

# Utjecaj sastava tla na sadržaj metala u gljivama

---

**Blažević, Antonela**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:596314>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

**UTJECAJ SASTAVA TLA NA SADRŽAJ METALA U GLJIVAMA**  
**INFLUENCE OF SOIL COMPOSITION ON THE METAL CONTENT OF**  
**FUNGI**

**SEMINARSKI RAD**

Antonela Blažević  
Preddiplomski studij Znanosti o okolišu  
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)  
Mentor: izv. prof. dr. sc. Gordana Medunić  
Komentor: dr. sc. Željka Fiket

Zagreb, 2020.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	2
<b>2. BIOLOGIJA GLJIVA</b> .....	3
<b>3. RAZNOLIKOST I ZNAČAJ GLJIVA</b> .....	4
<b>4. SASTAV SUPSTRATA</b> .....	7
<b>5. APSORPCIJA POJEDINIH ELEMENATA</b> .....	10
5.1. Cink (Zn) .....	10
5.2. Kadmij (Cd) .....	10
5.3. Živa (Hg) .....	10
5.4. Olovo (Pb) .....	11
5.5. Ostali elementi .....	11
<b>6. UTJECAJ BIOLOŠKIH I FIZIKALNIH FAKTORA</b> .....	13
6.1. Vlaga .....	13
6.2. pH-vrijednost .....	13
6.3. Veličina čestica supstrata.....	13
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	14
<b>8. LITERATURA</b> .....	15
<b>9. SAŽETAK</b> .....	16
<b>10. SUMMARY</b> .....	16

## 1. UVOD

Pretpostavlja se da carstvo Gljive sadržava više od milijun i petsto tisuća vrsta i značajno je zbog velike bioraznolikosti te velike primjene u svakodnevnom životu.

Smatra se da mogu biti od velike važnosti za zdravlje ljudi. Od ono malo poznatih informacija o njima, zna se da su izvori nutrijenata, primjerice proteina, minerala i vitamina B, C i D. Sadrže vrlo malo zasićenih masti, stoga mogu pomoći pri smanjenju kolesterola. Više od 200 vrsta se može koristiti u prehrani, ali samo 35 vrsta se komercijalno kultivira (Bellettini i sur., 2016). Također, zbog malog udjela natrija, preporuča se korištenje u prehrani ljudima s povišenim krvnim tlakom ili hipertenzijom (Moura i sur., 2007). Gljive imaju značajnu ulogu u ekosistemu zato što razgrađuju supstrat, što ujedno znači da koriste otpad nastao agrikulturom.

Zbog sposobnosti akumulacije pojedinih metala iz substrata sve češće se koriste i u mikoremedijaciji. Osim toga, ispitivanje bioloških uzoraka, uključujući i gljive, također može pomoći pri razumijevanju vrste onečišćenja na određenom području i njegovog rasprostiranja (Ivanić i sur., 2018).

Stoga, svrha ovog rada jest donijeti zaključak o količini akumuliranja određenih elemenata iz supstrata te mogućem negativnom utjecaju istih na zdravlje ljudi na temelju obrađenih podataka iz odabranih znanstvenih radova.

## 2. BIOLOGIJA GLJIVA

Čitav niz karakteristika čini carstvo *Fungi* drugačijim i posebnim u usporedbi s ostalim carstvima. Poznato je da postoje prave gljive, često zvane *Mycota* ili *Eumycota* i organizmi slični gljivama. Većina predstavnika ovog carstva jest mikroskopske veličine, međutim od najveće koristi za ljude jesu one makroskopske vrste.

Gljive su eukariotski organizmi koji mogu rasti na tlu ili u tlu, u slatkim i morskim vodama te u simbiozi s biljkama. Jedan od važnijih pojmova u ovom carstvu jest hifa (sl. 1.). To je sustav koji raste vršno u tlu i na taj način tijelo gljiva bude razgranato. Nitasto tijelo sačinjeno od razgranatih hifa naziva se micelij. Postoje gljive koje ne rastu na ovaj način, u tom slučaju se radi o jednostaničnim organizmima koji pupaju kao što je to slučaj kod kvasca (Deacon, 2006).

