

Akumulacija žive u samoniklim jestivim gljivama na području Istarske i Primorsko-goranske županije

Rakić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:384858>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**Akumulacija žive u samoniklim jestivim gljivama
na području Istarske i Primorsko-goranske županije**

DIPLOMSKI RAD

Luka Rakić

Zagreb, rujan, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Ekološka poljoprivreda i agroturizam

**Akumulacija žive u samoniklim jestivim gljivama
na području Istarske i Primorsko-goranske županije**

DIPLOMSKI RAD

Luka Rakić

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Širić

Zagreb, rujan 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Luka Rakić**, JMBAG 0240001200 , rođen/a 22.01.1991. u Splitu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Akumulacija žive u samoniklim jestivim gljivama na području Istarske i Primorsko-goranske županije

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Luka Rakić**, JMBAG 0240001200 , naslova

**Akumulacija žive u samoniklim jestivim gljivama na području Istarske i Primorsko-goranske
županije**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:

potpisi:

1. doc. dr. sc. Ivan Širić mentor

2. prof. dr. sc. Milan Poljak član

3. izv. prof. dr. sc. Božidar Benko član

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja	3
2. Pregled literature	4
2.1. Teški metali u okolišu	4
2.2. Živa	5
2.3. Morfoligija i biologija gljiva	6
2.3.1. Slike jestivih saprofitskih gljiva	8
2.3.2. Slike jestivih simbiotskih gljiva.....	13
3. Materijali i metode istraživanja	18
3.1. Analiza žive	18
3.2. Analiza pH vrijednosti i organske tvari u tlu	19
4. Rezultati	20
4.1. Koncentracija žive u supstratu tla.....	20
4.2. Koncentracija žive u gljivama na istraživanim lokalitetima	20
4.3. Biokoncentracijski faktor.....	24
5. Rasprava	26
6. Zaključci.....	28
7. Popis literature	29
8. Životopis	32

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Luka Rakić**, naslova

AKUMULACIJA ŽIVE U SAMONIKLIM JESTIVIM GLJIVAMA NA PODRUČJU ISTARSKE I PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi koncentracije žive u 10 samoniklih vrsta jestivih gljiva i tlu na kojem rastu i prikladnost analiziranih vrsta gljiva kao bioindikatora onečišćenja okoliša. U istraživanju je analizirano pet saprofitskih vrsta (*Agaricus campestris* (L) Fries, *Armilariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst., *Clitocybe inversa* (Scop. ex Fr.) Pat., *Clitocybe nebularis* Batsch. ex Fr., *Macrolepiota procera* (Scop. ex Fr.) Sing.,) i pet ektomikoriznih vrsta (*Lactarius deterimus* Groger, *Boletus edulis* Bull. ex Fries, *Boletus aestivalis* Paulet ex Fries, *Tricholoma portentosum* (Fr.) Quelet, *Tricholoma terreum* (Schff. ex Fr.) Kummer). Koncentracija žive u otopini koja je prilagođena za očitavanje pojedinog elementa, utvrđena je mjerenjem apsorpcije na atomskom apsorpcijskom spektrometru AAS (SOLAR-THERMO SCIENTIFIC, Type M5 AA System) sukladno normi HRN ISO 11466: 2004.

Utvrđena je značajna razlika ($p < 0,05$) u ukupnoj koncentraciji žive između saprofitskih i ekotomikoriznih vrsta gljiva. Najviša prosječna koncentracije žive utvrđena je u vrsti *Boletus aestivalis* na lokalitetu Otok Krk ($2,01 \text{ mg kg}^{-1}$) i Labinština ($2,02 \text{ mg kg}^{-1}$). Ustanovljene su značajne razlike u prosječnoj distribuciji žive između anatomskih dijelova plodnog tijela. Značajno veći sadržaj žive utvrđen je u klobuku u odnosu na stručak ($p < 0,001$). Bioakumulacijska svojstva ustvrđena su za sve analizirane vrste gljiva ($BCF > 1$), pri čemu su najbolji bioindikator onečišćenja okoliša živom gljive iz roda *Boletus*. Usporedbom koncentracija žive u gljivama i propisanim zakonskim odredbama, može se zaključiti da konzumacija istih ne predstavlja negativan učinak na zdravlje ljudi.

Ključne riječi: AAS, jestive gljive, toksikološki rizik, živa

Summary

Of the master's thesis - student **Luka Rakić**, entitled

ACCUMULATION OF MERCURY IN WILD EDIBLE MUSHROOMS IN THE AREA OF ISTRIA AND PRIMORSKO-GORANSKA COUNTY

The aim of this study was to determine the concentration of mercury in ten wild edible mushrooms and the substrate, to assess the role of individual species as biological indicators of environmental pollution. In this study we analyzed five saprophytic species (*Agaricus campestris* (L) Fries, *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst., *Clitocybe inversa* (Scop. ex Fr.) Pat., *Clitocybe nebularis* Batsch. ex Fr., *Macrolepiota procera* (Scop. ex Fr.) Sing.) and five ectomycorrhizal species (*Boletus aestivalis* Paulet ex Fries., *Boletus edulis* Bull ex Fries., *Lactarius deterrimus* Groger., *Tricholoma portentosum* (Fr.) Quelet, *Tricholoma terreum* (Schff. ex Fr.) Kummer). The concentration of mercury in a solution adapted to read the individual element was determined by measuring absorption at the atomic absorption spectrometer AAS (SOLAR-THERMO SCIENTIFIC, type M5 AA System) according to HRN ISO 11466: 2004. Significant differences were found in the concentrations of mercury between analysed saprophytic and ectomycorrhizal species of mushrooms ($p < 0,05$). The highest mean concentrations of mercury was determined in *Boletus aestivalis* species in area Island Krk ($2,01 \text{ mg kg}^{-1}$) and Labinstina ($2,02 \text{ mg kg}^{-1}$). The average distribution rates of mercury in anatomical parts of the fruiting body were different. Significantly higher concentration of mercury was determined in the cap in relation to stipe of analyzed mushrooms ($p < 0,001$). Bio-accumulation features were established in all of the investigated mushroom species ($\text{BCF} > 1$), whereby the best bio-indicators of environmental pollution of mercury mushrooms from the genus *Boletus*. By comparing the concentration of mercury in mushrooms and the legal act, it can be concluded that consuming them does not have a negative impact on human health

Keywords: AAS; edible mushrooms; toxicological risk; mercury

1. Uvod

Kvaliteta i dužina života čovjeka znatno ovise o sredini u kojoj živi; od njene klime, flore i faune, načina prehrane, stupnju zagađenosti okoliša osobito tla i vode. Stoga, brojne štetne supstancije u okolišu, a osobito teški metali i drugi kancerogeni spojevi mogu biti veliki javnozdravstveni problem. Svjedoci smo vrtoglavog porasta broja stanovnika u svijetu, intenzivne industrijalizacije i urbanizacije koji uvjetuju onečišćenje životne sredine, prije svega tla i vode. Sve veća pristupnost toksičnih supstanci u okolišu, osobito teških metala nezaobilazni su problem današnjice. Toksični teški metali, kao što su živa, arsen kadmij, krom i olovo, prirodno se pojavljuju u ekosustavu, ali antropogene aktivnosti, uključujući intenzivnu industrijalizaciju i urbanizaciju i poljoprivredu, daleko više doprinose onečišćenju okoliša, osobito u urbanim i razvijenim sredinama. Tako npr. najveću emisiju žive i aerozagađenje okoliša uzrokuje izgaranje u industriji, a zagađenju tla živom pretežno doprinosi izgaranje fosilnih goriva (ugalj, nafta, treset, zemni plin), erupcije vulkana i sl. (Wilson i sur., 2008).

Živa, kao i ostali metali akumulira se u organizmu te uzrokuje srčane, neurološke, hematološke i imunološke bolesti. Način i stupanj narušavanja zdravlja ovisi o tipu teškog metala, o vremenu i količini te brojnim drugim čimbenicima. Istovremeno djelovanje nekih teških metala dovodi do toksičnih učinaka koji mogu biti aditivni, antagonistički ili sinergistički. Oni mogu utjecati i na nutricionistički neophodne metale poput željeza, kalcija, bakra i cinka (López Alonso i sur., 2004). Teški metali u prehrambeni lanac najčešće ulaze preko sustava tlo, biljka i voda, a neke agrotehničke mjere mogu smanjiti bioraspoloživost tih toksičnih teških metala. Najučinkovitija mjera koja smanjuje raspoloživost Hg, Cd, Pb, Cr i drugih teških metala u tlu je kalcijacija kiselog tla – dodavanje vapna tlu što povećava pH, odnosno smanjuje kiselost (Lončarić i sur., 2008).

Dugo vremena je poznato da su gljive učinkoviti sakupljači teških metala i metaloida. Dosadašnja istraživanja pokazuju iznimno visoki akumulacijski potencijal gljiva prema brojnim teškim metalima, esencijalnim (Fe, Zn, Cu) ali i toksičnim (Cd, Hg), do razine toksičnosti za rast velike većine drugih biljnih vrsta (Alonso i sur., 2000, Kalač, 2010, Campos i Tejera, 2011, Petkovšek i Pokorny, 2013, Širić, 2014, Širić i sur., 2014, Širić i sur., 2016, Širić i sur., 2017). Međutim, mehanizam usvajanja i akumulacije teških metala pa tako i žive, još uvijek nije dovoljno poznati. (Campos i Tejera, 2011). Iako je koncentracija žive u gljivama povezana sa zagađenjem područja, sadržaj žive između vrsta gljiva, anatomskih dijelova i lokaliteta uzorkovanja u Hrvatskoj nije dovoljno proučavan. Sadržaj teških metala u nekim gljivama veći je od sadržaja u voću i povrću (Turkdogan i sur., 2003), a razlozi su brojni uključujući količinu organske tvari, vrijednost pH, koncentracija metala u tlu na kojem rastu gljive, vrsta gljive, gustoća i dubina micelija, mrežu hifa koje hrane gljivu i udaljenost od izvora onečišćenja (Garcia i sur., 2009, Kalač, 2010, Petkovšek i Pokorny, 2013, Širić i sur., 2016, Širić i sur., 2017). Vrijednosti koncentracija žive u gljivama, osobito povećanje biokoncentracijskog faktora iste čini važnim bioindikatorima onečišćenja okoliša (Falandysz i sur., 2007).

