

Srovnání obsahu bioaktivních látek a těžkých kovů u hub z různých oblastí ČR

Bc. Oldřich Skákal

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Oldřich Skákal, DiS.**
Osobní číslo: **T12571**
Studijní program: **112901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Srovnání obsahu bioaktivních látek a těžkých kovů u hub z různých oblastí ČR.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizace vybraných zástupců hub a oblastí jejich sběru
2. Shrnutí informací o biogenních látkách a těžkých kovech v jedlých houbách
3. Výskyt biogenních látek a těžkých kovů u různých druhů hub

II. Praktická část

1. Metodika stanovení biogenních látek a těžkých kovů v houbách
2. Stanovení celkového obsahu polyfenolů, antioxidační aktivity a těžkých kovů ve vybraných vzorcích hub
3. Diskuse získaných výsledků a formulace závěrů práce

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. 1) VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s.*
2. 2) KALAČ, P. *A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2013, vol. 93, issue 2, s. 209-218*
3. 3) KALAČ, P. *Trace element contents in European species of wild growing edible mushrooms: A review for the period 2000-2009. Food Chemistry. 2010, vol. 122, issue 1, s. 2-15*
4. 4) AKATA, I. et al. *Chemical Compositions and Antioxidant Activities of 16 Wild Edible Mushroom Species Grown in Anatolia. International Journal of Pharmacology. 2012, vol. 8, issue 2, s. 134-138*
5. 5) LINDEQUIST, U. et al. *The Pharmacological Potential of Mushrooms. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2005, vol. 2, issue 3, s. 285-299*
6. 6) DUBOST, N. et al. *Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. Food Chemistry. 2007, vol. 105, issue 2, s. 727-735*

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Mlček, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce:

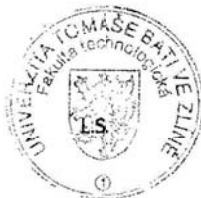
10. února 2014


Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Román Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: SKAČAL OLDRICH

Obor: Tech. hyg. a ekol. výroby potravin

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 14.4.2014



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Pro účel této práce byli nasbíráni zástupci pěti volně rostoucích druhů hub, které jsou v České republice nejčastěji hledány. Sběr byl proveden v osmi různých lokalitách na území Moravy. Byly vybrány lokality jak v CHKO, tak v těsné blízkosti dopravních cest, či skládky komunálního odpadu. U vzorků byly provedeny tři druhy stanovení za účelem porovnání mezidruhových vlastností i vlivu prostředí růstu. U všech zástupců byla stanovena antioxidační aktivita metodou DPPH a celkový obsah polyfenolů metodou s Folin – Ciocaltauovým činidlem. U vybraných zástupců pak byl stanoven obsah těžkých kovů pomocí AAS a ICP-OES. Výsledky stanovení byly porovnány s výsledky z obdobných prací. Byl zjištěn variabilní obsah daných látek jak v mezidruhovém srovnání, tak v závislosti na lokalitě výskytu.

Klíčová slova: bioaktivní látky, těžké kovy, houby, polyfenoly, antioxidační aktivita

ABSTRACT

For the purpose of this work were collected representatives of five wild mushroom species that are most frequently searched in the Czech Republic. The mushroom picking was carried out in eight different locations in Moravia. They were selected locations in CHKO, close to transport routes and also municipal waste landfill. With the samples were done three kinds of determination with the purpose of comparing the properties of interspecies and influence of the environment. At all representatives was determined antioxidant activity by DPPH method and total polyphenol content by the Folin - Ciocaltau agent. For selected representatives was then determined the content of heavy metals by AAS and ICP-OES. The results of the determination were compared with the results of similar works. There was observed variable content of the substances in both interspecies comparisons, and depending on the location of occurrence.

Keywords: Bioactive Substances, Heavy Metals, Mushrooms, Polyfenols , Antioxidant Activity

Chtěl bych poděkovat Ing. Jiřímu Mlčkovi, Ph.D. za zajištění podmínek pro zpracování vzorků, za cenné rady, připomínky a čas věnovaný odborným konzultacím při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat členům mykologického klubu Přerov, za pomoc při sběru a určování vzorků. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu při studiu na UTB ve Zlíně.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÝCH DRUHŮ HUB	14
1.1 HŘIB SMRKOVÝ (<i>BOLETUS EDULIS</i>)	14
1.2 SUCHOHŘIB HNĚDÝ (<i>XEROCOMUS BADIUS</i>)	14
1.3 HŘIB ŽLUTOMASÝ (<i>XEROCOMUS CHRYSENTERON</i>)	15
1.4 KLOUZEK OBECNÝ (<i>SUILLUS LUTEUS</i>)	16
1.5 MUCHOMŮRKA RŮŽOVKA (<i>AMANITA RUBESCENS</i>).....	17
2 BIOAKTIVNÍ LÁTKY	18
2.1 ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITA	18
2.2 VOLNÉ RADIKÁLY	19
2.3 POLYFENOLY.....	20
2.4 BIOGENNÍ LÁTKY V HOUBÁCH.....	20
3 TĚŽKÉ KOVY	22
3.1 ZINEK	22
3.2 MĚĎ	23
3.3 CHROM.....	23
3.4 KADMIUM	23
3.5 OLOVO	24
3.6 RTUŤ	24
3.7 KOBALT	24
3.8 NIKL.....	25
3.9 ARSEN.....	25
II PRAKTICKÁ ČÁST	26
4 CÍL PRÁCE	27
5 CHARAKTERISTIKA OBLASTÍ SBĚRU	28
5.1 RAJNOCHOVICE, OKRES KROMĚŘÍŽ (U SILNICE)	29
5.2 RAJNOCHOVICE, OKRES KROMĚŘÍŽ	29
5.3 PROTIVANOV, OKRES PROSTĚJOV	30
5.4 LUDKOVICE, OKRES ZLÍN	31
5.5 PARŠOVICE, OKRES PŘEROV	31
5.6 TRŠICE, OKRES OLOMOUC	32
5.7 VESELÍČKO, OKRES PŘEROV POBLÍŽ SKLÁDKY KOMUNÁLNÍHO ODPADU	33
5.8 ROŽNOV POD RADHOŠTĚM, OKRES VSETÍN	33
6 MATERIÁL A METODIKA	35
6.1 SBĚR A ÚPRAVA VZORKŮ.....	35
6.2 PŘÍPRAVA EXTRAKTŮ HUB	35
6.3 STANOVENÍ SUŠINY VYBRANÝCH VZORKŮ HUB.....	35
6.4 STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY POMOCÍ DPPH	36
6.4.1 Princip stanovení	36

6.4.2	Postup měření.....	37
6.4.3	Kalibrace	37
6.4.4	Výpočet antioxidační kapacity	37
6.5	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ POMOCÍ ČINIDLA FOLIN – CIOCALTEU	37
6.5.1	Princip stanovení	38
6.5.2	Postup měření	38
6.5.3	Kalibrace	39
6.5.4	Výpočet celkového obsahu polyfenolů	39
6.6	STANOVENÍ OBSAHU TĚŽKÝCH KOVŮ	39
6.6.1	Atomová absorpční spektrometrie (AAS).....	39
6.6.2	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP- OES).....	40
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
7.1	ANTIOXIDAČNÍ KAPACITA	41
7.2	CELKOVÝ OBSAH POLYFENOLŮ	44
7.2.1	Závislost celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity	47
7.3	OBSAH TĚŽKÝCH KOVŮ	47
7.3.1	Závislost mezi obsahem těžkých kovů v půdě a v houbách.....	50
7.3.2	Zinek	52
7.3.3	Měď	53
7.3.4	Chrom.....	55
7.3.5	Kadmium.....	56
7.3.6	Olovo.....	58
7.3.7	Rtuť	59
7.3.8	Kobalt.....	60
7.3.9	Nikl.....	61
7.3.10	Arsen	63
	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	75
	SEZNAM OBRÁZKŮ	76
	SEZNAM TABULEK.....	77

ÚVOD

Většina lidí si pod pojmem houba představí baculatý hřib, krásně zbarvenou muchomůrku, vysokou bedlu, či jiného typického zástupce makromycet – tedy houby s makroskopickými plodnicemi. Z taxonomického hlediska však je pojem „houby“ velmi obsáhlým výrazem, označujícím samostatnou říši různorodých organismů vedle rostlin a živočichů. Tato říše, latinsky označovaná *Fungi*, zahrnuje nejen houby tvořící makroskopické plodnice, většina zástupců z říše hub tvoří naopak plodnice mikroskopické. Přesné taxonomické řazení hub je pro běžného člověka zbytečné. Pro účely této práce tedy bude myšleno pod slovem „houby“ úzký význam tohoto výrazu – tedy houby, tvořené nenápadným podhoubím schovaným pod zemí a makroskopickými plodnicemi rostoucími nad zemí. Tyto plodnice pak dělíme na třeh (lidově nohu) a klobouk, mající na spodní straně rourky (lidově trubičky, díry) nebo lupeny (lidově čárky) [1].

