



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta zemědělská a technologická
Katedra aplikované chemie

Disertační práce

Vybrané rizikové a esenciální prvky v plodnicích hub rostoucích v NP a CHKO Šumava

(Selected detrimental and essential elements in fruiting bodies
of mushrooms growing in National Park and Landscape
Protected Area of the Bohemian Forest)

Vypracoval: Mgr. Jiří Krejsa
Vedoucí práce: doc. RNDr. Jan Šíma, Ph.D.

České Budějovice 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou disertační práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění, za použití pramenů uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě Fakultou zemědělskou a technologickou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledky obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 22.8.2024

Mgr. Jiří Krejsa

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat zejména vedoucímu mé disertační práce panu doc. RNDr. Janu Šimovi, Ph.D., za trpělivost, ochotný přístup a odborné rady. Děkuji také panu prof. Ing. Martinu Křížkovi, CSc. za pomoc se statistickou analýzou.

Děkuji Grantové agentuře Jihočeské univerzity v Č. Budějovicích (projekt GAJU 080/2022/Z) za finanční podporu této disertační práce.

Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu při studiu.

Abstrakt

V této práci bylo stanovováno 19 rizikových a esenciálních prvků (Ag, Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Se, Tl, Zn) v plodnicích devíti druhů volně rostoucích hub. Studovanými houbami byly hřib smrkový (*Boletus edulis*), muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*), bedla vysoká (*Macrolepiota procera*), liška obecná (*Cantharellus cibarius*), hřib kovář (*Sutorius luridiformis*), pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), holubinka nazelenalá (*Russula virescens*), penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) a muchomůrka červená (*Amanita muscaria*). Vzorky byly odebírány na pěti vybraných lokalitách, které se nachází v Národním parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava. Přimo pod plodnicemi byly odebírány vzorky půd a následně byly stanoveny biokoncentrační faktory (BCF, poměr obsahu prvku v plodnici ku obsahu v půdě). Obsahy prvků v plodnicích hub a biokoncentrační faktory byly značně druhově závislé. V plodnicích hub byla obecně pozorována nejvýraznější akumulace Cd, Rb, Ag, Cu, Se a Zn. V případě hříbu smrkového byly akumulovány prvky: Ag (BCF = 31), Se (25), Cd (18), Rb (13), Cu (3,9) a Zn (2,6). Plodnice muchomůrky růžovky akumulovaly Cd (41), Rb (27), Ag (4,8), Cu (3,3), Zn (2,1) a As (1,4). Obsahy rizikových prvků v plodnicích jedlých hub by neměly představovat riziko pro lidské zdraví, pokud jsou volně rostoucí houby konzumovány příležitostně.

Klíčová slova

Atomová absorpční spektrometrie, houby s léčivými účinky, mikrovlnný rozklad, volně rostoucí jedlé houby.

Abstract

The contents of 19 risk and essential elements (Ag, Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Se, Tl, Zn) were determined in fruiting bodies of nine wild-growing macrofungi species. *Boletus edulis*, *Amanita rubescens*, *Macrolepiota procera*, *Cantharellus cibarius*, *Sutorius luridiformis*, *Lycoperdon perlatum*, *Russula virescens*, *Flammulina velutipes* and *Amanita muscaria* were studied in this thesis. Samples were taken from five selected sites located in the Bohemian Forest National Park and Landscape Protected Area. Samples of soils were taken right under the fruiting bodies and bioconcentration factors (BCF, ratios of the element content in dry matter of the mushroom to the content in the soil) were determined afterwards. The contents of the elements as well as bioconcentration factors were significantly species dependent. In general, the analysis revealed the most intensive accumulation of Cd, Rb, Ag, Cu, Se, and Zn in the studied mushrooms. Following elements were accumulated in fruiting bodies of *Boletus edulis*: Ag (BCF = 31), Se (25), Cd (18), Rb (13), Cu (3.9), and Zn (2.6). *Amanita rubescens* accumulated Cd (41), Rb (27), Ag (4.8), Cu (3.3), Zn (2.1), and As (1.4). The contents of detrimental elements in sporocarps of edible mushrooms should cause no harm to human health if the fungi are consumed occasionally.

Keywords

Atomic absorption spectrometry, medicinal mushrooms, microwave digestion, wild growing edible mushrooms.

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Literární rešerše.....	9
2.1 Charakteristika studovaných druhů hub.....	9
2.1.1 Hřib smrkový	9
2.1.2 Muchomůrka růžovka	10
2.1.3 Bedla vysoká	11
2.1.4 Liška obecná	12
2.1.5 Muchomůrka červená.....	13
2.1.6 Hřib kovář	14
2.1.7 Pýchavka obecná.....	15
2.1.8 Holubinka nazelenalá	16
2.1.9 Penízovka sametonohá	17
2.2 Obsahy prvků v houbách.....	18
3 Metodika	23
3.1 Použité přístroje, chemikálie a další pomůcky.....	23
3.1.1 Přístroje	23
3.1.2 Chemikálie	23
3.1.3 Další pomůcky	24
3.2 Popis odběrových lokalit.....	24
3.3 Odběr a úprava vzorků	25
3.4 Atomová absorpční spektrometrie	27
3.4.1 Plamenová atomizace (F-AAS)	27
3.4.2 Elektrotermická atomizace (ET-AAS)	28
3.5 Vlastní měření	28
3.6 Charakteristiky metod	29
4 Výsledky a diskuse.....	31
4.1 Obsah prvků ve vzorcích hříbu smrkového	31
4.2 Obsah prvků ve vzorcích muchomůrky růžovky	36
4.3 Obsah prvků ve vzorcích bedly vysoké	40

4.4	Obsah prvků ve vzorcích lišky obecné.....	44
4.5	Obsah prvků ve vzorcích muchomůrky červené.....	48
4.6	Obsah prvků ve vzorcích hříbu kováře	52
4.7	Obsahy prvků ve vzorcích pýchavky obecné.....	54
4.8	Obsahy prvků ve vzorcích holubinky nazelenalé.....	56
4.9	Obsahy prvků ve vzorcích penízovky sametonohé.....	58
4.10	Obsah prvků ve vzorcích půd.....	60
4.11	Statistická analýza.....	62
5	Závěr	72
6	Seznam použité literatury.....	73
6.1	Odborné publikace	73
6.2	Internetové odkazy	82
6.3	Další zdroje	83
7	Seznam použitých zkratk.....	83
8	Publikační výstupy	84

1 Úvod

Tato práce se zabývá stanovením obsahu vybraných prvků (Ag, Al, As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Rb, Se, Tl, Zn) v plodnicích volně rostoucích hub. Studovanými druhy jsou hřib smrkový (*Boletus edulis*), muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*), bedla vysoká (*Macrolepiota procera*), liška obecná (*Cantharellus cibarius*), hřib kovář (*Sutorius luridiformis*), pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), holubinka nazelenalá (*Russula virescens*), penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) a muchomůrka červená (*Amanita muscaria*). Současně s houbami byly odebírány vzorky půd kvůli následnému určení biokoncentračních faktorů (BCF). Biokoncentrační faktor je vyjádřen jako poměr obsahu prvku v plodnici houby ku obsahu v půdě.

Odběr vzorků probíhal od září 2020 do října 2022. Vzorky hub a půd byly odebírány ve smíšených lesích na pěti vybraných lokalitách na Šumavě. Lokality Březová Lada a Stožec se nacházejí na území Národního parku Šumava, zatímco Vimperk, Volary a Olšina spadají do Chráněné krajinné oblasti.

Cílem této disertační práce je stanovení vybraných devatenácti rizikových a esenciálních prvků v plodnicích studovaných hub a ve vzorcích půd, které byly odebírány přímo pod plodnicemi. Dalším cílem je určení biokoncentračních faktorů a vyhodnocení schopnosti daných druhů hub akumulovat chemické prvky. Předpokladem je, že obsahy prvků v plodnicích hub budou značně druhově a prvkově závislé. Některé druhy hub mohou přednostně akumulovat prvky s pozitivními účinky na lidský organismus (např. Se, Zn) a jiné naopak rizikové či toxické prvky (např. Cd, Pb, As).

2 Literární rešerše

2.1 Charakteristika studovaných druhů hub

2.1.1 Hřib smrkový

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: hřibotvaré (*Boletales*)

Čeleď: hřibovité (*Boletaceae*)

Rod: hřib (*Boletus*)

Druh: hřib smrkový (*Boletus edulis*) Bull. 1782

(myko.cz)

Hřib smrkový (*Boletus edulis*) je kulinářsky velmi cenný, všestranně využitelný a je jednou z nejoblíbenějších jedlých hub. Klobouk je 5 – 20 cm široký, má polokulovitý až sklenutý tvar, hladký povrch a bývá zbarvený v různých odstínech hnědé. Rourky jsou nejprve bílé, později žlutozelené a při otlačení nemění barvu. Třeň je až 15 cm vysoký, 5 cm široký, kyjovitého až válcovitého tvaru. Má bělavou barvu, stářím hnědne a bývá pokryt jemnou bělavou sítkou. Dužina je bílá a barevně neměnná. Hřib smrkový se vyskytuje v jehličnatých a smíšených lesích, zejména pod smrky, ale i pod jinými jehličnany (Gerhardt, 2003, Papoušek, 2010).



Obr. 1: Hřib smrkový (*Boletus edulis*) (mykologie.net).

2.1.2 Muchomůrka růžovka

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: pečárkotvaré (*Agaricales*)

Čeleď: muchomůrkovité (*Amanitaceae*)

Rod: muchomůrka (*Amanita*)

Druh: muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*) Pers. 1797

(myko.cz)

Muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*), nazývaná také jako masák, je oblíbená jedlá houba vyskytující se od nížin po hory. Hojně roste v jehličnatých, listnatých i smíšených lesích. Klobouk je 5 – 15 cm široký, má tvar polokulovitý, později sklenutý až rozložený. Povrch klobouku je hladký, masově nebo hnědavě růžový, s bílými až šedorůžovými bradavkami. Třeň je 7 – 12 cm vysoký a 1 – 2 cm široký, hladký, s blanitým bělavým rýhovaným límečkem. Dužina je bílá a na porušení časem růžoví (Gerrit, 2005, Hagara et al., 1999).



Obr. 2: Muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*) (mykologie.net).

2.1.3 Bedla vysoká

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: pečárkotvaré (*Agaricales*)

Čeleď: pečárkovité (*Agaricaceae*)

Rod: bedla (*Macrolepiota*)

Druh: bedla vysoká (*Macrolepiota procera*) (Scop.) Singer 1948

(myko.cz)

Bedla vysoká (*Macrolepiota procera*) je oblíbená jedlá houba rostoucí od léta do podzimu. Bedla vysoká se vyskytuje od nížin po hory, často na neobdělávaných či málo obdělávaných loukách, v listnatých a smíšených lesích. Klobouk má nejprve kulovitý tvar, později až plochý, s hrbolem ve středu. Klobouk je až 25 cm široký, na bělavém podkladu pokrytý soustřednými šedohnědými šupinami. Třeň je až 30 cm vysoký a 2 cm široký, válcovitý, dutý, později šupinatě žíhaný a nahoře má mohutný dvojité bílý prsten (Papoušek, 2010, Gerrit, 2005).



Obr. 3: Bedla vysoká (*Macrolepiota procera*) (mykologie.net).

2.1.4 Liška obecná

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: liškotvaré (*Cantharellales*)

Čeleď: liškovité (*Cantharellaceae*)

Rod: liška (*Cantharellus*)

Druh: liška obecná (*Cantharellus cibarius*) Fr. 1821

(myko.cz)

Liška obecná (*Cantharellus cibarius*) je jedlá houba, která se hojně vyskytuje jednotlivě nebo ve skupinách v listnatých i jehličnatých lesích, zejména pod borovicemi, buky a smrky (Hagara, Antonín a Baier, 1999). Klobouk je 2 – 10 cm široký, tvar má zpočátku polokulovitý, později až nálevkovitý. Barva je žloutkově žlutá, někdy může být světlejší až bělavá. Na spodní straně klobouku se nacházejí silné sbíhavé lišty. Třeň bývá válcovitý, 3 – 6 cm vysoký a až 2 cm široký (Grünert a Grünert, 1995). Dužina je kompaktní, bělavá až nažloutlá a má ovocnou vůni (Hagara, et al., 1999).



Obr. 4: Liška obecná (*Cantharellus cibarius*) (mykologie.net).

2.1.5 Muchomůrka červená

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: pečárkotvaré (*Agaricales*)

Čeleď: muchomůrkovité (*Amanitaceae*)

Rod: muchomůrka (*Amanita*)

Druh: muchomůrka červená (*Amanita muscaria*) (L.) Lam. 1783

(myko.cz)

Muchomůrka červená (*Amanita muscaria*) je patrně nejznámější jedovatou houbou. Roste od července do října a vyskytuje se především v jehličnatých lesích, ale také mimo les nejčastěji pod osamocenými smrky a břízami. Klobouk je až 15 cm široký, oranžově až sytě červený, pokrytý bílými zbytky plachetky. Tvar má nejprve polokulovitý a později klenutý. Lupeny jsou bělavé, husté a u třeně volné. Třeň je až 15 cm vysoký a 3 cm široký, válcovitý, bílý, nejprve plný a v dospělosti dutý. Muchomůrka červená má mohutný hladký bílý prsten. Dužina je bílá a barevně neměnná (Grünert a Grünert, 1995, Papoušek, 2010).

Muchomůrka červená byla v minulosti pro své halucinogenní účinky užívána při šamanských a náboženských rituálech (Michelot a Melendez-Howell, 2003). Plodnice této houby obsahují řadu látek, které vykazují potenciál při léčbě různých onemocnění (např. Alzheimerovy a Parkinsonovy choroby). Muchomůrka červená je také využívána v alternativní medicíně (Wagner et al., 2023, Voynova et al., 2020).



Obr. 5: Muchomůrka červená (*Amanita muscaria*) (mykologie.net).

2.1.6 Hřib kovář

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: hřibotvaré (*Boletales*)

Čeleď: hřibovité (*Boletaceae*)

Rod: hřib (*Sutorius*)

Druh: hřib kovář (*Sutorius luridiformis*) (Rostk.) G. Wu & Zhu L. Yang 2016

(myko.cz)

Hřib kovář (*Sutorius luridiformis*) je jedlá houba rostoucí v lesích nejčastěji pod smrky, duby a buky. Klobouk je až 20 cm široký, má polokulovitý až sklenutý tvar, sametovou pokožku, tmavohnědou barvu a po namáčknutí černá. Rourky jsou žlutozelené a po poranění modrají. Třeň je až 15 cm vysoký a 6 cm široký, má kyjovitý až válcovitý tvar, žlutavou barvu a je celý hustě pokryt drobnými červenými šupinkami. Dužina je žlutá, na řezu se ihned modře zbarvuje, po čase však opět bledne (Gerhardt, 2003, Papoušek, 2010).



Obr. 6: Hřib kovář (*Sutorius luridiformis*) (mykologie.net).

2.1.7 Pýchavka obecná

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: pečárkotvaré (*Agaricales*)

Čeleď: pečárkovité (*Agaricaceae*)

Rod: pýchavka (*Lycoperdon*)

Druh: pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*) Pers. 1796

(myko.cz)

Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*) je jedlá houba z čeledi pečárkovité. Roste nejčastěji ve skupinách v listnatých i jehličnatých lesích. Plodnice jsou až 10 cm vysoké, bílé, stářím pozvolna hnědnou a mají tvar obrácené hrušky s horní kulovitou částí. Povrch plodnice je pokryt drobnými ostny, které snadno opadávají. Dužina je v mládí bílá, později hnědne od výtrusů. U dospělých plodnic se na vrcholu vytváří otvor, kterým se uvolňují výtrusy (Gerhardt, 2003, Valíček, 2011).

Domorodé indiánské kmeny používaly rozdrcené sušené mladé plodnice pýchavky obecné k zastavení krvácení při poranění (Burk, 1983). Pýchavka obecná dále vykazuje antimikrobiální, antioxidační a potenciálně protinádorové účinky (Akpi et al., 2017, Nowakowski et al., 2021a).



Obr. 7: Pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*) (mykologie.net).

2.1.8 Holubinka nazelenalá

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: holubinkotvaré (*Russulales*)

Čeleď: holubinkovité (*Russulaceae*)

Rod: holubinka (*Russula*)

Druh: holubinka nazelenalá (*Russula virescens*) (Schaeff.) Fr. 1836

(myko.cz)

Holubinka nazelenalá (*Russula virescens*) je jedlá houba rostoucí v listnatých a smíšených lesích, zejména pod duby. Klobouk je až 15 cm široký, modrozeleně zbarvený a políčkovitě rozpraskaný. Lupeny jsou husté, bílé a u třeně téměř volné. Třeň je válcovitý, 3 – 9 cm vysoký a 1,5 – 4 cm široký. Dužina je bílá a velmi tuhá (Papoušek, 2010).



Obr. 8: Holubinka nazelenalá (*Russula virescens*) (mykologie.net).

2.1.9 Penízovka sametonohá

Říše: houby (*Fungi*)

Kmen: stopkovýtrusné (*Basidiomycota*)

Třída: rouškaté (*Agaricomycetes*)

Řád: pečárkotvaré (*Agaricales*)

Čeleď: (*Physalacriaceae*)

Rod: penízovka (*Flammulina*)

Druh: penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) (Curtis) Singer 1951

(myko.cz)

Penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) je jedlá zimní trsnatá houba, která roste na kmenech, pařezech, nebo opadaných větvích listnatých stromů. Klobouk má sklenutý až rozložený tvar, je 1 – 3 cm široký, hladký, medově žlutý s tmavším středem. Třeň je až 10 cm dlouhý, dutý, sametový, na spodu tmavě hnědý a u klobouku žlutý (Gerrit, 2005, Valíček, 2011).

Kromě hlavních živin, jako jsou sacharidy, bílkoviny, vitamíny a vláknina, obsahuje penízovka sametonohá řadu polyfenolů, seskviterpenů a polysacharidů, díky kterým vykazuje antioxidační, antimikrobiální, imunostimulační, protizánětlivé, protinádorové a další účinky (Tang et al., 2016, Wang a Zhang, 2021). Dále byl z této houby izolován slabě kyselý glykoprotein proflamin, u kterého byly prokázány protinádorové účinky (Maruyama a Okekawa, 2007).



Obr. 9: Penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) (mykologie.net).

2.2 Obsahy prvků v houbách

První údaje o chemickém složení hub jsou více než století staré (Zellner, 1907). V souvislosti s rozvojem analytických metod (AAS, ICP-OES, ICP-MS) se však většina studií začala objevovat zejména po roce 1970 (Kalač, 2016). Na akumulaci prvků v plodnicích hub má vliv řada faktorů. Mezi hlavní faktory se řadí: složení substrátu, kontaminace prostředí a strategie života houby (saprotrofie, ektomykorhiza). Bioakumulace je zároveň vysoce druhově a prvkově specifická (Falandysz a Borovička, 2013).

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č.53/2002 Sb. v České republice v minulosti stanovovala nejvyšší přípustné obsahy těžkých kovů ve volně rostoucích a pěstovaných houbách. V roce 2004 byla však tato vyhláška zrušena (Kalač, 2008). Limity rizikových prvků v jedlých houbách současná legislativa neuvádí. Evropská legislativa v nařízení komise (ES) č. 1881/2006 udává limity pouze pro Pb (0,30 mg/kg) a Cd (0,20 mg/kg) v pěstovaných houbách. V tab. 1 jsou pro ilustraci uvedeny maximální přípustné limity těžkých kovů (v mg/kg čerstvé hmoty), které udávala zrušená vyhláška Ministerstva zdravotnictví č.53/2002 Sb.

Tab. 1: Maximální přípustné obsahy těžkých kovů v jedlých houbách (vyhláška MZ č.53/2002 Sb.).

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
^c (mg/kg)	3	0,2	4	80	0,5	6	1	80

Detailní informace o prvkovém zastoupení a akumulaci prvků ve volně rostoucích houbách uvádí Kalač (2019). Obvyklé obsahy prvků v houbách jsou shrnuty v tab. 2 tak, jak je uvádí Kalač (2019).

Zhang et al. (2010) studovali rozdíly v prvkovém zastoupení v plodnicích hříbu smrkového (*Boletus edulis*), které sbírali ze stejné lokality po dobu dvou let. Lišily se obsahy Al, Ba, Ca, Cd, Hg a Sr, zatímco v případě obsahů Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na a Zn byly během obou let pozorovány podobné hodnoty. Zhang et al. (2010) dospěli k závěru, že rozdílné povětrnostní podmínky během let a biologické vlivy spojené s myceliem mohou v plodnicích volně rostoucích hub vést ke kolísání obsahů

některých prvků. V plodnicích bedly vysoké (*Macrolepiota procera*) popisují kolísání obsahů některých prvků také Gučia et al. (2012a).

Tab. 2: Obvyklé obsahy prvků v sušině volně rostoucích hub (Kalač, 2019).

Prvek	c (mg/kg)
Ag	< 2
Al	< 25 - 500
As	< 2
Be	< 0,1
Ca	50 - 1000
Cd	< 1 - 15
Co	< 0,2 - 10
Cr	0,5 - 10
Cu	< 10 - 75
Fe	< 50 - 1000
Li	< 1,5
Mg	< 500 - 1500
Mn	< 25 - 75
Ni	0,5 - 5
Pb	< 5
Rb	< 25 - 500
Se	< 0,5 - 5
Tl	< 0,3
Zn	< 25 - 125

Pomocí biokoncentračního faktoru (BCF) lze vyjádřit schopnost houby akumulovat určitý prvek. BCF se vypočítá jako poměr obsahu prvku v sušině plodnice a obsahu v sušině substrátu (Kalač, 2008). V houbách mohou BCF některých prvků dosahovat relativně vysokých hodnot. Mleczek et al. (2013) stanovili vysoké BCF pro Cd, Cu, Hg, Sr a Zn v plodnicích hříbu smrkového (*Boletus edulis*), hříbu hnědého (*Xerocomus badius*), křemenáče osikového (*Leccinum aurantiacum*), klouzku obecného (*Suillus luteus*), lišky obecné (*Cantharellus cibarius*) a ryzce pravého (*Lactarius deliciosus*). Například v plodnicích křemenáče osikového určili průměrnou hodnotu BCF pro Cd 9,8 (nejvýše až 19,7) a pro Hg 150,4 (nejvýše až 224,7). Giannaccini et al. (2012) studovali houby z provincie Lucco v Itálii. Uvádějí, že bedla vysoká (*Macrolepiota procera*) přednostně akumulovala Cu (BCF v rozmezí 5 – 15) a hřib smrkový (*Boletus edulis*) Se (BCF v rozmezí 14 – 153).