Gljive su heterotrofni organizmi koji ne mogu sami stvarati nutrijente, stoga jednostavnije molekule apsorbiraju preko stanične membrane. Specifične su im i stanične membrane, jer sadrže spojeve hitin i glukan. U primitivnijim gljivama uočene su manje količine polimera celuloze, za razliku od membrana u biljaka koje ih sadrže u velikim količinama. Također, sadržavaju alkohol manitol, disaharid trehalozu i polisaharid glukoze – glikogen. Ti spojevi pronađeni su i u životinjskim stanicama (Deacon, 2006).

Jezgra gljiva uglavnom je haploidna, za razliku od ostalih pripadnika eukariota. Međutim, uočeno je postojanje većeg broja jezgri u pojedinim dijelovima hifa. Iako je većinom karakterističan haploidan broj kromosoma, kvasci su diploidni organizmi (Deacon, 2006).

Što se tiče reprodukcije, gljive se mogu razmnožavati spolno i nespolno, dok većinom proizvode spore. Spore se vrlo razlikuju veličinom i oblikom, budući da različite vrste moraju biti prilagođene na određene uvjete (Deacon, 2006).



**Slika 1.** Razgranatost hifa u presjeku tla

<https://biologydictionary.net/hyphae/>

### 3. RAZNOLIKOST I ZNAČAJ GLJIVA

Gledajući carstvo *Fungi* u širem smislu, uz prave gljive govori se o *Straminipila* i gljivama sličnim organizmima. Unutar carstva *Fungi* postoje koljena *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Glomeromycota*, *Ascomycota* i *Basidiomycota*. Za ta koljena smatra se da su nastali iz hoanoflagelatnog pretka. Za organizme unutar *Straminipila* smatra se da su nastali od protista, a dijeli se na koljena *Oomycota*, *Hyphochytridiomycota* i *Labyrinthulomycota*. Gljivama slični organizmi su većinom sluzave plijesni nesigurnog položaja i dijele se na koljena *Myxomycota*, *Plasmodiophoromycota*, *Dictyosteliomycota* i *Acrasiomycota* (Deacon, 2006).

Najveće koljeno unutar carstva *Fungi* je *Ascomycota* ili gljive mješinarke. Od ukupnog broja opisanih vrsta, ovom koljenu pripada čak 75% vrsta. To je ujedno i najraznolikije koljeno te svaki predstavnik unutar ovog koljena posjeduje *ascus* ili mješinu. Ta mješina nastaje stapanjem dviju haploidnih jezgri i naposljetku je u mogućnosti stvarati askospore kojima se spolno razmnožava. Najpoznatiji primjeri gljiva mješinarke jesu *Saccharomyces* sp., *Candida* sp., *Penicillium* sp., *Uncinula* sp. (Deacon, 2006).

Sljedeće koljeno po veličini i važnosti jest *Basidiomycota* ili gljive stapčarke. To koljeno je najodvedenije od svih. Osim pravih gljiva, tu spadaju i plijesni te mnogi paraziti na biljkama i ljudima. Njihov micelij je vrlo razgranat, a svaki predstavnik sadrži bazidij koji, analogno aksusu, proizvodi bazidiospore za spolno razmnožavanje. Za razliku od askospora, bazidiospore su egzospore. Najpoznatiji predstavnici ovog koljena jesu *Lycoperdon* sp., *Polyporus* sp., *Pleurotus* sp., *Coprinus* sp. (Deacon, 2006).

Gljivama slični organizmi se spominju u literaturi uz prave gljive jer se ponašaju kao i prave gljive, vrlo su ekološki značajne, imaju razgranate hife s apikalnim rastom, proizvode enzime te inficiraju organizme na sličan način. No, ono što ih razlikuje jesu karakteristike slične biljnim organizmima (Deacon, 2006).

