinami velikokrat sploh ne zavedamo, ne moremo pa se ji tudi popolnoma izogniti. Dobra pa je, da obstajajo analitske metode, kot je ICP–MS, ki omogočajo analizo v različnih matricah, tudi v laseh, in da so možnosti, da se lahko razstrupimo.

7 VIRI IN LITERATURA

7.1 Spletni viri

[1] Lasje [online]. *Lekarna deteljica*. [Pridobljeno: 5. jan. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://lekarnadeteljica.com/nasveti/>

[2] Zgradba las. [online] *eZdravje*. [Pridobljeno: 5. jan. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.ezdravje.com/zdravje-in-dobro-pocutje/nega-las/zgradba-las/>

[3] Zgradba las. [online] *Prolab*. [Pridobljeno: 5. jan. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.prolab.si/lasje-in-tezave-z-lasmi/zgradba-las.html>

[4] ROBBINS, C. R. 2012. Chemical and Physical Behaviour of Human Hair [online]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. str. 105 – 176. [Pridobljeno: 24. dec. 2017] Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.springer.com/gp/book/9783642256103>

[5] WANG, B., YANG, W., MCKITTRICK, J. idr. 2016. Progress in Materials Science. *Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration* [online]. vol. 76. str. 231 – 238. [Pridobljeno: 24. dec. 2017] Dostopno na spletnem naslovu: <https://escholarship.org/uc/item/5sb7q6jp>

[6] Alpha-keratin [online]. 2017. *Wikipedia The Free Encyclopedia*. [Pridobljeno: 24. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-keratin>

[7] Hair composition [online]. 2017. *Design essentials*. [Pridobljeno: 26. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://designessentials.com/hair-composition/>

[8] Peptidna vez in peptidi [online]. 2011. *Wiki Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani*. [Pridobljeno: 27. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: http://wiki.fkkt.uni-lj.si/index.php/Peptidna_vez_in_peptidi

[9] Hydrogen bond [online]. 2017. *Wikipedia The Free Encyclopedia*. [Pridobljeno: 27. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_bond

- [10] BRAY, Karina. 2014. Chemical vs natural hair dye: *Should you be worried about chemicals in hair dye? Is natural hair dye better?* [online]. *Choice*. [Pridobljeno: 10. feb. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.choice.com.au/health-and-body/beauty-and-personal-care/hair-care-and-removal/articles/chemicals-in-hair-dye>
- [11] Hair iron [online]. *Wikipedia The Free Encyclopedia*. [Pridobljeno: 10. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Hair_iron
- [12] LEE, Yoonhee. KIM, Youn-Duk. LEE, Won-Soo. 2011. Hair Shaft Damage from Heat and Drying Time of Hair Dryer. [online] *Annals of Dermatology*. [Pridobljeno: 10. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3229938/>
- [13] Aluminium [online]. *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium>
- [14] Aluminij [online]. *Wikipedija, prosta enciklopedija* [Pridobljeno: 8. feb. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Aluminij>
- [15] Aluminium Toxicity [online]. *omedicine.info* [Pridobljeno: 8. feb. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://omedicine.info/en/aluminum-toxicity.html>
- [16] Arsenic [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Arsenic>
- [17] Arzen [online]. *Wikipedija, prosta enciklopedija*. [Pridobljeno: 7. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Arzen>
- [18] JAMŠEK, Marija. ŠARC, Lucija. 2009. Diagnostika in zdravljenje zastrupitev s kovinami. *Medicinski razgledi* [online]. Oktober, letnik 48, št. 1/2, str. 101-113 [Pridobljeno: 30. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-VJKVHWZ7/>
- [19] Cadmium [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cadmium>

[20] Cadmium Toxicity [online] *ARL: Analytical Research Labs, Inc.* [Pridobljeno: 27. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.arlma.com/Articles/CadmiumToxDoc.htm>

[21] List of cigarette smoke carcinogens. [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia.* [Pridobljeno: 27. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_cigarette_smoke_carcinogens

[22] BLAZNIK, Urška, idr. 2016. Kemikalije v okolju in rak: XXIV. seminar in memoriam dr. Dušana Reje [online] Ljubljana : Zveza slovenskih društev za boj proti raku. [Pridobljeno: 27. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/publikacije-datoteke/kemikalije_v_okolju_in_rak.pdf