Řada prvků není v různých částech plodnic hub zastoupena rovnoměrně. Nejvyšší obsahy jsou často pozorovány v hymenoforu, dále pak ve hmotě klobouku a nejnižší ve třeni. U některých prvků jsou naopak obsahy vyšší ve třeni než v klobouku (Kalač, 2019). Szubstarska et al. (2012) určovali obsahy sedmnácti prvků v plodnicích klouzku strakoše (*Suillus variegatus*) sbíraných v Tucholském lese na severu Polska. Autoři analyzovali klobouky a třeně zvlášť a uvádí, že klobouky byly bohatší na Ag, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Ni, Rb a Zn, zatímco v třeni bylo více zastoupeno Ba, Ca, Mn, Na, Pb a Sr. V kloboucích stanovili obsahy 320 ± 86 mg/kg Rb, 90 ± 19 mg/kg Zn, 68 ± 32 mg/kg Al, $1,0 \pm 0,5$ mg/kg Cd, $0,64 \pm 0,32$ mg/kg Ni, $0,20 \pm 0,17$ mg/kg Pb a $0,15 \pm 0,09$ mg/kg Sr. Oproti tomu ve třeni byly pozorovány obsahy 120 ± 50 mg/kg Rb, 51 ± 14 mg/kg Zn, 36 ± 15 mg/kg Al, $0,25 \pm 0,13$ mg/kg Cd, $0,40 \pm 0,20$ mg/kg Ni, $0,37 \pm 0,31$ mg/kg Pb a $0,26 \pm 0,08$ mg/kg Sr.

Kojta et al. (2016) stanovovali obsahy prvků v plodnicích bedly vysoké (*Macrolepiota procera*) sbíraných ze čtyř lokalit ve středním Polsku. Výsledky ukázaly, že tato houba je bohatým zdrojem Ca, Cu, Fe, Mg, Mn a Zn. V lokalitě Lubraniec stanovili obsahy v kloboucích $0,56 \pm 0,13$ mg/kg sušiny Cd, $2,3 \pm 0,7$ mg/kg Pb a ve třeních $0,20 \pm 0,13$ mg/kg Cd a $1,9 \pm 1,3$ mg/kg Pb. Vyšší obsahy Cd a Pb zaznamenali Stefanović et al. (2016a) v lokalitě poblíž města Kruševac ve středním Srbsku. Pro klobouky naměřili hodnoty $17,0 \pm 17,8$ mg/kg Cd, $8,8 \pm 4,5$ mg/kg Pb a pro třeně $6,0 \pm 4,9$ mg/kg Cd a $5,4 \pm 1,7$ mg/kg Pb. Stefanović et al. (2016b) dále ve

stejně oblasti stanovali Ag, As a Se. V kloboucích bedly vysoké se obsahy těchto prvků pohybovaly v rozmezí 2 – 17 mg/kg Ag, 0,5 – 3,5 mg/kg As a 0,6 – 3,3 mg/kg Se. Falandysz et al. (2008) zaznamenali v okolí obce Kaszuby v Polsku pro klobouky bedly vysoké hodnoty v rozmezí 0,60 – 1,7 mg/kg Ag a 3,1 – 4,7 mg/kg Se. Jarzyńska et al. (2011) stanovovali obsahy prvků a biokoncentrační faktory pro plodnice bedly vysoké z Tucholského lesa v Polsku. Ve své studii určili, že akumulovány (BCF > 1) byly prvky Cu, K, Ag, Cd, Na, Rb, Zn a Hg. Oproti tomu nedocházelo k biokoncentraci (BCF < 1) Al, Ba, Fe, Mn, Co, Sr, Pb a Cr.

Nowakowski et al. (2021b) určovali obsahy toxických prvků v plodnicích sedmi druhů hub z regionu Podlaskie na severovýchodě Polska. V kloboucích lišky obecné (*Cantharellus cibarius*) stanovili $0,250 \pm 0,0335$ mg/kg Pb, $0,104 \pm 0,054$ mg/kg Cd a $0,112 \pm 0,02$ mg/kg As. Brzezicha-Cirocka et al. (2019) stanovovali obsahy prvků v houbách sbíraných ze sedmi lokalit v Polsku a jedné lokalitě ve Švédsku. V plodnicích lišky obecné určili průměrné obsahy $49,1 \pm 10,0$ mg/kg Cu, $100 \pm 17,0$ mg/kg Zn, 218 ± 112 mg/kg Fe, $35,3 \pm 14,3$ mg/kg Mn. Sesli et al. (2008) oproti tomu naměřili v okolí Černého moře v Turecku nižší obsahy $15,5 \pm 1,3$ mg/kg Cu, $72,5 \pm 6,5$ mg/kg Zn a vyšší obsahy 1741 ± 132 mg/kg Fe, 131 ± 12 mg/kg Mn.

Brzezicha-Cirocka et al. (2016) stanovovali prvkové zastoupení u řady druhů hub v regionu Morag a Tarnobřežské rovině v Polsku. V regionu Morag pro hřib smrkový (*Boletus edulis*) určili obsahy 37 ± 16 mg/kg Cu, 160 ± 38 mg/kg Zn, 160 ± 150 mg/kg Fe, 21 ± 10 mg/kg Mn, $1,1 \pm 0,8$ mg/kg Ag a $2,8 \pm 2,4$ mg/kg Cd. Údaje uvedené pro Cu a Zn korespondují s hodnotami z Tarnobřežské roviny, kde však stanovili nižší obsahy 47 ± 44 mg/kg Fe, $8,6 \pm 3,7$ mg/kg Mn, obsah Ag byl nižší než mez stanovitelnosti a vyšší hodnotu uvádí pro Cd $5,2 \pm 4,7$ mg/kg. Mędyk et al. (2017) uvádí pro plodnice hříbu smrkového z okolí města Umeå ve Švédsku průměrné obsahy 34 ± 16 mg/kg Cu, 80 ± 26 mg/kg Zn, 63 ± 34 mg/kg Fe, $5,4 \pm 1,4$ mg/kg Mn, $1,1 \pm 1,4$ mg/kg Ag, $2,4 \pm 1,8$ mg/kg Cd a $6,7 \pm 9,1$ mg/kg Pb. Mleczek et al. (2015) uvádí, že v plodnicích hříbu smrkového sbíraných na jihovýchodě Polska byly akumulovány (BCF > 1) následující prvky: Ag, Cd, Co, Cu, Hg, Ni a Zn.

Ouzouni a Riganakos (2007) určovali obsahy prvků v plodnicích muchomůrky růžovky (*Amanita rubescens*) ze Západní Makedonie v Řecku. Stanovili průměrné obsahy $11,1 \pm 0,6$ mg/kg Cr, $35,1 \pm 1,6$ mg/kg Mn, $0,37 \pm 0,02$ mg/kg Co a $2,67 \pm 0,14$ mg/kg Ni. Hodnoty pro Mn a Co přibližně odpovídají údajům, které uvádí

Demirbaş (2001) $11,1 \pm 2,0$ mg/kg a $0,35 \pm 0,09$ mg/kg, rozdílné obsahy však pozoroval pro Cr $0,71 \pm 0,13$ mg/kg a Ni $95,8 \pm 24,6$ mg/kg. Rasalanavho et al. (2019) uvádí biokoncentrační faktory pro muchomůrku růžovku 16,1 (Zn), 5,4 (Cu), 0,3 (Ni), 0,1 (Mn). Stíhi et al. (2011) určili biokoncentrační faktory pro plodnice stejné houby z okresu Dambovita v Rumunsku 1,44 (Zn), 0,82 (Cu), 0,36 (Fe), 0,31 (Mn), 0,50 (Se), 0,19 (Cd), 0,41 (Cr), 0,46 (Ni) a 0,13 (Pb). Ze stanovovaných prvků byl tedy v plodnicích akumulován pouze Zn.

Penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) patří mezi nejvíce pěstované houby. Niedzielski et al. (2017) se detailně věnovali prvkové analýze dvanácti druhů pěstovaných hub. V plodnicích penízovky sametonohé stanovili nízké obsahy $0,04 \pm 0,01$ mg/kg Ag, $1,1 \pm 0,1$ mg/kg As, $0,06 \pm 0,02$ mg/kg Cd, $1,2 \pm 0,1$ mg/kg Pb. Vyšší obsahy určili například pro Fe 138 ± 11 mg/kg, Mg 772 ± 59 mg/kg a Ca 353 ± 24 mg/kg. Zeng et al. (2012) stanovovali prvky v plodnicích penízovky sametonohé volně rostoucích v okolí města Melbourne v Austrálii. Určili obsahy $362,04 \pm 0,07$ mg/kg Ca, 680 ± 100 mg/kg Mg, $57,121 \pm 0,009$ mg/kg Cu a $48,02 \pm 0,01$ mg/kg Zn. Tyto hodnoty odpovídají obsahům prvků ve volně rostoucích houbách, jak uvádí Kalač (2019). Obsahy Ca a Mg rovněž korespondují s hodnotami v pěstovaných plodnicích penízovky sametonohé (Niedzielski et al., 2017).

Sesli et al. (2008) stanovili v plodnicích pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*) sbírané v okolí Černého moře v Turecku obsahy 950 ± 80 mg/kg Fe, $56,2 \pm 5,1$ mg/kg Cu, 102 ± 10 mg/kg Mn, 205 ± 19 mg/kg Zn, $42,2 \pm 3,2$ mg/kg Al a $2,1 \pm 0,2$ mg/kg Pb. Obsahy Fe, Cu, Mn a Zn řádově odpovídají hodnotám, které uvádí Brzezicha-Cirocka et al. (2016) pro stejný druh z regionu Morag v Polsku. Dále pak stanovili obsahy $2,0 \pm 0,6$ mg/kg Ag a $2,2 \pm 0,6$ mg/kg Cd. Nowakowski et al. (2021b) stanovili v plodnicích pýchavky obecné obsahy $6,657 \pm 4,328$ mg/kg Pb a $0,807 \pm 0,505$ mg/kg Cd. Sarikurkcü et al. (2015) zaznamenali v plodnicích pýchavky obecné z provincie Mugla v Turecku obsahy $42,20 \pm 0,42$ mg/kg Cr, $55,0 \pm 0,16$ mg/kg Ni, $13,900 \pm 0,030$ mg/kg Co a relativně vysoký obsah Pb $15,36 \pm 0,16$ mg/kg sušiny.

3 Metodika

3.1 Použité přístroje, chemikálie a další pomůcky

3.1.1 Přístroje

Atomový absorpční spektrometr (AAS) Thermo Scientific iCE 3500

- Thermo Fisher Scientific, Cambridge, Velká Británie

Analytické váhy Kern 770 (max. 120 g)

- Kern & Sohn GmbH, Balingen, Spolková republika Německo

Aparatura pro přípravu demineralizované vody Milli – Q water system

- Millipore S. A., Molsheim, Francie

Mikrovlnný mineralizátor Mars 5

- CEM Corporation, Matthews, North Carolina, USA

Filtrační aparatura

- Millipore S. A., Molsheim, Francie

Laboratorní mlýn

- VIPO, Partizánske, Slovenská republika

3.1.2 Chemikálie

Víceprvkový standardní roztok IV Certipur[®] (koncentrace prvků 1000 mg/l)

- Merck, Darmstadt, Spolková republika Německo

Zásobní standardní roztok As (koncentrace 1000 mg/l)

- Merck, Darmstadt, Spolková republika Německo

Zásobní standardní roztoky Be, Rb a Se Astasol[®] (koncentrace 1000 mg/l)

- Analytika Praha, Česká republika

HNO₃ o čistotě „suprapur“ (65 %)

- Merck, Darmstadt, Spolková republika Německo

Deionizátor pro F-AAS: CsCl (o koncentraci 25 g/l)

- Astasol[®], Analytika Praha, Česká republika

Modifikátor pro ET-AAS: Pd(NO₃)₂ (o koncentraci 10 g/l)

- Merck, Darmstadt, Spolková republika Německo

Acetylen (čistý)

- Linde Gas a.s., Praha, Česká republika

Argon (4.8)

- Linde Gas a.s., Praha, Česká republika

Oxid dusný (4.8)

- Linde Gas a.s., Praha, Česká republika

3.1.3 Další pomůcky

Grafitové kyvety pro AAS s prodlouženou životností

- Thermo Fisher Scientific, Dreieich, Spolková republika Německo

Analytické síto (velikost ok 0,5 mm)

- Stavební strojírenství n. p. Brno, závod Ivančice, Česká republika

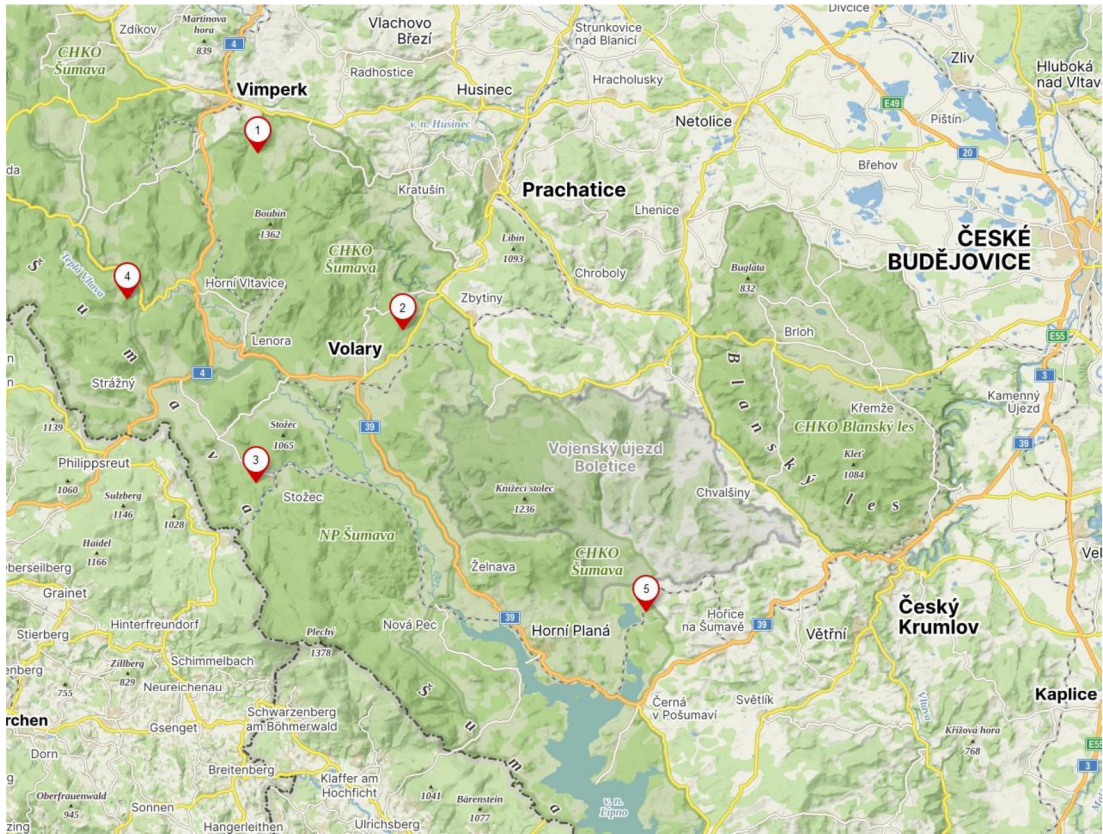
Plastové vzorkovnice k uchování homogenizovaných vzorků hub a půd

Filtry ze slisovaných skleněných vláken (velikost pórů 1,2 μm)

- Macherey-Nagel GmbH, Düren, Spolková republika Německo

3.2 Popis odběrových lokalit

Odběr vzorků probíhal v pěti vybraných lokalitách na Šumavě. První lokalita se nachází v blízkosti města Vimperk (49°1'41.307"N, 13°48'25.571"E). Druhé odběrové místo leží přibližně 5 km severovýchodně od města Volary (48°56'6.829"N, 13°55'23.249"E). Třetí lokalita se nachází poblíž obce Stožec (48°51'18.088"N, 13°48'20.163"E). Čtvrtým odběrovým místem je les nedaleko zaniklé vesnice Březová Lada (48°57'5.709"N, 13°42'10.302"E). Pátá lokalita se nachází v okolí rybníku Olšina (48°47'14.465"N, 14°7'3.189"E), který leží mezi vodní nádrží Lipno na jihu a Vojenským újezdem Boletice na severu. Odběrová místa Březová Lada a Stožec se nacházejí na území Národního parku Šumava, zatímco Vimperk, Volary a Olšina spadají do Chráněné krajinné oblasti. Místa odběru vzorků jsou znázorněna na mapě na obr. 10. Všechny vybrané lokality se dají považovat za převážně neznečištěné, v okolí se nenachází žádný zřejmý zdroj kontaminace. Všechna odběrová místa se nachází ve smíšených lesích v nadmořské výšce od 700 do 1000 m a sběr vzorků probíhal přibližně na ploše do 5 km² pro každou lokalitu. Odebrané vzorky půd spadají převážně do skupin podzol a kambizem.



Obr. 10: Znárodnění míst odběru vzorků (mapy.cz). 1 – Vimperk, 2 – Volary, 3 – Stožec, 4 – Březová Lada, 5 – Olšina

3.3 Odběr a úprava vzorků

Odběr vzorků probíhal od září 2020 do října 2022. Celkem bylo získáno 206 plodnic studovaných druhů hub, z toho bylo 28 vzorků hříbu smrkového (*Boletus edulis*), 13 hříbu kováře (*Sutorius luridiformis*), 43 lišky obecné (*Cantharellus cibarius*), 20 bedly vysoké (*Macrolepiota procera*), 52 muchomůrky růžovky (*Amanita rubescens*), 5 holubinky nazelenalé (*Russula virescens*), 12 pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*), 11 penízovky sametonohé (*Flammulina velutipes*) a 22 muchomůrky červené (*Amanita muscaria*). Detailní informace o počtu vzorků z příslušných lokalit jsou shrnuty v tab. 3. Kvůli určení biokoncentračního faktoru (BCF) byly současně s plodnicemi hub odebírány rovněž vzorky půd (s výjimkou penízovky sametonohé, jejíž plodnice rostou na dřevě).

Tab. 3: Počty odebraných vzorků z jednotlivých lokalit.

	celkem	Vimperk	Březová Lada	Volary	Stožec	Olšina
hřib smrkový	28	5	5	7	3	8
hřib kovář	13	0	1	7	0	5
liška obecná	43	0	10	15	8	10
bedla vysoká	20	5	5	8	0	2
muchomůrka růžovka	52	10	11	11	10	10
holubinka nazelenalá	5	0	0	0	0	5
pýchavka obecná	12	0	0	6	0	6
penízovka sametonohá	11	0	0	0	0	11
muchomůrka červená	22	5	3	9	0	5

Plodnice hub byly nejprve důkladně očištěny, nakrájeny na tenké plátky keramickým nožem a poté sušeny při laboratorní teplotě po dobu jednoho týdne. Usušené plodnice (klobouk i třeň dohromady) byly následně rozemlety pomocí laboratorního mlýnu VIPO. Rozemleté vzorky hub byly pak převedeny do roztoku pomocí mikrovlnného rozkladu. Do teflonových nádobek bylo naváženo na analytických vahách přesně kolem 0,5 g vzorku a přidáno 10 ml koncentrované HNO₃. Na mikrovlnném mineralizátoru Mars 5 byl zvolen přednastavený program „rozklad rostlinného materiálu“. V průběhu rozkladu nejprve docházelo k pozvolnému zvyšování tlaku a teploty uvnitř teflonových nádobek (20 min). V další fázi přístroj pracoval na maximální výkon (10 min). Poté byl program ukončen fází chlazení (5 min). Po vytemperování byly rozložené vzorky hub kvantitativně převedeny do odměrných baněk o objemu 50 ml a demineralizovanou vodou doplněny po rysku. Takto připravené roztoky byly následně uchovávány v plastových nádobkách v lednici.

Přímo pod plodnicemi hub byla odebírána vrchní vrstva půdy do hloubky 10 cm. Vzorky půd byly taktéž sušeny při laboratorní teplotě. Následně byly v porcelánové třecí misce homogenizovány a prosívány přes laboratorní síto

s velikostí ok 0,5 mm. Proseté vzorky půd byly poté převedeny do roztoku totožným způsobem jako vzorky hub. Do teflonových nádobek bylo na analytických vahách odváženo přesně kolem 0,5 g vzorku a přidáno 10 ml koncentrované HNO₃. Na mikrovlnném mineralizátoru Mars 5 byl opět zvolen přednastavený program „rozklad rostlinného materiálu“. Po vytemperování byly rozložené vzorky půd kvantitativně převedeny do odměrných baněk o objemu 50 ml, demineralizovanou vodou doplněny po rysku a za sníženého tlaku filtrovány pomocí aparatury Millipore S. A. K filtraci byly použity membránové filtry ze skleněných vláken s velikostí pórů 1,2 μm. Takto upravené vzorky půd byly uchovávány v lednici v plastových nádobkách.

3.4 Atomová absorpční spektrometrie

3.4.1 Plamenová atomizace (F-AAS)

Plamenová atomizace je nejstarší technikou v atomové absorpční spektrometrii. Roztok vzorku je ve formě aerosolu zaváděn do laminárně předmíchaného plamene. Ke zmlžení vzorku se používají pneumatické zmlžovače, či alternativně vysokotlaké hydraulické zmlžovače. Plamen je realizován směsí paliva a oxidovadla. Obvyklým palivem je acetylen a oxidovadlem vzduch, nebo oxid dusný. Koncentrace volných atomů je různá v závislosti na výšce nad hranou hořáku. Hlavice hořáku se nastavuje pod optickou osou přístroje tak, aby měrný paprsek procházel zónou plamene, ve které je největší hustota volných atomů analytu (Dočekal et al., 1997).

V plamenové technice mohou nastat různé typy rušení, např. interference transportní, vypařování a atomizační. Transportní interference mají vliv na množství vzorku, které v podobě aerosolu dosáhne plamene. Transportní účinnost závisí na rychlosti nasávání, účinnosti zmlžování, viskozitě, povrchovém napětí, složení roztoku apod. Interference vypařování jsou způsobeny rozdíly v rychlosti vypařování aerosolu. Výsledkem je snížení (nebo zvýšení) signálu v důsledku vzniku méně (nebo více) těkavé sloučeniny analytu. Atomizační interference vznikají posunem ionizačních nebo disociačních rovnováh v plamenu. Atomy analytu jsou ionizovány v důsledku příliš vysoké teploty plamene. Posunu rovnováhy ve prospěch základního

stavu atomu je možné dosáhnout přidavkem ionizačního pufru (Cs, K), který brání ionizaci atomů analytu tím, že se sám přednostně ionizuje (Dočekal et al., 1997).