Velika raznolikost gljiva uvelike je uzrokovana različitim načinima crpljenja nutrijenata, zato postoje parazitske, simbiotske i saprofitske gljive.

Parazitske ili u nekim slučajevima patogene gljive mogu živjeti na raznim domaćinima, kao što su biljke i ljudi. Što se tiče parazitiranja na biljkama, u većini slučajeva je taj suživot toliko specijaliziran da ih je nemoguće razviti u laboratoriju, budući da im je potrebno tkivo domaćina. Primjer za ovaj slučaj bi bila gljiva reda Rđe ili *Pucciniales* (sl. 2.) te Pepelnica vinove loze ili *Erysiphe necator* (sl. 3.) koja je uzrok jedne od najčešćih bolesti vinove loze u Europi (Deacon, 2006).



**Slika 2.** Red Rđe na listu kupine

(<https://study.com/academy/lesson/rust-fungus-definition-life-cycle.html>)



**Slika 3.** Simptomi Pepelnice vinove loze

([http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/vinogradarstvo/zastita-vinograda/bolesti-vinove-loze/pepelnica-vinove-loze](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/vinogradarstvo/zastita-vinograda/bolesti-vinove-loze/pepelnica-vinove-loze))

Naime, postoje i gljive koje žive u simbiozi s biljkama, a da pritom ne štete samim domaćinima. U ovom slučaju radi se o lišajevima i mikorizama. Lišaj nastaje suživotom gljive i fotosintetskog organizma (primjerice zelena alga). U ovoj simbiozi gljiva štiti drugi organizam te ga opskrbljuje s potrebnim mineralnim tvarima, dok fotosintetski organizam proizvodi ugljikov dioksid koji je potreban gljivama. Lišajevi su vrlo rasprostranjeni i smatraju se pionirskim organizmima jer naseljavaju nepristupačna staništa. Mikorizom se smatra bliski suživot korijena biljaka i gljiva. U ovoj simbiozi gljiva je ovisna o domaćinu i dobiva ugljik od domaćina, dok gljive biljkama osiguravaju mineralne tvari iz tla (Deacon, 2006).

Gljiva koje parazitiraju na čovjeku puno je manje od onih na biljkama. Takve gljive najčešće parazitiraju na koži, u kosi i u noktima. U slučajevima kada je imunološki sustav slab, veća je mogućnost infekcije gljivama. Jedan od poznatih primjera je gljiva *Aspergillus fumigatus* koja se nastanjuje u plućima i problematična je kod transplantacije ukoliko kolonizira tkivo pacijenta. U slučaju infekcije bilo kojom od parazitskih gljiva postoji tretman kojim se može izliječiti. Međutim, gljive se vrlo često mijenjaju i razvijaju otpornost na proizvedene lijekove (Deacon, 2006).

Budući da gljive proizvode mnoge enzime kojima razgrađuju mrtvu organsku tvar, smatraju se važnim saprofitskim organizmima i imaju značajnu ulogu u ekosustavu. Razgrađuju složene molekule poput celuloze, škroba, hitina, proteina, keratina i mnoge druge. Na taj način recikliraju nutrijente.

Osim svojom ulogom u ekosustavu, postaju sve značajnije u biotehnologiji. Gljive proizvode primarne i sekundarne produkte metabolizma. U primarne metabolite spadaju tvari koje proizvode svi organizmi kao što su šećeri, aminokiseline i slično. U sekundarne metabolite spadaju spojevi koji su karakteristični samo za gljive. Neki od tih spojeva čovjeku mogu biti vrlo značajni. Tu spada penicilin, antibiotik koji se koristi u liječenju bakterijskih infekcija.