Na světě existuje přes dva tisíce jedlých druhů hub, avšak pro průmyslové pěstování se používá pouze pár zástupců, mezi nimiž vévodí žampiony, které jsou velmi často gastronomicky využívány. V poslední době se pak rozšiřuje pěstování hub, u kterých se propaguje jejich zdravotní přínos, např.: Houževnatec jedlý (Shitake), Boltcovitka bezová (Ucho jídášovo), či různé druhy hlív. Ačkoliv existují spousty jedlých druhů hub, po kterých by byl v komerční síti velký zájem, jejich pěstování není tak jednoduché, povětšinou mu brání nutnost symbiózy některých hub s vyššími druhy rostlin. Jediným způsobem jak tedy dostat tyto druhy hub na trh, či přímo na naše talíře je sběr volně rostoucích plodnic. Komerční sběr a následný prodej hub je velmi populární například v Polsku či Rusku. V pěstování hub jsou pak světovou velmocí Čína a Japonsko [1].

Česká republika patří, co se týče houbaření, mezi světové unikáty. Alespoň jednou ročně si do lesa na sběr hub vyjde přes sedmdesát procent obyvatel. V ČR však převažuje nad komerčním sběrem sběr pro vlastní potřebu. I u ostatních slovanských národů je houbaření oblíbeným koníčkem. Houby jsou populární také v Portugalsku, Itálii či skandinávských zemích, výjimkou je pak Norsko, kde se volně rostoucí houby neshbírají z obavy před vyšším obsahem těžkých kovů a radioaktivního Celsia jako pozůstatku po Černobylské havárii. Na opačném pólu v oblíbenosti hub se pak nachází Velká Británie, či západní oblasti Německa. Zvláštní vztah pak mají k houbám v Severní Americe, zde jsou nesmírně populární smrže, které se do Ameriky ve velkém množství dovážejí a v době jejich růstu se ve velkém sbírají. Ostatní druhy hub pak nechávají většinu Američanů chladnými [2].

Houby jsou tvořeny z velké části vodou, sušina tvoří maximálně 20 % hmotnosti. Většinu sušiny (50 – 70%) pak tvoří polysacharidy, zejména chitin a glykogen. Z bílkovin (20 – 40% sušiny) jsou v houbách obsaženy i esenciální bílkoviny, důležité pro naši stravu. Obsah tuků (cca 10% sušiny) je zajímavý z pohledu poměru nenasycených a nasycených mastných kyselin, kdy převládají nenasycené [3,4]. Z energetického hlediska nejsou houby díky vysokému obsahu vody zajímavé, z mnoha klinických studií však vyplývá, že mnohé druhy hub mají zdravotní a léčebnou hodnotu a to právě díky dalším, neméně důležitým látkám obsaženým v houbách. Mezi tyto látky patří jak bioaktivní látky, mající antioxidační aktivitu, ale i minerální látky, mezi kterými se mohou vyskytovat i těžké kovy. Mnohé vědecké práce o zdravotním přínosu hub pocházejí z Japonska a Číny, tyto práce jsou však většinou zaměřeny na komerčně pěstované druhy hub. Tato práce se zaměřuje na obsah zdraví prospěšných bioaktivních látek a naopak nebezpečných těžkých kovů u běžně sbíraných druhů volně rostoucích hub v České republice.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÝCH DRUHŮ HUB

Pro svou práci jsem si vybral takové zástupce hub, které jsou pro českého houbaře dobře známé a sbírá je i laik. Tyto druhy jsou zároveň z lesa odnášeny nejčastěji a v největším množství se pak zařazují do našich jídelníčků. Jedná se většinou o hřibovité houby, mající na spodní straně klobouku rourky, jedinou výjimkou je Muchomůrka růžovka, která má na spodní straně klobouku lupeny.

1.1 Hřib smrkový (*Boletus edulis*)

Jedná se o velmi dobrou jedlou houbu. Je to jedna z nejoblíbenějších hub vůbec. Ve střední Evropě se masivně sbírá jak pro domácí potřebu, tak na průmyslové zpracování. Nejčastěji se vyskytuje v horských a podhorských smrkových lesích, ale dá se najít i v nížinatých listnatých lesích. V Čechách existují skupiny houbařů, kteří nesbírají nic jiného než Hřib smrkový, dubový a borový, které od sebe často na první pohled nejdou snadno rozeznat, kvalitativně jsou si však podobné a lidově se této trojici hřibů říká „praváci“. Všechny druhy pravých hřibů jsou někdy považovány za poddruhy jednoho druhu Hřibu obecného [5].

Klobouk je v mládí půlkulatý, později klenutý až ploše rozprostřený, nejprve bělavý až bílý, později tmavohnědý, povrch je hladký v mládí plstnatý, později lysý.

Třeň je v mládí kulatý, později válcovitý, plný často bílý s jemnou bílou síťkou do poloviny třeně od klobouku.

Dužina houby je bělavá až bílá, pod pokožkou klobouku s jemným krémovým odstínem, na řezu barvu nemění.

Rourky jsou nejprve bílé později bledožluté až žlutozelené, v blízkosti třeně vykrojené, po otlačení barvu nemění. Výtrusný prach je olivově hnědý. Výtrusy jsou vřetenovité, hladké, medově žluté [6,7].

1.2 Suchohřib hnědý (*Xerocomus badius*)

Je to velmi dobrá jedlá houba, která se chuťově téměř vyrovná Hřibu smrkovému. Pro sběr je oblíbená také díky své tvrdší konzistenci a špatné zaměnitelnosti. Lidově je také označován jako „Panšťák“, „Hnědák“. Roste v jehličnatých i smíšených lesích, na humózní půdě, nebo v mechu, můžeme ji však nalézt také na smrkových šiškách či trouchnivějícím dřevu.

Oblíbený je nejen díky své charakteristické chuti a vůni, ale vykazuje také vysoký obsah zdravý prospěšných látek, zejména vlákniny a některých minerálů (sodík, draslík, hořčík) [8].

Klobouk je v mládí půlkulatý, později až plochý, starší plodnice mají často až nadzdvihnutý okraj. Pokožka klobouku je ze začátku nápadně plstnatá, černohnědá až kaštanová, později holá, červenohnědá až plavohnědá, za vlhka dost slizká, jinak suchá.

Třeň je plný, v mládí zakulacený, později válcovitý až tenký a různě ohnutý. Na olivově žlutém podkladě je hnědavý podlouhle vláknitý, často téměř celý hnědý, ale vždy bledší než klobouk. Na otláčených místech modrá.

Dužina je v mládí bělavá později nažloutlá, pod povrchem klobouku nahnědlá. Na řezu velmi výrazně modrá, výjimkou v modrání na řezu jsou však staré zaschlé exempláře.

Rourky jsou u třeně jemně vykrojené, občas však i přirostlé. Barva je krémová později bledě žlutá, zelenožlutá, olivě žlutá až zelenkavá. Na řezu se barví do modra, na otláčených místech modrá a později hnědne. Výtrusný prach je olivový až olivově hnědý. Výtrusy jsou elipsoidní, vřetenovité, hladké, bledožluté [6,7].