Međutim, u Hrvatskoj su spoznaje o akumulacijskom potencijalu jestivih saprofitskih i ektomikoriznih gljiva, kao i korištenje njihove sposobnosti akumulacije jako male. S obzirom da se gljive često koriste kao hrana za životinje i ljude, akumulacijska svojstva gljiva prema teškim metalima može imati negativne posljedice za zdravlje konzumenata. Naime, gljive akumuliraju i živu, čak i ako se u tlu nalazi u tragovima, a pošto je ona vrlo toksična, njena akumulacija u gljivama može dostići razinu opasnu za konzumenta. Tako npr. gljive roda *Boletus*, najbolji akumulatori žive, dosežu koncentraciju i do 400 puta veću od one u tlu na kojem rastu (Falandysz i sur., 2007). Zbog sve veće prisutnosti teških metala i drugih toksičnih elemenata u okolišu, u svijetu se provode brojna znanstvena istraživanja s ciljem očuvanja i zaštite životne sredine čovjeka, prateći koncentracije štetnih supstanci, osobito teških metala u tlu, u gljivama i drugdje.

Stoga, cilj ovog rada je utvrditi koncentraciju žive u gljivama i supstratu tla na kojem one rastu, distribuciju žive u anatomskim dijelovima gljive te ustanoviti mogućnost korištenja gljiva kao bioakumulatora žive te njihovu potencijalnu toksičnost za čovjeka konzumacijom istih.

1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

U Hrvatskoj je mali broj istraživanja koji se odnosi na sadržaj žive u samoniklim jestivim gljivama na području primorske Hrvatske. Temeljem uvida u dostupna znanstvena istraživanja definirane su hipoteze predmetnog istraživanja:

1. Ektomikorizne gljive akumulirati će veće koncentracije žive u odnosu na saprofitske vrste gljiva.
2. Koncentracija žive u klobuku biti će znatno veća nego u stručku.
3. Sadržaj žive u analiziranim gljivama biti će različit između istraživanih lokaliteta uzorkovanja.

Sukladno navedenom, ciljevi ovoga rada su ustanoviti:

1. utjecaj vrste gljive na akumulaciju žive
2. koncentraciju žive u anatomske dijelovima klobuku i stručku
3. utjecaj lokaliteta uzorkovanja na koncentraciju žive u gljivama
4. bioindikatorska svojstva istraživanih vrsta gljiva.

2. Pregled literature

2.1. Teški metali u okolišu

Teški metali su prirodni elementi koji imaju visoku atomsku težinu i gustoću najmanje 5 puta veću od vode. Međutim, razni autori različito definiraju njihovu relativnu gustoću, atomsku težinu i atomski broj, pri čemu gustoća varira od $3,5 \text{ g/cm}^3$ do iznad 7 g/cm^3 , a u Republici Hrvatskoj najčešće granica se navodi 5 g/cm^3 . (Ferguson, 1990, Lončarić i sur., 2012). Izvor teških metala su prirodne pojave i/ili antropogeni procesi. Nalaze se u zemljinoj kori, u koncentraciji koja ovisi o podlozi iz koje je nastala ista vrsta tla, a prirodni fenomeni kao što su morske aerosoli, šumski požari i erupcije vulkana također doprinose onečišćenju teškim metalima (Ferguson, 1990, Duffus, 2003). U ruralnim područjima teški metali najčešće potječu iz matičnog tla, a u urbanim i poljoprivrednim područjima koncentracije su veće, pretežno zbog kontinuiranog unosa tih metala – antropogeni procesi. Dakle, većina onečišćenja okoliša, tla i vode teškim metalima proizlazi iz aktivnosti čovjeka u urbanizaciji, rudarstvu, intenzivnom korištenju industrijskih i poljoprivrednih metala i spojeva koji sadrže metal, u vojnoj industriji i drugdje.

Glavni mehanizmi unosa teških metala u eko sustav u svijetu, ali i u Hrvatskoj su atmosferske dispozicije od čega je antropogeni udio dominantan, npr. za živu izgaranjem u industriji iznosi oko 56% (Sofilić, 2014). Pored atmosferskog odlaganja, povećanju koncentracije teških metala u površinskim slojevima tala doprinosi i primjena agrotehničkih mjera, npr. gnojidba mineralnim gnojivima, pesticidima te navodnjavanje i fertigacija. Od mineralnih gnojiva najznačajniji utjecaj na koncentraciju u tlima imaju fosfatna gnojiva osobito koncentracija Cd u fosfatnim mineralima. Organska gnojiva također sadrže velike koncentracije teških metala, jednako kao i sredstva za zaštitu bilja koja sadrže dosta Cu, Zn, Fe, Mn i As. Agrotehničkim i agrokemijskim mjerama u tlu se u najvećoj mjeri povećavaju koncentracije Cd, As i Ni (Lončarić i sur., 2012).

Važnost teških metala proizlazi iz činjenice da većina njih može prouzročiti višestruka oštećenja ljudskog organizma, uključujući karcinome više organa. Mehanizam djelovanja metala ogleda se u djelovanju na deoksiribonukleinsku kiselinu (DNK; sadrži gene koji određuje programe organizma) i proteine jezgre čovjekove stanice te uzrokuju oštećenja i promjene koje mogu dovesti do karcinoma. (Wang i Shi, 2001, Beyersmann i Hartwig, 2008). Međutim, toksičnost teških metala ne ovisi samo o njihovoj koncentraciji nego i o putu kojim je čovjek izložen, njegovoj dobi, spolu, genetskim predispozicijama i zdravstvenom stanju. Zbog visokog stupnja toksičnosti živa može prouzročiti višestruka oštećenja organa čovjeka čak i ako je izložen niskim koncentracijama. Nasuprot tome kobalt (Co), bakar (Cu), krom (Cr), željezo (Fe), magnezij (Mg), mangan (Mn), molibden (Mo), nikal (Ni), selen (Se) i cink (Zn) su esencijalne hranjive tvari potrebne za pravilne funkcije organizma pa njihov nedostatak, ali i prevelika količina može rezultirati različitim oboljenjima (WHO/FAO/IAEA, 1996). Za neke od navedenih metala vrlo je mala razlika u koncentraciji između korisnih i toksičnih učinaka (Tchounwou i sur., 2008, Chang i sur. 1996). Ostali metali: aluminij (Al), antimonij (Sb), arsen (As), barij (Ba), berilij (Be), bizmut (Bi), kadmij (Cd), galij (Ga),

germanium (A), indij (In), olovo (Pb), litij (Li), živa (Hg), nikal (Ni), platina (Pt), srebro (Ag), stroncij (Sr), telur (Te), kositra (Sn), titan (Ti), vanadij (V) i uranij (U) nemaju utvrđene biološke funkcije i smatraju se neesencijalnim metalima (Chang i sur. 1996).

Tehnološki napredak u mnogim granama industrijske proizvodnje uz kvalitetnije zbrinjavanje otpada u Europi pozitivno djeluje na smanjenu emisiju žive i ostalih teških metala. Međutim, dosadašnja istraživanja prikazuju iznimno visoki akumulacijski potencijal jestivih gljiva prema živi, u slučajevima kada su koncentracije u okolišu jako niske. To akumulacijsko svojstvo gljiva se može koristiti kao biološki indikator onečišćenja okoliša.

2.2. Živa

Živa (latinski: hydrargyrum = tekuće srebro) je teški metal atomskog broja 80, kemijskog simbola Hg. Jedinstvena je po postojanju u tri oblika (elementarna, anorganska i organska), pri čemu svaki oblik ima svoj profil toksičnosti (Clarkson i sur. 2003). Jedini je metal koji je u standardnim uvjetima u tekućem stanju – vjerojatno se stoga u južnoslavenskim jezicima naziva živa - jer teče, kao da je živa. Srebreno bijele je boje, ubraja se u plemenite metale ali reaktivnija je od klasičnih plemenitih metala (zlata i platine npr.).

U prirodi, u elementarnom obliku najčešće je u sastavu minerala cinabara (HgS), najviše na mjestima vulkanskih aktivnosti (Rytubi, 2003). Zagrijavanjem cinabarita dobije se čista živa i sumporni dioksid. Mnogi se metali otapaju u živi, a nastale slitine (amalgami) se koriste kao plombe u zubarstvu, pozlaćivanju dugmadi, a nekada su se zrcala izrađivala s amalgamom. Amalgami kao i kruti živini spojevi grijanjem oslobađaju elementarnu živu koja pritom brzo ispari.

Živa se koristi u elektroindustriji (prekidači, termostati, baterije), ali i u stomatologiji, brojnim industrijskim postupcima uključujući proizvodnju raznih kemikalija - kaustične sode, antifungalnih sredstava za preradu drva, otapala za reaktivne i dragocjene metale i kao konzervans u farmaceutskoj proizvodnji. Međutim, od 2009. godine u Europskoj uniji je zabranjena proizvodnja termometara, tlakomjera i barometara na bazi žive kao i dodavanja žive bojama, pesticidima i sličnim proizvodima, a već 20-30 godina je smanjena antropogena emisija žive i mnogih drugih teških metala boljom kontrolom industrijskog otpada i boljom zakonskom regulativom emisije teških metala.

Živa je jedan od najtoksičnijih teških metala, a široko je rasprostranjeni zagađivač okoliša pa ljudi, biljke i životinje gotovo ne mogu izbjeći doticaj s nekim njenim oblikom. Elementarna živa je pet puta otrovnija od olova, dok je metil-živa 50 puta otrovnija od elementarne žive. Najotrovniji oblik žive, metil-živa (Hg-CH₃) se nalazi u okolišu i nastaje metilacijom anorganskih oblika žive mikroorganizmima iz tla i vode (Dopp i sur., 2004). Živa se u srednjem vijeku koristila kao ljekovito sredstvo (npr. za sifilis), iako je vrlo toksična. Ljudi su izloženi svim oblicima žive kroz onečišćenja okoliša, zagađenu hranu, stomatološke intervencije, industrijske i poljoprivredne te profesionalne aktivnosti (Sarkar, 2005), a glavni izvori kronične izloženosti niskim koncentracijama žive su amalgamati i konzumacija

kontamirane ribe, osobito tune. Živa ulazi u vodu prirodnim odvajanjem od zemljine kore i industrijskim onečišćenjima (Dopp i sur., 2004), pa je alge i bakterije metiliziraju, čineći je otrovnijom, a potom kroz hranidbeni lanac ulazi u ribe, školjke i konačno u organizam čovjeka (Sanfeliu i sur., 2003). Para elementarne žive se dobro apsorbira preko usta i pluća, ulazi u krv te prolazi kroz krvno-moždanu barijeru (Guzzi i sur., 2008), a metilna živa konzumirana npr. s ribom ili gljivama se apsorbira u probavnom traktu te prolazi placentarnu i krvno-moždanu barijeru. Tako apsorbirana živa ima vrlo nisku stopu izlučivanja pa se pretežno akumulira u bubrezima, jetri i neurološkom tkivu izazivajući oštećenja tih organa (Tchounwou i sur., 2003.). Poznato je da kronično izlaganje čak i niskim koncentracijama žive može dovesti do trovanja, koje ponekad završi smrću otrovanog.