Ipak, najvećim dijelom se značaj gljiva odnosi na prehranu. Mnogo vrsta gljiva proizvodi se u velikim količinama i dio su svakodnevne prehrane. Pritom je potrebno izdvojiti kvasac koji je sastavni dio kruha i nekih alkoholnih pića. Od jestivih gljiva koje su vrlo često korištene u prehrani, važno je spomenuti vrste *Agaricus* sp. (sl. 4.), *Trichaptum* sp., *Lentinula* sp., i *Pleurotus* sp. (sl. 5.). Od navedenih, rod *Pleurotus* je najviše istražen zbog velike raširenosti i primjene (Deacon, 2006).

Poznato je da gljive rado apsorbiraju, a ponekad i značajno akumuliraju pojedine elemente i metale iz supstrata. Zbog toga je potrebno poznavati sastav gljiva, kako bismo mogli odrediti njihov utjecaj na zdravlje prilikom konzumacije.



**Slika 4.** Vrsta *Agaricus bisporus*  
(<https://www.plantea.com.hr/sampinjon/>)



**Slika 5.** Vrsta *Pleurotus ostreatus*  
(<https://www.plantea.com.hr/uzgoj-bukovaca/>)



#### 4. SASTAV SUPSTRATA

Na produkciju gljiva može utjecati mnogo faktora, primjerice kemijski sastav, udio vode, pH, minerali, vlažnost, veličina čestica, itd. Što se tiče faktora iz okoliša, najveći utjecaj imaju temperatura, vlažnost, količina svjetlosti i sastav zraka (Bellettini i sur., 2016).

Na akumulaciju elemenata (primjerice željeza, bakra, mangana, kroma, cinka) u gljivama, osim vanjskih faktora, mogu utjecati i karakteristike same vrste promatrane gljive, točno određeni morfološki dio gljive, biokemijski sastav, interval između fruktifikacija (Mallikarjuna i sur., 2012). Ukoliko se u supstrat nadodaju mineralne tvari potrebne za rast gljive, miceliji promatranih gljiva mogu rasti čak 25% više od očekivanog (Lee i sur., 2009).

Upravo stoga, važno je znati sastav supstrata na kojem gljiva raste. Na taj način se može zaključiti više o sastavu samih gljiva.



**Slika 6.** Vrsta *Pleurotus ostreatus* raste na tlu kontaminiranom uljem

(<https://fungi.com/blogs/articles/the-petroleum-problem>)

Iz supstrata gljive upijaju ugljik, dušik, minerale i vitamine koji su im potrebni za rast i razvoj (Bellettini i sur., 2016). Na taj način sastav supstrata u kojem rastu gljive može utjecati na mineralni sastav gljiva. Međutim, u nekim slučajevima moguće je da hifama gljive upiju i toksične metale poput olova, žive i arsena. Upravo zbog sposobnosti akumulacije gljive mogu biti vrlo korisne kao bioindikatori za onečišćenje okoliša. Osim toga gljive se koriste u mikoremedijaciji tla kontaminiranih teškim metalima (sl. 7.) (Kalač i Svoboda, 2000).

Gljive mogu rasti na takozvanom agro otpadu. Agro otpad je alternativni materijal koji je nutritivno bogat i ekološki prihvatljiv jer nastaje razgradnjom otpada. Na primjeru vrste *Pleurotus spp.* Bellettini i sur. (2016) navode da ta vrsta može rasti na rižinoj slami (sl. 7.), pšeničnoj slami, pamučnom otpadu, otpadu od maslina, borovim iglicama, kukuruznoj slami,

palminom ulju, izrezanom uredskom papiru, kartonu i biljnim vlaknima te raznim drugim vrstama otpada. Pojedini agro otpadi se mogu kombinirati i na taj način se može povećati produktivnost i učinkovitost, jer svaki agro otpad sadrži dodatne tvari koje pospješuju rast i razvoj gljiva (Bellettini i sur., 2016, Siwulski i sur., 2019).