[23] Elevated Cadmium Levels Linked to Liver Disease. 2013. *John Hopkins Medicine.* [Pridobljeno: 27. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: https://www.hopkinsmedicine.org/news/media/releases/elevated_cadmium_levels_linked_to_liver_disease

[24] Fanconijev sindrom [online]. 2017. *Wikipedija, prosta enciklopedija.* [Pridobljeno: 27. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: https://sl.wikipedia.org/wiki/Fanconijev_sindrom

[25] JOHRI, N. JACQUILLET, G. UNWIN, R. 2010. Heavy metal poisoning: the effects of cadmium on the kidney. [online]. London: Centre for Nephrology, University College London Medical School. [Pridobljeno: 27. dec. 2017]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20354761>

[26] Tin [online]. *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2017] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tin>

[27] Kositer [online]. *Wikipedija, prosta enciklopedija* [Pridobljeno: 8. feb. 2018]. Dostopno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Kositer>

[28] Toxicological Profile for Tin and Tin Compounds. 2005. [online] *U.S. Department of health and humans service* [Pridobljeno: 19. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp55.pdf>

[29] Lead [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2017]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lead>

[30] Svinec [online]. *Wikipedija, prosta enciklopedija* [Pridobljeno: 28. dec. 2017].
Dostopno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Svinec>

[31] Cooper [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 29. dec. 2017]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Copper>

[32] Baker [online]. *Wikipedija, prosta enciklopedija*. [Pridobljeno: 7. feb. 2018]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Baker>

[33] Od kod bledica in sivi lasje [online]. *Zdravje.si* [Pridobljeno: 7. feb. 2018]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.zdravje.si/sivi-lasje>

[34] Zinc [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2017]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc>

[35] MADJAR, Bojan. 2006. Cink [online]. *Pomurske lekarne* [Pridobljeno: 30. dec. 2017].
Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.pomurske-lekarne.si/tocka-zdravja/cink>

[36] LEWIS, MR. KOKAN, L. 1998. Zinc gluconate: acute ingestion. [online]. str. 99 – 101. Denver: St. Anthony Family Medicine Residency. [Pridobljeno: 30. dec. 2017].
Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9541053?dopt=Abstract>

[37] Iodine [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2018]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Iodine>

[38] MARIE, Joanne. 2017. What are the functions of Iodine in the body. [online] *Livestrong.com*. [Pridobljeno: 14. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.livestrong.com/article/388860-is-kelp-a-good-source-of-iodine/>

[39] GROUP, Edward. 2013. Symptoms of Iodine Overdose [online]. *Global Healing Center*. [Pridobljeno: 15. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.globalhealingcenter.com/natural-health/symptoms-of-iodine-overdose/>

[40] Calcium [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2018]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium>

[41] GROUP, Edward. 2013. Two Types of Calcium Deficiency [online]. *Global Healing Center*. [Pridobljeno: 15. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.globalhealingcenter.com/natural-health/two-types-of-calcium-deficiency/>

[42] GROUP, Edward. 2013. What Is Calcium Toxicity and Hypercalcemia? [online]. *Global Healing Center*. [Pridobljeno: 15. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.globalhealingcenter.com/natural-health/what-is-calcium-toxicity-and-hypercalcemia/>

[43] Potassium [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 29. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Potassium>

[44] GROUP, Edward. 2015. What is Potassium? [online]. *Global Healing Center*. [Pridobljeno: 16. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.globalhealingcenter.com/natural-health/what-is-calcium-toxicity-and-hypercalcemia/>

[45] HIGDON, Jane. idr. Potassium [online]. 2001. Oregon State University: Linus Pauling Institute. [Pridobljeno: 16. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://lpi.oregonstate.edu/mic/minerals/potassium>

[46] KOWEY, Peter R. 2002. Role of Potassium [online] *Women's Health and Menopause. Medical Symposia Series. vol. 17.* Boston : Springer [Pridobljeno: 16. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-1061-1_18#citeas

[47] ERICKSON GABBEY, Amber. NALL, Rachel. 2016. Hypokalemia [online] *Healthline*. [Pridobljeno: 17. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.healthline.com/health/hypokalemia>

[48] EHRLICH, Steven D. 2016. Potassium [online] *University of Maryland Medical Center*. [Pridobljeno: 17. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.umm.edu/health/medical/altmed/condition/hyperkalemia>