1.3 Hřib žlutomasý (*Xerocomus chrysenteron*)

Jedná se o chuťově dobrou houbu, jejíž cenu však snižuje velmi měkká a rychle hniјící konzistence. Mladé a zdravé plodnice však mají svoji typickou lahodnou chuť. Více známá je pod lidovým označením „babka“. Roste v jehličnatých i listnatých lesech a to většinou ve velkém množství, často i za méně příznivých klimatických podmínek.

V poslední době je tato houba sledována díky obsahu unikátních látek, kdy jsou objevovány stále nové proteiny s funkcí insekticidů [9]. Je však zajímavé, že i přes obsah těchto látek, bývá tato houba často červivá, čemuž nasvědčuje její měkká konzistence, ta je také jednou z příčin možného napadení plodnic této houby plísněmi a jinými houbami, například Nedohubem zlatovýtrusným, který může produkovat nebezpečné mykotoxiny. Výskyt Nedohubu zlatovýtrusného na Hřibu žlutomasém byl v roce 2012 mohutně medializován, nebezpečí jeho výskytu je však zvýšené při sběru starých, plesnivých plodnic či při sušení i mladých plodnic [10].

Klobouk je v mládí půlkulatý až klenutý, později ploše rozprostřený, v mládí sametový, tmavohnědý, v dospělosti pak holý, bledě hnědý s olivovým odstínem. Za suchého počasí je pokožka klobouku rozpukaná na políčka.

Třeň je válcovitý, u země ztenčený, plný, hladký, jemně podlouhle vláknitý, obvykle vždy trochu ohnutý. Barvu má třeň obvykle žlutou až žlutohnědou, v dolní části pak přechází do červena. Na otlačených místech modrá.

Dužina je bíložlutá nad rourkami žlutá, v bázi třeně a pod pokožkou klobouku hnědočervená. Na vzduchu se zbarvuje nejdříve namodro poté do červena.

Rourky jsou na třeň většinou přirostlé, občas okolo třeně jen mírně vykrojené. Barvu mají nejdříve bledě žlutou později zelenožlutou. Na řezu rourky modrají s odstínem zelené. Ústí rourek je nápadně velké a hranaté u třeně ještě prodloužené. Výtrusný prach je hnědo olivový. Výtrusy jsou elipsovité, větvenovité, hladké, okrové, nahnědlé [6,7].

1.4 Klouzek obecný (*Suillus luteus*)

Je to chuťově výborná jedlá houba, lehce stravitelná, vynikající do směsí hub. Klouzek je však houba velmi měkká a při transportu z lesa často podlehne otlakům. Navíc má velmi slizký klobouk, na který se často lepí nečistoty, čištění houby je tedy pracnější než u jiných druhů hub. Roste nejčastěji pod borovicemi v nížinách a podhorských oblastech.

Význam této houby v lékařství je spojován s jejími protirakovinnými účinky, kdy bylo dokázáno, že dokáže inhibovat růst a šíření rakoviny tlustého střeva [11].

Klobouk je v mládí pŕlkulatý později ploše rozprostřený, ve středu klobouku pak můžeme pozorovat tupý hrbolek. Pokožka klobouku je velmi slizká, vláknitá a snadno loupatelná. Barevné variace klobouku jsou široké od nejčastější čokoládově hnědé až po fialové nádechy.

Třeň je válcovitý, plný na vrcholu citrónově žlutý, v dolní části pak nahnědlý. Bílá blanitá plachtička, která v mládí spojuje třeň s okrajem klobouku, zanechává na třeni pozůstatky v podobě prstence černohnědé až fialové barvy. Nad prstencem je třeň pokryt žlutohnědými skvrnkami.

Dužina je nejprve bělavá později výrazně žlutá, zejména nad rourkami, na bázi třeně je pak barva nahnědlá. Na vzduchu nemodrá.

Rourky jsou přirostlé k třeni, v mládí jsou bledě žluté, později tmavě žluté až hnědo žluté. Od dužiny klobouku se dají rourky snadno oddělit. Ústí rourek jsou drobná, nejprve kulatá, později hranatá. Výtrusný prach je hnědý, výtrusy jsou elipsoidní, větvenovité, hladké, bledožluté [6,7].

1.5 Muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*)

Je to chuťově velmi dobrá houba, pevné avšak křehké konzistence. Ačkoliv je velmi snadno rozpoznatelná podle červenající dužiny a mohutného rýhovaného prstenu, někteří houbaři se jí bojí sbírat kvůli záměně s jinými muchomůrkami. Nevýhodou pak může být také časté napadení larvami hmyzu, zejména v mohutném třeni. Lidově se Muchomůrce růžovce přezdívá „masák“. Roste v jehličnatých i listnatých lesích v hojném počtu. Výzkumy z posledních let pak ukazují na symbiózu s určitými druhy smrku [12].

Klobouk je v mládí téměř kulovitý, později polokulovitě klenutý, v dospělosti pak ploše rozprostřený. Okraje jsou nejdříve mírně podvinuté, později ostré a rovné. Pokožka klobouku je občas neznatelně rýhovaná a bývá pokryta nepravidelnými bělavými až masově hnědými lupínky, které jsou zbytkem po celkové plachtice. Barva klobouku je v mladosti bělavě růžová, později masově růžová až červenohnědá.

Třeň je válcovitý, nahoře tenčí, dole se rozšiřuje a je zakončen hlízou ve tvaru hrotu, pokrytou několika řadami malých plochých bradaviček. Barvu má třeň bílou až růžovou. V horní třetině se nachází hrubý bílý prsten, který je na horní straně zřetelně rýhovaný.

Dužina je křehká, masitá, bělavá, na řezu se zbarvuje v masově růžovou, nejzřetelněji pak červená na bázi třeně, která bývá obvykle napadena larvami hmyzu.

Lupeny u Muchomůrky nahrazují rourky, které se vyskytovaly u předchozích zástupců. Lupeny jsou 8-12 mm široké, hustě pokrývají spodní část klobouku. Barvu mají nejprve bílou, později červenající. K třeni lupeny přímo nedoléhají. Výtrusný prach má bílou barvu. Výtrusy jsou elipsoidní, hladké, bezbarvé [6,7].

2 BIOAKTIVNÍ LÁTKY

Jedná se o chemicky různorodou skupinu látek. Jejich společnou vlastností je, že mají i v minimálních koncentracích, ve kterých se vyskytují v potravinách, pozitivní vliv na funkci organismu. Patří sem flavonoidy, polyfenolické látky, taniny, lignany, vitamíny, minerální látky, silice, polyacetyleny, kumariny aj. [13]. Většina těchto látek pak vykazuje antioxidační aktivitu. Houby jsou považovány za relativně dobrý zdroj bioaktivních látek, i když se v poměru k ostatním látkám (sacharidy, bílkoviny, tuky) vyskytují v malých množstvích, v porovnání s jinými zdroji potravin je tento poměr pro houby příznivý. Právě pro obsah těchto bioaktivních látek se dlouhodobě zkoumá léčivý potenciál některých hub. Dlouhou tradici má využití hub jako léčiva zejména v asijských zemích. Momentálně se úspěšně zkoumá využití hub například v boji s multirezistentními bakteriemi, viry, tumory, alergiemi, cukrovkou atd. [14].

2.1 Antioxidační aktivita

Antioxidační aktivita je schopnost látek ovlivnit oxidační aktivitu, způsobenou volnými radikály. Typickým příkladem je zastavení řetězové radikálové reakce typu peroxidace lipidů. Podle této schopnosti byl ve 40. letech minulého století termín „antioxidant“ definován. Dnes už však víme, že význam antioxidantů na lidské tělo je mnohem komplexnější [15,16].