Slika 7. Vrsta *Pleurotus ostreatus* raste na rižinoj slami

<https://www.standardmedia.co.ke/article/2001298086/oyster-mushroom-excites-new-investors-at-ask-show>

Organizmima je potrebna mala količina teških metala (željezo, kobalt, bakar, mangan, krom i cink) budući da su ti elementi dio bioloških procesa, no svaka veća količina tih elemenata je štetna za taj organizam. Za razliku od ranije navedenih elemenata, kadmij i olovo u najmanjim količinama mogu biti toksični (Mallikarjuna i sur., 2012).

Budući da su gljive u mogućnosti akumulirati veću određenu količinu teških metala, uočeno je da u simbiozi s korištenjem biljaka mogu zaštititi tu biljku i onemogućiti dovod elemenata u tragovima do samog korijena. Kao primjer ove zaštite Kabata-Pendias (2011) navodi vrstu *Paxillus involutus* na čijim hifama su uočene granule zasićene s fosforom, sumporom, kalcijem, aluminijem i kadmijem. Postojanje kadmija u vakuolama upućuje na imobilizaciju metala od strane simbiotskih gljiva.

U brojnim primjerima gljive obogaćuju tlo i pospješuju rast drugih organizama, no nažalost tlo sve češće biva kontaminirano ljudskim djelovanjem. Gljive mogu do neke mjere povećati kvalitetu tla, ali ponekad je to gotovo nemoguće. Ukoliko se određeno područje nalazi u blizini onečišćivača, kao što su prometnice, odlagališta te veliki gradovi, za očekivati je da će na tom području biti veća količina teških metala (Kalač i Svoboda, 2000). Međutim, količina teških metala u tlu ne mora biti u potpunosti antropogenog porijekla, već može biti i geološkog nastanka. Ivanić i sur. (2018) u svom radu navode da ukoliko na promatranom području postoje

prirodno povišene koncentracije pojedinih elemenata u tlu, isti se mogu pojaviti u povišenim koncentracijama i u tijelu gljiva. Osim toga, apsorpcija određene količine elemenata ovisi od vrste do vrste i same starosti gljive (Svoboda i Chrastný, 2008)

## 5. APSORPCIJA POJEDINIH ELEMENATA

### 5.1. Cink (Zn)

Cink je biološki važan metal, dakle potreban je za normalno funkcioniranje ljudskog organizma. Mallikarjuna i sur. (2012), Moura i sur. (2007) te Lee i sur. (2009) navode da pojedine vrste gljiva apsorbiraju veliku količinu cinka. Lee i sur. (2009) objašnjavaju da gljive mogu akumulirati veću količinu cinka jer posjeduju fitokelatin, peptid koji održava koncentracije akumuliranih metala ispod praga toksičnosti. U znanstvenom radu Moura i sur. (2007) navode da cink sudjeluje u metaboličkim putevima, a ukoliko ga nedostaje u ljudskom organizmu mogu se pojaviti zdravstveni problemi poput gubitka apetita, usporavanja rasta, promjena na koži i imunoloških abnormalnosti.

### 5.2. Kadmij (Cd)

Element koji je nepoželjan u samom supstratu je kadmij. Iako ga gljive u određenim količinama mogu apsorbirati, drugim organizmima i te male količine mogu biti problematične. Ukoliko gljive rastu u blizini topionica olova ili žive i bakra, uočeno je da te gljive sadrže veću količinu kadmija. U slučaju da se te gljive konzumiraju, kadmij se akumulira u bubrezima, slezeni i jetri (Kalač i Svoboda, 2000). Kadmij je otrovan za ljude, ali uzrokuje povraćanje pa smrtonosno trovanje nije čest slučaj.

### 5.3. Živa (Hg)

Živa je također zabrinjavajuća jer pojedine vrste akumuliraju vrlo visoke koncentracije žive. Kalač i Svoboda (2000) u svom radu navode vrste *Calocybe gambosa* (sl. 9.), *Lepista nuda* (sl. 10.) i *Agaricus arvensis* (sl. 11.) koje akumuliraju velike količine žive, stoga treba paziti prilikom konzumacije. Izrazito velike količine žive u nekim vrstama gljiva su uočene u blizini nekadašnjih topionica žive. Živa utječe na središnji živčani sustav i može uzrokovati bolesti ukoliko se konzumira u većim količinama.