Akutno trovanje živom može nastati uz zagrijavanje žive (topioničari), a udisanje živinih para dovodi do oštećenja pluća i bronha te se mogu javiti i jaki bolovi u trbuhu s povraćanjem i probavnim smetnjama. Ukoliko koncentracija metil-žive prijeđe granicu od 50 µg/L u krvi, primjećuju se znakovi intoksikacije. Do smrtnih slučajeva dolazi kada koncentracija metil-žive prijeđe granicu od 150 µg/L. Ne postoji specifično liječenje akutnog ni kroničnog trovanja živom već se provodi samo simptomatsko liječenje.

2.3. Morfologija i biologija gljiva

Gljive (fungi) su iznimno važna biološka i ekološka skupina živih organizama te su među najrasprostranjenijim organizmima u prirodi. Poznato je oko 100.000 vrsta gljiva, a pretpostavlja se da ih ima još 15 puta više. Većina njih je vrlo malena, neupadljiva i skrivena u tlu, na mrtvoj organskoj tvari i u simbiozi s biljkama. U navedenih 100.000 vrsta gljiva ubrajaju se i niže gljive, koje su vidljive samo mikroskopima (Kirk i sur., 2008). Međutim, od navedenog broja, oko 250 vrsta je izvrsne kakvoće, drugih 250 su otrovne, a ostale uglavnom nejestive zbog malih dimenzija, nepodesne konzistencije, gorka okusa ili neugodna mirisa. U prirodi su uloge gljiva mnogobrojne, od razgradnje organske tvari na kojoj rastu i recikliranja hranjivih tvari te mogućnost formiranja mikorize s višim biljkama do hrane za ljude i životinje. One razgrađuju kompleksne spojeve na jednostavnije koje biljke mogu koristiti za svoju hranu te stoga imaju nezamjenjivu ulogu u održavanju kruženja hranjivih tvari u prirodi. Gljive mikorizom od biljaka dobivaju asimilate za njihov razvoj, a zauzvrat povećavaju apsorpcijsku površinu korijena i usvajanja hranjivih tvari za biljke. Jestive gljive zbog svoje sposobnosti akumulacije toksičnih teških metala mogu biti potencijalna prijetnja zdravlju ljudi. Plodišta gljiva su cijenjena zbog nutritivnih svojstava (Manzi sur. 1999) i zbog njihova okusa. Osim toga, jedan od najvažnijih i najučinkovitijih antibiotika – penicilin, otkriven je i korišten tijekom Drugog svjetskog rata, proizvod je metabolizma gljivica iz roda *Penicillium*. Neki drugi enzimi gljiva su sastavnice deterdženata, a gljive se koriste i kao biološki pesticidi za kontrolu korova, biljnih bolesti i insekata.

Iako su neophodne za opstanak života na Zemlji, gljive imaju i vrlo brojne negativne karakteristike. Razne gljivične bolesti mogu znatno smanjiti urod mnogih usjeva. Jednako tako, mnoge vrste gljiva stvaraju otrove mikotoksine - bioaktivne spojeve toksične za životinje i ljude koji mogu uzrokovati brojne bolesti. Čak i jestive gljive mogu postati opasne za konzumenta zbog visokih koncentracija žive ili drugih toksičnih teških metala. Sukladno tome, gljive porodice *Boletus* dosežu koncentraciju i do 400 puta veću od one u tlu na kojem rastu (Falandysz i sur., 2007).

Dugo veremena su gljive smatrane biljkama, međutim genetskim analizama utvrđena je njihova srodnost prema životinjama. Naime, temeljni kriteriji podjele živih organizama je način na koji sebi pribavljaju hranu; oni mogu biti autotrofi i heterotrofi. Autotrofni živi organizmi se izgrađuju iz anorganskih tvari okoliša u kojem žive. To su biljke i zelene alge koje uz pomoć klorofila i sunčeve energije stvaraju tvari potrebne za život. Međutim, gljive nemaju klorofil i za razliku od biljaka ne mogu fotosintezom stvoriti organske tvari potrebne za život. Stoga, su gljive heterotrofni organizmi, a potrebne asimilate pribavljaju na račun nekog živog ili mrtvog organizma - prema načinu pribavljanja hrane dijele se na: parazite, saprofite i simbiote (Božac, 2003).

Gljive paraziti napadaju žive biljke, životinje, ljude i druge gljive. Kroz mrežu tankih niti upijaju hranu iz žive ili nežive organske tvari. Žive, dakle, na štetu domaćina na kojem ili u kojem žive ne dajući mu ništa zauzvat.

Saprofiti (grčki *σαπρός*: truo + trof) organizmi koji enzimima razgrađuju mrtvu organsku tvar (ugljikohidrate, bjelančevine, masti i dr.) te apsorbiraju hranjive sastojke svojom vanjskom površinom. Mrtvu organsku tvar razgrađuju do anorganskih spojeva koje biljke mogu ponovno koristiti. Neizostavne su u procesu kruženja tvari u prirodi te su iznimno važne za stabilnost i očuvanje ekosustava. Imaju izrazito jaku moć razgradnje i najkompleksnijih molekula te su uz neke vrste bakterija najjači prirodni razgrađivači. Ujedno, saprofitne vrste gljiva su izuzetno pogodne za uzgoj. Vrste saprofitnih gljiva koje su predmet ovog istraživanja prikazane su na slikama 1 do 5 i to: *Agaricus campestris* - poljska pečurka, *Armillariella mellea* – medena puza, *Clitocybe inversa* – žuta uleknjača, *Clitocybe nebularis* – siva maglenka i *Macrolepiota procera* – sunčanica.

Naziv mikoriza dolazi od grčkih riječi mycor (gljiva) i rhizos (korijen), a označava uzajamno koristan - simbiotski odnos korijenja viših biljaka i gljiva u tlu. Simbiotske gljive, svojim podzemnim spletom izraslina (micelija) i vlaknastim završecima (hife) obuhvaćaju završetke korijena drveća povećavajući aktivnu površinu tog korijena do 1000 puta, tvoreći zajednicu s biljkama i pomažući njima, a zauzvat dobivaju gotovu organsku hranu stvorenu fotosintezom. Na ovaj način, micelij gljiva funkcionalno zamjenjuje korijenove dlačice te olakšava biljci brže i efikasnije usvajanje vode, mineralnih tvari i drugih hranjiva iz tla, a zauzvat od biljke dobiva nusprodukte fotosinteze u obliku ugljikohidrata i mjesto za život (Hall i sur., 2007). Vrste simbiotskih gljiva koje su predmet ovog istraživanja prikazane su na slikama 6 - 10: *Boletus aestivalis* – raspucani vrganj, *Boletus edulis* – crnogorični vrganj, *Laccaria deterrimus* – smrekina rujnica, *Tricholoma portentosum* - najbolja vitezovka (sivka), *Tricholoma terreum* – mišja vitezovka (mišek).

2.3.1. Jestive saprofitske gljive

1. *Agaricus campestris* (L) Fries – poljska pečurka



Slika 2.3.1.1. Poljska pečurka

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Naziv *campestris* izvod je iz latinske riječi *campus*, što znači teren. Vrsta *Agaricus campestris* pripada rodu *Agaricus* kojih ima u mnogo varijeteta, a uglavnom su vrlo ukusne gljive. Klobuk joj je bijel, pahuljasto svilenkast, a ponekad i čehav. Polukuglast je u mladosti, a starenjem postane konveksan. Naraste u širinu od 5 do 12 cm. Listići su slobodni i gusti, crvenkaste boje, a starenjem postaju tamniji, gotovo crni. Stručak je visok 3 do 10 cm, uglavnom bijele boje, gladak, pun, prema dnu lagano zadebljan (slika 2.3.1.1). Poljska pečurka posjeduje vjenčić koji se starenjem gubi. Meso je bijelo, a na prerezu dobiva crvenkastu boju. Spore su eliptične, potpuno zrele su smeđe boje, a veličine su 5-9 x 6 µm. *A. campestris* raste od svibanja do kraja jeseni, skupno ili pojedinačno, uglavnom po livadama, pašnjacima, kukuružištima, ponekad se može naći i uz rubove šume (Božac, 2003).

2. *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst. – medena puza



Slika 2.3.1.2. Medena puza

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Vrsta *Armillaria mellea* sistematski pripada u razred *Basidiomycetes*, red *Agaricales*, porodicu *Tricholomataceae* i rod *Armillariella* (Božac, 2003). Plodno tijelo gljive sastoji se od klobuka i stručka. Klobuk je mesnat i žućkast poput meda te je prekriven tamnijim čehama. U mladosti je okruglast, dok sa starenjem postaje potpuno otvoren. Naraste u širinu od 5 do 10 cm. Listići su bijeli, a starenjem postaju crvenkasti, gusti su i prirasli uz stručak. Stručak je visok 5-15 cm i može varirati u širini. Žutosmeđe je boje, a prema dnu postaje crnkast i zadebljan (slika 2.3.1.2). Stručak ima trajan vjenčić bjelkaste boje. Meso je bijelo, neizražena okusa. Spore su eliptične i bijele, veličine 5-10 x 5-6 μm . Medena puza raste busenasto u jesenskim mjesecima u hrastovim, grabovim i crnogoričnim šumama, uglavnom na panjevima, ali može rasti i na živom drvu. Jestiva je vrsta, koristi se samo klobuk jer je stručak tvrd i vlaknast (Božac, 2005).

3. *Clitocybe inversa* (Scop. ex Fr.) Pat. - žuta uleknjača



Slika 2.3.1.3. Žuta uleknjača

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Žuta uleknjača sistematski pripada u skupinu gljiva iz porodice *Triholomataceae*. Klobuk je slabo mesnat, žutocrvene boje, jako je ulegnut poput lijevka, a širine je od 5 do 10 cm. Vremenske prilike mogu značajno utjecati na boju klobuka. Površina klobuka može biti prekrivena sitnim čehicama. Listići su gusti i spuštaju se dugo niz stručak. Smeđe-crvene su boje te se lako odvajaju od klobuka. Stručak je visine od 3–7 cm, crvenkasto-bijele boje i prema dnu je zadebljan (slika 2.3.1.3). Meso je bijelo, ali dosta tvrdo i žilavo, slatkastog okusa. Spore su bijele, okruglasto eliptičnog oblika, veličine 3-5 x 2,5-4 μm . Raste u jesen, formirajući krugove ili polukrugove u listopadnim i crnogoričnim šumama (Božac, 2005).