Kromě antioxidačních látek vznikajících přímo v lidském organismu (endogenní zdroje) jako glutation, kyselina močová a jiné, se zkoumá čím dál více i vliv látek přírodního původu, které se do těla dostávají potravní cestou (exogenní zdroje). Z těchto přirozených látek se nejčastěji sledují vitamíny, karotenoidy, polyfenoly a jiné. Velký obsah antioxidačních látek přijatých v potravinách však nemusí nutně znamenat výraznou antioxidační aktivitu v našem těle. Řada látek totiž podléhá metabolickým změnám již v trávicím traktu a jejich účinek v organismu je dále podstatně ovlivněn mírou resorpce a dalším metabolismem. Tyto metabolické procesy v trávicím traktu jsou zatím málo prozkoumány a jejich bližší výzkum by mohl mnohé výsledky upřesnit [17].

2.2 Volné radikály

Jedná se o ionty, atomy nebo molekuly, které se vyznačují tím, že mají v elektronovém obalu jeden nebo více nepárových elektronů a jsou schopny alespoň krátkodobé samostatné existence. Vyznačují se velmi malou stabilitou a vysokou reaktivitou. Jejich působením dochází k oxidačním účinkům, velmi často řetězovým. Díky této vlastnosti pak volné radikály mohou napadat lipidy, fosfolipidy, buněčné membrány, nukleové kyseliny, bílkoviny atd. a negativně tak ovlivňovat fungování organismu. Tomuto jevu se někdy říká „oxidační stres“ a jeho působení se přisuzuje rozvoj chorob jako je ateroskleróza, diabetes mellitus, hypertenze, chronické střevní záněty, některé typy rakoviny, Parkinsonova nemoc, Alzheimerova nemoc aj. Vliv oxidačního stresu je považován také za podstatu fyziologického stárnutí [16].

Volné radikály můžeme rozdělit na reaktivní formy kyslíku ROS a reaktivní formy dusíku RNS. Nejběžnějším radikálem v našem těle je pak superoxidový radikál $O_2^{\cdot-}$, jež vzniká při dýchacím řetězci mitochondrií. Někdy je označován také jako meziprodukt redukce kyslíku na vodu obdobně jako velmi reaktivní hydroxylový radikál OH^{\cdot} . Volné radikály v lidském těle mohou být původu jak endogenního (vznikají přímo v těle) tak exogenního (např. příjmem z potravin) [18].

Účinkům volných radikálů se dá bránit různými způsoby, mezi něž patří zabránění tvorby volných radikálů, odstranění volných radikálů, odstranění buněk poškozených působením volných radikálů, či kombinace těchto účinků. Tyto účinky pak mají látky nazývané antioxidanty. Ty se dají rozdělit na antioxidanty:

- primární - inaktivují přímo volné radikály
- sekundární - neinaktivují přímo volné radikály. Působí různými mechanismy včetně zabudování kovových iontů, inaktivace kyslíku, přeměny hydroxyperoxidů neradikálovým způsobem, absorbcí UV záření nebo deaktivací oxygenového singletu.

Některé antioxidanty projevují svou antioxidační aktivitu pouze v přítomnosti jiných látek. Míra antioxidační aktivity těchto látek je pak závislá na řadě různých faktorů, jako je například koncentrace, teplota, tlak, světlo aj.[18].

2.3 Polyfenoly

Jsou různorodá skupina látek obsahujících ve své struktuře benzenové jádro substituované alespoň jednou hydroxylovou skupinou. Polyfenoly lze rozdělit dle struktury na:

- jednoduché fenoly (katechol)
- fenolové kyseliny (k. benzoová a její deriváty, k. gallová a k. allagová)
- flavonoidy (flavonoly, flavony, isoflavony, flavanony, antokyanidiny, flavanoly)
- stilbeny (resveratrol)
- lignany (matairesinol, sekoisolariciresinol)
- aj.

Jak bylo řečeno dříve, polyfenoly působí proti oxidačnímu stresu způsobenému volnými radikály, k tomuto působení pak využívají kombinaci výše zmíněných účinků. Polyfenoly se hojně vyskytují v čaji, ovoci, zelenině, či právě v houbách [19].

2.4 Biogenní látky v houbách

O vysokém obsahu antioxidačních látek v houbách svědčí množství prací zabývajících se farmaceutickým využitím hub. Tímto využitím hub se zabývají nejen práce z asijských zemí, kde je využití hub jako léčiva tradicí. Dnes se zkoumá obsah zdraví prospěšných látek i v evropských druzích hub [14,20,21]. Některé práce dokazují, že obsah antioxidantů je v houbách srovnatelný s obsahem v ovoci a zelenině [22].

Z látek s antioxidační aktivitou se u volně rostoucích hub nejvíce sleduje obsah β -glukanů, či různých látek fenolické povahy, které patří v houbách k neúčinnějším antioxidantům [23,24]. Mezi další sledovanou sloučeninu s antioxidačními účinky pak patří ergothionein, hojně prokázáný u Hříbu smrkového [22,25]. Houby obsahují také dostatek flavonoidů, kyseliny askorbové či betakarotenů, jejichž antioxidační účinky byly zkoumány například u žampionů [26].

Některé práce se pak zabývají otázkou, které látky v houbách ovlivňují jejich antioxidační aktivitu nejvíce. Přímou závislost mezi obsahem polyfenolů a antioxidační aktivitou u volně rostoucích hub se podařilo dokázat například u práce Froufeho a kol. [27].

Zajímavé je také rozložení bioaktivních látek v samotných plodnicích různých druhů hub. Prokázalo se, že ve většině případů se větší obsah bioaktivních látek nalézá v klobouku,

v třeni je pak obsah menší [28]. Jiné práce se pak neomezují pouze na plodnice hub a dokazují, že vysoký obsah bioaktivních látek se nachází také v samotném podhoubí, které se dá u vybraných asijských, komerčně pěstovaných hub zakoupit [29].

3 TĚŽKÉ KOVY

Již od sedmdesátých let minulého století se v mnoha vědeckých pracích prokázalo, že houby velmi ochotně akumulují těžké kovy ze svého okolí. Jejich koncentrace pak může i několikanásobně přesahovat obsah těžkých kovů v dané půdě. Díky této vlastnosti bylo uvažováno o houbách, jako o bioindikátorech přírodního znečištění těžkými kovy, tuto tezi se však v některých studiích podařilo vyvrátit [30]. Záleží totiž na více faktorech než pouze na znečištění prostředí. Na obsah těžkých kovů v houbách má vliv také stáří podhoubí, kumulační schopnosti jednotlivých druhů hub, či frekvence tvorby plodnic [30,31].

Proces příjmu těžkých kovů v houbách může probíhat z okolní půdy (aktivní metabolismus), nebo z ovzduší a srážek nadzemními částmi houby (pasivní metabolismus). Obecně má pro akumulaci těžkých kovů větší význam příjem z půdy díky svému dlouhodobějšímu působení, ovšem záleží také na dalších faktorech (vzrůst plodnice, druh houby, pH půdy aj.) a na konkrétním druhu kumulovaného prvku. Například arsen, olovo, chrom či nikl oproti ostatním prvkům do plodnic častěji pronikají ze vzdušného okolí [31,32].

Obsah těžkých kovů u hub v prodejní síti byl dán vyhláškou MZ č. 53/2002 Sb., v současné době však není hygienický limit pro obsah těžkých kovů v houbách stanoven. Následující tabulka ukazuje maximální přípustné koncentrace konkrétních těžkých kovů na 1 kg sušiny čerstvých hub v prodejní síti dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. Evropská legislativa pak řeší obsah těžkých kovů v houbách pouze v nařízení, konkrétně v nařízení komise (ES) č. 1881/2006. Zde jsou však hygienické limity pouze pro houby pěstované a navíc jen pro kadmium (0,20 mg/kg) a olovo (0,30 mg/kg) [33,34,35].

Tabulka 1: Maximální přípustné koncentrace těžkých kovů dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. v mg/kg sušiny

Prvek	Zinek	Měď	Chrom	Kadmium	Olovo	Rtuť	Nikl	Arsen
Max. c.	80	80	4	0,2	1	0,5	6	3

3.1 Zinek

V přírodě se zinek vyskytuje díky zvětrávání hornin, vulkanické činnosti, v důsledku lesních požárů a také díky lidské činnosti (spalování, těžký průmysl).