3.4.2 Elektrotermická atomizace (ET-AAS)

Elektrotermické atomizátory (ETA) jsou odporově vyhřívané kyvety, které jsou nejčastěji vyrobeny z pyrolytického grafitu, nebo polykrystalického elektrografitu. Do měrné kyvety je dávkován roztok vzorku obvykle o objemu 5 – 50 μl . Kyveta je vyhřívána v atmosféře argonu. Ohřev atomizátoru probíhá podle teplotního programu, který má čtyři základní fáze: sušení vzorku, pyrolýza matrice, atomizace analytu a čištění kyvety. Cílem fáze sušení je odpaření použitého rozpouštědla. Pro vodné vzorky se teplota sušení volí obvykle mírně nad bodem varu. V průběhu sušení nesmí roztok vřít a po ukončení fáze musí být roztok zcela odpařen. V další fázi teplotního programu dochází k rozkladu matrice tak, aby její zbytky nepůsobily rušivě při fázi atomizace a zároveň nedocházelo ke ztrátám analytu. Pro stabilizaci těkavých prvků je možné využít modifikátor (např. Pd). Během fáze atomizace se zastaví průtok inertního plynu, což má za následek delší dobu setrvání analytu v atomizátoru a zvýšení absorpčního signálu. V průběhu měření může docházet k tzv. nespecifické absorpci pozadí. Jedná se o nežádoucí molekulární absorpci záření a rozptyl na nevypařených částicích, což může mít za následek zkreslení výsledků. Pro odstranění takových nežádoucích vlivů se využívá Zeemanova, nebo deuteriová korekce pozadí. Po skončení měřicího cyklu je atomizátor vyčištěn vypálením a následně ochlazen. Signál má tvar píku a k vyhodnocení je možné použít jeho plochu, nebo výšku (Welz a Sperling, 1999, Hoening a de Kersabiec, 1995).

3.5 Vlastní měření

K měření byl použit atomový absorpční spektrometr Thermo Scientific iCE 3500 (obr. 6). Stanovení Ca, Cu, Fe, Mg, Mn a Zn probíhalo pomocí atomové absorpční spektrometrie s plamenovou atomizací, při určení obsahů Li a Rb spektrometr pracoval v režimu emise (plamenové fotometrie). V případě Ca byla pro realizaci plamene použita směs oxid dusný a acetylen ($\text{N}_2\text{O}/\text{C}_2\text{H}_2$), ve všech ostatních

případech byl oxidantem vzduch. Hořák měl délku 5 cm a pro měření v plamenu (F-AAS) byla využita deuteriová korekce nesespecifické absorpce pozadí.



Obr. 11: AAS Thermo Scientific iCE 3500 (foto: Jiří Krejsa).

Pro stanovení obsahů Ag, Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Pb, Ni, Se a Tl spektrometr pracoval v režimu atomové absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací. K vyhodnocení signálu byly využívány plochy píků. Do atomizátoru byl dávkován objem vzorku 20 μl , v případě Ag, Al, Cd a Cr bylo dávkováno 10 μl vzorku. Při stanovení obsahů As a Se bylo současně se vzorkem aplikováno 10 μl modifikátoru matrice, kterým byl roztok Pd o koncentraci 1 g/l. Analýza v režimu elektrotermické atomizace probíhala za použití Zeemanovy korekce nesespecifické absorpce pozadí. Stanovení všech vzorků bylo realizováno ve třech opakováních.

3.6 Charakteristiky metod

V tab. 4 jsou shrnuty charakteristiky metod AAS použitých ke stanovení obsahů vybraných prvků ve vzorcích. Přesnost (podle dřívější terminologie správnost) byla vyjádřena jako výtěžnost, preciznost (podle dřívější terminologie přesnost) jako opakovatelnost. Mez detekce (LOD) a mez stanovitelnosti (LOQ) byly stanoveny na základě 3σ a 10σ kritéria. KK představuje korelační koeficient lineární části kalibrace.

Tab. 4: Charakteristiky použitých metod AAS.

	LOD	LOQ	Citlivost	KK	Preciznost	Přesnost
	(mg/kg)	(mg/kg)	(l/mg)		(%)	(%)
Ag	0,003	0,01	0,0106 ^a	0,9953	3,51	103,1
Al	0,07	0,22	0,0003 ^a	0,9907	2,73	98,6
As	0,02	0,05	0,0034 ^a	0,9951	2,51	102,9
Be	0,002	0,005	0,0648 ^a	0,9975	5,10	95,5
Ca	0,90	3,00	0,0249	0,9995	0,41	101,6
Cd	0,01	0,04	0,0031 ^a	0,9963	3,23	101,4
Co	0,01	0,02	0,0098 ^a	0,9964	3,15	97,1
Cr	0,004	0,01	0,0138 ^a	0,9997	0,74	95,5
Cu	1,53	5,10	0,0180	0,9997	0,25	101,1
Fe	2,00	6,67	0,0054	0,9975	0,29	100,8
Li	0,02	0,08	455,46	0,9999	0,16	103,3
Mg	2,18	7,26	0,0180	0,9964	0,26	101,7
Mn	0,96	3,20	0,0171	0,9997	0,72	98,9
Ni	0,02	0,06	0,0034 ^a	0,9994	0,21	97,5
Pb	0,003	0,01	23,484	0,9990	2,28	98,3
Rb	0,05	0,16	9,2584	0,9952	0,78	101,8
Se	0,03	0,10	1,5940	0,9979	4,28	95,6
Tl	0,03	0,10	0,0022 ^a	0,9876	5,25	94,5
Zn	0,60	2,00	0,0298	0,9976	0,25	106,0

^a (s·l/μg)

4 Výsledky a diskuse

4.1 Obsah prvků ve vzorcích hříbu smrkového

V tab. 5 jsou shrnuty průměrné výsledky stanovení prvků ve vzorcích hříbu smrkového (*Boletus edulis*) ze všech studovaných lokalit. Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 5 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

Ve vzorcích hříbu smrkového byly určeny vysoké obsahy Fe (83 ± 53 mg/kg), Zn (160 ± 60 mg/kg), Rb (370 ± 160 mg/kg), Ca (130 ± 50 mg/kg) a Mg (900 ± 80 mg/kg). Ca a Mg patří mezi hlavní minerální složky volně rostoucích hub (Kalač, 2016), vysoký obsah těchto prvků byl proto očekáván. Malinowski et al. (2021) stanovili v plodnicích hříbu smrkového sbíraných ze tří regionů na severozápadě Polska průměrné obsahy Mg (1370 mg/kg) a Ca (120 mg/kg). Pro houby z čeledi hříbovité (*Boletaceae*) je vysoký obsah Rb typický (Kalač, 2019). To je možné vysvětlit schopností rubidia vázat se ve formě kationtu na hnědé pigmenty badión A a norbadión A obsažené v kloboucích hříbových hub, kde může nahrazovat draslík (Šíma et al., 2019). Dále byly pozorovány relativně vysoké obsahy Cu (39 ± 17 mg/kg), Ag ($8,0 \pm 5,0$ mg/kg) a Cd ($2,1 \pm 1,3$ mg/kg). Oproti tomu byly nízké obsahy stanoveny pro Be ($0,05 \pm 0,06$ mg/kg), Pb ($< 0,01 - 0,41$ mg/kg) a obsah Tl se pohyboval pod mezi stanovitelnosti ($< 0,10$ mg/kg). U plodnic hříbu smrkového byla pozorována akumulace ($BCF > 1$; příslušné průměrné BCF jsou uvedeny v závorkách) následujících prvků: Ag (31), Se (25), Cd (18), Rb (13), Cu (3,9) a Zn (2,6). Mazurkiewicz a Podlasińska (2013) studovali akumulaci vybraných prvků v plodnicích tří druhů volně rostoucích jedlých hub sbíraných v Libušském vojvodství v Polsku. Autoři analyzovali zvláště klobouky a třeně hříbu smrkového a odebírali vrchní vrstvu půdy do hloubky 20 cm. Stanovili následující průměrné BCF pro klobouky Zn (17,5), Cu (18,9), Ni (3,3), Cr (0,1) a Mn (0,1). Průměrné BCF pro třeně určili nižší (s výjimkou Mn). Podobným způsobem studovali akumulaci prvků také Wang et al. (2015), vzorky půd však odebírali do hloubky 10 cm. BCF pro klobouky stanovili Zn (0,75) a Cu (0,3), BCF pro třeně pak ještě nižší. Mleczek et al. (2015) uvádí, že v plodnicích hříbu smrkového sbíraných na jihovýchodě Polska byly akumulovány ($BCF > 1$) následující prvky: Ag, Cd, Co, Cu, Hg, Ni a Zn.

Tab. 5: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory ve vzorcích hříbu smrkového ze všech lokalit.

	$c \pm SD$ (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF $\pm SD$
Ag	8,0 \pm 5,0	6,8	0,84 – 17	31 \pm 21
Al	23 \pm 15	19	4,8 – 69	0,002 \pm 0,003
As	6,7 \pm 3,7	6,4	0,27 – 15,7	0,98 \pm 0,82
Be	0,05 \pm 0,06	0,02	0,01 – 0,28	0,04 \pm 0,04
Ca	130 \pm 50	120	60 – 260	0,51 \pm 0,34
Cd	2,1 \pm 1,3	1,8	0,7 – 5,7	18 \pm 10
Co	0,39 \pm 0,70	0,08	0,02 – 2,8	0,09 \pm 0,14
Cr	0,27 \pm 0,19	0,20	0,08 – 0,80	0,008 \pm 0,005
Cu	39 \pm 17	35	13 – 83	3,9 \pm 2,7
Fe	83 \pm 53	64	31 – 220	0,006 \pm 0,007
Li	0,40 \pm 0,10	0,38	0,25 – 0,55	0,02 \pm 0,01
Mg	900 \pm 80	920	700 – 1000	0,41 \pm 0,12
Mn	9,8 \pm 3,9	8,7	4,6 – 22	0,07 \pm 0,05
Ni	2,6 \pm 1,5	2,2	0,9 – 8,2	0,19 \pm 0,11
Pb	-	-	< 0,01 – 0,41	-
Rb	370 \pm 160	330	140 – 850	13 \pm 8
Se	8,4 \pm 6,6	6,7	0,31 – 23	25 \pm 20
Tl	< 0,10	-	-	-
Zn	160 \pm 60	150	70 – 300	2,6 \pm 1,9

V tab. 6 jsou uvedeny průměrné obsahy prvků a jejich směrodatné odchylky ve vzorcích hříbu smrkového (*Boletus edulis*) z jednotlivých lokalit. Hodnoty v tab. 6 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

Nejvyšší obsah Se byl stanoven ve vzorcích hříbu smrkového odebraných z lokalit Volary (14 ± 6 mg/kg) a Vimperk (12 ± 9 mg/kg), oproti tomu lokalitou s nejnižším obsahem Se byla Březová Lada ($2,5 \pm 0,9$ mg/kg). U plodnic ze Stožce byly pozorovány nejvyšší obsahy Rb (690 ± 160 mg/kg) a Zn (270 ± 30 mg/kg). Pro ostatní lokality byly obsahy těchto dvou prvků relativně srovnatelné. Nejvyšší obsahy Ag ($15 \pm 1,5$ mg/kg), Cd ($2,9 \pm 1,6$ mg/kg), Cu (50 ± 20 mg/kg) a Fe (120 ± 70 mg/kg) byly stanoveny ve vzorcích z lokality Volary. Průměrný obsah Pb byl určen pro Vimperk ($0,11 \pm 0,07$ mg/kg), Olšinu ($0,11 \pm 0,13$ mg/kg) a Březová Lada pak v blízkosti meze stanovitelnosti ($0,02 \pm 0,01$ mg/kg). U Volary a Stožce se obsah tohoto prvku pohyboval pod mezí stanovitelnosti ($< 0,01$ mg/kg). Obsahy Tl byly pro všechny lokality vyhodnoceny pod mezí stanovitelnosti ($< 0,10$ mg/kg). Obsahy Li, Mg, Mn a Ni dosahovaly u všech lokalit relativně podobných hodnot.

Výsledky této práce získané pro Cu, Zn a Fe korespondují s hodnotami, které ve své rozsáhlé studii uvádí Brzezicha-Cirocka et al. (2019), vyšší obsahy však udávají pro Ca, Mn, Cd, Pb, Cr a Al, a nižší pak v případě Mg, Ag a Ni. V této práci byl stanoven značně vyšší průměrný obsah Ag ($8,0 \pm 5,0$ mg/kg) než uvádí Brzezicha-Cirocka et al. (2016) pro plodnice odebrané ze dvou regionů na východě Polska ($1,1 \pm 0,8$ mg/kg). Obsahy Mg, Cu, Zn, Mn a Cd jsou však s jejich výsledky srovnatelné. Falandysz (2022) ve své rozsáhlé studii uvádí detailní informace o prvkovém zastoupení v plodnicích hříbu smrkového, které byly odebírány napříč Polskem od Baltského moře až po Sudety a Tatry. Autor uvádí (v porovnání s touto prací) nižší průměrné obsahy např. pro Ag ($2,8 \pm 1,3$ mg/kg), As ($0,52 \pm 0,13$ mg/kg), Cu (24 ± 4 mg/kg), Li ($0,10 \pm 0,12$ mg/kg), Ni ($1,6 \pm 0,3$ mg/kg) a Zn (89 ± 18 mg/kg). Průměrný obsah Cd je však téměř shodný ($2,0 \pm 1,0$ mg/kg) a obsah Pb vyšší ($1,0 \pm 0,4$ mg/kg). Vyšší obsahy Co ($5,0 \pm 0,78$ mg/kg), Cu ($80 \pm 3,9$ mg/kg) a Se ($46 \pm 2,0$ mg/kg), zároveň nižší obsah Zn ($73 \pm 4,0$ mg/kg) byly pozorovány v plodnicích hříbu smrkového odebíraných v Jižní Africe (Rasalanavho et al., 2019). Obsahy Co, Cu a Zn z této práce korespondují s údaji, které uvádí Fogarasi et al. (2020) pro vzorky odebrané v Rumunsku.

Tab. 6: Průměrné obsahy prvků ve vzorcích hříbu smrkového z jednotlivých lokalit.

	Vimperk	Březová Lada	Volary	Stožec	Olšina
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Ag	2,8 ± 2,8	9,6 ± 5,3	15 ± 1,5	8,0 ± 2,4	5,9 ± 2,3
Al	15 ± 8	21 ± 15	24 ± 13	31 ± 33	27 ± 14
As	4,4 ± 3,3	10 ± 4,2	5,6 ± 1,5	4,4 ± 2,1	7,7 ± 3,8
Be	0,06 ± 0,05	0,013 ± 0,003	0,11 ± 0,09	0,016 ± 0,003	0,02 ± 0,01
Ca	110 ± 20	190 ± 60	120 ± 30	70 ± 10	140 ± 50
Cd	1,5 ± 0,6	2,0 ± 1,5	2,9 ± 1,6	1,6 ± 0,5	1,9 ± 1,1
Co	0,08 ± 0,04	0,17 ± 0,19	0,13 ± 0,07	0,021 ± 0,006	0,93 ± 1,07
Cr	0,11 ± 0,02	0,14 ± 0,03	0,22 ± 0,07	0,34 ± 0,15	0,48 ± 0,19
Cu	27 ± 10	43 ± 20	50 ± 20	34 ± 10	36 ± 14
Fe	71 ± 50	40 ± 10	120 ± 60	45 ± 10	94 ± 42
Li	0,35 ± 0,08	0,34 ± 0,03	0,37 ± 0,05	0,27 ± 0,03	0,53 ± 0,01
Mg	840 ± 140	900 ± 70	910 ± 80	940 ± 30	930 ± 50
Mn	8,6 ± 2,8	10 ± 2,6	11 ± 4	8,2 ± 1,4	9,4 ± 5,3
Ni	3,3 ± 2,9	3,3 ± 1,6	2,2 ± 0,8	1,8 ± 0,3	2,3 ± 0,7
Pb	0,11 ± 0,07	0,02 ± 0,01	< 0,01	< 0,01	0,11 ± 0,13
Rb	360 ± 110	320 ± 112	280 ± 110	690 ± 160	360 ± 10
Se	12 ± 9	2,5 ± 0,9	14 ± 6	3,0 ± 0,2	6,8 ± 1,0
Tl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Zn	130 ± 30	160 ± 40	160 ± 30	270 ± 30	120 ± 60

Obsah Zn se shoduje s hodnotou 158 ± 24 mg/kg, kterou uvádí Gałgowska a Pietrzak-Fiećko (2020) pro vzorky z regionu Varmia a Mazury v Polsku. Nižší obsahy pak stanovili v případě Ca, Mg, Cu a Fe. Gałgowska a Pietrzak-Fiećko (2021) stanovovali obsahy Cd a Pb v plodnicích hříbu smrkového ze stejného regionu. Obsah Cd ($2,151 \pm 0,066$ mg/kg) odpovídá výsledkům této práce, obsah Pb uvádějí $0,301 \pm 0,017$ mg/kg. Naměřené hodnoty pro Co, Cu, Fe a Zn byly vyšší, než udávají Salihović et al. (2021) u vzorků ze tří různých oblastí v Bosně a Hercegovině. V porovnání s uvedenou studií byl zaznamenán nižší průměrný obsah Se, ale obsah Mn byl srovnatelný. Mirończuk-Chodakovska et al. (2019) studovali obsah vybraných prvků v plodnicích řady druhů hub z východní části území známého jako „zelené plíce Polska“. V případě hříbu smrkového stanovili obsahy Cu ($19,0 \pm 5,0$ mg/kg), Mn ($20,1 \pm 8,9$ mg/kg), Se ($13,3 \pm 5,60$ mg/kg) a Zn ($170 \pm 33,7$ mg/kg). Obsahy většiny prvků odpovídaly intervalům, které uvádí Mleczek et al. (2021) ve své rozsáhlé studii mapující půl století monitoringu volně rostoucích hub.

4.2 Obsah prvků ve vzorcích muchomůrky růžovky

V tab. 7 jsou shrnuty průměrné výsledky stanovení prvků ve vzorcích muchomůrky růžovky (*Amanita rubescens*) ze všech studovaných lokalit. Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 7 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

V plodnicích muchomůrky růžovky byly akumulovány (BCF > 1; příslušné průměrné BCF jsou uvedeny v závorkách) následující prvky: Cd (41), Rb (27), Ag (4,8), Cu (3,3), Zn (2,1) a As (1,4). Oproti tomu nejnižší průměrné BCF byly zjištěny v případě Al (0,006), Fe (0,006), Cr (0,01), Pb (0,02) a Li (0,02). Rasalanavho et al. (2019) uvádí BCF pro muchomůrku růžovku: Zn (16,1), Cu (5,4), Ni (0,3) a Mn (0,1). Stihi et al. (2011) určili BCF pro Zn (1,44), Cu (0,82), Fe (0,36), Mn (0,31), Se (0,50), Cd (0,19), Cr (0,41), Ni (0,46) a Pb (0,13) u plodnic stejného druhu houby z okresu Dambovita v Rumunsku. Senila et al. (2024) uvádí průměrné BCF Cu (0,67), Zn (0,94) a Cd (0,39) pro plodnice sbírané v Západních Karpatech v Rumunsku. V plodnicích muchomůrky růžovky byly pozorovány vysoké obsahy Mg (1400 ± 200 mg/kg), Rb (860 ± 560 mg/kg), Zn (140 ± 40 mg/kg), Al (96 ± 55 mg/kg), Fe (95 ± 43 mg/kg), Cu (41 ± 16 mg/kg), As (14 ± 7 mg/kg) a Cd ($3,5 \pm 3,4$ mg/kg). Oproti tomu nízké obsahy byly stanoveny pro Be (< 0,005 – 0,030 mg/kg), Se (< 0,10 – 0,81 mg/kg) a Tl (< 0,10 – 0,29 mg/kg). Značně vyšší obsahy Se ($14 \pm 3,1$ mg/kg) a Ni ($4,0 \pm 0,21$ mg/kg) stanovili Rasalanavho et al. (2019) u vzorků sbíraných v jižní Africe, uvádí však téměř shodný obsah Zn ($141 \pm 4,6$ mg/kg). Obsahy většiny prvků se příliš nelišily od výsledků, které byly zjištěny během tříletého monitorování prvkového zastoupení v plodnicích muchomůrky růžovky sbíraných v ovocném sadu poblíž Soběslavi (Šíma et al., 2020). Ve zmíněné studii byla pozorována akumulace následujících prvků: Rb (48,5), Cd (16,2), Cu (7,8), Zn (6,5) a Mg (1,68). Obsahy Cu, Mn a Pb korespondují s hodnotami, které stanovil Demirbaş (2001) v plodnicích sbíraných na východě Černomořského regionu v Turecku. Nižší obsahy uvádí v případě Ag ($0,32 \pm 0,7$ mg/kg), As ($0,96 \pm 0,26$ mg/kg) a Cd ($0,79 \pm 0,43$ mg/kg). Ouzouni a Riganakos (2007) studovali prvkové zastoupení v plodnicích muchomůrky růžovky ze Západní Makedonie v Řecku. Stanovili obsahy Cr ($11,1 \pm 0,6$ mg/kg), Co ($0,37 \pm 0,02$ mg/kg), Ni ($2,67 \pm 0,14$ mg/kg), Pb ($0,04 \pm 0,00$ mg/kg) a Cd ($0,15 \pm 0,01$ mg/kg).

Tab. 7: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory ve vzorcích muchomůrky růžovky ze všech lokalit.