4. *Clitocybe nebularis* Batsch. ex Fr. – siva maglenka



Slika 2.3.1.4. Maglenka

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Maglenka pripada skupini saprofitskih vrsta gljiva široko rasprostranjenih u šumama Hrvatske. Klobuk je širok 6-20 cm (2-8 cm) u promjeru, mesnat i konveksan, uvijena ruba. Boja klobuka je sivkasta do svijetlo-smeđe siva (slika 2.3.1.4), a često je posut svijetlim prahom, dok se kožica klobuka lako guli. Listići su vrlo gusti i spuštaju se niz stručak. Žućkaste su boje i lako se odvajaju od mesa klobuka. Stručak je debeo, prema dnu je zadebljan, a sa starenjem postaje šupalj te se lako lomi. Boja stručka je svjetlija od boje klobuka. Meso je bijelo i vlaknasto, jakog mirisa koji podsjeća na upaljeno brašno (Božac, 2003), dok je okus trpak. Spore su žute i ovalne, veličine 6-8 x 3-4 μm . Raste u kasnu jesen u crnogoričnim i bjelogoričnim šumama u velikim skupinama, krugovima ili redovima, kao i modrikača (*Lepista nuda* Pers.) (Božac, 2005).

5. *Macrolepiota procera* (Scop. ex Fr.) Sing. – sunčanica



Slika 2.3.1.5. Sunčanica

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Sunčanica (*Macrolepiota procera*) pripada skupini gljiva iz razreda *Basidiomycetes*. Specifičnog je plodnog tijela nalik suncobranu. Klobuk je širok 10-30cm, u mladosti okrugao, dok s razvojem gljive postaje otvoren. Sivosmeđe je boje s vidljivim ispupčenjem na sredini te je prekriven s ljuskama (slika 2.3.1.5). Listići su gusti, bijeli i mekani, a drže se za ovratnik (*collarium*) tako da su od stručka odmaknuti oko 1,5 mm. Stručak je visok od 20 do 40 cm, cilindričan, vlaknast i šupalj, a na dnu je gomoljasto zadebljan. Smeđe je boje s pomičnim vjenčićem. Meso klobuka je bijelo i mekano, dok je stručak tvrd i žilav. Miris je ugodan, a okus dobar i podsjeća na lješnjak. Spore su bijele i eliptične, veličine 10-20 x 9-14 μm . Raste pojedinačno ili u skupinama u ljetnim i jesenskim mjesecima u svim šumama. Izvrsne je kakvoće, međutim upotrebljava se samo klobuk jer je stručak žilav i tvrd (Božac, 2005).

2.3.2. Jestive simbiotske gljive

1. *Boletus aestivalis* Paulet ex Fries - raspucani vrganj



Slika 2.3.2.1. Ljetni vrganj

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Vrstu *Boletus aestivalis* sinonim *Boletus reticulatus* pripada skupini ektomikoriznih gljiva. Klobuk je širok od 8-30 cm, vrlo promjenjive boje, uglavnom smeđast ili boje lješnjaka (slika 2.3.2.1). Klobuk je jako mesnat te po suhom vremenu ispucan. Cjevčice su u mladosti bijele, dok sa starenjem postaju žute do maslinastozelene. Prirasle su uz stručak, a s razvojem plodnog tijela lako se odvajaju od mesa klobuka. Stručak je visok 5-20 cm, u mladosti je trbušast, a s razvojem plodnog tijela postaje valjkast. Površina mu je mrežasta, svijetlosmeđe boje, a osnova stručka je bjelkasta. Meso je bijelo, mekano, ugodna mirisa i okusa. Spore su eliptično vretenaste, veličine 13-17 x 4-5 μm , a otrusina je maslinastosmeđa. Raste u listopadnim šumama u ektomikoriznoj zajednici s hrastom (*Quercus sp.*), bukvom (*Fagus sp.*), grabom (*Carpinus sp.*) i kestenom (*Castanea sp.*). Ubraja se među najkvalitetnije vrste gljiva iz roda *Boletus* (Božac, 2008).

2. *Boletus edulis* Bull. ex Fries - crnogorični vrganj



Slika 2.3.2.2. Crnogorični vrganj

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Crnogorični vrganj (*Boletus edulis*) je vrsta koja taksonomski pripada razredu *Basidiomycetes*, porodici *Boletaceae* te rodu *Boletus*. Široko je rasprostranjen u zemljama Europe. Klobuk je mesnat, smeđe boje, što najviše ovisi o staništu (slika 2.3.2.2). Naraste 5-30 cm široko, a u mladosti je polukuglast, zatim sa starenjem postaje potpuno raširen. Cjevčice su žuto-zelene i lako se odvajaju od plodnice klobuka. Stručak je 5-15 cm visok i 2-7 cm debeo, a prema dnu je često zadebljan. Smeđaste je boje, a ponekad ima vidljivu blijedu mrežicu. Spore su maslinasto smeđe, veličine; 12-16 x 4-5 μm (Božac, 2008). *B. edulis* je ektomikorizna gljiva koja raste u ljeti i u jesen po crnogoričnim šumama u simbiozi sa smrekom (*Picea sp.*) i jelom (*Abies sp.*), na nadmorskoj visini do 3500 m. Vrganji se pojavljuju u mnogo varijeteta te dolazi do zabuna prilikom sakupljanja gljiva, međutim, sve su varijacije izvrsne kakvoće pa nema bojazni od trovanja (Božac, 2008).

3. *Lactarius deterimus* Groger - smrekina rujnica



Slika 2.3.2.3. Smrekina rujnica

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Smrekina rujnica (*Lactarius deterimus*) je vrsta koja pripada gljivama iz porodice *Russulaceae*. Klobuk je u najranijoj mladosti konveksno udubljen, a starenjem rub klobuka postaje uzdignut. Narančaste je boje sa zelenkastim pjegama, a po vlažnom vremenu je jako mazav (slika 2.3.2.3). Naraste od 3 do 10 cm široko. Listići su gusti i lagano se spuštaju niz stručak, boje klobuka. Stručak valjkast i šupalj, a naraste od 3 do 7 cm visoko i 0,5 do 2,5 cm debelo. Meso je blijedo žućkasto, a ispod kože klobuka narančasto-crvenkasto. Spore su okruglasto eliptične, veličine 7,5-10 x 6-7,5 µm. Smrekina rujnica raste u jesen, isključivo u simbiozi (ektomikoriza) sa smrekom (*Picea excelsa*) (Božac, 2008). Izvrsne je kakvoće, a prilikom determinacije potrebno je obratiti pažnju na narančasto mlijeko koje ispušta na presjeku te je isključena svaka mogućnost zamjene s nejestivim gljivama (Božac, 2008).

4. *Tricholoma portentosum* (Fr.) Quelet – najbolja vitezovka (sivka)



Slika 2.3.2.4. Najbolja vitezovka

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Gljiva *Tricholoma portentosum* jedna je od najkvalitetnijih gljiva iz roda *Tricholoma*. Velika je i impozantna gljiva s klobukom širine 5 – 15 cm. Klobuk je u mladosti polukrušan ili zvonolik, zatim s razvojem postane ispupčen. Često je radijalno ispucan s tamno sivim radijalno postavljenim vlakancima (slika 2.3.2.4). Kožica klobuka se lako guli, a rub je izvrnut, tanak i valovit. Listići su srednje gusti, odmaknuti od stručka, žućkaste boje. Stručak je cilindričan i zadebljan na dnu. S razvojem plodnog tijela stručak postane šupalj i bjelkastožute boje. Spore su eliptične i bijele, veličine 7-8 x 2-4 μm (Božac, 2008). Ektomikorizna je vrsta koja raste u simbiozi s borom (*Pinus sylvestris*), ali također se može naći i u simbiozi s hrastom (*Quercus sp.*) ili bukvom (*Fagus sp.*). Pri determinaciji vrste treba obratiti pozornost i ne zamijeniti s vrstom *Tricholoma virgatum* (Fr. ex Fr), koja nije jestiva (Božac, 2005).

5. *Tricholoma terreum* (Schff. ex Fr.) Kummer – mišja vitezovka (mišek)



Slika 2.3.2.5. Mišja vitezovka

Izvor: www.fungi.fvlmedia.dk

Tricholoma terreum, u Hrvatskoj je poznatija pod nazivom mišek. Plodno tijelo mišje vitezovke građeno je od klobuka i stručka. Klobuk je širok od 4 do 6 cm, u mladosti je konveksan, a s razvojem plodnog tijela klobuk postane otvoren (slika 2.3.2.5). Prekriven je sa svilenkastim vlakancima sivocrne boje te je često radijalno ispucan. Listići su široki i lomljivi, prirasli su uz stručak, sive boje. Stručak je mekan i šupalj, u prosjeku je visok 3-6 cm, a boja mu je sivkasto bijela. Spore su eliptične, veličine 5-8 x 4-6 μm . Mišja vitezovka raste u kasnu jesen u simbiozi sa četinjačama, osobito ispod bora (*Pinus sp.*) i smreke (*Picea sp.*). Uglavnom raste u skupinama te se može pronaći u parkovima ispod navedenih simbiotskih vrsta, a u Republici Hrvatskoj raste na svim područjima gdje ima borove i smrekove šume (Božac, 2005).

3. Materijali i metode istraživanja

Prikupljanje uzoraka gljiva i tla organizirano je i provedeno u 2013. godini na području primorske Hrvatske. Na navedenom području koje je obuhvatilo četiri lokaliteta: Skrad, otok Krk, Labinštinu i Motovun prikupljeni su uzorci od 10 vrsta jestivih gljiva, po pet saprofitskih i simbiotskih. Potpuno razvijena i zrela plodišta vrsta *Agaricus campestris*, *Armilariella mellea*, *Clitocybe inversa*, *Clitocybe nebularis*, *Macrolepiota procera*, *Boletus aestivalis*, *Boletus edulis*, *Lactarius deterrimus*, *Tricholoma portentosum* i *Tricholoma terreum* prikupljena su slučajnim odabirom. Istodobno s prikupljanjem uzoraka gljiva, prikupljeni su uzorci gornjeg horizonta tla (0 do 10 cm) nakon uklanjanja površinskog sloja (lišće i drveće). Determinacija navedenih vrsta gljiva izvedena je prema uobičajenim ključevima i ikonografijama (Božac 2003, 2005., Božac, 2008.). Nakon determinacije uzorcima gljiva odvojeni su stručci od klobuka te su zasebno analizirani. Uzorci su osušeni do konstantne težine u peći na 60 °C kroz 48 sati. Potom su usitnjeni uz pomoć laboratorijskog mlina Retsch SM2000. Laboratorijske analize sadržaja žive u gljivama i supstratu tla provedene su sukladno ISO normama. Dobiveni podaci su obrađeni primjenom programa SAS V9.