Zinek, jakožto biogenní prvek, nepatří mezi těžké kovy zvláště nebezpečné. Popsány jsou naopak spíše problémy s jeho nedostatkem v organismu, v lidském organismu totiž pomáhá některým enzymatickým jevům. Z těla se po čase navíc přirozeně vylučuje [36,37].

V plodnicích hub je zinek rozložen nerovnoměrně, největší koncentrace se nachází ve výtrusech, dále v klobouku a v nejmenších koncentracích se zinek nachází v třeni [38].

3.2 Měď

V přírodě se měď vyskytuje obdobně jako zinek díky zvětrávání hornin, vulkanické činnosti, v důsledku lesních požárů, rozkladem biomasy a také díky lidské činnosti (spalování, těžký průmysl, elektrotechnika).

Měď je podobně jako zinek součástí mnoha enzymů a její nedostatek způsobuje vážná onemocnění, ve vyšších koncentracích je však jedovatý. Příjem nebezpečných koncentrací stravou je však nepravděpodobný díky odpudivé chuti mědi [36,37]. Rozložení mědi v plodnicích hub je pak obdobné jako u zinku. Tedy nerovnoměrné, největší koncentrace se nachází ve výtrusech, dále v klobouku a v nejmenších koncentracích se měď opět nachází v třeni [38].

3.3 Chrom

V přírodě se chrom vyskytuje také díky zvětrávání hornin, vulkanické činnosti, rozkladem biomasy a také díky lidské činnosti (metalurgie, těžký průmysl, chemický průmysl).

Škodlivost chromu pro lidský organismus je odvislá od jeho konkrétní formy, kupříkladu trojmocný chrom je pro správné fungování některých enzymů nezbytný a v této formě se v přírodě přirozeně vyskytuje. Naproti tomu chrom šestimocný má karcinogenní účinky, způsobuje oxidační stres a oslabuje obranyschopnost. Výskyt šestimocného chromu je v přírodě spojen převážně s lidskou činností [37,39].

3.4 Kadmium

V přírodě se kadmium vyskytuje převážně díky lidské činnosti (spalování, metalurgie, výroba barev, fotočlánků). Přirozenými zdroji kadmia je pak vulkanická činnost a zvětrávání hornin.

Kadmium je pro lidský organismus nebezpečné zejména díky svým kumulativním vlastnostem, kdy se usazuje ve vnitřních orgánech až na desítky let. Hlavními příznaky otravy

jsou pak onemocnění jater, ledvin, osteoporóza či anémie. Kadmium také způsobuje oxidační stres. Chronická otrava kadmiem se označuje Itai - Itai (bolí – bolí) a projevuje se poškozením ledvin a odvápněním kostí vedoucím až k destrukci obratlů spojené s velkými bolestmi, které taky dali nemoci jméno. Byly také potvrzeny karcinogenní účinky kadmia [36,37,40].

3.5 Olovo

V přírodě se olovo vyskytuje podobně jako kadmium převážně díky lidské činnosti (spalování, doprava, hutnictví). Přírodními zdroji olova jsou pak zvětrávání hornin či lesní požáry, avšak oproti antropogenním zdrojům jsou tyto zdroje zanedbatelné.

Nebezpečí olova pro lidský organismus spočívá v jeho snadném průniku do těla, kumulativním vlastnostem v kostech a jeho toxicitě. Způsobuje poškození krvetvorného systému, trávicího ústrojí, poruchy imunitního systému a neuropsychické problémy. Zvláště toxický je pak pro dětský organismus [36,37]. U hub sbíraných v neznečištěných oblastech však takto nebezpečné koncentrace olova nejsou pravděpodobné, nebezpečné koncentrace však byly prokázány u hub sbíraných v okolí bývalého dolu na olovo [41].

3.6 Rtuť

V přírodě se rtuť vyskytuje také převážně díky lidské činnosti (spalování, metalurgie, fungicidy, chemický průmysl). Přírodní cestou výskytu rtuti v přírodě je opět zvětrávání hornin, lesní požáry, sopečná činnost či vypařování oceánů

Rtuť je známá svojí vysokou toxicitou nejen pro lidský organismus, nebezpečná je zejména nízká koncentrace, potřebná k prvním projevům negativních příznaků. Prvními příznaky otravy rtutí je třes v rukou v důsledku zasažení nervové soustavy. Při dlouhodobém vystavení nízkým koncentracím rtuti byly pozorovány změny osobnosti. Dalšími náchylnými orgány jsou játra a ledviny. Při vysokých expozicích dochází k celkovému selhání organismu [36,37]. Výskyt rtuti v houbách je často sledovaný, zejména v pracích polských autorů. V posledním desetiletí se pak ukazuje Hřib smrkový jako houba snadno akumulující rtuť. Větší výskyt rtuti pak vykazuje klobouk, třeň naopak akumuluje rtuť méně [42].

3.7 Kobalt

V přírodě se kobalt vyskytuje díky zvětrávání hornin a také díky lidské činnosti (metalurgie, sklářství).

V lidském organismu se kobalt vyskytuje přirozeně jako součást vitamínu B12, ve vysokých koncentracích však kobalt působí toxicky a způsobuje zvracení, průjemy, hluchotu, či kožní vyrážky [36,37,43].

3.8 Nikl

V přírodě se nikl vyskytuje díky zvětrávání hornin, erozi půd a také díky lidské činnosti (hutnictví, spalování, ropný průmysl, kovové odpady).

Na lidský organismus působí negativně zejména díky svým karcinogenním a teratogenním (poškození plodu) účinkům ve vyšších koncentracích. Dále způsobuje poruchy ledvin, srdeční činnosti a centrálního nervového systému. V nižších koncentracích je pak možno setkat se s kožní alergií na nikl. Většina niklu se do lidského těla dostává dýchacími cestami [36,37,43].

3.9 Arsen

V přírodě se arsen vyskytuje díky své přítomnosti v hnědém uhlí a také díky lidské činnosti (spalování, dřevařství, sklářství, výroba barev).

Arsen je známý díky svým toxickým účinkům na organismy. Při prudkých otravách dochází k bezvědomí, zastavení dýchání a krevního oběhu. V menších koncentracích pak arsen způsobuje motorické obrny a poruchy paměti. Prokázány byly také karcinogenní účinky arsenu [36,37].

Nejen u výskytu v houbách záleží jak na koncentraci arsenu v přijímané potravíně, tak na jeho formě. Je například doloženo, že anorganické formy arsenu vykazují vyšší toxicitu než organické formy. Záleží však také na konkrétní formě arsenu [8].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

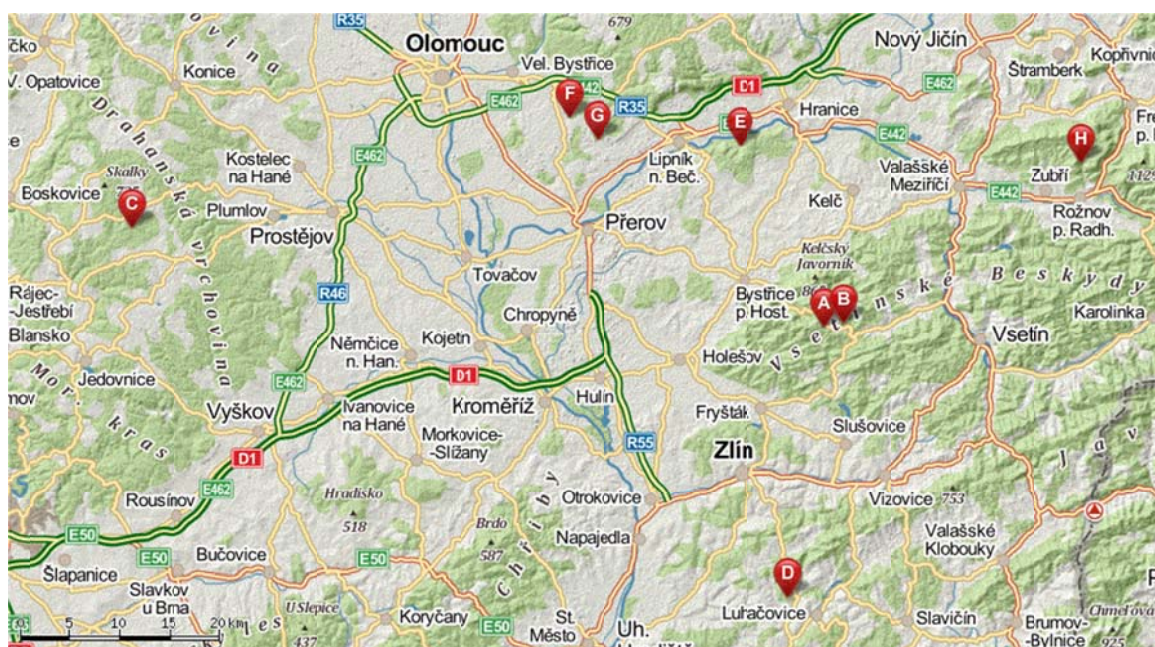
Tato diplomová práce se zabývá porovnáním obsahu bioaktivních látek a těžkých kovů u vybraných druhů volně rostoucích hub. Tato práce má za cíl porovnat po provedení laboratorních měření výsledky a to z pohledu rozdílnosti druhů hub, lokalit sběru a výsledků měření obdobných prací.