Slika 9. Vrsta *Calocybe gambosa* ili Đurđevača

[\(https://www.plantea.com.hr/durdevaca/\)](https://www.plantea.com.hr/durdevaca/)



Slika 10. Vrsta *Lepista nuda* ili Modrikača

<https://www.plantea.com.hr/modrikaca/>



Slika 11. Vrsta *Agaricus arvensis* ili Lipika

[\(https://www.plantea.com.hr/lipika/\)](https://www.plantea.com.hr/lipika/)

#### 5.4. Olovo (Pb)

Sljedeći element koji predstavlja problem je olovo. Vrste koje dokazano akumuliraju velike količine olova su *Lycoperdon perlatum*, *Macrolepiota rhacodes* i *Lepista nuda*. Analogno situacijama s prethodna dva teška metala, ukoliko je u blizini promatranog područja topionica olova, očekuje se povećana količina olova u tlu i gljivama. Isto se može očekivati ukoliko je u blizini autocesta (Kalač i Svoboda, 2000). Ivanić i sur. (2018) u svom radu navode da čak i u nezagađenim područjima postoji mogućnost za povećanu koncentraciju olova nošenog zrakom. Olovo može prilikom konzumacije utjecati na središnji živčani sustav i crijevni sustav te uzrokovati anemiju, iako se u većini slučajeva ne apsorbira.

#### 5.5. Ostali elementi

Bakar se ponekad u gljivama akumulira više nego što je to slučaj kod biljaka, ali ne smatra se opasnim po čovjeka.



U znanstvenom radu Svoboda i Chrastný (2008) navode povećane koncentracije kobalta, rubidija, srebra, talija i vanadija u tijelu gljive. Od navedenih metala, u najvećim koncentracijama je pronađeno srebro. Pojavnost rubidija u uzorcima koje navode Svoboda i Chrastný (2008) povezano je uz faktore samog supstrata i tijela gljive. Smanjenjem vrijednosti pH uočeno je veće apsorpiranje rubidija. Veće koncentracije talija Svoboda i Chrastný (2008) pronašli su u uzorcima koji su rasli u blizini rudarskih i metalurških područja. Nadalje, vrsta koja je otrovna i koja rado akumulira velike koncentracije vanadija jest *Amanita muscaria* (sl. 12.), dok u ostalim vrstama je ta vrijednost puno manja (Svoboda i Chrastný, 2008).

Polumetali selen i arsen su također pronađeni u određenim promatranim vrstama. Kalač i Svoboda (2000) navode da je u pojedinim vrstama uočena koncentracija selena između 10 i 20 mg kg<sup>-1</sup> suhe tvari, dok je uobičajena koncentracija od 1 do 5 mg kg<sup>-1</sup> suhe tvari. Za vrste *Laccaria amethystina* i *Laccaria fraterna* navode da je pronađena koncentracija arsena 100 mg kg<sup>-1</sup> suhe tvari, dok je uobičajena koncentracija svega 1 mg kg<sup>-1</sup> suhe tvari.

Osim teških metala i polumetala, u najvećim koncentracijama su pronađeni minerali kalija, kalcija, fosfora i magnezija što te gljive čini nutritivno vrijednima u ljudskoj prehrani (Mallikarjuna i sur., 2012, Moura i sur., 2007, Lee i sur., 2006).