3.1. Analiza žive

Uzorci gljiva i supstrata tla razgrađeni su mokrim postupkom spaljivanja u zlatotopci (HCl: HNO₃ = 3:1). U teflonske posude mikrovalne pećnice za razgradnju uzoraka odvagano je 2 g suhe tvari supstrata tla i preliveno s 20 ml svježe pripremljene zlatotopke (1/3 HNO₃ + 2/3 HCl). Tako pripremljena smjesa razorena je u mikrovalnoj pećnici (CEM Mars 5) te potom ohlađena u digestoru. Ohlađena otopina uzorka profiltrirana je kroz filter papir u odmjerenu tikvicu volumena 50 ml. Koncentracija žive u otopini koja je prilagođena za očitavanje pojedinog elementa, utvrđena je mjerenjem apsorpcije na atomskom apsorpcijskom spektrometru AAS (SOLAR-THERMO SCIENTIFIC, Type M5 AA System) sukladno normi HRN ISO 11466: 2004.

Preračunavanje očitanih vrijednosti na AAS-u

Iako su koncentracije otopina za kalibracijsku krivulju iskazivane u µg ml⁻¹, koncentracije istraživanih elemenata u uzorcima tla iskazivane su u mg/kg. Preračunavanje se izvodilo prema sljedećoj formuli:

$$\text{Konc. elem (mg/kg)} = A \times V / m$$

Gdje su:

A – očitana koncentracija otopine na AAS-u (µg ml⁻¹)

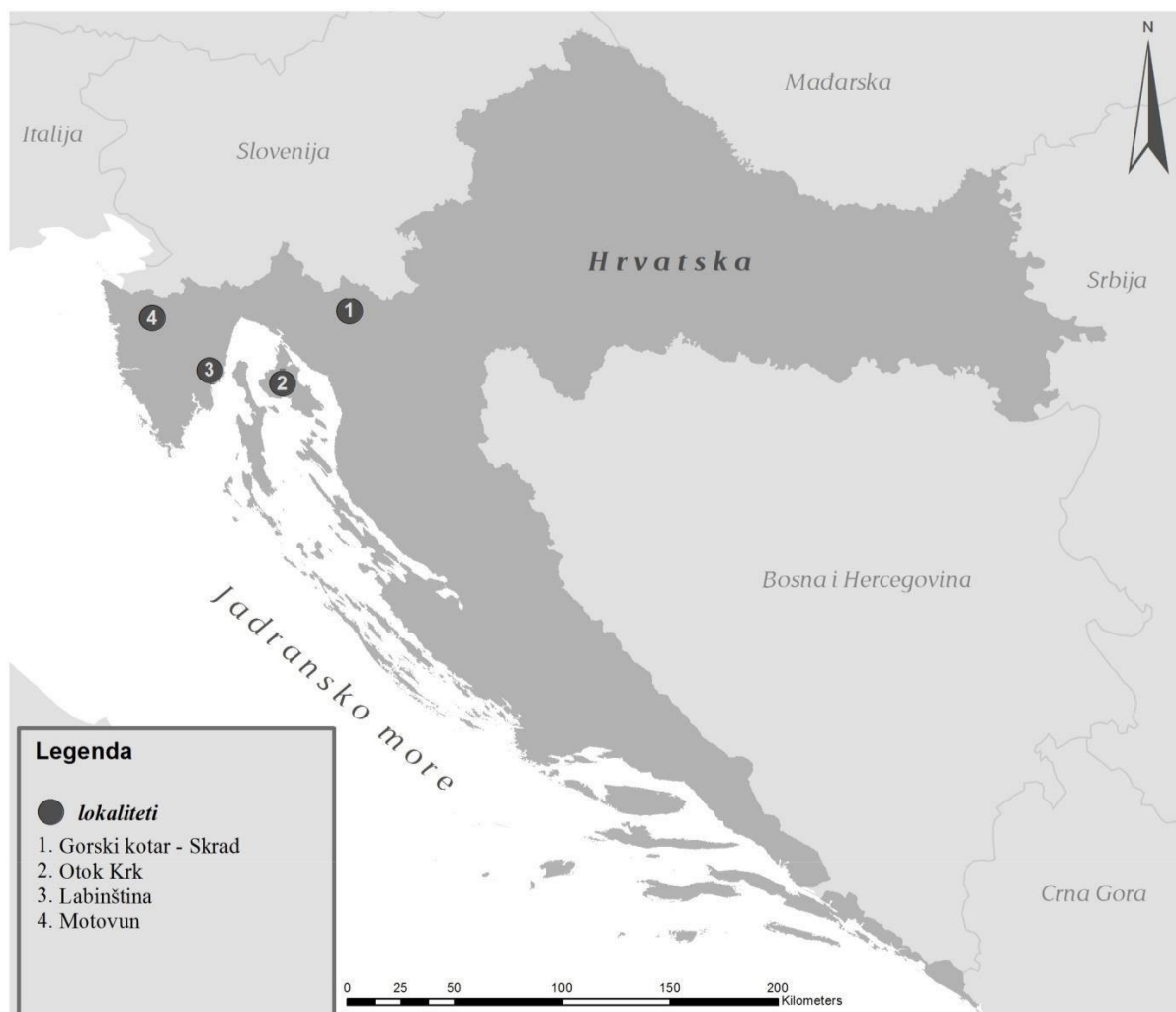
V – volumen tikvice (50 ml)

m – početna masa suhog materijala (2 g)

3.2. Analiza pH-vrijednosti i organske tvari u tlu

Vrijednost pH u tlu određena je potenciometrijski u otopini tla u destiliranoj vodi omjera 1: 5 pH-metrom IQ 150 (IQ Scientific Instruments, USA). Prema propisu pripremi se otopina tla u destiliranoj vodi. U otopinu se urone dvije elektrode od kojih je jedna referentna (konstantnog potencijala), a drugoj se potencijal mijenja ovisno o tekućini u kojoj se nalazi. Uređaj mjeri potencijal otopine u kojoj se elektrode nalaze i kao rezultat daje pH-vrijednost.

Razina organske tvari u tlu određena je gravimetrijskom metodom. Suho tlo odvagano je u lončiću za žarenje. Potom je uzorak žaren na 550 °C 16 sati u peći za žarenje (Select-Horn. Selecta). Nakon toga se uzorak ponovo važe i razlika u masi prije i poslije žarenja ukazuje na masu organske tvari u uzorku. Omjerom uzorka i mase organske tvari u uzorku dobiva se udio organske tvari u uzorku odnosno tlu.



Slika 3.1. Lokaliteti uzorkovanja gljiva

4. Rezultati

4.1 Koncentracija žive u tlu

Na slici 3.1. prikazani su lokaliteti uzorokvna gljiva i supstrata tla. Osobine tla (pH-vrijednost i sadržaj organske tvari) te prosječne koncentracije žive na četiri istraživana lokaliteta prikazani su u tablici 4.1.1. Prosječne vrijednosti pH tla na sva četiri istraživana lokaliteta bile su niže od 7. u rasponu od 6,25 do 6,78, ukazujući na vrlo slabu kiselost tla u sva četiri lokaliteta. Na temelju dobivenih rezultata kemijske analize tla utvrđen je prosječni sadržaj humusa od 5,31 %, pri čemu je najveća vrijednost utvrđena na području Skrada (8,05 %), a najniži sadržaj organske tvari ustanovljen je na otoku Krku (3,97 %). Razina organske tvari (humusa) u sva četiri istraživana mjesta pokazuju vrijednosti više od 3% (od 3,97% do 8,05%); radi se, dakle, o jako humoznim tlima. Izmjerene koncentracije žive u površinskom sloju tala u navedenim lokalitetima bile su u rasponu od 0,052 u Motovunu do 0,066 mg kg⁻¹ na otoku Krku.

Tablica 4.1.1. pH-vrijednost, organska tvar i ukupne koncentracije žive u površinskom sloju tla na istraživanim područjima (mg kg⁻¹)

	Skrad	Otok Krk	Labinština	Motovun
pH H ₂ O	6,39 ± 0,52 ^b	6,25 ± 0,15 ^c	6,78 ± 0,51 ^a	6,32 ± 0,81 ^{bc}
O.T.%	8,05 ± 6,49 ^{ab}	3,97 ± 0,18 ^b	3,99 ± 1,08 ^b	5,23 ± 4,43 ^b
Živa - Hg	0,062 ± 0,02 ^a	0,066 ± 0,01 ^a	0,054 ± 0,007 ^b	0,052 ± 0,01 ^b

Rezultati su prikazani kao prosjeci suma najmanjih kvadrata ± standardna devijacija; ^{a, b, c}: Vrijednosti unutar reda označene različitim slovom značajno se razlikuju (p<0,05); O.T. – organska tvar.

4.2. Koncentracija žive u gljivama na istraživanim lokalitetima

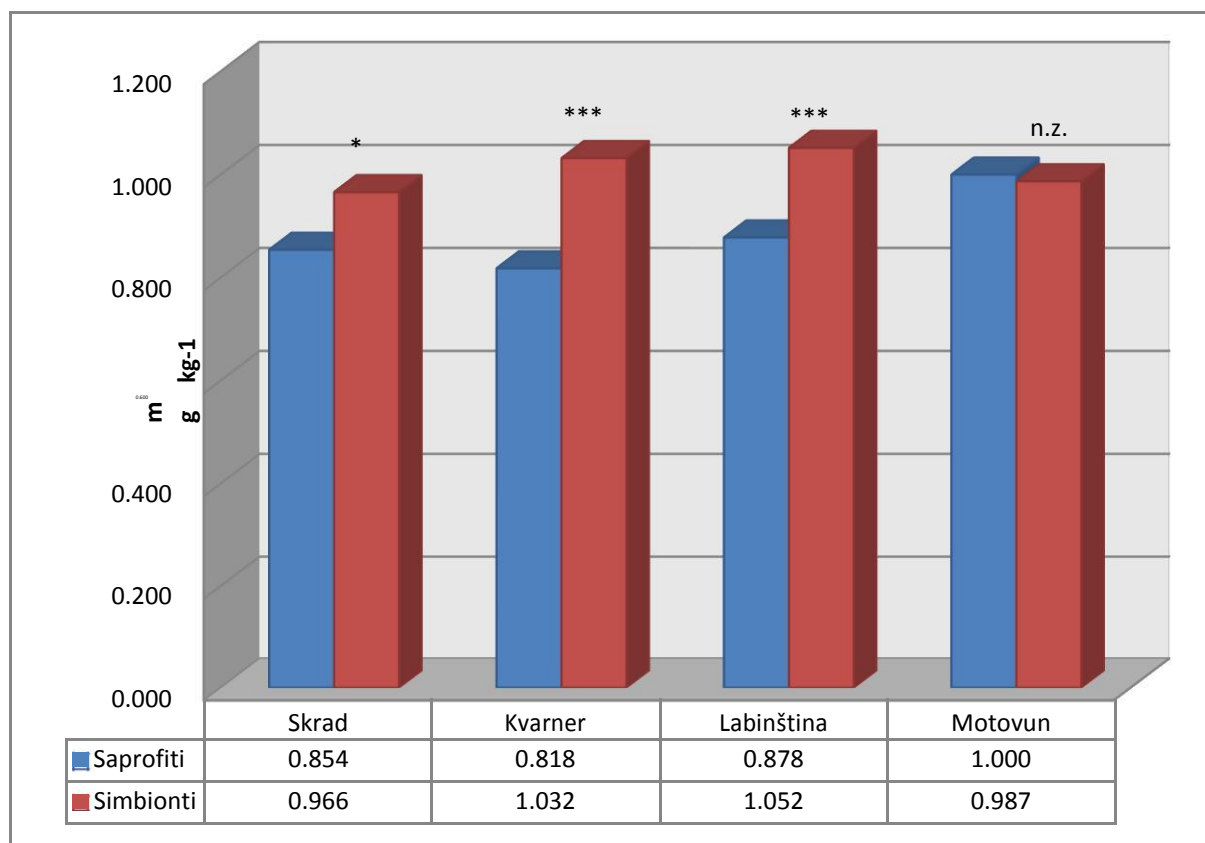
U tablici 4.2.1. su prikazane ukupne koncentracije žive u analiziranim vrstama gljiva na području primorske Hrvatske. Iz navedene tablice razvidno je da su ukupne koncentracije žive različite između analiziranih vrsta. Najveće koncentracije žive utvrđene su u vrstama roda *Boletus* (*Boletus aestivalis* 1,87 mg kg⁻¹ i *Boletus edulis* 1,86 mg kg⁻¹), dok su najniže vrijednosti žive ustanovljene u vrstama *Armilariella mellea* (0,18 mg kg⁻¹) i *Tricholoma terreum* (0,24 mg kg⁻¹). Najveća varijabilost žive od 51,32 % utvrđena je u vrsti *T. terreum*, dok je najujednačeniji sadržaj žive izračunat za vrstu *B. edulis* (CV = 17,33 %).