Cíle práce:

- 1) sběr vzorků vybraných volně rostoucích hub z různých lokalit ČR
- 2) stanovení celkového obsahu polyfenolů, antioxidační aktivity a těžkých kovů u získaných vzorků hub
- 3) vyhodnocení a porovnání zjištěných výsledků z pohledu rozdílnosti druhů hub, lokalit sběru a výsledků měření obdobných prací

5 CHARAKTERISTIKA OBLASTÍ SBĚRU

Při výběru vhodných lokalit sběru bylo uvažováno, že na obsah bioaktivních látek a těžkých kovů u hub nemá vliv pouze druh houby, ale také prostředí výskytu. Z tohoto důvodu byly zvoleny jak lokality vzdálené od lidské činnosti, tak oblasti, kde se dá znečištění prostředí očekávat. Dalším kritériem pro výběr oblastí sběru pak byl předpokládán výskyt hledaných zástupců hub. Zvoleny tak byly lesy smíšené s převahou jehličnatých stromů v nadmořské výšce od 300 do 600 m.n.m. Posledním kritériem pak byla časová i ekonomická náročnost práce, proto byla zvolena místa pouze na Moravě. Souhrnný přehled oblastí sběru je znázorněn na následujícím obrázku. Bližší popis míst je pak zpracován v podkapitolách 5.1 až 5.8.



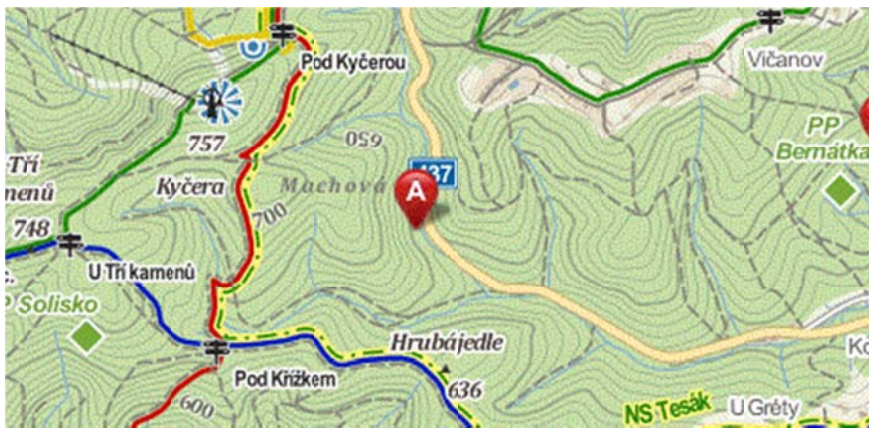
A Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	E Paršovice, okres Přerov
☷ 49°21'25.132"N, 17°46'36.934"E	☷ 49°31'17.092"N, 17°40'7.178"E
B Rajnochovice, okres Kroměříž	F Tršice, okres Olomouc
☷ 49°21'32.735"N, 17°48'9.690"E	☷ 49°33'8.763"N, 17°26'7.611"E
C Protivanov, okres Prostějov	G Veselíčko, okres Přerov
☷ 49°27'50.891"N, 16°49'32.933"E	☷ 49°31'52.356"N, 17°28'25.372"E
D Ludkovice, okres Zlín	H Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín
☷ 49°6'54.293"N, 17°42'47.316"E	☷ 49°29'42.775"N, 18°8'19.014"E

Obrázek 1: Souhrnný přehled oblastí sběru

[44]

5.1 Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)

Lokalita se nachází ve Vsetínských Beskydech, v oblasti přírodního parku Hostýnské vrchy. V těsné blízkosti sběru (do 200 m) však vede frekventovaná silnice č. 437 spojující Bystřici pod Hostýnem a Vsetín, konkrétně pak úsek mezi turistickou chatou Tesák a Troják. V této oblasti pak kopíruje silnici potok Juhyně. Tato lokalita byla vybrána za účelem vlivu silniční dopravy na obsah bioaktivních látek a těžkých kovů v houbách. Pro porovnání je pak ideální lokalita B (viz 5.2), která je vzdálena do 2 km od této oblasti. Nadmořská výška je cca 600 m.n.m.



Obrázek 2: Rajnochovice – u silnice

[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti kambizem mesobazická a fluvizem glejová. Základní horninou jsou pak pískovce, jílovce a slepence. Oblast se nachází v regionu vnější a vnitřní Karpaty [45].

5.2 Rajnochovice, okres Kroměříž

Lokalita se také nachází ve Vsetínských Beskydech, v oblasti přírodního parku Hostýnské vrchy. Od frekventovaných silnic je však dostatečně vzdálena, v blízkosti se naopak nachází přírodní památka Bernátka (typický lesní porost karpatské jedlobučiny s hojným výskytem Řeřišnice trojlisté) [46]. Lokalita se nachází asi 1 km v kopci nad kempem Uhliska, častým místem dětských táborů. Nadmořská výška je cca 580 m.n.m. Lokalita byla vybrána pro porovnání s lokalitou A (viz 5.1) jako oblast Vsetínských Beskyd bez vlivu silniční dopravy.



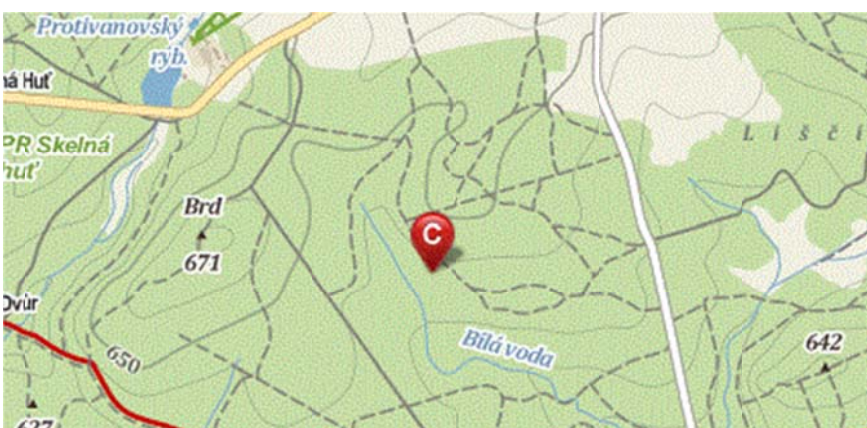
Obrázek 3: Rajnochovice

[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti kambizem mesoba-
zická. Základní horninou jsou pak pískovce, jílovce, slepence. Oblast se nachází v regionu
Vnější a vnitřní Karpaty [45].

5.3 Protivanov, okres Prostějov

Lokalita se nachází asi 4 km západně od vojenského újezdu Březina (Drahanská vrchovi-
na). Sběr byl proveden v lese mezi obcemi Protivanov a Niva, asi půl kilometru od málo
frekventované silnice. Nadmořská výška je cca 640 m.n.m. Lokalita byla vybrána díky své
oblíbenosti mezi tamními houbaři a jako typický zástupce obyčejného lesa nespádajícího
pod žádnou zvláštní ochranu jako např. CHKO.