	$c \pm SD$ (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF $\pm SD$
Ag	$0,73 \pm 0,51$	0,60	0,15 – 2,2	$4,8 \pm 5,7$
Al	96 ± 55	79	35 – 280	$0,006 \pm 0,004$
As	13 ± 7	12	4 – 30	$1,4 \pm 1,1$
Be	-	-	< 0,005 – 0,030	-
Ca	200 ± 70	200	70 – 430	$0,77 \pm 0,58$
Cd	$3,5 \pm 3,4$	2,4	0,6 – 16	41 ± 56
Co	$0,13 \pm 0,10$	0,11	0,01 – 0,50	$0,07 \pm 0,09$
Cr	$0,21 \pm 0,11$	0,19	0,06 – 0,46	$0,01 \pm 0,01$
Cu	41 ± 16	39	14 – 87	$3,3 \pm 2,2$
Fe	95 ± 43	86	46 – 320	$0,006 \pm 0,003$
Li	$0,50 \pm 0,09$	0,49	0,37 – 0,81	$0,02 \pm 0,01$
Mg	1400 ± 200	1400	1000 – 1900	$0,62 \pm 0,28$
Mn	14 ± 5	13	7 – 31	$0,09 \pm 0,06$
Ni	$1,5 \pm 1,2$	1,2	0,1 – 7,4	$0,20 \pm 0,22$
Pb	$0,59 \pm 0,69$	0,25	0,03 – 2,8	$0,02 \pm 0,02$
Rb	860 ± 560	680	270 – 3200	27 ± 19
Se	-	-	< 0,10 – 0,81	-
Tl	-	-	< 0,10 – 0,29	-
Zn	140 ± 40	140	70 – 310	$2,1 \pm 0,9$

V tab. 8 jsou uvedeny průměrné obsahy prvků a jejich směrodatné odchylky ve vzorcích muchomůrky růžovky (*Amanita rubescens*) z jednotlivých lokalit. Hodnoty v tab. 8 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

U vzorků odebraných z lokality Vimperk byly stanoveny nejvyšší obsahy Cd ($7,2 \pm 5,2$ mg/kg), Pb ($1,3 \pm 0,8$ mg/kg), Mn (19 ± 7 mg/kg), Fe (120 ± 30 mg/kg) a Cr ($0,33 \pm 0,08$ mg/kg). Pro lokalitu Březová Lada byly zjištěny nejnižší obsahy Cu (27 ± 9 mg/kg) a Zn (100 ± 20 mg/kg), u ostatních odběrových míst se obsahy těchto dvou prvků příliš nelišily. Pro stejnou lokalitu byly dále určeny nejnižší obsahy Al (72 ± 22 mg/kg), Co ($0,08 \pm 0,05$ mg/kg), Fe (80 ± 15 mg/kg) a Pb ($0,20 \pm 0,17$ mg/kg). Obsahy Ca, Mg a Li byly relativně konzistentní napříč lokalitami. U Olšiny byl naměřen obsah Be $0,012 \pm 0,007$ mg/kg a u Stožce obsah Se $0,41 \pm 0,27$ mg/kg. U zbývajících lokalit byly obsahy těchto prvků vyhodnoceny pod mezi stanovitelnosti (Be: $< 0,005$ mg/kg; Se: $< 0,10$ mg/kg). V plodnicích odebraných z lokality Olšina byly určeny nejnižší obsahy Ag ($0,46 \pm 0,31$ mg/kg), Cd ($1,5 \pm 0,9$ mg/kg), Mn (11 ± 3 mg/kg) a Rb (580 ± 290 mg/kg). Nejvyšší obsah As (22 ± 7 mg/kg) byl stanoven u lokality Olšina a Rb (1600 ± 700 mg/kg) u Stožce.

Tab. 8: Průměrné obsahy prvků ve vzorcích muchomůrky růžovky z jednotlivých lokalit.

	Vimperk	Březová Lada	Volary	Stožec	Olšina
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Ag	0,70 ± 0,55	0,93 ± 0,47	1,0 ± 0,63	0,51 ± 0,37	0,46 ± 0,31
Al	82 ± 24	72 ± 22	120 ± 50	95 ± 74	120 ± 80
As	8,9 ± 3,0	15 ± 4	12 ± 6	9,6 ± 3,4	22 ± 7
Be	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,012 ± 0,007
Ca	220 ± 70	220 ± 30	180 ± 60	160 ± 70	210 ± 100
Cd	7,2 ± 5,2	2,3 ± 1,6	2,1 ± 1,3	5,0 ± 1,7	1,5 ± 0,9
Co	0,23 ± 0,14	0,08 ± 0,05	0,15 ± 0,10	0,09 ± 0,05	0,11 ± 0,06
Cr	0,33 ± 0,08	0,18 ± 0,07	0,21 ± 0,10	0,14 ± 0,06	0,18 ± 0,11
Cu	49 ± 20	27 ± 9	47 ± 17	44 ± 9	40 ± 11
Fe	120 ± 30	80 ± 15	94 ± 42	83 ± 22	100 ± 80
Li	0,47 ± 0,04	0,42 ± 0,04	0,51 ± 0,04	0,46 ± 0,06	0,63 ± 0,08
Mg	1500 ± 100	1200 ± 200	1300 ± 200	1500 ± 200	1400 ± 200
Mn	19 ± 7	14 ± 4	15 ± 7	12 ± 2	11 ± 3
Ni	2,1 ± 2,0	1,5 ± 0,9	1,3 ± 1,2	0,9 ± 0,4	1,9 ± 1,0
Pb	1,3 ± 0,8	0,20 ± 0,17	0,47 ± 0,29	0,81 ± 0,95	0,21 ± 0,20
Rb	820 ± 270	610 ± 240	720 ± 380	1600 ± 700	580 ± 290
Se	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,41 ± 0,27	< 0,10
Tl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Zn	140 ± 20	100 ± 20	160 ± 20	170 ± 60	140 ± 40

4.3 Obsah prvků ve vzorcích bedly vysoké

V tab. 9 jsou shrnuty průměrné výsledky stanovení prvků ve vzorcích bedly vysoké (*Macrolepiota procera*). Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 9 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny. Uvedená data reprezentují průměrné výsledky pro vzorky odebrané z lokalit Vimperk, Březová Lada, Volary a Olšina. Plodnice bedly vysoké se nepodařilo nalézt na lokalitě Stožec.

V plodnicích bedly vysoké byly akumulovány (BCF > 1; příslušné průměrné BCF jsou uvedeny v závorkách) následující prvky: Cu (7,9), Cd (3,7), Se (3,2), Ag (2,2), Rb (1,4) a As (1,1). Oproti tomu nejnižší průměrné BCF byly zjištěny v případě Al (0,002), Fe (0,005), Cr (0,006), Li (0,012) a Co (0,014). Jerzyńska et al. (2011) zjišťovali obsahy prvků a biokoncentrační faktory pro plodnice bedly vysoké z Tucholského lesa v Polsku. BCF větší než 1 určili v případě Ag, Cd, Cu, Rb a Zn. Mazurkiewicz a Podlasińska (2013) studovali akumulaci vybraných prvků v plodnicích tří druhů volně rostoucích jedlých hub sbíraných v Libušském vojvodství v Polsku. Autoři analyzovali zvlášť klobouky a třeně bedly vysoké a odebírali vrchní vrstvu půdy do hloubky 20 cm. Stanovili následující průměrné BCF pro klobouky Cu (88,9), Zn (5,5), Ni (2,0), Mn (0,2) a Cr (0,1). Průměrné BCF pro třeně určili: Cu (54,3), Zn (3,0), Ni (2,1), Mn (0,5) a Cr (0,4). Gucia et al. (2012b) uvádí, že v plodnicích bedly vysoké sbíraných z různých lokalit na severu Polska byly akumulovány následující prvky: Ag, Cu, Rb, Cd, Zn a Mg. V plodnicích bedly vysoké byly stanoveny vysoké obsahy Mg (1400 ± 200 mg/kg), Cu (110 ± 40 mg/kg), Fe (100 ± 30 mg/kg), Zn (100 ± 20 mg/kg), Rb (70 ± 40 mg/kg), As (10 ± 4 mg/kg), Cd ($1,0 \pm 0,8$ mg/kg) a Se ($1,0 \pm 0,7$ mg/kg). Oproti tomu byly pozorovány nízké obsahy Be (< 0,005 – 0,030 mg/kg), Tl (< 0,10 – 0,37 mg/kg) a Co ($0,08 \pm 0,04$ mg/kg). Obsahy Mg, Cu a Zn korespondují s údaji, které uvádí Brzezicha-Cirocka et al. (2016), naměřili však vyšší obsahy Al, Ca, Fe a Mn. Obsah Rb se pohyboval v rozsahu 20 – 160 mg/kg, což je výrazně více, než udává Vukojević et al. (2019), kteří stanovili 18 ± 15 mg/kg v kloboucích a $9,0 \pm 8,2$ mg/kg v třeních. Jančo et al. (2021) pozorovali nižší obsahy As u plodnic sbíraných z osmi lokalit na Slovensku, obsahy Cd však uvádí podobné výsledkům této práce.

Tab. 9: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory ve vzorcích bedly vysoké.

	$c \pm SD$ (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF $\pm SD$
Ag	0,78 \pm 0,36	0,72	0,31 – 1,4	2,2 \pm 1,0
Al	35 \pm 25	24	8 – 110	0,002 \pm 0,001
As	10 \pm 3,9	9,4	5,2 – 22	1,1 \pm 0,8
Be	-	-	< 0,005 – 0,030	-
Ca	160 \pm 90	130	70 – 410	0,18 \pm 0,14
Cd	1,04 \pm 0,77	0,71	0,25 – 2,9	3,7 \pm 1,6
Co	0,08 \pm 0,04	0,07	0,02 – 0,16	0,014 \pm 0,011
Cr	0,23 \pm 0,12	0,23	0,07 – 0,44	0,006 \pm 0,003
Cu	110 \pm 40	110	50 – 200	7,9 \pm 6,6
Fe	100 \pm 30	100	50 – 160	0,005 \pm 0,002
Li	0,36 \pm 0,05	0,37	0,29 – 0,49	0,012 \pm 0,003
Mg	1400 \pm 200	1400	900 – 2200	0,41 \pm 0,13
Mn	12 \pm 3	11	8 – 21	0,03 \pm 0,02
Ni	2,0 \pm 2,2	1,3	0,1 – 9,6	0,10 \pm 0,11
Pb	0,51 \pm 0,55	0,31	0,03 – 2,3	0,02 \pm 0,03
Rb	70 \pm 43	62	20 – 160	1,4 \pm 1,1
Se	1,03 \pm 0,74	0,78	0,13 – 2,6	3,2 \pm 2,8
Tl	-	-	< 0,10 – 0,37	-
Zn	98 \pm 18	93	66 – 130	0,97 \pm 0,38

Obsahy Cd, Cu a Pb se shodují s hodnotami, které uvádí Barea-Sepúlveda et al. (2022) pro plodnice bedly vysoké sbírané v jižním Španělsku a severním Maroku. Salihović et al. (2021) stanovili srovnatelné obsahy Co a Mn ve vzorcích sbíraných v Bosně a Hercegovině. Poněkud nižší obsahy však pozorovali v případě Al, As, Fe, Ni a Zn. Výsledky této práce se příliš nelišily od obsahů, které zjistili Mirończuk-Chodakowska et al. (2019) pro Cu ($123,0 \pm 34,9$ mg/kg), Mn ($16,3 \pm 2,11$ mg/kg) a Zn ($84,1 \pm 4,43$ mg/kg). Obsah Se naměřili poněkud vyšší ($2,93 \pm 0,97$ mg/kg). Obsahy většiny prvků korespondují s intervaly, které uvádí Mleczek et al. (2021) ve své rozsáhlé studii mapující půl století monitoringu volně rostoucích hub. Obsahy většiny prvků rovněž odpovídají výsledkům, které pozorovali Ivanić et al. (2021), určili však nižší obsahy As, Cd, Cu, Fe a Rb. Ouzouni a Riganakos (2007) studovali prvkové zastoupení v plodnicích bedly vysoké sbíraných v Západní Makedonii v Řecku. Stanovili podobné obsahy Mn ($14,4 \pm 0,6$ mg/kg), Fe ($97 \pm 3,5$ mg/kg) a Zn ($92 \pm 3,6$ mg/kg). Nižší obsahy však pozorovali v případě Cu ($47 \pm 2,7$ mg/kg), Cd ($0,23 \pm 0,01$ mg/kg) a vyšší obsahy v případě Cr ($1,44 \pm 0,08$ mg/kg), Co ($0,77 \pm 0,04$ mg/kg).

V tab. 10 jsou uvedeny průměrné obsahy prvků a jejich směrodatné odchylky ve vzorcích bedly vysoké (*Macrolepiota procera*) z jednotlivých lokalit. Hodnoty v tab. 10 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

V plodnicích bedly vysoké se obsahy Co, Fe, Li a Zn mezi jednotlivými lokalitami příliš nelišily. U vzorků z lokality Olšina byly pozorovány nejnižší obsahy Cu (85 ± 3 mg/kg), Ni ($0,35 \pm 0,02$ mg/kg) a Rb (35 ± 11 mg/kg), oproti tomu nejvyšší průměrné obsahy Cd ($1,4 \pm 1,3$ mg/kg), Fe (130 ± 10 mg/kg), Li ($0,48 \pm 0,02$ mg/kg) a Zn (111 ± 6 mg/kg). Nejvyšší obsahy Ag ($1,0 \pm 0,3$ mg/kg), Rb (96 ± 52 mg/kg) a Se ($1,5 \pm 0,8$ mg/kg) byly stanoveny v plodnicích z lokality Volary. Nejvyšší obsah Pb ($1,1 \pm 0,8$ mg/kg) byl stanoven u vzorků z odběrového místa Vimperk. Obsahy Be a Tl byly u všech studovaných lokalit vyhodnoceny pod mezí stanovitelnosti ($< 0,005$ a $< 0,10$ mg/kg).

Tab. 10: Průměrné obsahy prvků ve vzorcích bedly vysoké z jednotlivých lokalit.

	Vimperk	Březová Lada	Volary	Olšina
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Ag	0,8 ± 0,3	0,4 ± 0,1	1,0 ± 0,3	0,6 ± 0,3
Al	47 ± 22	26 ± 16	32 ± 31	38 ± 32
As	9,3 ± 2,2	13 ± 6	8,9 ± 2,4	9,8 ± 3,3
Be	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Ca	180 ± 130	220 ± 110	110 ± 30	120 ± 50
Cd	1,1 ± 1,0	0,6 ± 0,3	1,2 ± 0,7	1,4 ± 1,3
Co	0,09 ± 0,06	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,05	0,05 ± 0,05
Cr	0,11 ± 0,06	0,32 ± 0,05	0,22 ± 0,13	0,30 ± 0,02
Cu	120 ± 50	110 ± 40	120 ± 40	85 ± 3
Fe	100 ± 20	110 ± 20	110 ± 40	130 ± 10
Li	0,32 ± 0,04	0,36 ± 0,03	0,37 ± 0,01	0,48 ± 0,02
Mg	1600 ± 300	1200 ± 100	1300 ± 200	1300 ± 100
Mn	12 ± 4	15 ± 3	10 ± 2	11 ± 1
Ni	2,8 ± 1,4	1,5 ± 0,5	2,1 ± 3,3	0,35 ± 0,02
Pb	1,1 ± 0,8	0,3 ± 0,3	0,2 ± 0,2	0,7 ± 0,2
Rb	38 ± 17	75 ± 17	96 ± 52	35 ± 11
Se	1,1 ± 0,6	0,4 ± 0,2	1,5 ± 0,8	0,9 ± 0,3
Tl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Zn	100 ± 20	88 ± 9	100 ± 20	111 ± 6

4.4 Obsah prvků ve vzorcích lišky obecné

V tab. 11 jsou shrnuty průměrné výsledky stanovení prvků ve vzorcích lišky obecné (*Cantharellus cibarius*) ze všech studovaných lokalit. Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 11 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny. Uvedená data reprezentují průměrné výsledky pro vzorky odebrané z lokalit Březová Lada, Volary, Stožec a Olšina. Plodnice lišky obecné se nepodařilo nalézt na lokalitě Vimperk.

V plodnicích lišky obecné byly akumulovány (BCF > 1; příslušné průměrné BCF jsou uvedeny v závorkách) následující prvky: Rb (30), Cd (4,6), Cu (2,9), Ag (2,6), Zn (1,5) a Ca (1,3). Mazurkiewicz a Podlasińska (2013) studovali akumulaci vybraných prvků v plodnicích tří druhů volně rostoucích jedlých hub sbíraných v Libušském vojvodství v Polsku. Autoři pro určení BCF odebírali vrchní vrstvu půdy do hloubky 20 cm. Pro plodnice lišky obecné stanovili následující průměrné BCF: Cu (29,4), Zn (6,7), Ni (2,1), Mn (0,4) a Cr (0,2). Senila et al., (2024) uvádí průměrné BCF Cu (0,70), Ca (0,75), Zn (0,63) a Cd (0,31) pro plodnice sbírané v Západních Karpatech v Rumunsku. V plodnicích lišky obecné byly stanoveny vysoké průměrné obsahy Mg (1400 ± 200 mg/kg), Rb (1100 ± 400 mg/kg), Ca (400 ± 140 mg/kg), Al (110 ± 40 mg/kg), Zn (100 ± 20 mg/kg), Fe (89 ± 28 mg/kg), Cu (46 ± 13 mg/kg) a As (10 ± 6 mg/kg). Oproti tomu nízké obsahy byly pozorovány v případě Be (< 0,005 – 0,027 mg/kg), Se (< 0,10 – 0,52 mg/kg) a Tl (< 0,10 – 0,25 mg/kg). V porovnání se studií, kterou provedli Brzezicha-Cirocka et al. (2019), byly zjištěny vyšší obsahy Mg, Ag a Ni, nižší obsahy Ca, Fe, Mn a Pb, a obsahy Cu, Zn a Cd byly podobné. Průměrné obsahy Mg, Cu, Mn a Cd korespondují s výsledky, které jsou uvedeny pro plodnice lišky obecné sbírané z regionu Morag v Polsku (Brzezicha-Cirocka et al., 2016). Autoři však stanovili vyšší obsahy Ca (1000 ± 260 mg/kg) a Fe (330 ± 100 mg/kg). Árvay et al. (2019) stanovili v plodnicích z lokality Bobrov na Slovensku podobné obsahy Cd ($0,62 \pm 0,09$ mg/kg) a Cu ($48,7 \pm 3,86$ mg/kg), vyšší však uvádí pro Pb ($0,66 \pm 0,36$ mg/kg) a Se ($1,35 \pm 0,34$ mg/kg). Srovnatelné obsahy Pb ($0,21 \pm 0,31$ mg/kg) a Zn ($94,0 \pm 6,35$ mg/kg) pak stanovili u lokality Dobroč.

Tab. 11: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory ve vzorcích lišky obecné.

	$c \pm SD$ (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF $\pm SD$
Ag	1,2 \pm 0,7	0,9	0,4 – 3,4	2,6 \pm 1,2
Al	110 \pm 40	100	50 – 200	0,006 \pm 0,003
As	10 \pm 6	9,1	2,5 – 24	0,95 \pm 0,61
Be	-	-	< 0,005 – 0,027	-
Ca	400 \pm 140	370	210 – 890	1,3 \pm 0,9
Cd	0,54 \pm 0,33	0,48	0,08 – 1,8	4,6 \pm 3,7
Co	0,77 \pm 0,65	0,59	0,17 – 3,6	0,21 \pm 0,23
Cr	0,31 \pm 0,20	0,26	0,07 – 0,95	0,007 \pm 0,004
Cu	46 \pm 13	45	25 – 79	2,9 \pm 2,0
Fe	89 \pm 28	84	41 – 160	0,005 \pm 0,002
Li	0,46 \pm 0,11	0,49	0,25 – 0,63	0,02 \pm 0,02
Mg	1400 \pm 200	1400	900 – 1700	0,48 \pm 0,21
Mn	26 \pm 10	24	9 – 57	0,13 \pm 0,10
Ni	1,8 \pm 1,3	1,2	0,4 – 7,6	0,15 \pm 0,14
Pb	0,26 \pm 0,14	0,23	0,05 – 0,83	0,01 \pm 0,01
Rb	1100 \pm 400	1100	400 – 2500	30 \pm 15
Se	-	-	< 0,10 – 0,52	-
Tl	-	-	< 0,10 – 0,25	-
Zn	100 \pm 20	100	60 – 140	1,5 \pm 0,5

Gałgowska a Pietrzak-Fiećko (2020) stanovili podobné obsahy Cu ($48,4 \pm 4,20$ mg/kg), Mn ($23,7 \pm 3,25$ mg/kg) a Zn ($113 \pm 9,50$ mg/kg) pro vzorky z regionu Varmia a Mazury v Polsku, nižší obsahy však uvádí v případě Fe ($58,9 \pm 5,28$ mg/kg) a Mg ($842 \pm 54,2$ mg/kg). Gałgowska a Pietrzak-Fiećko (2021) pozorovali nižší obsah Cd ($0,370 \pm 0,024$ mg/kg) a vyšší obsah Pb ($0,424 \pm 0,021$ mg/kg) v plodnicích sbíraných na severovýchodě Polska. Výsledky této práce korespondují s obsahy Cu, Cr a Mn, které uvádí Fogarasi et al. (2020) pro vzorky odebírané v Transylvánii v Rumunsku. Dimopoulou et al. (2022) stanovili v plodnicích lišky obecné obsahy Fe (296 mg/kg), Zn (62,4 mg/kg), Mg (2060 mg/kg) a Se (1,7 mg/kg). Obsahy Cu, Fe a Mn byly srovnatelné s těmi, které pozorovali Salihović et al. (2021), ale byly stanoveny vyšší obsahy Co a Zn. Mirończuk-Chodakovska et al. (2019) studovali obsah vybraných prvků v plodnicích řady druhů hub z východní části území známého jako „zelené plíce Polska“. V případě lišky obecné stanovili obsahy Cu ($69,0 \pm 3,48$ mg/kg), Mn ($32,5 \pm 7,51$ mg/kg), Se ($0,26 \pm 0,008$ mg/kg) a Zn ($121 \pm 36,9$ mg/kg). Keskin et al. (2021a) studovali prvkové zastoupení v plodnicích stejného druhu z lesa Belgrad a Národního parku Mount Iglaz v Turecku. Ve srovnání s touto prací stanovili vyšší obsah Fe ($141,8 \pm 0,8$ mg/kg), nižší obsah As ($0,74 \pm 0,18$ mg/kg) a podobný obsah Cr ($0,26 \pm 0,05$ mg/kg).

V tab. 12 jsou uvedeny průměrné obsahy prvků a jejich směrodatné odchylky ve vzorcích lišky obecné (*Cantharellus cibarius*) z jednotlivých lokalit. Hodnoty v tab. 12 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

V plodnicích lišky obecné sbíraných z lokality Volary byly stanoveny nejvyšší obsahy Ag ($1,5 \pm 0,8$ mg/kg), Al (130 ± 50 mg/kg), Cd ($0,74 \pm 0,39$ mg/kg), Co ($1,3 \pm 0,9$ mg/kg) a Pb ($0,35 \pm 0,18$ mg/kg). Nejvyšší průměrný obsah As byl zjištěn u vzorků z lokality Olšina (16 ± 3 mg/kg), oproti tomu nejnižší z lokality Stožec ($3,2 \pm 0,5$ mg/kg). Obsahy Cu, Ni a Zn se mezi jednotlivými lokalitami příliš nelišily. Průměrný obsah Be byl u lokalit Březová Lada a Stožec určen v blízkosti meze stanovitelnosti ($0,006 \pm 0,001$ a $0,008 \pm 0,003$ mg/kg), u zbývajících lokalit byl vyhodnocen pod mezí stanovitelnosti ($< 0,005$ mg/kg). Obsahy Se a Tl se u všech studovaných lokalit nacházely pod mezí stanovitelnosti.

Tab. 12: Průměrné obsahy prvků ve vzorcích lišky obecné z jednotlivých lokalit.