**Slika 12.** Vrsta *Amanita muscaria* ili Muhara

[\(https://www.plantea.com.hr/muhara/\)](https://www.plantea.com.hr/muhara/)

## 6. UTJECAJ BIOLOŠKIH I FIZIKALNIH FAKTORA

### 6.1. Vlaga

Na uspješan rast gljiva najveći utjecaj ima količina vode u supstratu. Za nesmetan protok vode po tijelu gljive potrebna je stalna i stabilna cirkulacija vlage. Ukoliko je prevelika količina vlage u supstratu, to može negativno utjecati na „disanje“ i isparavanje gljive. U tom slučaju, gljiva ne može optimalno razvijati plodište, stoga se razvijaju bakterije i oblici koji negativno utječu na život same gljive. Povećanje vlage u supstratu utječe na smanjenje poroznosti, što dalje utječe na smanjenje protoka kisika. Za gljivu je nepovoljan i suprotan slučaj od prvog. Ukoliko je nedovoljna količina vlage u supstratu, gljiva ne može rasti i ugiba. Povoljan udio vlage u supstratu za rast gljiva bio bi od 50 do 75%. Iznad tog postotka postoji velika mogućnost razvoja bolesti i plijesni koji sprečavaju rast gljiva (Bellettini i sur., 2016).

### 6.2. pH-vrijednost

Osim vlage, faktor koji utječe na rast gljiva jest pH-vrijednost. Različite vrste su prilagođene različitim vrijednostima pH, no uočeno je da za pravilan rast micelija pogoduje pH vrijednost od 4,0 do 7,0, a za bazidiokarp od 3,5 do 5,0. Supstrati u kojima rastu gljive imaju vrijednost pH oko 4,0 zbog redukcije organskih kiselina (Bellettini i sur., 2016).

### 6.3. Veličina čestica supstrata

Sljedeći faktor je veličina čestica supstrata. Ukoliko su čestice supstrata presitne, takav supstrat je previše kompaktan i njime ne može cirkulirati kisik i hranjive tvari. U takvim supstratima gljive ne mogu opstati. No, ukoliko su čestice supstrata krupnije, zrak i hranjive tvari lakše cirkuliraju u supstratu. Iako je to pozitivno za rast gljiva, također to iskorištavaju i mikroorganizmi (Bellettini i sur., 2016).

## 7. ZAKLJUČAK

Budući da su gljive široko rasprostranjene i vrlo raznolike, ljudima su stoga zanimljive. Od milijun i petsto tisuća vrsta gljiva, mali postotak se koristi za prehranu. No, nisu značajne jedino zbog prehrane. Vrlo su korisne u raznim biotehnološkim istraživanjima. Upravo iz tog razloga se povećalo zanimanje za utjecaj sastava tla na sadržaj tvari u gljivama.

Na sam rast gljiva može utjecati mnogo faktora, a to dalje utječe na apsorpciju tvari. Ukoliko su pogodni uvjeti za nesmetan rast, gljive će rasti i apsorbirati ono što u tom trenutku supstrat sadrži. Sastav supstrata može biti vrlo raznolik, od tvari koje su nužne za rast kao što su ugljik, dušik i vitamini do metala i metaloida od kojih su neki korisni, a neki nepoželjni.

Usljed ljudskog djelovanja u mnogo slučajeva se u tlu, a tako i u samim gljivama, pojavila veća koncentracija metala koji mogu imati negativne posljedice na ljudsko zdravlje. Uglavnom je to rezultat utjecaja industrijskih postrojenja, topionica metala, izgradnji autocesta i slično.

Međutim, ne mora značiti da je svako područje kontaminirano negativnim ljudskim postupcima, već su povišene koncentracije pojedinih elemenata u tlu odraz same geološke i pedološke podloge tog područja.

Pozitivna stvar u vezi sposobnosti akumulacije je da na taj način gljive možemo koristiti u svrhu bioremedijacije onečišćenog područja. Mikoremedijacija je proces koji se sve više cijeni i koristi. Naravno da se u tom slučaju ne predlaže konzumacija gljiva koje su rasle na tlu kontaminiranom uljem i sličnim tvarima.

Međutim, u nekim slučajevima se navodi da je sigurnije konzumirati kultivirane vrste od onih u prirodi. Objašnjenje za to jest da su kultivirane rasle u kontroliranim uvjetima, dok se za supstrate u prirodi ne može točno znati sastav.