Obrázek 4: Protivanov

[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti kambizem dystrická, pseudoglej modální, glej modální. Základní horninou jsou pak droby často masivní, podřízeně břidlice. Oblast se nachází v regionu Český masív [45].

5.4 Ludkovice, okres Zlín

Lokalita se nachází asi 3 km západně od CHKO Bílé Karpaty. Oblast sběru je v lese mezi obcemi Ludkovice a Hřivínův Újezd, na kopci asi 500 m od Ludkovic. Nadmořská výška je cca 380 m.n.m. Lokalita byla vybrána jako typický zástupce obyčejného lesa nespádajícího pod žádnou zvláštní ochranu jako např. CHKO.



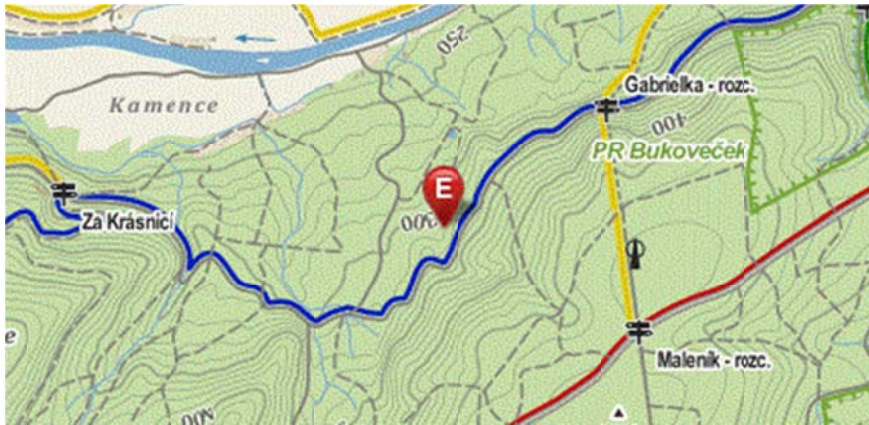
Obrázek 5: Ludkovice

[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti luvizem oglejená. Základní horninou jsou pak pískovce, slepence, podřízeně jílovce. Oblast se nachází v regionu vnější Karpaty a bradlové pásmo [45].

5.5 Paršovice, okres Přerov

Lokalita se nachází v lesích mezi obcemi Týn nad Bečvou a Paršovice, v kopci pod vrcholem Maleník a asi kilometr od řeky Bečvy. Oblast sběru je vzdálena jak od obydlí, tak od komunikací. Poblíž je PR Bukoveček s původním bukovým porostem. Nadmořská výška je cca 320 m.n.m. Lokalita byla vybrána díky oblíbenosti místních houbařů a jako typický zástupce obyčejného lesa nespádajícího pod žádnou zvláštní ochranu jako např. CHKO.



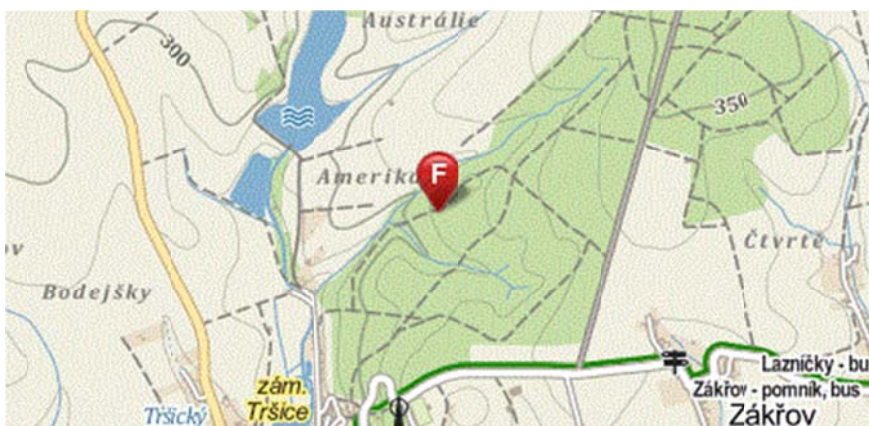
Obrázek 6: Paršovice

[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti kambizem mesobažická, modální. Základní horninou jsou pak jíly, vápnité jíly ("tégel"), podřízeně písky, štěrky a řasové vápence. Oblast se nachází v regionu Alpsko-karpatské čelní pánve a vnitrohorské pánve [45].

5.6 Tršice, okres Olomouc

Lokalita se nachází asi 5 km jižně od Vojenského újezdu Libavá (Oderské vrchy) v lese severně od obce Tršice. Lesem protéká potok Olešnice. Poblíž není žádná frekventovaná silnice, les je však protkán sítí cyklostezek. Oblast nespadá pod žádnou zvláštní ochranu. Nadmořská výška je cca 310 m.n.m. Lokalita byla vybrána zejména pro porovnání s lokalitou G (viz 5.7) od které je vzdálena asi 3 km.



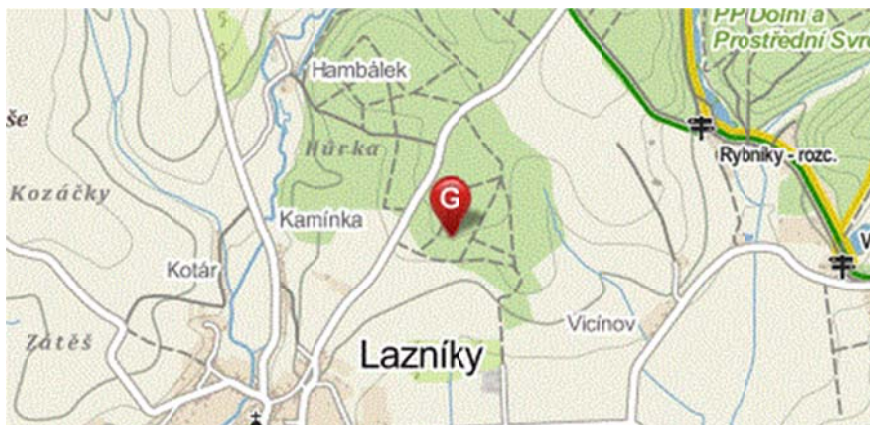
Obrázek 7: Tršice

[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti luvizem oglejená, kambizem modální, fluvizem glejová. Základní horninou jsou pak převážně laminované břidlice. Oblast se nachází v regionu Český masív [45].

5.7 Veselíčko, okres Přerov poblíž skládky komunálního odpadu

Lokalita se nachází asi 5 km jižně od Vojenského újezdu Libavá (Oderské vrchy), v lese severně od obce Lazníky. Oblast sběru je v těsném okolí (300m) podzemní skládky komunálního odpadu, v blízkosti se pak nachází méně frekventovaná silnice. Oblast nespadá pod žádnou zvláštní ochranu. Nadmořská výška je cca 310 m.n.m. Lokalita byla vybrána pro svoji polohu poblíž skládky komunálního odpadu. Skládka se nachází na lesním pozemku, který je ve vlastnictví statutárního města Přerova a zaujímá plochu přibližně 0,55 ha, jedná se o oplocený areál s podkladovou vrstvou betonu. Skládka měla svému účelu původně sloužit do roku 2004, kdy měla obec Veselíčko provést rekultivaci skládky a uvést příslušnou část lesního pozemku do původního stavu. Skládka však ještě na konci roku 2009 fungovala a byla Českou inspekcí životního prostředí označena za černou skládku. Nyní již na toto místo odpad nepřibývá a uvažuje se o jeho přebudování na kompostárnu [47,48].