	Březová Lada (mg/kg)	Volary (mg/kg)	Stožec (mg/kg)	Olšina (mg/kg)
Ag	1,2 ± 0,7	1,5 ± 0,8	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,3
Al	100 ± 20	130 ± 50	82 ± 32	98 ± 41
As	6,3 ± 3,0	12 ± 5	3,2 ± 0,5	16 ± 3
Be	0,006 ± 0,001	< 0,005	0,008 ± 0,003	< 0,005
Ca	340 ± 90	350 ± 100	440 ± 130	530 ± 160
Cd	0,45 ± 0,21	0,74 ± 0,39	0,57 ± 0,31	0,32 ± 0,11
Co	0,60 ± 0,34	1,3 ± 0,9	0,47 ± 0,25	0,41 ± 0,12
Cr	0,17 ± 0,09	0,31 ± 0,16	0,38 ± 0,29	0,41 ± 0,20
Cu	40 ± 10	45 ± 13	46 ± 11	52 ± 14
Fe	78 ± 29	100 ± 33	69 ± 9	93 ± 16
Li	0,29 ± 0,05	0,55 ± 0,05	0,43 ± 0,02	0,54 ± 0,05
Mg	1100 ± 200	1400 ± 100	1500 ± 100	1600 ± 100
Mn	26 ± 9	31 ± 12	28 ± 4	16 ± 4
Ni	1,5 ± 0,7	2,3 ± 1,8	2,1 ± 1,0	1,2 ± 0,2
Pb	0,22 ± 0,07	0,35 ± 0,18	0,23 ± 0,10	0,22 ± 0,12
Rb	1000 ± 200	1000 ± 300	1800 ± 400	920 ± 250
Se	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Tl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Zn	95 ± 11	110 ± 20	100 ± 10	100 ± 20

4.5 Obsah prvků ve vzorcích muchomůrky červené

V tab. 13 jsou shrnuty průměrné výsledky stanovení prvků ve vzorcích muchomůrky červené (*Amanita muscaria*). Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 13 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny. Uvedená data reprezentují průměrné výsledky pro vzorky odebrané z lokalit Vimperk, Březová Lada, Volary a Olšina. Plodnice muchomůrky červené se nepodařilo nalézt na lokalitě Stožec.

V plodnicích muchomůrky červené byly akumulovány (BCF > 1, příslušné průměrné BCF jsou uvedeny v závorkách) následující prvky: Cd (110), Rb (16), Ag (8,0), Se (5,1), Cu (2,4) a Zn (2,1). Biokoncentrace Cd byla obzvláště vysoká. Rasalanavho et al. (2019) uvádí BCF pro plodnice muchomůrky červené sbírané v Jižní Africe Zn (5,4), Cu (2,6) a Se (1,0). Drewnowska et al. (2013) sbírali vzorky stejného druhu houby v okolí města Kętrzyn v Polsku a studovali akumulaci prvků v kloboucích a třeních zvlášť. Průměrné BCF větší než 1 pro klobouky stanovili v případě Cd (260), Rb (20), Cu (18) a Zn (8,6). Třeně paky vykazovaly stejný trend, ale hodnoty BCF byly poněkud nižší: Cd (160), Rb (14), Cu (11) a Zn (5,8). V plodnicích muchomůrky červené byly stanoveny vysoké obsahy Mg (1300 ± 200 mg/kg), Rb (520 ± 230 mg/kg), Fe (140 ± 80 mg/kg), Zn (140 ± 40 mg/kg), Al (130 ± 180 mg/kg), Cu (27 ± 7 mg/kg), Cd (16 ± 13 mg/kg), Ag (1,8 ± 0,9 mg/kg) a Se (1,7 ± 1,6 mg/kg). Oproti tomu nízké obsahy byly pozorovány pro Be (< 0,005 – 0,060 mg/kg) a obsah Tl byl vyhodnocen pod mezi stanovitelnosti (< 0,10 mg/kg). Obsah Cd v muchomůrce červené byl nejvyšší ze všech druhů hub studovaných v této práci, což odpovídá velmi vysokému BCF. V porovnání s výsledky pro muchomůrku růžovku byly v plodnicích muchomůrky červené stanoveny výrazně vyšší obsahy Ag, Cd a Se. Falandysz a Treu (2019) stanovili podobně vysoké obsahy Cd ve vzorcích sbíraných ze čtyř různých lokalit v Polsku. Obsah Ag pozorovali v rozsahu 0,45 – 1,7 mg/kg. Rasalanavho et al. (2019) uvádí vyšší obsahy Co (1,2 ± 0,1 mg/kg), Ni (9,4 ± 0,81 mg/kg) a nižší obsah Zn (113 ± 6 mg/kg). Stanovené obsahy Cd, Co, Cu, Mn, Pb a Tl byly podobné výsledkům, které uvádí Falandysz et al. (2020). Pozorovali však poněkud nižší obsahy Ag, Al, As, Cr a Li. Obsahy Cu, Co a Fe korespondují s hodnotami, které stanovil Demirbaş (2001) v plodnicích sbíraných na východě Černomořského regionu v Turecku.

Tab. 13: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory ve vzorcích muchomůrky červené.

	$c \pm SD$ (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF $\pm SD$
Ag	$1,8 \pm 0,9$	1,5	0,9 – 3,9	$8,0 \pm 5,5$
Al	130 ± 180	80	20 – 860	$0,01 \pm 0,01$
As	11 ± 9	8	1 – 36	$1,0 \pm 0,6$
Be	-	-	< 0,005 – 0,060	-
Ca	170 ± 90	150	90 – 470	$0,86 \pm 0,75$
Cd	16 ± 13	12	3 – 54	110 ± 100
Co	$0,20 \pm 0,15$	0,15	0,03 – 0,53	$0,04 \pm 0,03$
Cr	$0,26 \pm 0,16$	0,21	0,07 – 0,54	$0,009 \pm 0,005$
Cu	27 ± 7	26	18 – 43	$2,4 \pm 1,5$
Fe	140 ± 80	140	40 – 360	$0,008 \pm 0,004$
Li	$0,64 \pm 0,34$	0,57	0,39 – 2,1	$0,03 \pm 0,01$
Mg	1300 ± 200	1300	900 – 1600	$0,57 \pm 0,23$
Mn	13 ± 5	11	5 – 25	$0,07 \pm 0,06$
Ni	$2,3 \pm 2,2$	1,5	0,7 – 9,1	$0,23 \pm 0,27$
Pb	$0,17 \pm 0,15$	0,12	0,02 – 0,61	$0,005 \pm 0,005$
Rb	520 ± 230	480	170 – 1100	16 ± 10
Se	$1,7 \pm 1,6$	1,5	0,2 – 7,5	$5,1 \pm 4,7$
Tl	< 0,10	-	-	-
Zn	140 ± 40	140	70 – 230	$2,1 \pm 1,0$

Falandysz et al. (2018) detailně studovali prvkové zastoupení v plodnicích muchomůrky červené sbíraných z šesti lokalit na severu Polska. Například v kloboucích této houby získaných v okolí města Pasym stanovili obsahy Ag ($0,72 \pm 0,13$ mg/kg), Cd (14 ± 5 mg/kg), Cu (41 ± 8 mg/kg), Rb (500 ± 170 mg/kg) a Zn (120 ± 30 mg/kg). Obsahy většiny prvků se příliš neliší od hodnot, které uvádí Lipka a Falandysz (2017). Pozorovali však nižší obsahy Ag, které se pohybovaly v rozsahu $0,09 - 1,0$ mg/kg. Obsahy Ag, Cd, Cu a Zn odpovídají výsledkům, které stanovili Falandysz et al. (2007). V kloboucích muchomůrky červené z okolí města Morag v Polsku však stanovili vyšší obsahy Pb ($1,5 \pm 1,5$ mg/kg), Se ($4,4 \pm 1,4$ mg/kg), Cr ($1,3 \pm 0,8$ mg/kg) a Fe (450 ± 310 mg/kg).

V tab. 14 jsou uvedeny průměrné obsahy prvků a jejich směrodatné odchylky ve vzorcích muchomůrky červené (*Amanita muscaria*) z jednotlivých lokalit. Hodnoty v tab. 6 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

Obsahy Cu, Li, Mg, Pb a Zn se v plodnicích muchomůrky červené příliš nelišily napříč studovanými lokalitami. Ve vzorcích z lokality Vimperk byly stanoveny nejnižší obsahy As ($2,0 \pm 0,8$ mg/kg), Ca (140 ± 30 mg/kg), Co ($0,11 \pm 0,04$ mg/kg), Cr ($0,12 \pm 0,04$ mg/kg), Cd (10 ± 4 mg/kg) a nejvyšší obsahy Be ($0,022 \pm 0,003$ mg/kg), Mn (18 ± 7 mg/kg), Se ($3,2 \pm 2,5$ mg/kg). U ostatních lokalit byly pak obsahy Cr a Mn srovnatelné a obsah Be pod mezí stanovitelnosti ($< 0,005$ mg/kg). Obsah Tl byl u všech studovaných lokalit vyhodnocen pod mezí stanovitelnosti ($< 0,10$ mg/kg). Obsah Cd byl vysoký u vzorků ze všech lokalit, nejvyšší byl však pozorován u lokality Olšina (25 ± 20 mg/kg).

Tab. 14: Průměrné obsahy prvků ve vzorcích muchomůrky červené z jednotlivých lokalit.

	Vimperk	Březová Lada	Volary	Olšina
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Ag	1,4 ± 0,2	1,0 ± 0,1	2,5 ± 1,1	1,4 ± 0,4
Al	49 ± 20	540 ± 440	120 ± 60	27 ± 9
As	2,0 ± 0,8	19 ± 1	16 ± 11	8,6 ± 2,6
Be	0,022 ± 0,003	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Ca	140 ± 30	160 ± 40	170 ± 70	210 ± 150
Cd	10 ± 4	13 ± 1	16 ± 13	25 ± 20
Co	0,11 ± 0,04	0,16 ± 0,11	0,27 ± 0,15	0,18 ± 0,20
Cr	0,12 ± 0,04	0,29 ± 0,22	0,30 ± 0,17	0,32 ± 0,12
Cu	27 ± 7	28 ± 2	26 ± 7	28 ± 9
Fe	120 ± 40	85 ± 83	190 ± 100	120 ± 30
Li	0,54 ± 0,17	0,46 ± 0,10	0,74 ± 0,51	0,68 ± 0,11
Mg	1100 ± 100	1300 ± 100	1200 ± 200	1400 ± 100
Mn	18 ± 7	11 ± 1	11 ± 4	11 ± 5
Ni	2,3 ± 0,8	0,9 ± 0,3	3,4 ± 3,1	1,2 ± 0,3
Pb	0,12 ± 0,07	0,22 ± 0,09	0,19 ± 0,19	0,12 ± 0,16
Rb	370 ± 180	580 ± 180	660 ± 240	380 ± 140
Se	3,2 ± 2,5	0,4 ± 0,2	1,5 ± 1,0	1,3 ± 0,6
Tl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Zn	150 ± 30	140 ± 60	150 ± 50	130 ± 10

4.6 Obsah prvků ve vzorcích hříbu kováře

V tab. 15 jsou shrnuty výsledky stanovení prvků v plodnicích hříbu kováře (*Sutorius luridiformis*). Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), průměrný biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 15 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny. Uvedená data reprezentují průměrné výsledky pro vzorky odebrané z lokalit Březová Lada, Volary a Olšina. Plodnice hříbu kováře se nepodařilo nalézt na lokalitách Vimperk a Stožec.

V plodnicích hříbu kováře byly akumulovány (BCF > 1, příslušné průměrné BCF jsou uvedeny v závorkách) následující prvky: Rb (15), Ag (8,6), Se (7,4), Cd (3,0), Cu (2,0) a Zn (1,6). Velmi podobný trend biokoncentračních faktorů byl pozorován u plodnic hříbu smrkového, v případě hříbu kováře byl však méně výrazný. Byly stanoveny vysoké obsahy Mg (910 ± 180 mg/kg), Rb (590 ± 270 mg/kg), Zn (160 ± 60 mg/kg), Cu (37 ± 14 mg/kg), As ($5,1 \pm 1,7$ mg/kg) a Ag ($4,0 \pm 2,7$ mg/kg). Oproti tomu nízké obsahy byly pozorovány pro Co ($0,11 \pm 0,08$ mg/kg), Be ($0,013 \pm 0,011$ mg/kg), Pb (< 0,01 – 0,35 mg/kg) a obsah Tl se pohyboval pod mezí stanovitelnosti (< 0,10 mg/kg). Průměrné obsahy většiny prvků přibližně odpovídají těm, které byly stanoveny pro hřib smrkový. Poněkud nižší obsahy byly naměřeny v případě Ag ($4,0 \pm 2,7$ vs. $8,0 \pm 5,0$ mg/kg), Cd ($0,67 \pm 0,65$ vs. $2,1 \pm 1,3$ mg/kg), Co ($0,11 \pm 0,08$ vs. $0,39 \pm 0,70$ mg/kg), Ni ($0,83 \pm 0,45$ vs. $2,6 \pm 1,5$ mg/kg) a Se ($2,2 \pm 0,7$ vs. $8,4 \pm 6,6$ mg/kg). Naopak vyšší obsah byl pozorován pro Rb (590 ± 270 vs. 370 ± 160 mg/kg). Obsahy většiny prvků korespondují s výsledky, které uvádí Ouzouni a Riganakos (2007), vyšší obsah však stanovili pro Fe (176 ± 7 mg/kg) a nižší pro Zn (61 ± 2 mg/kg). Vyšší obsahy Ag a Cd byly pozorovány u plodnic z lokality Volary v porovnání s lokalitou Olšina; Ag ($6,1 \pm 1,8$ vs. $1,4 \pm 0,3$ mg/kg), Cd ($0,92 \pm 0,78$ vs. $0,27 \pm 0,18$ mg/kg). Oproti tomu vyšší průměrný obsah Zn byl zjištěn u vzorků z Olšiny (120 ± 30 vs. 210 ± 60 mg/kg). Obsah Pb u plodnic hříbu kováře z lokality Volary se nacházel pod mezí stanovitelnosti (< 0,01 mg/kg) a u Olšiny byl určen $0,11 \pm 0,14$ mg/kg.

Tab. 15: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory pro vzorky hříbu kováře.

	c ± SD (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF ± SD
Ag	4,0 ± 2,7	4,2	1,0 – 9,7	8,6 ± 3,7
Al	20 ± 15	16	6 – 55	0,002 ± 0,004
As	5,1 ± 1,7	5,4	2,2 – 7,5	0,83 ± 0,28
Be	0,013 ± 0,011	0,008	0,005 – 0,037	0,013 ± 0,009
Ca	97 ± 39	94	60 – 210	0,28 ± 0,14
Cd	0,67 ± 0,65	0,53	0,10 – 2,3	3,0 ± 2,4
Co	0,11 ± 0,08	0,08	0,02 – 0,25	0,02 ± 0,01
Cr	0,21 ± 0,12	0,18	0,08 – 0,52	0,005 ± 0,002
Cu	37 ± 14	35	15 – 60	2,0 ± 1,1
Fe	79 ± 30	68	46 – 140	0,003 ± 0,001
Li	0,38 ± 0,13	0,33	0,24 – 0,58	0,015 ± 0,005
Mg	910 ± 180	960	600 – 1200	0,29 ± 0,14
Mn	7,2 ± 2,8	6,2	3,8 – 13	0,03 ± 0,02
Ni	0,83 ± 0,45	0,64	0,28 – 1,8	0,05 ± 0,03
Pb	-	-	< 0,01 – 0,35	-
Rb	590 ± 270	490	320 – 1200	15 ± 5
Se	2,2 ± 0,7	2,2	0,4 – 3,3	7,4 ± 3,9
Tl	-	-	< 0,10 – 0,20	-
Zn	160 ± 60	150	70 – 310	1,6 ± 0,9

4.7 Obsahy prvků ve vzorcích pýchavky obecné

V tab. 16 jsou shrnuty výsledky stanovení prvků v plodnicích pýchavky obecné (*Lycoperdon perlatum*). Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), průměrný biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 16 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny. Uvedená data reprezentují průměrné výsledky pro vzorky odebrané z lokalit Volary a Olšina. Plodnice pýchavky obecné se nepodařilo najít na lokalitách Vimperk, Březová Lada a Stožec.

V plodnicích pýchavky obecné byly akumulovány prvky: Ag (BCF = 20), Cu (7,8), Cd (3,8), Se (3,6), Rb (1,9) a Zn (1,9). Vysoké průměrné obsahy byly stanoveny pro Mg (1900 ± 300 mg/kg), Fe (430 ± 280 mg/kg), Zn (220 ± 30 mg/kg), Ca (140 ± 50 mg/kg), Cu (120 ± 30 mg/kg), Mn (37 ± 11 mg/kg), Ag ($5,9 \pm 2,6$ mg/kg), Se ($0,90 \pm 0,43$ mg/kg) a Cd ($0,63 \pm 0,29$ mg/kg). Nejnižší obsahy byly pozorovány pro Be ($< 0,005 - 0,011$ mg/kg) a Tl ($< 0,10 - 0,74$ mg/kg). Významné rozdíly v obsahu prvků ve vzorcích odebraných z lokalit Volary a Olšina byly následovné: Fe (300 ± 160 vs. 550 ± 340 mg/kg), Cd ($0,79 \pm 0,32$ vs. $0,47 \pm 0,17$ mg/kg), Cr ($0,65 \pm 0,46$ vs. $1,9 \pm 1,6$ mg/kg), Li ($0,43 \pm 0,13$ vs. $0,73 \pm 0,22$ mg/kg) a Pb ($0,61 \pm 0,49$ vs. $1,3 \pm 0,4$ mg/kg). Obsahy ostatních prvků byly v rámci obou lokalit srovnatelné. Mędyk et al. (2017) stanovili v plodnicích pýchavky obecné z okolí města Umeå ve Švédsku průměrné obsahy Zn (140 ± 1 mg/kg), Fe (120 ± 7 mg/kg), Cu (100 ± 7 mg/kg), Mn (22 ± 3 mg/kg), Pb ($4,7 \pm 0,6$ mg/kg), Ag ($1,3 \pm 1,1$ mg/kg) a Cd ($0,92 \pm 0,10$ mg/kg). Výsledky této práce jsou z velké části srovnatelné s těmi, které uvádí Ivanić et al. (2021). Autoři však stanovili poněkud nižší obsahy As, Cr, Fe, Li, Rb a Zn. Keskin et al. (2021b) pozorovali v plodnicích pýchavky čokoládové (*Lycoperdon molle*) sbíraných v lese Belgrad v Turecku relativně nižší obsahy Fe ($148,2 \pm 1,2$ mg/kg), Cu ($31,65 \pm 0,11$ mg/kg), Cd ($0,39 \pm 0,09$ mg/kg) a Cr ($0,17 \pm 0,09$ mg/kg).

Tab. 16: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory pro vzorky pýchavky obecné.

	$c \pm SD$ (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF $\pm SD$
Ag	5,9 \pm 2,6	6,1	1,7 – 11	20 \pm 17
Al	54 \pm 14	57	34 – 69	0,005 \pm 0,003
As	6,4 \pm 3,1	5,1	3,0 – 12	0,81 \pm 0,39
Be	-	-	< 0,005 – 0,011	-
Ca	140 \pm 50	160	70 – 220	0,36 \pm 0,15
Cd	0,63 \pm 0,29	0,62	0,31 – 1,3	3,8 \pm 1,2
Co	0,23 \pm 0,11	0,18	0,14 – 0,50	0,04 \pm 0,01
Cr	1,2 \pm 1,3	0,8	0,2 – 4,3	0,03 \pm 0,03
Cu	120 \pm 25	120	80 – 160	7,8 \pm 3,7
Fe	430 \pm 280	330	120 – 1100	0,02 \pm 0,01
Li	0,58 \pm 0,23	0,57	0,28 – 1,08	0,02 \pm 0,01
Mg	1900 \pm 300	1900	1300 – 2300	0,50 \pm 0,13
Mn	37 \pm 11	35	21 – 56	0,13 \pm 0,11
Ni	1,2 \pm 0,6	1,0	0,5 – 1,9	0,07 \pm 0,03
Pb	0,96 \pm 0,55	0,94	0,07 – 1,8	0,06 \pm 0,05
Rb	62 \pm 22	59	28 – 100	1,9 \pm 1,2
Se	0,90 \pm 0,43	0,78	0,50 – 2,2	3,6 \pm 2,6
Tl	-	-	< 0,10 – 0,74	-
Zn	220 \pm 30	210	180 – 270	1,9 \pm 0,6

4.8 Obsahy prvků ve vzorcích holubinky nazelenalé

V tab. 17 jsou shrnuty výsledky stanovení prvků v plodnicích holubinky nazelenalé (*Russula virescens*). Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián, rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální), průměrný biokoncentrační faktor (BCF) a jeho směrodatná odchylka. Obsahy prvků v tab. 17 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny. Vzorky této houby byly odebrány pouze z lokality Olšina.

V plodnicích holubinky nazelenalé byly stanoveny vysoké průměrné obsahy Mg (1300 ± 100 mg/kg), Ca (430 ± 260 mg/kg), Fe (300 ± 180 mg/kg), Rb (210 ± 50 mg/kg), Al (140 ± 100 mg/kg), Zn (100 ± 40 mg/kg), Cu (37 ± 11 mg/kg) a Mn (26 ± 9 mg/kg). Oproti tomu nejnižší obsahy byly pozorovány pro Be ($0,013 \pm 0,002$ mg/kg), Se ($< 0,10 - 0,40$ mg/kg) a Tl ($< 0,10$ mg/kg). Průměrné biokoncentrační faktory vyšší než 1,0 byly pro vzorky holubinky nazelenalé určeny v případě Rb (8,4), Cd (6,0), Ag (3,5), Cu (3,1) a Zn (2,1), tyto prvky byly tedy v plodnicích akumulovány. Nejnižší průměrné BCF pak byly pozorovány pro Al (0,011), Be (0,018), Cr (0,011), Fe (0,03) a Pb (0,05). Busuioc et al. (2011) studovali bioakumulaci Cu, Fe a Zn u čtyř druhů holubinek sbíraných v Jižním Rumunsku. V případě plodnic holubinky nazelenalé stanovili obsahy Cu (6,44 mg/kg), Fe (61,93 mg/kg) a Zn (78,18 mg/kg). Příslušné biokoncentrační faktory pak určili pro Cu (0,027), Fe (0,008) a Zn (0,028). Dogan et al. (2022) uvádí pro plodnice holubinky nazelenalé z regionu Jižní Marmara v Turecku relativně podobné obsahy Cr, Cu a Ni ve srovnání s touto prací. Nižší obsahy pak stanovili v případě Cd ($0,24 \pm 0,01$ mg/kg) a Zn ($57,3 \pm 1,8$ mg/kg). Vyšší obsahy určili například pro Ca (533 ± 37 mg/kg) a Mn (140 ± 10 mg/kg). Keskin et al. (2021a) studovali prvkové zastoupení v plodnicích téhož druhu z lesa Belgrad a Národního parku Mount Iglaz v Turecku. V porovnání s touto prací stanovili vyšší obsah Se ($0,54 \pm 0,18$ mg/kg), nižší obsah Cu ($29 \pm 0,2$ mg/kg) a podobný obsah Cd ($0,63 \pm 0,03$ mg/kg). Paják et al. (2020) podrobně studovali prvkové složení hub z čeledi holubinkovité (*Russulaceae*) rostoucích v lesních ekosystémech se silným znečištěním těžkými kovy v Horním Slezsku v Polsku. V porovnání s touto prací autoři stanovili výrazně vyšší obsahy Cd, Cr a Pb, ale relativně podobné obsahy Cu a Ni.