Tablica 4.2.1. Ukupne koncentracije žive u istraživanim vrstama gljiva (mg kg^{-1})

	Živa – Hg			
	Mean	Min.	Max.	CV%
<i>A. campestris</i>	1,07	0,69	1,87	21,98
<i>A. mellea</i>	0,18	0,10	0,57	48,64
<i>C. inversa</i>	0,99	0,55	1,75	33,39
<i>C. nebularis</i>	1,02	0,46	1,75	31,13
<i>M. procera</i>	1,18	0,67	1,76	29,27
<i>B. aestivalis</i>	1,87	0,94	2,66	23,57
<i>B. edulis</i>	1,86	1,32	2,79	17,33
<i>L. detrrimus</i>	0,53	0,09	1,12	40,13
<i>T. portentosum</i>	0,54	0,21	1,25	36,97
<i>T. terreum</i>	0,24	0,10	0,66	51,32

Mean – srednja vrijednost; Min: najmanja vrijednosti; Max: najveća vrijednost; CV: koeficijent varijabilnosti

U grafikonu 4.2.1. prikazane su ukupne koncentracije žive između skupine saprofitskih i ektomikoriznih gljiva na istraživanim lokalitetima. Istraživanjem je ustanovljen statistički značajno veći ($p < 0,05$, $p < 0,001$) sadržaj žive u simbiotskim vrstama gljiva na lokalitetima Skrad, otok Krk i Labinština, dok na lokalitetu Motovun nije bilo značajne razlike u koncentraciji žive između istraživanih skupina gljiva s obzirom na način ishrane. Prosječna koncentracija žive bila je za 12,04 % viša u skupini ektomikoriznih gljiva u odnosu na saprofitske gljive prikupljene na lokalitetima primorske Hrvatske.



Grafikon 4.2.1. Prosječne koncentracije Hg u ispitivanim saprofitskim i ektomikoriznim (simbiotskim) vrstama gljiva.

Zvezdice označavaju značajnu razliku između saprofitskih i ektomikoriznih vrsta gljiva (*: $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$), n.z. – nije značajno različito.

Koncentracije žive između istraživanih vrsta gljiva te lokaliteta uzorkovanja prikazane su u tablici 4.2.2. Iz navedene tablice vidljivo je da se koncentracija žive razlikovala između analiziranih vrsta gljiva, dok je razlika u koncentraciji žive između istraživanih lokaliteta bila manje izražena. Najveća prosječna koncentracija žive ustanovljena je u vrsti *B. aestivalis* na lokalitetima otok Krk ($2,01 \text{ mg kg}^{-1}$) i Labinština ($2,02 \text{ mg kg}^{-1}$). Prikazane vrijednosti bile su značajno ($p < 0,5$) veće u odnosu na koncentraciju žive u istoj vrsti prikupljenoj na lokalitetima Skrad i Motvun. Najniža prosječna koncentracija žive od $0,17 \text{ mg kg}^{-1}$ utvrđena je u vrsti *A. mellea* na lokalitetima Skrad i Motovun. Značajno najviša ($p < 0,05$) koncentracija žive u vrstama *A. campestris* i *C. inversa* ustanovljena je u uzorcima s lokaliteta Motovun. Suprotno navedenom, nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji žive u vrstama *A. mellea*, *C. inversa*, *M. procera*, *L. deterrimus*, *T. terreum* između istraživanih lokaliteta uzorkovanja (tablica 4.2.2.).

Tablica 4.2.2. Koncentracije žive (mg kg^{-1}) u analiziranim vrstama gljiva na lokalitetima primorske Hrvatske

Vrsta	Skrad	Otok Krk	Labinština	Motovun
	LSM $\pm$ SD	LSM $\pm$ SD	LSM $\pm$ SD	LSM $\pm$ SD
<i>A. campestris</i>	1,03 $\pm$ 0,18 ^{bcB}	1,02 $\pm$ 0,20 ^{bcB}	1,03 $\pm$ 0,09 ^{bcB}	1,19 $\pm$ 0,14 ^{bcA}
<i>A. mellea</i>	0,17 $\pm$ 0,05 ^{eA}	0,19 $\pm$ 0,08 ^{gA}	0,20 $\pm$ 0,08 ^{eA}	0,17 $\pm$ 0,05 ^{eA}
<i>C. inversa</i>	0,97 $\pm$ 0,29 ^{cA}	0,96 $\pm$ 0,25 ^{cdA}	0,97 $\pm$ 0,26 ^{cA}	1,06 $\pm$ 0,24 ^{cA}
<i>C. nebularis</i>	0,90 $\pm$ 0,19 ^{cCD}	0,81 $\pm$ 0,32 ^{dD}	1,04 $\pm$ 0,25 ^{bcBC}	1,33 $\pm$ 0,23 ^{bA}
<i>M. procera</i>	1,20 $\pm$ 0,40 ^{bA}	1,11 $\pm$ 0,38 ^{bA}	1,15 $\pm$ 0,31 ^{bA}	1,25 $\pm$ 0,31 ^{bcA}
<i>B. aestivalis</i>	1,72 $\pm$ 0,58 ^{aB}	2,01 $\pm$ 0,30 ^{aA}	2,02 $\pm$ 0,35 ^{aA}	1,73 $\pm$ 0,70 ^{aB}
<i>B. edulis</i>	1,82 $\pm$ 0,24 ^{aAB}	1,99 $\pm$ 0,21 ^{aA}	1,89 $\pm$ 0,14 ^{aA}	1,74 $\pm$ 0,36 ^{aB}
<i>L. deterrimus</i>	0,46 $\pm$ 0,15 ^{dA}	0,54 $\pm$ 0,15 ^{eA}	0,55 $\pm$ 0,16 ^{dA}	0,55 $\pm$ 0,18 ^{dA}
<i>T. portentosum</i>	0,57 $\pm$ 0,26 ^{dA}	0,37 $\pm$ 0,16 ^{fB}	0,58 $\pm$ 0,15 ^{dA}	0,63 $\pm$ 0,13 ^{dA}
<i>T. terreum</i>	0,26 $\pm$ 0,11 ^{eA}	0,25 $\pm$ 0,12 ^{fgA}	0,22 $\pm$ 0,11 ^{eA}	0,24 $\pm$ 0,12 ^{eA}

LSM $\pm$ SD: prosjek sume najmanjih kvadrata $\pm$ standardna devijacija; ^{a,b,c,d,e}: Vrijednosti unutar stupca označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$), ^{A,B,C,D}: Vrijednosti unutar redaka označene različitim slovima značajno se razlikuju ($p < 0,05$).

U tablici 4.2.3. dat je prikaz vrijednosti koncentracija žive za analizirane vrste gljiva posebno u klobuku i stručku na istraživanim lokalitetima uzorkovanja. Predmetnim istraživanjem utvrđena je značajna razlika ($p < 0,05$) između analiziranih anatomskih dijelova plodnog tijela u sadržaju žive. Tako su ustanovljene prosječne koncentracije žive bile značajno veće

($p < 0,05$) u klobuku u odnosu na stručak u svim analiziranim vrstama gljiva na svim lokalitetima uzorkovanja. Najveći prosječni sadržaj žive utvrđen je u klobuku vrste *B.*

aestivalis (2,40 mg kg^{-1}) na lokalitetu Motovun. Najniža vrijednost žive od 0,12 mg kg^{-1} ustanovljena je u stručku vrste *A. mellea* čiji su uzorci prikupljeni na lokalitetu Labinština. Najveća razlika u koncentraciji žive između anatomskih dijelova klobuka i stručka utvrđena je za vrstu *B. aestivalis* (1,35) na području Motovuna, dok je najmanja u sadržaju žive između navedenih anatomskih dijelova utvrđena za vrstu *A. mellea* (0,09) na području Skrada.

Tablica 4.2.3. Koncentracije žive u anatomskim dijelovima plodnog tijala gljiva na istraživanim lokalitetima

Vrsta	Skrad		Otok Krk		Labinština		Motovun	
	Klobuk	Stručak	Klobuk	Stručak	Klobuk	Stručak	Klobuk	Stručak
<i>A. campestris</i>	1,20	0,87	1,23	0,84	1,10	0,96	1,32	1,07
<i>A. mellea</i>	0,22	0,13	0,25	0,13	0,27	0,12	0,21	0,13
<i>C. inversa</i>	1,25	0,69	1,19	0,72	1,22	0,70	1,28	0,84
<i>C. nebularis</i>	1,07	0,72	1,11	0,52	1,28	0,79	1,55	1,11
<i>M. procera</i>	1,57	0,82	1,47	0,74	1,44	0,85	1,54	0,96
<i>B. aestivalis</i>	2,28	1,16	2,30	1,73	2,36	1,79	2,40	1,05
<i>B. edulis</i>	2,12	1,66	2,19	1,79	2,03	1,77	2,09	1,39
<i>L. deterrimus</i>	0,60	0,32	0,67	0,41	0,71	0,39	0,73	0,37
<i>T. portentosum</i>	0,81	0,32	0,52	0,22	0,72	0,44	0,75	0,51
<i>T. terreum</i>	0,36	0,16	0,37	0,13	0,29	0,15	0,33	0,14

Rezultati su prikazani kao prosjeci sume najmanjih kvadrata LSM

4.3. Biokoncentracijski faktor

Tablica 4.2.4. prikazuje vrijednosti biokoncentracijskog faktora u analiziranim gljivama na četiri lokaliteta uzorkovanja. Iz tablice je vidljivo da su vrijednosti biokoncentracijskog faktora bile znatno različite između vrsta gljiva, ali i lokaliteta uzorkovanja. Također, utvrđene vrijednosti biokoncentracijskog faktora u svim vrstama gljiva bile su veće od 1. Najveća vrijednost biokoncentracijskog faktora ustanovljena je za vrste *B. aestivalis* (37,41) i *B. edulis* (35,00) na lokalitetu Labinština. Suprotno navedenom, najniže vrijednosti biokoncentracijskog faktora izračunate su za vrstu *T. terreum* na lokalitetima otok Krk (3,79) i Labinština (4,07). Temeljem prikazanih rezultata razvidno je kako su sve analizirane vrste gljiva dobri biološki indikatori onečišćenja okoliša živom.