[49] Magnesium [online]. *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 29. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium>

[50] JAHNEN-DECHENT, Wilhelm. KETTELER, Markus. 2012. Magnesium basics [online]. RWTH Aachen University in Klinikum Coburg, III. Medizinische Klinik. [Pridobljeno: 17. jan. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4455825/>

[51] Magnesium [online]. 2016. National Institutes of Health: Office of Dietary Supplements. [Pridobljeno: 17. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-HealthProfessional/>

[52] LEWIS, James L. Overview of Magnesium's Role in the Body. [online] *MSD Manual*. [Pridobljeno: 17. jan. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.msdmanuals.com/home/hormonal-and-metabolic-disorders/electrolyte-balance/overview-of-magnesium-s-role-in-the-body>

[53] Sodium [online] *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 29. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium>

[54] Sources of sodium [online]. *Sodium breakup* [Pridobljeno: 5. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: https://sodiumbreakup.heart.org/sources_of_sodium

[55] LEWIS, James L. Overview of Sodium's Role in the Body. [online] *MSD Manual*. [Pridobljeno: 5. feb. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.msdmanuals.com/home/hormonal-and-metabolic-disorders/electrolyte-balance/overview-of-sodium-s-role-in-the-body>

[56] Selenium [online]. *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Selenium>

[57] Selen [online]. *Wikipedija, prosta enciklopedija* [Pridobljeno: 8. feb. 2018]. Dostopno na: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Selen>

[58] Zakaj potrebujemo selen? [online]. *Sensilab* [Pridobljeno: 8. feb. 2018]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.sensilab.si/news/selen-scminerali>

[59] Iron [online]. *Wikipedia The Free Encyclopedia* [Pridobljeno: 28. dec. 2018]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/Iron>

[60] Železo [online]. *Wikipedija, prosta enciklopedija* [Pridobljeno: 8. feb. 2018]
Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezo>

[61] ROSANOFF, A. Optimum Calcium Magnesium Ratio: *The 2-to-1 Calcium-to-Magnesium Ratio* [online]. *Nutritional Magnesium Association*, [Pridobljeno: 18. jan. 2018].
Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.nutritionalmagnesium.org/optimum-calcium-magnesium-ratio/>

[62] MCNIGHT, Clay. How to Eliminate Salt in the Body with Potassium. [online] *Livestrong.com* [Pridobljeno: 5. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.livestrong.com/article/49266-eliminate-salt-body-potassium/>

[63] The Effects of Zinc & Copper on Your Metabolism [online] SF Gate: Healthy Eating. [Pridobljeno: 18. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://healthyeating.sfgate.com/effects-zinc-copper-metabolism-6505.html>

[64] Copper, Iron, and Zinc – an Essential Trio for Health [online] *Copperalliance.org.uk* [Pridobljeno: 18. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://copperalliance.org.uk/docs/librariesprovider5/copper-iron-zinc-factsheet-nov-09.pdf?sfvrsn=0>

[65] BRZOSKA, M.M. MONIUSZKO-JAKONIUK, J. 2001. Interactions between cadmium and zinc in the organism. [online]. *Food and Chemical Toxicology*. Vol 39. [Pridobljeno: 18. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691501000485>

[66] Biomonitoring kemikalij [online]. *Urad RS za kemikalije*. [Pridobljeno: 22. jan. 2018].
Dostopno na spletnem naslovu: http://www.uk.gov.si/si/delovna_podrocja/biomonitoring_kemikalij/

[67] Biomonitoring kemikalij v Sloveniji [online]. *Biomonitoring*. [Pridobljeno: 22. jan. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.biomonitoring.si/domov/>

[68] Območje [online]. *Termania*: Slovenski medicinski slovar [Pridobljeno: 9. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.termania.net/slovarji/slovenski-medicinski-slovar/5529717/obmocje>

[69] Reference range [online]. *Wikipedia The Free Encyclopedia*. [Pridobljeno: 9. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Reference_range

[70] Haar-Mineral-Analyse [online]. *IFU-Wolfhagen* [Pridobljeno: 11. jan 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <http://ifu-wolfhagen.de/wp-content/uploads/2017/11/Beispielbefund-Elementanalyse-1.pdf>

[71] WEI, ZL. RUI, YK. SHEN, L. 2008 [online] Effects of hair dyeing on the heavy metals content in hair. [Pridobljeno: 21. feb. 2018] Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19093590>

7.2 Literatura

[72] SMRDU, A. 2012. Kemijo razumem kemijo znam 1, *delovni zvezek za kemijo v 1.letniku gimnazijskega izobraževanja*. Ljubljana : Jutro.