## 8. LITERATURA

- Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Avila, S., Hornung, P. S., Junior, A. M., Ribani, R. H. (2016): Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp.. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26, 633–646
- Deacon, J.W. (2006): *Fungal biology*. 4th Edition. Blackwell Publishing, 1-371
- Fiket, Ž., Medunić, G., Furdek Turk, M., Ivanić, M., Kniewald, G. (2017): Influence of soil characteristics on rare earth fingerprints in mosses and mushrooms: Example of a pristine temperate rainforest (Slavonia, Croatia). *Chemosphere* 179, 92-100
- Ivanić, M., Fiket, Ž., Medunić, G., Furdek Turk, M., Marović, G., Senčar, J., Kniewals, G. (2019): Multi-element composition of soil, mosses and mushrooms and assessment of natural and artificial radioactivity of a pristine temperate rainforest system (Slavonia, Croatia). *Chemosphere* 215, 668-677
- Kabata-Pendias, A. (2011): *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 1-505
- Kalač, P., Svoboda, L. (2000): A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry* 69, 273–281
- Lee, C. Y., Park, J. E., Kim, B. B., Kim, S. M., Ro, H. S. (2009): Determination of Mineral Components in the Cultivation Substrates of Edible Mushrooms and Their Uptake into Fruiting Bodies. *Mycobiology* 37 (2), 109-113
- Mallikarjuna, S. E., Ranjini, A., Haware, D. J., Vijayalakshmi, M. R., Shashirekha, M. N., Rajarathnam, S. (2012): Mineral Composition of Four Edible Mushrooms. Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Chemistry* 2013
- Moura, P. L. C., Maihara, V. A., de Castro, L. P., Figueira, R. C. L. (2007): Essential trace elements in edible mushrooms by neutron activation analysis. INAC, Brazil
- Siwulski, M., Rzymiski, P., Budka, A., Kalač, P., Budzyńska, S., Dawidowicz, L., Hajduk, E., Kozak, L., Budzulak, J., Sobieralski, K., Niedzielski, P. (2019): The effect of different substrates on the growth of six cultivated mushroom species and composition of macro and trace elements in their fruiting bodies. *European Food Research and Technology* 245, 419–431
- Svoboda, L., Chrastný, V. (2008): Levels of eight trace elements in edible mushrooms from a rural area. *Food Additives & Contaminants* 25 (1), 51-58

## 9. SAŽETAK

Utjecaj čovjeka na oblikovanje planeta je sve više očit.

Tlo je vrlo važna komponenta bez koje ne bismo imali raznolikost prehrambenih namirnica. Čovjek direktno i indirektno negativno djeluje na tlo te na taj način ugrožava kvalitetu samog tla, a time i na sve izvore hrane povezane s tlom.

Jednim od izvora hrane velike nutritivne vrijednosti se smatraju gljive. Ukoliko rastu na pogodnim tlima, imaju pozitivne učinke za ljudsko zdravlje. U suprotnom, mogu se pojaviti problemi, jer u tlima postoji određena koncentracija tvari koja mogu ugroziti zdravlje.

U ovom radu predstavljen je kratki pregled biologije, raznolikosti i značaja gljiva te utjecaj sastava supstrata na sadržaj metala u gljivama. Najveća pozornost dana je elementima koji se nalaze u samim supstratima te mogućim negativnim posljedicama koje ti elementi mogu uzrokovati.

## 10. SUMMARY

The influence of man on the shaping of the planet is increasingly evident.

Soil is a very important component without which we would not have a variety of food. Mankind has a direct and indirect negative effect on the soil and thus endangers the quality of the soil itself, as well as all food sources associated with the soil.

Mushrooms are considered to be one of the food sources of high nutritional value. If grown on suitable soils, they have positive effects on human health. Otherwise, there may be problems because there is a certain concentration of substances in the soil that can negatively affect health.

This paper presents a brief overview of the biology, diversity and importance of fungi and the influence of substrate composition on the metal content in fungi. The greatest attention is given to the elements found in the substrates and the possible negative consequences these elements can cause.