Tablica 4.2.4. Vrijednosti biokoncentracijskog faktora BCF

Vrsta	BCF			
	Skrad	Kvarner	Labinština	Motovun
<i>A. campestris</i>	16,61	15,45	19,07	22,88
<i>A. mellea</i>	*	*	*	*
<i>C. inversa</i>	15,65	14,55	17,96	20,38
<i>C. nebularis</i>	14,52	12,27	19,26	25,58
<i>M. procera</i>	19,35	16,82	21,30	24,04
<i>B. aestivalis</i>	27,74	30,45	37,41	33,27
<i>B. edulis</i>	29,35	30,15	35,00	33,46
<i>L. deterrimus</i>	7,42	8,18	10,19	10,58
<i>T. portentosum</i>	9,19	5,61	10,74	12,12
<i>T. terreum</i>	4,19	3,79	4,07	4,62

*raste na odumrlom stablu

5. Rasprava

Živa je jedan od najtoksičnijih i najopasnijih metala okoliša. Kompleksan biogeokemijski ciklus žive u okolišu uzrokuju njene specifične kemijske reakcije. Pojedine specije žive posjeduju vrlo visoku toksičnost za žive organizme. Jedan od važnijih ciljeva ovog rada bio je utvrditi stupanj onečišćenja istraživanih područja živom. Također, obzirom na činjenicu da gljive akumuliraju znatno veće koncentracije Hg u odnosu na biljke, provedenim istraživanjem utvrđene su koncentracije Hg u određenim jestivim vrstama gljiva, bioindikatorska svojstva navedenih gljiva te mogući rizik za zdravlje ljudi konzumacijom istih.

Predmetnim istraživanjem utvrđena je statistički značajna razlika u ukupnom sadržaju Hg između ispitivanih saprofitskih i ektomikoriznih vrsta gljiva. Razlog tome su istraživane vrste gljiva iz roda *Boletus* poznate kao hiperakumulatori žive. Slične rezultate navode Melgar i sur. (2009) i Širić i sur. (2016) koji su utvrdili veću koncentraciju žive u ektomikoriznim u odnosu na saprofitske vrste gljiva, iako isključivanjem vrsta iz roda *Boletus* omjer bi bio promijenjen. Sukladno tome, vrlo je vjerojatno da bi i predmetnim istraživanjem dobili sličan rezultat, jer općenito, ostale istraživane ektomikorizne vrste sadrže niže koncentracije Hg u odnosu na saprofitske vrste gljiva. Moguće objašnjenje navode Alonso i sur. (2000) da saprofitske vrste gljiva imaju veću moć razlaganja i aktivnost katalaze. Pored toga, sukladno navodima Falandysza i sur. (2012) ili Falandysza i sur. (2011), predmetnim istraživanjem utvrđene su razlike u sadržaju žive u ispitivanim vrstama gljiva ovisno o lokalitetu uzorkovanja. Tako su očekivano najveće prosječne koncentracije Hg utvrđene u vrstama iz roda *Boletus* (2,015 mg/kg), pri tom je bitno naglasiti da su najveće vrijednosti žive ustanovljene u uzorcima na lokalitetu Labinština u vrsti *B. aestivalis* (tablica 4.2.1 i 4.2.2). Prikazano je u skladu s rezultatima istraživanja Falandysza i sur. (2007), dok Melgar i sur. (2009) i Širić i sur. (2016) navode veće koncentracije Hg u vrstama roda *Boletus* u odnosu na predmetno istraživanje. Znanstvena literatura nema objašnjenje zbog čega gljive iz roda *Boletus* akumuliraju znatno veće koncentracije žive u odnosu na ostale ektomikorizne vrste, iako Falandysz i sur. (2007) ukazuje da su cjevčice, dio himenija gljiva iz roda *Boletus*, iznimno bogate živom. Nadalje, saprofitska vrsta *Armillaria mellea* sadrži najmanje koncentracije žive na svim istraživanim lokalitetima, što potvrđuju rezultati istraživanja Žarskog i sur. (1999). Općenito, vrste koje rastu na drvu imaju najniži sadržaj žive, vjerojatno zbog toga što je volumen podloge na kojoj rastu ograničen i ima nisku razinu metalnih iona, ali i činjenica da nemaju izravni doticaj sa supstratom tla.

Predmetnim istraživanjem utvrđene koncentracije Hg u ispitivanim vrstama gljiva znatno su veće u odnosu na ustanovljeni sadržaj Hg u supstratu tla. Sukladno tome, možemo reći da su sve istraživane vrste gljiva dobri sakupljači žive, jer su vrijednosti BCF>2,5 na svim lokacijama uzorkovanja. Tako su najbolja bioindikatorska svojstva utvrđena za vrste roda *Boletus* sukladno navodima najvećih koncentracija žive u navedenim vrstama. Također, s obzirom na najmanji sadržaj Hg u vrsti *Armillariella mellea*, izračunata je i najmanja vrijednost BCF.

Prikazano je u skladu s rezultatima Falandysza i sur. (2007), Melgara i sur, (2009), Kojte i sur. (2011) te Širića i sur. (2016) koji navode i veće vrijednosti BCF ovisno o vrsti i području uzorkovanja, a što najviše ovisi o koncentraciji žive u tlu koja je znatno varirala između područja uzorkovanja. Općenito, vrijednosti biokoncentracijskog faktora variraju ovisno o vrsti i području uzorkovanja s najčešćim vrijednostima reda veličine 10 ili više. Prema navodima Gasta i sur. (1988), koncentracija teških metala u gljivama slabo je povezana s vrijednosti pH i sadržajem organske tvari u tlu. Sukladno tome, provedenim istraživanjem utvrđen je koeficijent korelacije između koncentracije Hg, pH vrijednosti i sadržaja organske tvari u tlu sa sadržajem Hg u gljivama. U skladu s rezultatima istraživanja Gasta i sur. (1988) te Melgara i sur. (2009) provedenim istraživanjem nije utvrđena značajna povezanost između navedenih parametara tla i sadržaja Hg u gljivama. Slične rezultate navodi Tyler (1982), gdje za razliku od biljaka parametri tla nisu utjecali na usvajanje metala u gljive. Umjesto toga razina metala u plodištima gljiva je pod utjecajem starosti micelija i intervala između fruktifikacije, a navedeni čimbenici uzrokuju veliku varijabilnost u koncentracijama teških metala unutar vrsta gljiva (Kalač i Svoboda, 2000).

Raspodjela toksičnog elementa Hg između ispitivanih anatomskih dijelova plodnog tijela je različita. Distribucija Hg najviše ovisi o vrsti gljive, ali i o području uzorkovanja zbog mogućnosti aerodepozicije. Sukladno tome, značajno veća ($p < 0,001$) koncentracija Hg utvrđena je u klobuku u odnosu na stručak u svim istraživanim vrstama gljiva. Navedeno potvrđuju rezultati istraživanja Melgara i sur. (2009) koji su istraživali distribuciju Hg između spora na himeniju i ostatka plodnog tijela gljiva. Autori su utvrdili značajno veću ($p < 0,001$) koncentraciju Hg u sporama na himeniju u odnosu na ostatak plodnog tijela gljiva. Temeljem toga, zaključuju da općenito spore na himeniju akumuliraju veće koncentracije Hg, jer sadrže više proteina i enzima na koje se veže Hg, u odnosu na ostatak plodnog tijela gljiva.

Akumulacija žive primarno ovisi o vrsti gljiva odnosno njenom načinu života, dok su rod i porodica gljiva znatno manje bitni. Područje uzorkovanja, odnosno blizina poljoprivrednih površina, industrijskih i urbanih središta također značajno utječe na koncentraciju metala u gljivama. Razina metala u samoniklim jestivim gljivama značajno je veća u odnosu na uzgojene gljive (Kalač i sur., 2004). Vjerojatno objašnjenje nije samo u različitom sastavu i zagađenosti supstrata, nego i u različitoj starosti micelija, koji može postojati nekoliko godina u prirodi, dok u uzgoju samo nekoliko mjeseci. Općenito, utvrđeni sadržaj žive, ali i drugih istraživanih teških metala u samoniklim jestivim gljivama bio je veći u odnosu na sadržaj u tipičnoj biljnoj hrani kao što je voće, povrće i žitarice. Međutim, mehanizam akumulacije teških metala u plodna tijela gljiva još uvijek je nedovoljno jasan. Nagađa se da se radi o kelatnoj reakciji sa sulfhidrilnim skupinama metionina u tkivu gljiva (Melgar i sur., 2009). Stoga opisane odnose rezultata predmetnih istraživanja i navedenih autora ne treba promatrati kao apsolutne vrijednosti. Pritom treba uzeti u obzir da razlike u rezultatima mogu značajno proizlaziti iz razlika u području uzorkovanja, vremenu prikupljanja uzorka, klimatskim prilikama (količini oborina na pojedinim lokalitetima), blizini urbanih središta te starosti gljiva, gustoći odnosno razvijenosti micelija te intervalu između fruktifikacije (plodonošenje) ispitivanih vrsta gljiva.