Tab. 17: Průměrné obsahy prvků a biokoncentrační faktory pro vzorky holubinky nazelenalé.

	$c \pm SD$ (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)	BCF $\pm SD$
Ag	1,01 \pm 0,55	0,84	0,29 – 1,7	3,5 \pm 1,3
Al	140 \pm 100	100	40 – 280	0,011 \pm 0,009
As	9,9 \pm 3,2	12	5,3 – 13	0,91 \pm 0,38
Be	0,013 \pm 0,002	0,013	0,010 – 0,015	0,018 \pm 0,009
Ca	430 \pm 260	380	150 – 780	0,78 \pm 0,35
Cd	0,55 \pm 0,16	0,60	0,28 – 0,69	6,0 \pm 3,0
Co	0,31 \pm 0,02	0,30	0,28 – 0,35	0,11 \pm 0,04
Cr	0,37 \pm 0,16	0,38	0,16 – 0,59	0,011 \pm 0,006
Cu	37 \pm 11	36	20 – 48	3,1 \pm 0,9
Fe	300 \pm 180	270	120 – 540	0,03 \pm 0,02
Li	0,63 \pm 0,13	0,59	0,50 – 0,84	0,026 \pm 0,006
Mg	1300 \pm 100	1300	1200 – 1500	0,51 \pm 0,21
Mn	26 \pm 9	22	19 – 39	0,18 \pm 0,09
Ni	1,2 \pm 0,1	1,1	1,1 – 1,3	0,13 \pm 0,03
Pb	0,58 \pm 0,17	0,54	0,41 – 0,81	0,05 \pm 0,02
Rb	210 \pm 50	190	160 – 260	8,4 \pm 3,5
Se	-	-	< 0,10 – 0,40	-
Tl	< 0,10	-	-	-
Zn	100 \pm 40	70	60 – 160	2,1 \pm 0,9

4.9 Obsahy prvků ve vzorcích penízovky sametonohé

V tab. 18 jsou shrnuty výsledky stanovení prvků v plodnicích penízovky sametonohé (*Flammulina velutipes*). Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c), jeho směrodatná odchylka (SD), medián a rozsah naměřených obsahů (minimální – maximální). Obsahy prvků v tab. 18 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny. Vzorky této houby byly odebrány pouze z lokality Olšina.

V plodnicích penízovky sametonohé byly stanoveny relativně vysoké obsahy Mg (1800 ± 300 mg/kg), Ca (410 ± 160 mg/kg), Rb (210 ± 190 mg/kg), Zn (92 ± 8 mg/kg) a Fe (63 ± 15 mg/kg). Oproti tomu byly zaznamenány nízké obsahy Ag ($0,22 \pm 0,12$ mg/kg), Be ($< 0,005 - 0,038$ mg/kg), Co ($< 0,02 - 0,07$ mg/kg), Cr ($0,15 \pm 0,03$ mg/kg), Pb ($0,09 \pm 0,05$ mg/kg), Se ($< 0,10 - 1,1$ mg/kg), a Tl ($< 0,10 - 0,60$ mg/kg). Mleczek et al. (2021) detailně studovali minerální složení řady druhů hub odebíraných v Dolním a Horním Slezsku v Polsku mezi lety 2013 a 2019. V případě penízovky sametonohé stanovili obsahy Al, Co, Mg a Mn srovnatelné s touto prací. Naměřili však nižší obsahy Ag (0,043 mg/kg), As (0,796 mg/kg), Ca (24,6 mg/kg), Cd (0,396 mg/kg), Rb (0,902 mg/kg) a Zn (66,1 mg/kg). Oproti tomu ale určili vyšší obsahy Cu (42,9 mg/kg), Fe (160 mg/kg), Ni (7,089 mg/kg), Pb (1,29 mg/kg) a Tl (0,663 mg/kg). Výsledky této práce jsou převážně konzistentní s těmi, které uvádí Vondruška et al. (2022) pro plodnice penízovky sametonohé sbírané v blízkosti Soběslavi v únoru 2020. Zaznamenali však relativně vyšší obsah Pb ($0,37 \pm 0,23$ mg/kg) a nižší obsah As ($0,22 \pm 0,12$).

Tab. 18: Průměrné obsahy prvků ve vzorcích penízovky sametonohé.

	c ± SD (mg/kg)	Medián (mg/kg)	Rozsah (mg/kg)
Ag	0,22 ± 0,12	0,21	0,01 – 0,53
Al	19 ± 6	17	8 – 32
As	14 ± 4	15	7 – 20
Be	-	-	< 0,005 – 0,038
Ca	410 ± 160	420	170 – 610
Cd	1,05 ± 0,56	0,91	0,33 – 2,2
Co	-	-	< 0,02 – 0,07
Cr	0,15 ± 0,03	0,15	0,11 – 0,20
Cu	9,9 ± 2,4	9,9	6,8 – 15
Fe	63 ± 15	64	36 – 90
Li	0,40 ± 0,03	0,40	0,35 – 0,44
Mg	1800 ± 300	1700	1400 – 2300
Mn	20 ± 8	23	9 – 31
Ni	0,52 ± 0,37	0,45	0,12 – 1,43
Pb	0,09 ± 0,05	0,09	0,02 – 0,19
Rb	210 ± 190	90	50 – 470
Se	-	-	< 0,10 – 1,12
Tl	-	-	< 0,10 – 0,60
Zn	92 ± 8	95	77 – 103

4.10 Obsah prvků ve vzorcích půd

V tab. 19 jsou shrnuty výsledky stanovení prvků ve vzorcích půd z jednotlivých studovaných lokalit. Pro každý prvek je uveden průměrný obsah (c) a jeho směrodatná odchylka (SD). Hodnoty v tab. 19 jsou vyjádřeny v mg/kg sušiny.

Vzorky půd byly odebírány přímo pod plodnicemi studovaných hub. Odebírána byla vrchní vrstva půdy do hloubky 10 cm (Širić a Falandysz, 2020). Plodnice penízovky sametonohé (*Flammulina velutipes*) rostou na dřevě, proto byla jediným druhem, pro který nebyly půdy odebírány. Ve vzorcích půd byly stanoveny vysoké obsahy Al, Fe, Mg, Ca a Mn. Oproti tomu byly pozorovány nízké obsahy Ag, Cd, Se a Tl. V půdách z lokality Stožec byly naměřeny nejvyšší obsahy Be ($1,5 \pm 0,8$ mg/kg), Cr (78 ± 65 mg/kg), Li (35 ± 21 mg/kg), Ni (18 ± 10 mg/kg), Rb (50 ± 18 mg/kg), Tl ($0,43 \pm 0,18$ mg/kg) a nejnižší obsahy As ($3,9 \pm 2,7$ mg/kg), Cd ($0,07 \pm 0,03$ mg/kg), Cu (10 ± 3 mg/kg), Zn (53 ± 20 mg/kg). Ve vzorcích odebraných z lokality Vimperk byly pozorovány nejvyšší obsahy As (20 ± 5 mg/kg), Pb (46 ± 16 mg/kg) a nejnižší obsahy Ag ($0,26 \pm 0,23$ mg/kg), Co ($2,7 \pm 1,8$ mg/kg), Cr (21 ± 13 mg/kg) a Ni ($9,5 \pm 7,9$ mg/kg). Nejnižší obsahy Pb (14 ± 6 mg/kg), Se ($0,25 \pm 0,11$ mg/kg) a Tl ($0,17 \pm 0,05$) byly zaznamenány u půd z Olšiny. Obsahy většiny prvků se příliš nelišily od hodnot, které uvádí Šíma et al. (2020) pro půdy odebrané z ovocného sadu poblíž Soběslavi. Stanovili však nižší obsahy Li ($7,98 \pm 1,67$ mg/kg), Rb ($15,3 \pm 3,9$) a vyšší obsahy Al (6460 ± 1360 mg/kg), Ca (2240 ± 2150 mg/kg), Fe (6540 ± 800 mg/kg). Výsledky této práce převážně korespondují s obsahy, které byly naměřeny v půdách odebraných u obce Křišťanovice na Prachaticku (Krejso, 2020). U Křišťanovic ale byly pozorovány nižší obsahy Ag ($0,07 \pm 0,04$ mg/kg) a As ($5,6 \pm 1,6$ mg/kg). Franclová et al. (2017) stanovili obsahy As (23 mg/kg), Cd (0,8 mg/kg), Cr (81 mg/kg) a Pb (57 mg/kg) ve vzorcích půd z okolí Ostravy, kde byla předpokládána vysoká míra znečištění. Falandysz a Treu (2019) pozorovali v půdách odebraných z lesů v okolí města Poniatowa obsahy Ag ($3,1 \pm 2,5$ mg/kg), Cd ($0,058 \pm 0,038$ mg/kg), Co ($1,2 \pm 0,7$ mg/kg) a Mn (200 ± 110 mg/kg).

Tab. 19: Obsahy prvků ve vzorcích půd z jednotlivých lokalit.

	Vimperk	Březová Lada	Volary	Stožec	Olšina
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Ag	0,26 ± 0,23	0,34 ± 0,14	0,49 ± 0,26	0,31 ± 0,09	0,27 ± 0,12
Al	14000 ± 4000	20000 ± 8000	20000 ± 4000	17000 ± 5000	18000 ± 4000
As	20 ± 5	13 ± 9	13 ± 8	3,9 ± 2,7	12 ± 7
Be	1,1 ± 0,6	1,0 ± 0,5	1,3 ± 0,6	1,5 ± 0,8	0,8 ± 0,2
Ca	390 ± 440	600 ± 560	420 ± 380	550 ± 560	490 ± 230
Cd	0,16 ± 0,10	0,12 ± 0,04	0,26 ± 0,14	0,07 ± 0,03	0,12 ± 0,04
Co	2,7 ± 1,8	4,1 ± 1,8	6,8 ± 4,0	4,4 ± 2,2	4,0 ± 1,7
Cr	21 ± 13	37 ± 18	46 ± 12	78 ± 65	35 ± 8
Cu	11 ± 8	15 ± 5	20 ± 6	10 ± 3	17 ± 9
Fe	16000 ± 6000	21000 ± 7000	24000 ± 6000	17000 ± 6000	18000 ± 5000
Li	27 ± 10	25 ± 12	26 ± 7	35 ± 21	31 ± 8
Mg	2100 ± 1000	2700 ± 900	3000 ± 700	3000 ± 2100	3900 ± 1800
Mn	200 ± 160	290 ± 220	340 ± 210	200 ± 150	220 ± 110
Ni	9,5 ± 7,9	15 ± 5	16 ± 6	18 ± 10	14 ± 3
Pb	46 ± 16	44 ± 20	41 ± 16	36 ± 15	14 ± 6
Rb	38 ± 23	41 ± 22	41 ± 14	50 ± 18	39 ± 23
Se	0,34 ± 0,19	0,49 ± 0,14	0,38 ± 0,14	0,34 ± 0,18	0,25 ± 0,11
Tl	0,22 ± 0,08	0,25 ± 0,09	0,22 ± 0,07	0,43 ± 0,18	0,17 ± 0,05
Zn	84 ± 55	81 ± 30	89 ± 24	53 ± 20	88 ± 46

4.11 Statistická analýza

Pro všechny statistické výpočty byl použit program Minitab 20.4 (Minitab, LLC., 2021). Výsledky byly vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) s post hoc Tukeyho párovým srovnáním, analýzy hlavních komponent (PCA) a shlukové analýzy. Pearsonova korelace byla použita k posouzení vztahu mezi obsahy jednotlivých prvků v plodnicích hub a půd.

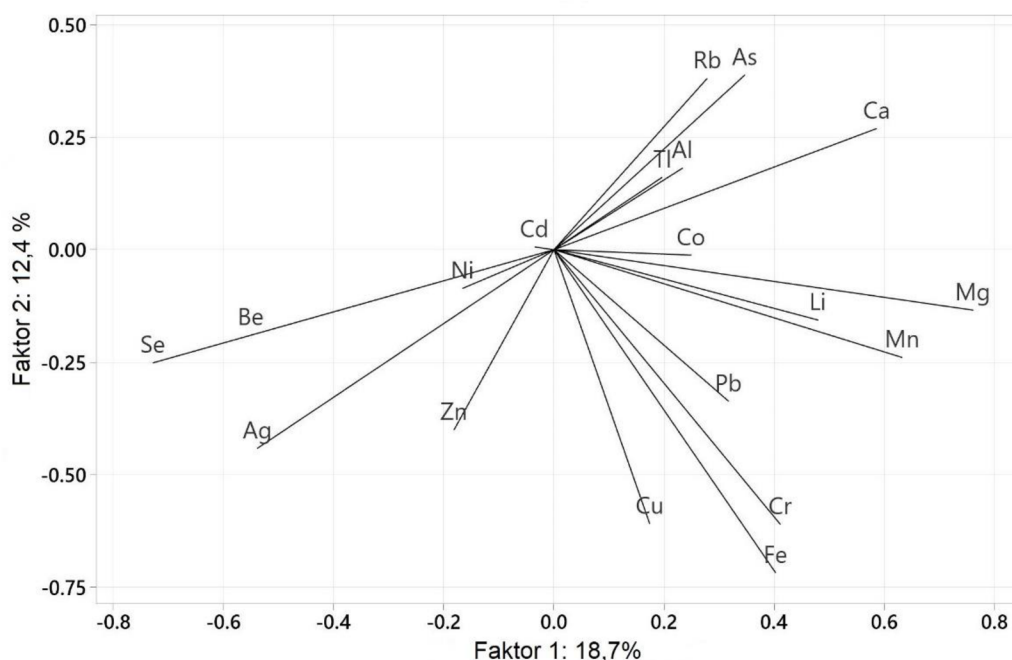
Třífaktorová analýza rozptylu (ANOVA) byla provedena pro všech 19 prvků. Nulovou hypotézou bylo, že se průměrná hodnota obsahu konkrétního prvku mezi studovanými druhy hub, lokalitou a rokem sběru vzorků nemění. Tato hypotéza byla pro všechny prvky testována na hladině významnosti 5 %. S ohledem na studované druhy hub byla tato hypotéza zamítnuta pro všechny prvky. Z toho vyplývá, že obsahy prvků jsou silně závislé na druhu houby. Vliv lokality sběru vzorků se ukázal být nevýznamný pro 8 prvků (v závorkách jsou uvedeny jednotlivé hodnoty pravděpodobnosti (p)) – Ag (0,359), Al (0,285), Be (0,767), Cd (0,518), Cu (0,432), Fe (0,164), Se (0,195) a Tl (0,080). Vliv roku sběru vzorků byl shledán nevýznamným pro 12 prvků – Al (0,084), Ca (0,096), Co (0,061), Cr (0,479), Cu (0,572), Fe (0,261), Mg (0,611), Mn (0,629), Pb (0,279), Rb (0,338), Tl (0,0975) a Zn (0,280). Druh houby měl významný vliv na obsahy prvků v plodnicích hub. Tukeyův test vycházející z analýzy rozptylu ukazuje na podobné chování některých druhů hub, výsledky jsou shrnuty v tab. 20. Stejná písmena v tab. 20 označují nevýznamné rozdíly obsahu konkrétního prvku mezi druhy hub. Malé mezidruhové rozdíly byly pozorovány pro obsahy Al, Be, Cd, Co, Cr, Li, Ni, Se a Tl. Střední mezidruhové rozdíly byly zjištěny pro obsahy Ag, As, Ca, Mg a Mn. Velké mezidruhové rozdíly byly pozorovány pro obsahy Cu, Fe, Pb, Rb a Zn.

Tab. 20: Tukeyův test.

Druh houby	Ag	Al	As	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mg	Mn	Ni	Pb	Rb	Se	Tl	Zn
hřib smrkový	A	B	BC	A	C	B	B	B	BC	CD	B	D	C	A	D	DE	A	B	B
muchomůrka růžovka	BC	B	A	B	C	B	B	B	BC	CD	B	C	C	AB	AB	B	B	B	BCD
bedla vysoká	B	B	ABC	B	C	B	B	B	A	CD	B	BC	C	AB	BC	E	B	B	DE
liška obecná	BC	B	BC	B	A	B	A	B	BC	CD	B	C	B	AB	BCD	A	B	B	E
muchomůrka červená	BC	A	AB	B	C	A	B	B	CD	BC	A	C	C	AB	CD	BCD	B	B	BC
hřib kovář	B	B	C	B	C	B	B	B	BC	CD	B	D	C	B	BCD	BC	B	B	B
♀ pýchavka obecná	A	AB	BC	B	BC	B	B	A	A	A	AB	A	A	B	A	E	B	AB	A
holubinka nazelenalá	BC	AB	C	AB	AB	B	AB	B	BCD	AB	AB	CD	AB	AB	ABCD	CDE	B	B	CDE
penízovka sametonohá	C	AB	AB	B	A	B	B	B	D	D	B	AB	B	AB	ABCD	BCDE	B	A	CDE

Shodná písmena označují nevýznamné rozdíly mezi druhy hub ($p < 0,05$).

Následně byly použity vícerozměrné statistické metody. Analýza hlavních komponent (PCA) byla provedena pro celý soubor vzorků. Výsledek je znázorněn na obr. 12. PCA neodhalila žádný dominantní faktor (Faktor 1: 18,7 % a Faktor 2: 12,4 %). Byl vybrán model, který má šest faktorů s vlastními hodnotami (eigenvalues) většími než jedna. Zvolený model vysvětluje 62,3 % celkové variability dat.

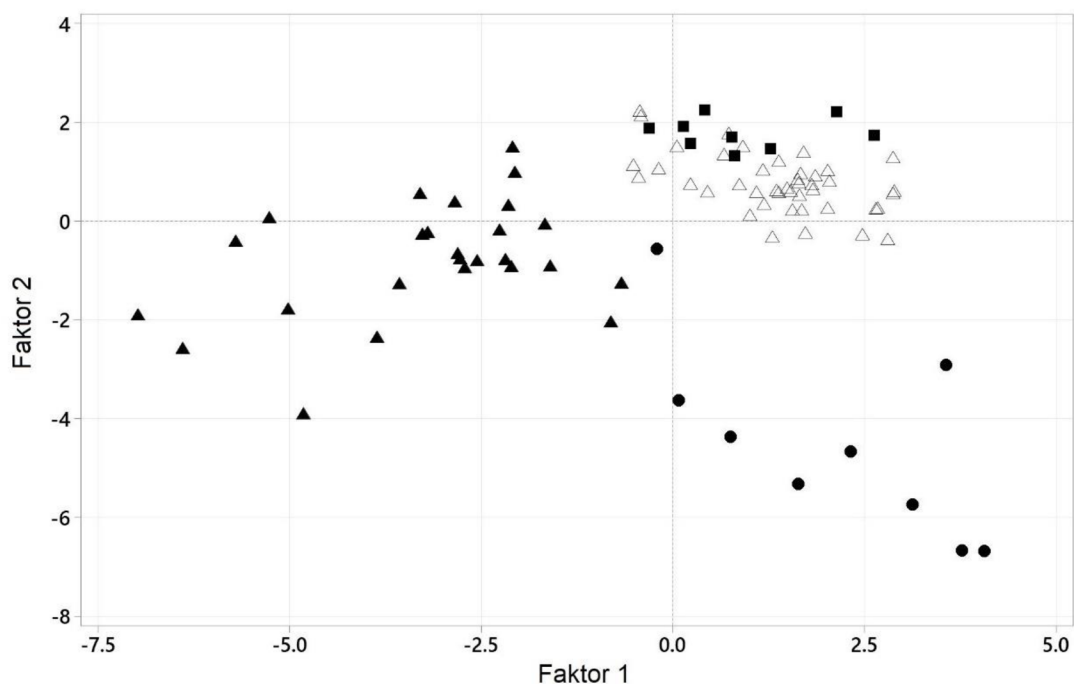


Obr. 12: Analýza hlavních komponent. Zobrazení v rovině dvou hlavních faktorů.

První faktor tohoto modelu ukazuje na významnou skupinu vzorků, pro níž je typický zvýšený obsah Ca, Mg, a Mn ve srovnání s průměrným obsahem těchto prvků v celé studii. Dále tento faktor ukazuje skupinu vzorků s výrazně nižšími obsahy Se, Ag a Be. Druhý faktor může být vysvětlen jako antagonismus obsahů Cu, Fe, Cr na jedné straně a As, Rb na straně druhé. Třetí faktor ukazuje negativní korelaci mezi Co, Mn a Zn, Cd. Výpovědní hodnota dalších faktorů je již nižší. Čtvrtý faktor souvisí s Li a Co, pátý faktor s Pb a šestý faktor souvisí se Zn. Příslušné vlastní hodnoty jednotlivých šesti faktorů jsou 3,55; 2,36; 1,89; 1,58; 1,28 a 1,18. Výsledky PCA jsou konzistentní s Pearsonovými korelacemi. Sdružené standardizované obsahy Ca, Mg a Mn jsou negativně korelovány se Se, Ag a Be ($r = -0,366$; $p < 0,001$). Obsahy Cu jsou negativně korelovány se sdruženými standardizovanými obsahy As a Rb ($r = -0,295$;

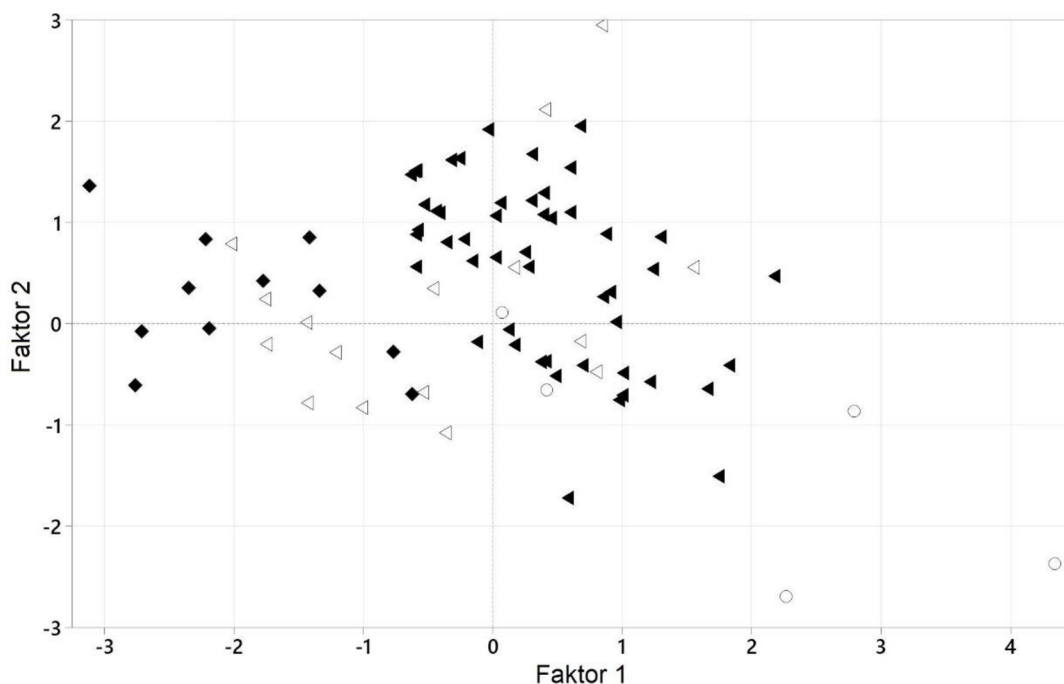
$p < 0,001$). Obsah Mn je negativně korelovan s Cd ($r = -0,207$; $p < 0,003$) a Co je negativně korelovan se Zn ($r = -0,225$; $p < 0,001$).