[73] CHALLONER, Jack. 2017. Elementi: *popolni ilustrirani vodič*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije

[74] SITAR, Klara. 2013. Določanje vsebnosti težkih kovin v emisijah z masno spektrometrijo z induktivno skloplenjo plazmo: Diplomaska naloga. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.

[75] BELL, Suzanne. 2013. Forensic Chemistry: *Second Edition*. Pearson

7.3 Viri slik

Slika 1: <http://www.howtomakeyourhairgrowfastertips.com/hair-cuticle-101-the-most-important-part-of-your-hair/> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 2: <http://www.loreal.com/media/news/2016/mar/diversity-of-hair-type> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 3: <https://www.ezdravje.com/zdravje-in-dobro-pocutje/nega-las/zgradba-las/> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 4: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079642515000596> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 5: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Cistein> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 6: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Serin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 7: https://sl.wikipedia.org/wiki/Glutaminska_kislina (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 8: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Treonin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 9: <https://sh.wikipedia.org/wiki/Glicin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 10: <https://en.wikipedia.org/wiki/Leucine> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 11: <https://en.wikipedia.org/wiki/Valine> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 12: <http://www.dentistryiq.com/articles/2015/09/arginine-new-study-exposes-additional-oral-health-benefits.html> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 13: https://sl.wikipedia.org/wiki/Asparaginska_kislina (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 14: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Alanin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 15: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Prolin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 16: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Izolevcin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 17: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tirozin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 18: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Fenilalanin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 19: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Histidin_-_Histidine.svg (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 20: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Metionin> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 21: <https://www.slideserve.com/fox/proteini> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 22: <https://www.reflectionsstylingstudio.com/the-triple-threat.html> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 23: <https://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 24: <http://www.robinsonlibrary.com/science/chemistry/elements/arsenic.htm> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 25: http://eskipaper.com/cadmium.html#gal_post_5820_cadmium-2.jpg (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 26: <https://www.apexmagnets.com/tin-metal-element-30-grams-99-99> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 27: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lead> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 28: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NatCopper.jpg> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 29: <https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 30: <https://en.wikipedia.org/wiki/Iodine> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 31: <https://sciencenotes.org/calcium-facts/> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 32: <https://en.wikipedia.org/wiki/Potassium> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 33: <http://eliezerbenjoseph.com/magnesium-has-unique-longevity-and-cancer-prevention-benefits> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 34: <https://news.stanford.edu/2017/10/09/sodium-based-batteries-cost-effective-lithium/> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 35: <http://www.periodictable.com/Items/034.4/index.html> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slika 36: <http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2015/kemija/zelezo.html> (Pridobljeno dne: 21. feb. 2018)

Slike 37-47: osebni arhiv

8 PRILOGE

8.1 Referenčne vrednosti

Težke kovine	Referenčna vrednost [mg/kg]
Aluminij	< 7,0
Arzen	< 0,080
Kadmij	< 0,065
Kositer	< 0,30
Svinec	< 0,80

Esencialni elementi	Referenčno območje [mg/kg]
Baker	11 - 30
Cink	130 - 200
Jod	0,25 – 1,8
Kalcij	200 - 750
Kalij	9 - 80
Magnezij	25 - 75
Natrij	20 - 180
Selen	0,70 – 1,2
Železo	7 - 16

Razmerja	Referenčno območje [mg/kg]
Ca / Mg	4 - 30
Na / K	0,5 - 10
Zn / Cu	4 - 20
Zn / Cd	> 800

8.2 Izjava

IZJAVA

Mentorice Smiljana Adamič, Maša Islamčević Razboršek in Pija Rep, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljamo, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Kaj v sebi skrivajo lasje, katere avtorici sta Leila Bohorč in Pia Gobec:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo (-i)čno dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisnimi pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 6.3.2018



Podpis mentoric:

Smiljana Adamič

Smiljana Adamič

Maša Islamčević Razboršek

Maša Islamčević Razboršek

Pija Rep

Pija Rep

Podpis odgovorne osebe:

Gregor Deleja, prof.

Gregor Deleja