6. Zaključci

U radu je istraživana koncentracija žive u uzorcima deset samoniklih jestivih gljiva (pet saprofitnih i pet simbiotskih) sa četiri lokaliteta uzorkovanja na području primorsko Hrvatske. Ukupna koncentracija žive bila je značajno različita između skupina saprofitskih i ektomikoriznih gljiva, pri čemu je značajno veća koncentracija žive ustanovljena u ektomikoriznim gljivama izuzev lokaliteta Motovun. Predmetnim istraživanjem utvrđena je značajna razlika u koncentraciji žive između istraživanih vrsta gljiva, dok je navedena razlika između lokaliteta uzorkovanja bila manje izražena. Koncentracija žive bila je značajno različita između istraživanih anatomskih dijelova plodnog tijela, pri čemu su koncentracije žive značajno veće u klobuku u odnosu na stručak. Dobra bioakumulatorska svojstva prema metalu živi ustanovljena su za sve analizirane vrste gljiva ($BCF > 1$). Utvrđene vrijednosti žive u analiziranim vrstama gljiva s lokaliteta primorske Hrvatske odgovaraju razinama na nezagađenim područjima. Međutim, razine žive i drugih toksičnih teških metala u samoniklim jestivim gljivama podložne su promjenama djelovanjem raznih antropogenih utjecaja te je potrebno uvesti program praćenja koncentracija žive za određene i često konzumirane samonikle vrste gljiva. Zaključno možemo reći da su potrebna stalna praćenja i nadzor razine žive u ljudskoj prehrani, u ovom slučaju samoniklim jestivim gljivama čija je dostupnost na tržištu i opća popularnost u stalnom porastu.

7. Literatura

1. Alonso J., Salgado M.J., García M.A., Melgar M.J. (2000). Accumulation of mercury in edible macrofungi: influence of some factors. *Archives Environmental Contamination Toxicology* 38: 158–162.
2. Beyersmann D., Hartwig A. (2008). Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. *Archives Toxicology* 82: 493-512.
3. Božac R. (2003). Gljive morfologija, sistematika, toksikologija. Školska knjiga, Zagreb.
4. Božac R. (2005). Enciklopedija gljiva 1. Školska knjiga Zagreb.
5. Božac R. (2008). Enciklopedija gljiva 2. Školska knjiga Zagreb.
6. Campos J.A., Tejera N.A. (2011). Elements bioaccumulation in sporocarps of fungi collected from quartzite acidic solis. *Biological Trace Element Research* 143: 540-554.
7. Chang L.W., Magos L., Suzuki T. editors. (2001). *Toxicology of Metals*. Boca Raton. FL, USA: CRC Press; 1996. 21. Wang S., Shi X. Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis. *Molecular Cellular Biochemistry* 222: 3–9.
8. Clarkson T.W., Magos L., Myers G.J. (2003). The toxicology of mercury-current exposures and clinical manifestations. *New England Journal of Medicine* 349: 1731–1737.
9. Dopp E., Hartmann L.M., Florea A-M., Rettenmeier A.W., Hirner A.V. (2004). Environmental distribution, analysis, and toxicity of organometal (loid) compounds. *Critical Reviews in Toxicology* 34: 301–333.
10. Duffus J.H. (2003): "Heavy metals" a meaningless term? *Pure and Applied Chemistry* 74, 5:793-807.
11. Falandysz J., Frankowska A., Jarzynska G., Dryzalowska A., Kojta K.A., Zhang D. (2011). Survey on composition and bioconcentration potential of 12 metallic elements in King Bolete (*Boletus edulis*) mushroom that emerged at 11 spatially distant sites. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 46, 231-246.
12. Falandysz J., Gucia M., Mazur A. (2007). Content and bioconcentration factors of mercury by Parasol Mushrooms *Macrolepiota procera*. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 42: 735-740.
13. Falandysz J., Frankowska A., Mazur A. (2007). Mercury and its bioconcentration factors in King Bolete (*Boletus edulis*) Bull. Fr. *Journal of Environmental Science and Health – Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 42: 2089–2099.

14. Falandysz J., Widzicka E., Kojta A.K., Jarzynska G., Drewnowska M., Dryzalowska A., Danisiewicz-Czuprynska D., Lenz E., Nnorom I.C. (2012). Mercury in Common Chanterelles mushrooms: *Cantharellus* spp. update. *Food Chemistry* 133: 842-850.
15. Fergusson J.E., editor. *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*. Oxford: Pergamon Press; 1990.
16. Garcia M.A., Alonso J., Melgar M.J. (2009). Lead in edible mushrooms. Levels and bioaccumulation factors. *Journal of Hazardous Materials* 167: 777-783.
17. Gast C.H., Jansen E., Bierliling J., Haanstra L. (1988). Heavy metals in mushrooms and their relationship with soil characteristics. *Chemosphere* 17: 789-799.
18. Guzzi G., LaPorta CA. (2008). Molecular mechanisms triggered by mercury. *Toxicology* 244:1-12.
19. Hall I.R., Brown G.T., Zambonelli A. (2007). *Taming the truffle*. Timber Press, Portland.
20. Kalač P., Svoboda L., Havličková B. (2004). Contents of detrimental metals mercury, cadmium and lead in wild growing edible mushrooms. *Energy Education Science and Technology* 13: 31-38.
21. Kalač P. (2010). Trace element contents in European species of wild growing edible mushrooms: review for the period 2000-2009. *Food Chemistry* 122: 2-15.
22. Kalac P., Svoboda L. (2000). A review of trace elements concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry* 69: 273-281.
23. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. (2008). *Dictionary of the Fungi*. Csiro Publishing United Kingdom.
24. Kojta A.K., Gucia M., Jarzynska G., Lewandowska M., Zakrzewska A., Falandysz J., Zhang D. (2011). Phosphorus and certain metals in parasol mushrooms (*Macrolepiota procera*) and soils from the Augustowska forest and Elk region in north-eastern Poland. *Fresenius Environmental Bulletin* 20: 3044-3052.
25. Lončarić Z., Karalić K., Popović B., Rastija D., Vukobratović M. (2008). Total and plant available micronutrients in acidic and calcareous soils in Croatia. *Cereal Research Communication* 36; 331-334.
26. Lončarić Z., Kadar I., Jurković Z., Kovačević V., Popović B., Karalić K. (2012). Teški metali od polja do stola. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, Opatija, 14-23.
27. López A.M., Prieto Montana F., Miranda M., Castillo C., Hernandez J., Luis Benedito J. (2004). Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. *Biometals* 17: 389-97.

28. Manzi P., Aguzzi A., Vivanti V., Pac M., Pizzoferrato L. (1999). Mushrooms as source of functional ingredients. In Euro. Food Chem X European conference on functional foods. A new challenge for the food chemist, 86-93., Budapest.
29. Melgar M. J., Alonso J., Garcia M. A. (2009). Mercury in edible mushrooms and underlying soil: Bioconcentration factor and toxicological risks. *Science of the Total Environment* 407: 2328-2334.
30. Perkovišek S.S., Pokorný B. (2013). Lead and cadmium in mushrooms from the vicinity of two large emission sources in Slovenia. *Science of the Total Environment* 443: 944-954.
31. Rytuba J.J. (2003). Mercury from mineral deposits and potential environmental impact. *Environmental Geology* 43: 326–338.
32. Sanfeliu C., Sebastia J., Cristofol R., Rodriguez-Farre E. (2003). Neurotoxicity of organomercurial compounds. *Neurotoxicity Research* 5: 283–305.
33. Sarkar B.A. (2005). Mercury in the environment: Effects on health and reproduction. *Reviews on Environmental Health*. 20: 39–56.
34. Sofilić T. (2014). "Ekotoksikologija", Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, Republika Hrvatska.
35. Širić I. (2014). Teški metali u jestivim saprofitskim i ektomikoriznim gljivama sjeverne i primorske Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
36. Širić I., Kos I., Bedeković D., Kaić A., Kasap A. (2014). Heavy metals in edible mushrooms *Boletus reticulatus* Schaeff. collected from Zrin, mountain, Croatia. *Periodicum biologorum*. 116: 319-322.
37. Širić I., Humar M., Kasap A., Kos I., Mioč B., Pohleven F. (2016). Heavy metals bio-accumulation by wild edible saprophytic and ectomycorrhizal mushrooms. *Environmental science and pollution research* 23: 18239-18252.
38. Širić I., Kasap A., Bedeković D., Falandysz J. (2017). Lead, cadmium and mercury contents and bioaccumulation potential of wild edible saprophytic and ectomycorrhizal mushrooms. *Journal of environmental science and health part B* 52, 3:1-12.
39. Tchounwou P.B, Avensu W.K., Ninashvili N., Sutton D. (2003). Environmental exposures to mercury and its toxicopathologic implications for public health. *Environmental Toxicology* 18: 149–175.
40. Turkdogan K.M., Kilicel F., Kara K., Tuncel I. (2003). Heavy metals in soli, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 13: 175-179.
41. Tyler G. (1982). Accumulation and exclusion of metals in *Collybia peronata* and *Amanita rubescens*. *Transactions of the British Mycological Society* 79: 239–245.

42. Zarski T.P., Zarska H., Arkuszewska E., Valka J., Sokol J., Beseda I. (1999). The bioindicative role of mushrooms in the evaluation of environmental contamination with mercury compounds. *Ekologia (Bratislava)* 18: 223–229.
43. Wang S., Shi X. Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis. *Molecular and Cellular Biochemistry* 2001; 222:3-9.
44. WHO/FAO/IAEA. World Health Organization. Switzerland: Geneva; 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health. Newsome C., Williams J., Glass K. Copper-induced cytotoxicity and transcriptional activation of stress genes in human liver carcinoma cells. *Metal Ions in Biology and Medicine* 2008;10:285–290.
45. Wilson M.A., Burt R., Indorante S.J., Jenkins A.B., Chiaretti J.V., Ulmar M.G., Scheyer J.M. (2008). Geochemistry in modern soil survey program. *Environmental Monitoring and Assessment* 139;151-171.

8. Životopis

Rođen 22. siječnja 1991. godine u Splitu
Živi u Splitu, Matoševa 61, Split, Hrvatska

Hrvatske nacionalnosti.

Mobitel: 091 150 6930

E-mail lukarakic@yahoo.com

Obrazovanje:

- IX. 2005. – 2009. Srednja škola III. Gimnazija (MIOC), Split
- X. 2009. – 2014. Sveučilište u Splitu
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Međusveučilišni preddiplomski studij
Meditranska poljoprivrede,
 - stekao akademski naziv:
SVEUČILIŠNI PRVOSTUPNIK (BACCALAREUS)
INŽENJER MEDITRANSKE POLJOPRIVREDE
- X. 2015. – 2018. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet Diplomski
sveučilišni studij Ekološka poljoprivrede i
agroturizam

Jezici:

Materinji jezik: Hrvatski

Strani jezici: Engleski jezik - aktivno znanje

Ostalo:

Voditelj brodice C kategorije

Vozačka dozvola B kategorije

Rad na računalu: Microsoft Office

Sport: vaterpolo od 2001. – 2009.god. (od 5.osnovne do kraja srednje škole)
Jedrenje, regate krstaša

Radno iskustvo:

I. 2015. – II. 2015. god.

Dubai, Crown Prince Landscape,

X. 2017. – XI.2017. god.

department Vodice, Uljara Sv. Ivan