Na obr. 13 a obr. 14 jsou znázorněny PCA projekce druhů hub do roviny prvních dvou faktorů. Na obr. 13 plný trojúhelník odpovídá hříbu smrkovému, prázdný trojúhelník lišce obecné, plný kruh pýchavce obecné a plný čtverec penízovce sametonohé. Skupiny bodů odpovídající jednotlivým druhům těchto hub jsou zřetelně rozlišitelné.



Obr. 13: PCA projekce druhů hub do roviny dvou hlavních faktorů (plný rozsah). Plný trojúhelník – hřib smrkový, prázdný trojúhelník – liška obecná, plný kruh – pýchavka obecná, plný čtverec – penízovka sametonohá.

Porovnáním obr. 12 a obr. 13 je možné vidět, že liška obecná je charakteristická vyššími obsahy Ca, Mn; pýchavka obecná vyššími obsahy Mg, Mn, Cu a penízovka sametonohá vyššími obsahy Mg, Ca, As. Tyto tři druhy vykazovaly nízké obsahy Be, Se; v případě lišky obecné a penízovky sametonohé také Ag, Cu, Zn. Hřib smrkový se od těchto tří druhů značně liší. Hřib smrkový je charakteristický vyššími obsahy Ag, Be, Se, Zn a zároveň nižšími obsahy Ca, Mg, Mn.

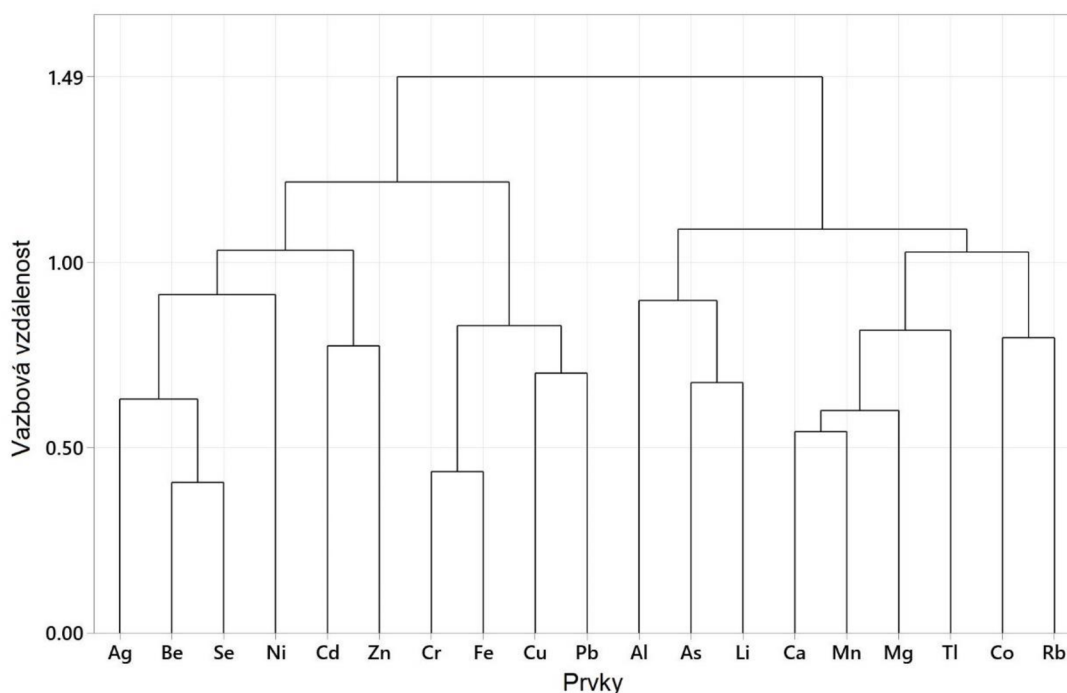


Obr. 14: PCA projekce druhů hub do roviny dvou hlavních faktorů (centrální část obr. 13).

Plný čtverec – hřib kovář, prázdný kruh – holubinka nazelenalá, prázdný trojúhelník – muchomůrka červená, plný trojúhelník – muchomůrka růžovka.

Obr. 14 znázorňuje zvětšenou centrální část PCA projekce druhů hub do roviny dvou hlavních faktorů. Plný čtverec odpovídá hříbu kováři, prázdný kruh holubince nazelenalé, prázdný trojúhelník muchomůrce červené a plný trojúhelník muchomůrce růžovce. Body znázorňující bedlu vysokou, které by se nacházely ve středu grafu, byly vynechány, protože v grafu nevyznačovaly žádný významný trend. Hřib kovář je charakteristický akumulací Ag, Be, Se, Zn a zároveň nižšími obsahy Ca, Mg, Mn, As. Tento trend je podobný hříbu smrkovému, v případě hříbu kováře je však méně výrazný.

Shluková analýza byla provedena metodou sdružování Pearsonových korelačních koeficientů. Shluková analýza je znázorněna na obr. 15 (dendrogram).



Obr. 15: Dendrogram pro analyzované prvky.

Na obr. 15 je možné vidět čtyři skupiny prvků, které jsou převážně konzistentní s výsledky PCA. První skupina prvků se skládá z Ag, Be, Se, Ni, Cd, Zn. Tyto prvky se na obr. 12 nachází v levé části grafu, kde jim odpovídají záporné hodnoty prvního faktoru PCA. Nejvíce odlišné prvky jsou znázorněny na opačné straně dendrogramu, jedná se o Ca, Mn, Mg, Tl, Co, Rb. Všem těmto prvkům odpovídá kladná hodnota prvního faktoru PCA. V dendrogramu je rovněž patrná spojitost s druhým faktorem PCA. Jedná se o skupinu prvků Cr, Fe, Cu, Pb na záporné straně osy a Al, As na straně kladné. Analogii s PCA se v dendrogramu vymyká pouze Li.

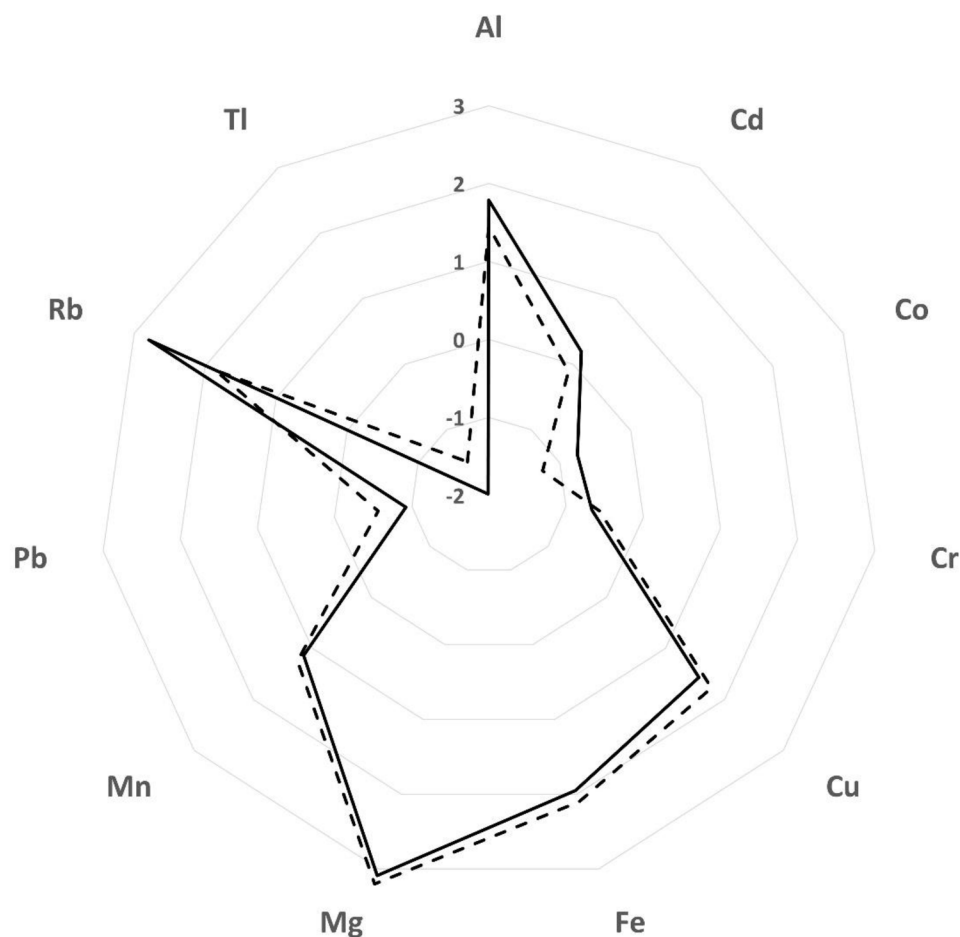
V tab. 21 jsou uvedeny Pearsonovy korelační koeficienty pro vztah mezi obsahy prvků v plodnicích hub a v půdách. Statisticky významnou korelaci vykazovaly pouze některé druhy hub a některé prvky. Tento vztah byl výrazný zejména pro Ag (hřib smrkový, bedla vysoká, liška obecná, hřib kovář), Cd (hřib smrkový, bedla vysoká, liška obecná, pýchavka obecná, hřib kovář) a Be (hřib smrkový, muchomůrka červená, hřib kovář). S ohledem na druh houby byl pozorován nejvýraznější vztah mezi obsahy prvků v plodnicích a půdách pro hřib kovář a lišku obecnou.

Tab. 21: Pearsonovy korelační koeficienty pro vztah mezi obsahy prvků v plodnicích hub a v půdách.

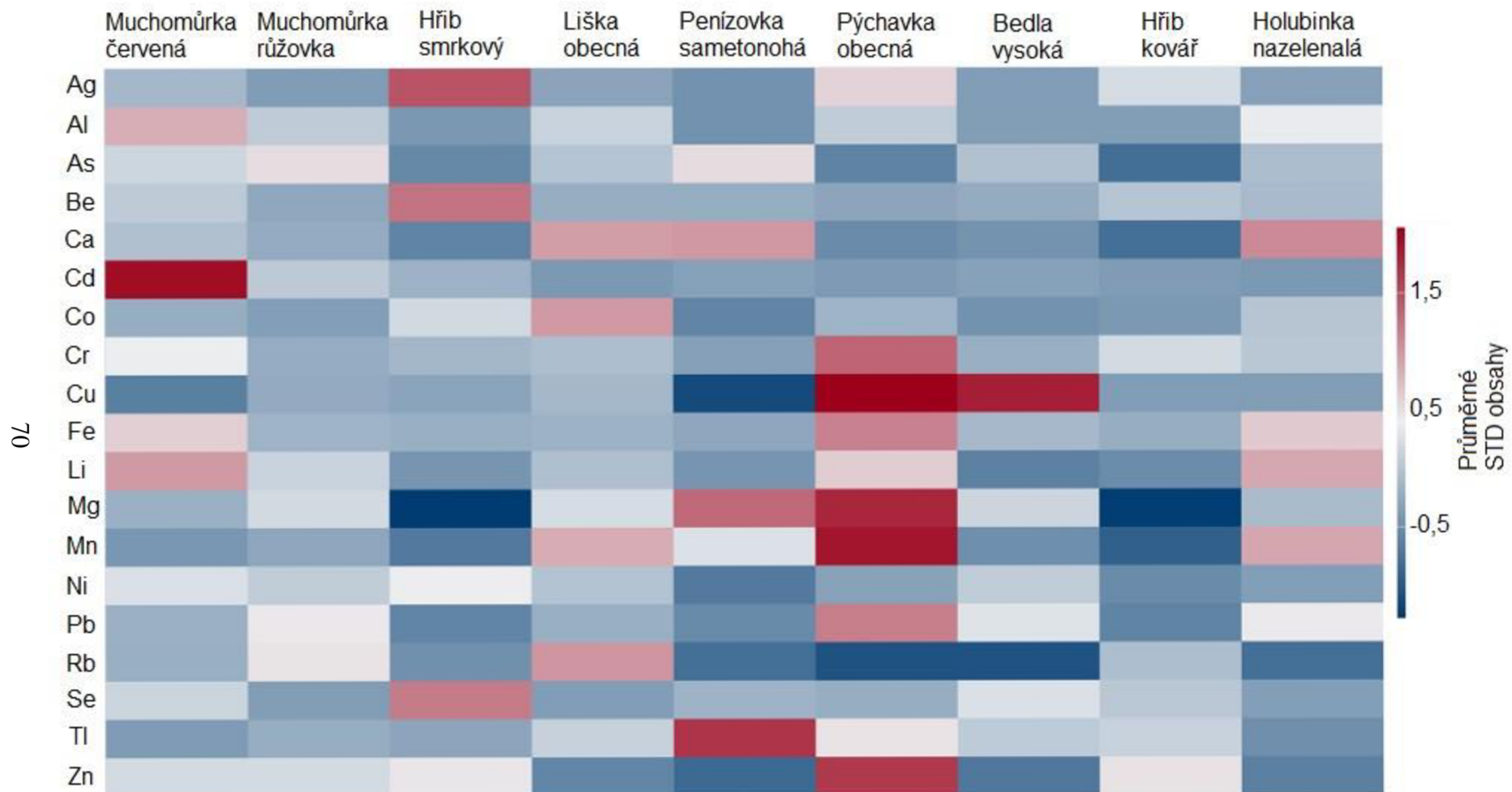
Druh houby	N	Ag	Al	As	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Li	Mg
hřib smrkový	28	0,409*	n.s.	n.s.	0,591**	n.s.	0,675**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
bedla vysoká	20	0,604*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,646*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
liška obecná	43	0,604**	n.s.	0,691**	n.s.	n.s.	0,419*	n.s.	0,564**	n.s.	0,494**
muchomůrka červená	22	n.s.	0,681**	n.s.	0,760**	n.s.	n.s.	0,611*	n.s.	n.s.	n.s.
muchomůrka růžovka	52	n.s.	n.s.	0,286*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pýchavka obecná	12	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,940**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
hřib kovář	13	0,730*	n.s.	n.s.	0,610*	0,568*	0,644*	0,690*	n.s.	0,579*	n.s.

N – počet vzorků; n.s. – statisticky nevýznamná hodnota (not significant); * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,001$

Na obr. 16 je graficky znázorněno porovnání mykorrhizních a saprotrofních studovaných druhů hub. Rozdílná životní strategie se statisticky významně odráží v obsahu jedenácti prvků: Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Pb, Rb a Tl. Rozdíl v životní strategii byl pro zbylých osm prvků (Ag, As, Be, Ca, Li, Ni, Se a Zn) vyhodnocen jako nevýznamný. Obsahy prvků jsou v grafu vyneseny v logaritmickém měřítku, díky čemuž je možné do grafu zakreslit jak stopové, tak i hojně zastoupené prvky. Z druhů hub, kterými se zabývá tato práce, se mezi saprotrofní řadí bedla vysoká a pýchavka obecná. Mezi mykorrhizní druhy patří hřib smrkový, muchomůrka růžovka, liška obecná, hřib kovář, muchomůrka červená a holubinka nazelenalá (Holec et al., 2017).



Obr. 16: Srovnání mykorrhizních a saprotrofních druhů hub.



Obr. 17: Heat-mapa.

Na obr. 17 jsou standardizované obsahy prvků pro jednotlivé druhy hub znázorněny graficky v takzvané heat-mapě. Standardizovaným obsahům prvků odpovídá barva, která se pohybuje na škále od tmavě červené (nejvyšší) k tmavě modré (nejnižší). Údaje z heat-mapy korespondují s výsledky PCA. Z obr. 17 je vidět, že hříb smrkový je charakteristický vyššími obsahy Ag, Be, Se a oproti tomu nízkými obsahy Ca, Mg, Mn. V plodnicích lišky obecné byly zaznamenány vyšší obsahy Ca, Co, Mn a Rb. V případě muchomůrky červené bylo výrazně akumulováno Cd a dále byly určeny vyšší obsahy Al, Fe a Li. V plodnicích pýchavky obecné byly pozorovány vysoké obsahy Cr, Cu, Mg, Mn, Pb a Zn. V porovnání s ostatními druhy byly pro bedlu vysokou stanoveny nižší obsahy Rb, Zn a vyšší obsah Cu. V případě holubinky nazelenalé byly pozorovány relativně vyšší obsahy Ca, Fe, Li a Mn. Zajímavým případem je obsah Tl v plodnicích penízovky sametonohé, který se v části vzorků pohyboval pod mezí stanovitelnosti a v části dosahoval relativně vysokých hodnot. V případě muchomůrky růžovky se obsahy prvků většinou pohybují kolem průměrných hodnot.

5 Závěr

V této disertační práci bylo stanovováno 19 rizikových a esenciálních prvků v plodnicích volně rostoucích hub sbíraných na pěti zvolených lokalitách v Národním parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava. Studovanými druhy byly hřib smrkový (*Boletus edulis*), muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*), bedla vysoká (*Macrolepiota procera*), liška obecná (*Cantharellus cibarius*), hřib kovář (*Sutorius luridiformis*), pýchavka obecná (*Lycoperdon perlatum*), holubinka nazelenalá (*Russula virescens*), penízovka sametonohá (*Flammulina velutipes*) a muchomůrka červená (*Amanita muscaria*). Přímo pod plodnicemi hub, byly odebírány vzorky půd a následně byly vyhodnoceny biokoncentrační faktory (BCF).

Obsahy prvků v plodnicích hub a biokoncentrační faktory byly výrazně druhově závislé. Biokoncentrační faktory byly také značně prvkově specifické. Obecně byla v plodnicích studovaných hub pozorována akumulace Cd, Rb, Ag, Cu, Se a Zn. Jako pozitivní se z výživového hlediska jeví akumulace Se v hřibovitých houbách, pro hřib smrkový byl určen biokoncentrační faktor 25 ± 20 a pro hřib kovář $7,4 \pm 3,9$. Nejnižší biokoncentrační faktory byly pozorovány v případě Al, Be, Cr, Fe a Pb. V plodnicích studovaných hub byly stanoveny vysoké obsahy esenciálních prvků (Ca, Cu, Mg a Zn). V plodnicích hub byly určeny velmi nízké obsahy rizikových prvků jako jsou Be, Pb a Tl, přičemž stanovení Tl bylo limitováno nízkou citlivostí. Oproti tomu byly pozorovány mírně vyšší obsahy některých toxických prvků (Ag, As a Cd). Zvýšený obsah Ag a Cd by však neměl představovat riziko pro lidské zdraví, pokud jsou tyto houby konzumovány příležitostně, nebo jako zpestření stravy. Zvýšený obsah rizikových prvků v plodnicích muchomůrky červené by rovněž neměl být nebezpečný, jelikož je tato houba v alternativní medicíně určena k vnějšímu užití (zejména ve formě tinktur či mastí). Obsahy prvků v plodnicích penízovky sametonohé, která jako jediná ze studovaných druhů roste na dřevě, byly v porovnání s ostatními druhy celkově nižší.

Podrobná statistická analýza ukázala významnou korelaci mezi obsahy prvků v plodnicích a v půdách pouze pro některé druhy hub a několik prvků. Vliv lokality sběru vzorků byl vyhodnocen jako statisticky nevýznamný pro osm prvků (Ag, Al, Be, Cd, Cu, Fe, Se a Tl).

6 Seznam použité literatury

6.1 Odborné publikace

AKPI, U. K., ODOH, C. K., IDEH, E. E., ADOBU, U. S., 2017. Antimicrobial activity of *Lycoperdon perlatum* whole fruit body on common pathogenic bacteria and fungi. *African journal of clinical and experimental microbiology*. 18(2): 79-85.

ÁRVAY, J., HAUPTVOGL, M., ŠNIRC, M., GAŽOVÁ, M., DEMKOVÁ, L., BABUŠKÁ, L., HRSTKOVÁ, M., BAJČAN, D., HARANGOZO, L., BILČÍKOVÁ, J., MIŠKEJE, M., ŠTEFÁNIKOVÁ, J., KUNCA, V., 2019. Determination of elements in wild edible mushrooms: levels and risk assessment. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 8(4): 999-1004.

BAREA-SEPÚLVEDA, M., ESPADA-BELLIDO, E., FERREIRO-GONZÁLEZ, M., BOUZIANE, H., LÓPEZ-CASTILLO, J. G., PALMA, M., BARBERO, G. F., 2022. Toxic elements and trace elements in *Macrolepiota procera* mushrooms from southern Spain and northern Morocco. *Journal of food composition and analysis*. 108: 104419.

BRZEZICHA-CIROCKA, J., GREMBECKA, M., GROCHOWSKA, I., FALANDYSZ, J., SZEFER, P., 2019. Elemental composition of selected species of mushrooms based on a chemometric evaluation. *Ecotoxicology and environmental safety*. 173: 353-365.

BRZEZICHA-CIROCKA, J., MĘDYK, M., FALANDYSZ, J., SZEFER, P., 2016. Bio- and toxic elements in edible wild mushrooms from two regions of potentially different environmental conditions in eastern Poland. *Environmental science and pollution research*. 23(21): 21517-21522.

BURK, W. R., 1983. Puffball usages among North American indians. *Journal of ethnobiology*. 3(1): 55-62.

BUSUIOC, G., ELEKES, C. C., STIHI, C., IORDACHE, S., CIULEI, S. C., 2011. The bioaccumulation and translocation of Fe, Zn, and Cu in species of mushrooms from *Russula* genus. *Environmental science and pollution research*. 18(6): 890-896.

DEMIRBAŞ, A., 2001. Concentration of 21 metals in 18 species of mushrooms growing in the East Black Sea region. *Food chemistry*. 75(4): 453-457.

DIMOPOULOU, M., KOLONAS, A., MOURTAKOS, S., ANDROUTSOS, O., GORTZI, O., 2022. Nutritional composition and biological properties of sixteen edible mushroom species. *Applied sciences*. 12(16): 8074.

DOČEKAL, B., DĚDINA, J., ČERNOHORSKÝ, T., TOMÁŠEK, V., ČURDOVÁ, E., ŘEHŮRKOVÁ, I., KRAKOVSKÁ, E., RESZKE, E., 1997. *Atomová absorpční spektrometrie*. Český Těšín, 2 THETA, s. 37.

DOGAN, H. H., OZTURK, O., AKTAS, S., SANDA, M. A., 2022. The element contents in some wild *Russula* taxa from forests of South-Marmara (Turkey). *Fresenius environmental bulletin*. 31(6): 5528-5535.

DREWNOWSKA, M., LIPKA, K., JERZYŃSKA, G., DANISIEWICZ-CZUPRYŃSKA, D., FALANDYSZ, J., 2013. Investigation on metallic elements in fungus *Amanita muscaria* (fly agaric) and the forest soils from Mazurian lakes district of Poland. *Fresenius environmental bulletin*. 22(2): 455-460.

FALANDYSZ, J., 2022. Nutritional and other trace elements and their associations in raw king bolete mushrooms, *Boletus edulis*. *International journal of environmental research and public health*. 19(1): 417.

FALANDYSZ, J., BOROVIČKA, J., 2013. Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms: health benefits and risks. *Applied microbiology and biotechnology*. 97(2): 477-501.

FALANDYSZ, J., HANĆ, A., BARAŁKIEWICZ, D., ZHANG, J., TREU, R., 2020. Metallic and metalloid elements in various development stages of *Amanita muscaria* (L.) Lam. *Fungal biology*. 124(3-4): 174-182.

FALANDYSZ J., KUNITO, T., GUCIA, M., MAZUR, A., FALANDYSZ, J. J., TANABE, S., 2008. Some mineral constituents of Parasol Mushroom (*Macrolepiota procera*). *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 43(2), 187-192.

FALANDYSZ J., KUNITO, T., LIPKA, K., MAZUR, A., FALANDYSZ, J. J., TANABE, S., 2007. Selected elements in fly agaric *Amanita muscaria*. *Journal of environmental science and health, part A: Toxic/hazardous substances and environmental engineering*. 42(11): 1615-1623.

FALANDYSZ J., MĘDYK, M., TREU, R., 2018. Bio-concentration potential and associations of heavy metals in *Amanita muscaria* (L.) Lam. from northern regions of Poland. *Environmental science and pollution research*. 25(25): 25190-25206.

FALANDYSZ J., TREU, R., 2019. *Amanita muscaria*: bio-concentration and bio-indicative potential for metallic elements. *Environmental earth sciences*. 78(24): 722.

FOGARASI, M., DIACONEASA, Z. M., POP, C. R., FOGARASI, S., SEMENIUC, C. A., FĂRCAȘ, A. C., ȚIBULCĂ, D., SĂLĂGEAN, C.-D., TOFANĂ, M., SOCACI, S. A., 2020. Elemental composition, antioxidant and antibacterial properties of some wild edible mushrooms from Romania. *Agronomy*. 10(12): 1972.

FRANCLOVÁ, A., CHRASTNÝ, V., ŠILLEROVÁ, H., KOCOURKOVÁ, J., KOMÁREK, M., 2017. Suitability of selected bioindicators of atmospheric pollution in the industrialised region of Ostrava, Upper Silesia, Czech Republic. *Environmental monitoring and assessment*, 189(9): 478.

GALGOWSKA, M., PIETRZAK-FIEĆKO, R., 2021. Cadmium and lead content in selected fungi from Poland and their edible safety assessment. *Molecules*. 26(23): 7289.

GALGOWSKA, M., PIETRZAK-FIEĆKO, R., 2020. Mineral composition of three popular wild mushrooms from Poland. *Molecules*. 25(16): 3588.

GERHARTD, E., 2003. *Houby*. Čestlice, Rebo Productions CZ, s. 164.

GERRIT, K. J., 1998. *Encyklopedie hub*. Čestlice, Rebo Production, s. 129.

GIANNACCINI, G., BETTI, L., PALEGO, L., MASCIA, G., SCHMID, L., LANZA, M., MELA, A., FABBRINI, L., BIONDI, L., LUCACCHINI, A., 2012. The trace element content of top-soil and wild edible mushroom samples collected in Tuscany, Italy. *Environmental monitoring and assessment*. 184(12): 7579-7595.

GRÜNERT, H., GRÜNERT, R., 1995. *Houby*. Praha, Knižní klub.

GUCIA, M., JARZYŃSKA, G., KOJTA, A. K., FALANDYSZ, J., 2012a. Temporal variability in 20 chemical elements content of Parasol Mushroom (*Macrolepiota procera*) collected from two sites over a few years. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 47(2): 81-88.

GUCIA, M., JARZYŃSKA, G., RAFAL, E., ROSZAK, M., KOJTA, A. K., OSIEJ, I., FALANDYSZ, J., 2012b. Multivariate analysis of mineral constituents of edible Parasol Mushroom (*Macrolepiota procera*) and soils beneath fruiting bodies collected from Northern Poland. *Environmental science and pollution research*. 19(2): 416-431.

HAGARA, L., ANTONÍN, V., BAIER, J., 1999. *Houby*. Praha, Aventinum nakladatelství, s. 252.

HOENIG, M., DE KERSABIEC, A., 1995. *Jak zajistit kvalitu výsledků v elektrotermické atomové absorpční spektrometrii*. Paříž, Editions C-Cube, s. 41.

HOLEC, J., BERAN, M., KŘÍŽ, M., 2017. *Atlas hub Šumavy a Novohradských hor*. České Budějovice, Nakladatelství Karmášek, s. 149.

IVANIĆ, M., TURK, M. F., TKALČEC, Z., FIKEL, Ž., MEŠIĆ, A., 2021. Distribution and origin of major, trace and rare earth elements in wild edible mushrooms: urban vs. forest areas. *Journal of fungi*. 7(12): 1068.

JANČO, I., ŠNIRC, M., HAUPTVOGL, M., FRANKOVÁ, H., ČERYOVÁ, N., ŠTEFÁNIKOVÁ, J., ÁRVAY, J., 2021. Arsenic, cadmium and mercury in the *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer fruiting bodies. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 11(2): e4764.

JARZYŃSKA, G., GUCIA, M., KOJTA, A. K., REZULAK, K., FALANDYSZ, J., 2011. Profile of trace elements in Parasol Mushroom (*Macrolepiota procera*) from Tucholskie Forest. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 46(8): 741-751.

KALÁČ, P., 2008. *Houby – víme co jíme?* České Budějovice, Nakladatelství DONA s. r. o., s. 76.

KALÁČ, P., 2016. *Edible mushrooms. Chemical composition and nutritional value*. Elsevier, Academic Press, London.

KALÁČ, P., 2019. *Mineral composition and radioactivity of edible mushrooms*. Elsevier, Academic Press, London.

KESKIN, F., SARIKURKCU, C., AKATA, I., TEPE, B., 2021a. Element concentration, daily intake of elements, and health risk indices of wild mushrooms collected from Belgrad Forest and Ilgaz Mountain National Park (Turkey). *Environmental science and pollution research*. 28(37): 51544-51555.

KESKIN, F., SARIKURKCU, C., AKATA, I., TEPE, B., 2021b. Metal concentration of wild mushroom species collected from Belgrad forest (Istanbul, Turkey) with their health risk assessments. *Environmental science and pollution research*. 28(27): 36193-36204.

KOJTA, A. K., GUCIA, M., KRASIŃSKA, G., SABA, M., NNORM, I. C., FALANDYSZ, J., 2016. Mineral constituents of edible field Parasol (*Macrolepiota*

procera) mushrooms and the underlying substrate from upland regions of Poland: bioconcentration potential, intake benefits, and toxicological risk. *Polish journal of environmental studies*. 25(6): 2445-2460.

KREJSA, J., 2020. *Osud vybraných prvků v plodnicích hub ekologicky vázaných na břízu bělokorou*. Diplomová práce. České Budějovice, s. 39.

LIPKA, K., FALANDYSZ, J., 2017. Accumulation of metallic elements by *Amanita muscaria* from rural lowland and industrial upland regions. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 52(3): 184-190.

MALINOWSKI, R., SOTEK, Z., STASIŃSKA, M., MALINOVSKA, K., RADKE, P., MALINOWSKA, A., 2021. Bioaccumulation of macronutrients in edible mushrooms in various habitat conditions of NW Poland – role in the human diet. *International journal of environmental research and public health*. 18(16): 8881.

MARUYAMA, H., IKEKAWA, T., 2007. Immunomodulation and antitumor activity of a mushroom product, proflamin, isolated from *Flammulina velutipes* (W. Curt.: Fr.) Singer (Agaricomycetidae). *International journal of medicinal mushrooms*. 9(2): 109-122.

MAZURKIEWICZ, N., PODLASIŃSKA, J., 2013. Bioaccumulation of trace elements in wild-growing edible mushrooms from Lubuskie voivodeship, Poland. *Chemistry and ecology*. 30(2): 110-117.

MĘDYK, M., GREMBECKA, M., FALANDYSZ, J., BRZEZICHA-CIROCKA, J., 2017. Bio- and toxic elements in mushrooms from the city of Umeå and outskirts, Sweden. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 52(8): 1-7.

MICHELOT, D., MELENDEZ-HOWELL, L. M., 2003. *Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethnomycology. *Mycological research*. 107(2): 131-146.

MIRONCZUK-CHODAKOWSKA, I., SOCHA, K., ZUJKO, M. E., TERLIKOWSKA, K. M., BORAWSKA, M. H., WITKOWSKA, A. M., 2019. Copper, manganese, selenium and zinc in wild-growing edible mushrooms from eastern territory of “green lungs of Poland”: nutritional and toxicological implications. *International journal of environmental research and public health*. 16(19): 3614.

MLECZEK, M., GAŚECKA, M., BUDKA, A., SIWULSKI, M., MLECZEK, P., MAGDZIAK, Z., BUDZYŃSKA, S., NIEDZIELSKI, P., 2021. Mineral composition of elements in wood-growing mushroom species collected from of two regions of Poland. *Environmental science and pollution research*. 28(4): 4430-4442.

MLECZEK, M., SIWULSKI, M., BUDKA, A., MLECZEK, P., BUDZYŃSKA, S., SZOSTEK, M., KUCZYŃSKA-KIPPEN, N., KALAČ, P., NIEDZIELSKI, P., GAŚECKA, M., GOLIŃSKI, P., MAGDZIAK, Z., RZYMSKI, P., 2021. Toxicological risks and nutritional value of wild edible mushroom species – a half-century monitoring study. *Chemosphere*. 263: 128095.

MLECZEK, M., SIWULSKI, M., MIKOŁAJCZAK, P., GOLIŃSKI, P., GAŚECKA, M., SOBIERALSKI, K., DAWIDOWITZ, L., SZYMAŃCZYK, M., 2015. Bioaccumulation of elements in three selected mushroom species from southwest Poland. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 50(3): 207-216.

MLECZEK, M., SIWULSKI, M., STUPER-SZABLEWSKA, K., RISSMANN, I., SOBIERALSKI, K., GOLIŃSKI, P., 2013. Accumulation of elements by edible mushroom species: Part I. Problem of trace element toxicity in mushrooms. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 48(1): 69-81.

NIEDZIELSKI, P., MLECZEK, M., BUDKA, A., RZYMSKI, P., SIWULSKI, M., JASIŃSKA, A., GAŚECKA, M., BUDZYŃSKA, S., 2017. A screening study of elemental composition in 12 marketable mushroom species accessible in Poland. *European food research and technology*. 23(10): 1759-1771.

NOWAKOWSKI, P., MARKIEWICT-ZUKOWSKA, R., GROMKOWSKA-KEPKA, K., NALIWAJKO, S. K., MOSKWA, J., BIELECKA, J., GRABIA, M., BORAWSKA, M. H., SOCHA, K., 2021a. Mushrooms as potential therapeutic agents in the treatment of cancer: Evaluation of anti-glioma effects of *Coprinus comatus*, *Cantharellus cibarius*, *Lycoperdon perlatum* and *Lactarius deliciosus* extracts. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 133: 111090.

NOWAKOWSKI, P., MARKIEWICT-ZUKOWSKA, R., SOROCZYŃSKA, J., PUŚCION-JAKUBIK, A., MIELCAREK, K., BORAWSKA, M. H., SOCHA, K., 2021b. Evaluation of toxic element content and health risk assessment of edible wild mushrooms. *Journal of food composition and analysis*. 96: 103698.

OUZOUNI, P. K., RIGANAKOS, K. A., 2007. Nutritional value and metal content profile of greek wild edible fungi. *Acta alimentaria*. 36(1): 99-110.

PAJAŁ, M., GAŚIOREK, M., JASIK, M., HALECKI, W., OTREMBA, K., PIETRZYKOWSKI, M., 2020. Risk assessment of potential food chain threats from edible wild mushrooms collected in forest ecosystems with heavy metal pollution in Upper Silesia, Poland. *Forests*. 11(12): 1240.

PAPOUŠEK, T., 2010. *Velký fotoatlas hub z jižních Čech*. České Budějovice, Josef Posekaný, s. 272.

RASALANAVHO, M., MOODLEY, R., JONNALAGADDA, S. B., 2019. Elemental distribution including toxic elements in edible and inedible wild growing mushrooms from South Africa. *Environmental science and pollution reaserch*. 26(8): 7913-7925.

SALIHović, M., PAZALJA, M., ŠAPČANIN, A., DOJČINOVIĆ, B., ŠPIRTOVIĆ-HALILOVIĆ, S., 2021. Element contents and health risk assessment in wild edible mushrooms of Bosnia and Herzegovina. *Plant, soil and environment*. 67(11): 668-677.

SARIKURKCU, C., TEPE, B., KOCAK, M. S., UREN, M. C., 2015. Metal concentration and antioxidant activity of edible mushrooms from Turkey. *Food Chemistry*. 175: 549-555.

SENILA, M., RESZ, M.-A., TOROK, I., SENILA, L., 2024. Nutritional composition and health risk of toxic metals of some edible wild mushrooms growing in a mining area of Apuseni Mountains, Western Carpathians. *Journal of food composition and analysis*. 128: 106061.

SESLI, E., TUZEN, M., SOYLAK, M., 2008. Evaluation of trace metal contents of some wild edible mushrooms from Black sea region, Turkey. *Journal of hazardous materials*. 160(2-3): 462-467.

STEFANOVIĆ, V., TRIFKOVIĆ, J., MUTIĆ, J., TEŠIĆ, Ž., 2016a. Metal accumulation capacity of parasol mushroom (*Macrolepiota procera*) from Rasina region (Serbia). *Environmental science and pollution reaserch*. 23(13): 13178-13190.

STEFANOVIĆ, V., TRIFKOVIĆ, J., DJURDJIĆ, S., VUKOJEVIĆ, V., TEŠIĆ, Ž., MUTIĆ, J., 2016b. Study of silver, selenium and arsenic concentration in wild edible mushroom *Macrolepiota procera*, health benefit and risk. *Environmental science and pollution reaserch*. 23(21): 22084-22098.

STIHI, C., GHEBOIANU, A., RADULESCU, C., POPESCU, I. V., BUSUIOC, G., BANCUTA, I., 2011. Studies concerning the accumulation of minerals and heavy metals in fruiting bodies of wild mushrooms. *Physics conference (TIM-10)*. 1387: 282-287.

SZUBSTARSKA, J., JARZYŃSKA, G., FALANDYSZ, J., 2012. Trace elements in Variegated Bolete (*Suillus variegatus*) fungi. *Chemical papers*. 66(11): 1026-1031.

ŠÍMA, J., KOBERA, M., ŠEDA, M., ROKOS, L., VONDRUŠKA, J., KREJSA, J., SVOBODA, L., 2020. The three-year monitoring of 18 elements in five edible mushrooms species collected from an old orchard. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 55(4): 319-328.

ŠÍMA, J., VONDRUŠKA, J., SVOBODA, L., ŠEDA, M., ROKOS, L., 2019. The accumulation of risk and essential elements in edible mushrooms *Chlorophyllum rhacodes*, *Suillus grevillei*, *Imleria badia*, and *Xerocomellus chrysenteron* growing in the Czech Republic. *Chemistry & Biodiversity*. 16(2): e1800478.

ŠIRIĆ, I., FALANDYSZ, J., 2020. Contamination, bioconcentration and distribution of mercury in *Tricholoma* spp. mushrooms from southern and northern regions of Europe. *Chemosphere*. 251: 126614.

TANG, C., CHING-XIN HOO, P., TENG-HERN TAN, L., PUSPARAJAH, P., KHAN, T. M., LEE, L.-H., GOH, B.-H., CHAN, K.-G., 2016. Golden needle mushroom: A culinary medicine with evidenced-based biological activities and health promoting properties. *Frontiers in pharmacology*. 7: 474.

VALÍČEK, P., 2011. *Houby a jejich léčivé účinky*. Benešov, Start.

VONDRUŠKA, J., ŠÍMA, J., KOBERA, M., ROKOS, L., ŠEDA, M., SVOBODA, L., 2022. Detrimental and essential elements in fruiting bodies of wild-growing fungi *Coprinus comatus*, *Flammulina velutipes*, and *Armillaria ostoyae*. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 57(4): 243-251.

VOYNOVA, M., SHKONDROV, A., KONDEVA-BURDINA, M., KRASTEVA, I., 2020. Toxicological and pharmacological profile of *Amanita muscaria* (L.) Lam. – a new rising opportunity for biomedicine. *Pharmacia*. 67(4): 317-323.

VUKOJEVIĆ, V., ĐURĐIĆ, S., MUTIĆ, J., 2019. Accumulation of U, Th, Pb, V, Rb, and Ag in wild mushrooms *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer from Goč, Serbia. *Environmental science and pollution reaserch*. 26(13): 13147-13158.

WAGNER, A., PEHAR, M., YAN, Z., KULKA, M., 2023. *Amanita muscaria* extract potentiates production of proinflammatory cytokines by dsRNA-activated human microglia. *Frontiers in pharmacology*. 14: 1102465.

WANG, X.-M., ZHANG, J., LI, T., WANG, Y.-Z., LIU, H.-G., 2015. Content and bioaccumulation of nine mineral elements in ten mushroom species of the genus *Boletus*. *Journal of analytical methods in chemistry*. 2015: 165412.

WANG, Y.-X., ZHANG, H., 2021. Advances in the extraction, purification, structural-property relationships and bioactive molecular mechanism of *Flammulina velutipes* polysaccharides: A review. *International journal of biological macromolecules*. 167: 528-538.

WELZ, B., SPERLING, M., 1999. *Atomic Absorbtion Spectrometry – Third, completely revised edition*. Weinheim, WILEY – VCH, s. 453.

ZELLNER, J., 1907. *Chemistry of macrofungi*. Lipsko, Verlag von Wilhelm Engelmann.

ZENG, X., SUWANDI, J., FULLER, J., DORONILA, A., NG, K., 2012. Antioxidant capacity and mineral contents of edible wild Australian mushrooms. *Food science and technology international*. 18(4): 367-379.

ZHANG, D., FRANKOWSKA, A., JARZYNSKA, G., KOJTA, A. K., DREWNOWSKA, M., WYDMANSKA, D., BIELAWSKI, L., WANG, J. P., FALANDYSZ, J., 2010. Metals of King Bolete (*Boletus edulis*) Bull.: Fr. Collected at the same site over two years. *African journal of agricultural research*. 5(22): 3050-3055.

6.2 Internetové odkazy

<https://mapy.cz/> (staženo dne 18. 2. 2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Macrolepiota-procera/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Cantharellus-cibarius/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Boletus-edulis/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Amanita-rubescens/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Sutorius-luridiformis/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Russula-virescens/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Amanita-muscaria/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Flammulina-velutipes/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.myko.cz/myko-atlas/Lycoperdon-perlatum/> (staženo dne 5.4.2024)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/hribovite/item/490:boletus-edulis> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/lupenate/item/512:amanita-rubescens> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/lupenate/item/1261:macrolepiota-procera> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/liskovite/item/488:cantharellus-cibarius> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/lupenate/item/301:amanita-muscaria> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/hribovite/item/486:boletus-luridiformis> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/gasteromycetes/item/61:lycoperdon-perlatum> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/lupenate/item/509:russula-virescens> (staženo dne 17.5.2021)

<https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/lupenate/item/38:flammulina-velutipes> (staženo dne 17.5.2021)

6.3 Další zdroje

NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.

Vyhláška č. 53/2002 Sb. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků.

7 Seznam použitých zkratk

BCF – biokoncentrační faktor

SD – směrodatná odchylka

F-AAS – atomová absorpční spektrometrie s plamenovou atomizací

ET-AAS – atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací

LOD – mez detekce

LOQ – mez stanovitelnosti

KK – korelační koeficient

8 Publikační výstupy

Publikace v časopisech s impaktním faktorem přímo související s disertační prací

KREJSA, J., ŠÍMA, J., KRÍŽEK, M., ŠEDA, M., SVOBODA, L., 2024. Selected detrimental and essential elements in fruiting bodies of culinary and toxic medicinal macroscopic fungi growing in the Bohemian Forest, the Czech Republic. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 59(8): 483-496.

Publikace v časopisech s impaktním faktorem nepřímo související s disertační prací

KREJSA, J., ŠÍMA, J., KOBERA, M., ŠEDA, M., SVOBODA, L., 2021. Detrimental and essential elements in fruiting bodies of mushrooms with ecological relationship to birch (*Betula* sp.) collected in the Bohemian Forest, the Czech Republic. *Environmental science and pollution research*. 28(47): 67852-67862.

ŠÍMA, J., KOBERA, M., ŠEDA, M., ROKOS, L., VONDRUŠKA, J., KREJSA, J., SVOBODA, L., 2020. The three-year monitoring of 18 elements in five edible mushroom species collected from an old orchard. *Journal of environmental science and health, part B: Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 55(4): 319-328.

Publikace v časopisech s impaktním faktorem nesouvisející s disertační prací

ŠÍMA J., SVOBODA L., ŠEDA M., KREJSA J., JAHODOVÁ J., 2019. The fate of selected heavy metals and arsenic in a constructed wetland. *Journal of environmental science and health, part A: Toxic/hazardous substances and environmental engineering*. 54(1): 56-64.

ŠÍMA J., SVOBODA L., ŠEDA M., KREJSA J., JAHODOVÁ J., 2017. Removal of selected risk elements from wastewater in a horizontal subsurface flow constructed wetland. *Water and environment journal*. 31(4): 486-491.

ŠÍMA J., KREJSA J., SVOBODA L., 2015. Removal of mercury from wastewater using a constructed wetland. *Croatica chemica acta*. 88(2): 165-169.