Obrázek 8: Veselíčko – komunální skládka

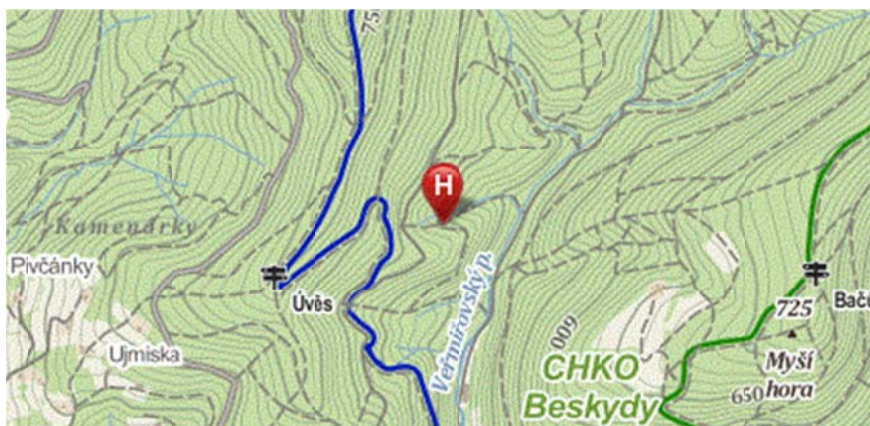
[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti kambizem modální, kambizem luvická. Základní horninou jsou pak převážně laminované břidlice. Oblast se nachází v regionu Český masív [45].

5.8 Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín

Lokalita se nachází v Moravskoslezských Beskydech na území CHKO Beskydy, v zalesněných kopcích cca 4 km severně od města Rožnov pod Radhoštěm. Oblastí protéká Ver-

miřovský potok, poblíž se nenachází žádná silnice. Nadmořská výška je cca 550 m.n.m. Lokalita byla vybrána jako zástupce lesa v CHKO.



Obrázek 9: Rožnov pod Radhoštěm

[44]

Z geologického hlediska je převládajícím půdním podložím v oblasti kambizem mesobazická, fluvizem modální. Základní horninou jsou pak pískovce, jílovce, slepence. Oblast se nachází v regionu vnější a vnitřní Karpaty [45].

6 MATERIÁL A METODIKA

6.1 Sběr a úprava vzorků

Pro účely této práce bylo nasbíráno 39 vzorků hub z 8 různých lokalit. Záměrem bylo na každé lokalitě najít po vhodném zástupci z pěti druhů nejčastěji sbíraných hub, což se povedlo s výjimkou absence Muchomůrky růžovky v oblasti Veselíčko – poblíž skládky komunálního odpadu. Při sběru hub bylo dbáno na to, aby všechny vzorky pocházely z hub o přibližně stejném stáří a obdobné velikosti plodnic, tedy plodnice mladé, avšak dostatečně vyvinuté. Sběr byl prováděn v období od 5. do 13. září 2013, za pomoci členů mykologického klubu Přerov. Přesné určení druhu hub bylo provedeno za pomoci atlasu hub [6], ve sporných případech (zejména podobnost jednotlivých poddruhů klouzků) bylo opět využito pomoci členů zmíněného mykologického klubu, respektive mykologické poradny v Přerově.

Na každé lokalitě byly od každého druhu sesbírány cca tři plodnice. Po běžném očištění hub byla odkrojena část třeně a část klobouku z každého vzorku a obě části byly uloženy do jednoho označeného igelitového sáčku, takto byl vzorek zmražen na cca 3 měsíce, po kterých probíhal vlastní laboratorní výzkum.

6.2 Příprava extraktů hub

Pro stanovení antioxidační aktivity a celkového obsahu polyfenolických látek se nejdříve připravila metanolová směs vzorku. Po rozmrazení vzorku se s přesností na 4 desetinná místa navážily 2 g vzorku do třecí misky, přidalo se 20 ml metanolu a směs se roztřela. Po homogenizaci byla směs převedena do Erlenmayerovy baňky, která se následně umístila do vodní lázně o teplotě 25°C na 24 hodin. Po uplynutí dané doby byla směs přefiltrována přes papírový filtr do uzavíratelné nádoby z tmavého skla. Takto připravený extrakt byl pro další stanovení uchováván v lednici.

6.3 Stanovení sušiny vybraných vzorků hub

Pro stanovení obsahu těžkých kovů byla stanovena sušina u vybraných vzorků hub. Sušina se nestanovovala u všech zástupců z důvodu vysoké ceny stanovení obsahu těžkých kovů. Nejdříve se zvažila prázdná, vysušená miska, přidalo se asi 15 g vzorku a byla přesně zvážena miska společně se vzorkem. Misky se vzorky byly vysušeny do konstantní hmotnosti

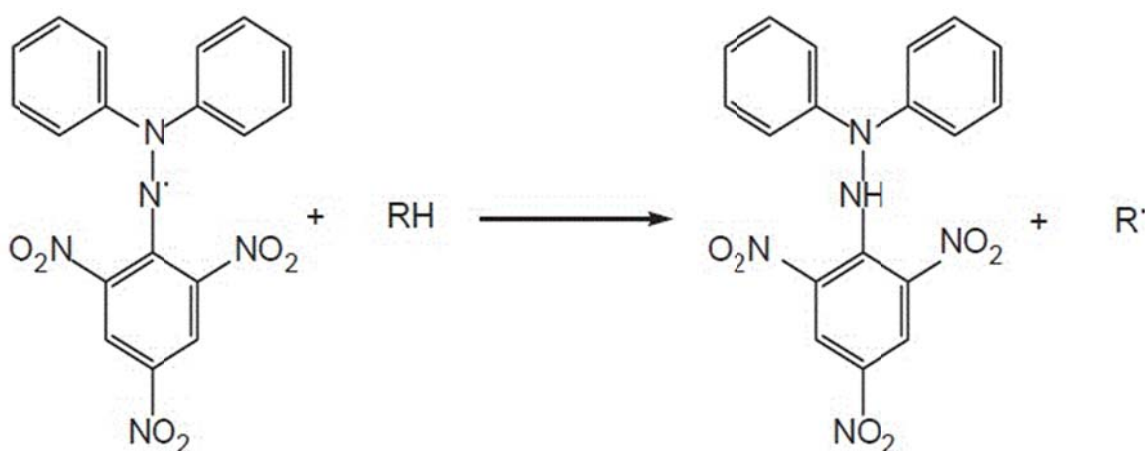
a přesně zvážený. Vysušený vzorek byl převeden do třecí misky a rozdrcen na prášek. Tento prášek byl dále použit při stanovení obsahu těžkých kovů. Na základě výpočtu byl stanoven obsah sušiny v jednotlivých vzorcích.

6.4 Stanovení antioxidační aktivity pomocí DPPH

Pro stanovení antioxidační aktivity se dnes používá mnoho různorodých metod, jelikož antioxidanty mohou působit rozmanitými mechanismy. Obecně můžeme tyto metody rozdělit do dvou skupin – na metody hodnotící schopnost eliminovat radikály a metody posuzující redoxní vlastnosti látek. Pro tuto práci byla vybrána metoda založená na eliminaci radikálů metodou DPPH, jelikož je u vzorků hub nejvíce používanou [17].

6.4.1 Princip stanovení

Tato metoda patří mezi základní metody stanovení antioxidační aktivity. Metoda spočívá v reakci antioxidačních látek ve vzorku se stabilním radikálem DPPH (1,1-difenylnitrosyl-2,2,4,6-tetramethylpiperidin) (2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl)



[49]

Při této reakci dochází k redukci tohoto radikálu na DPPH-H, což je doprovázeno barevnou změnou z fialové barvy do odbarvení. Změna absorbance pak odpovídá antioxidační aktivitě ve vzorku a je sledována nejčastěji spektrofotometricky při 517 nm po uplynutí konstantní reakční doby. K vyjádření antioxidační aktivity se pak používá ekvivalentu standardu Troloxu, nebo, jako v tomto případě, kyseliny askorbové [17,50].

6.4.2 Postup měření

Nejdříve byl připraven zásobní roztok (SS) DPPH v poměru 0,024 g DPPH : 100 ml metanolu. Z tohoto zásobního roztoku (SS) byl připraven pracovní roztok (WS) v poměru 10 ml (SS) : 45 ml metanolu.

Poté byla vytvořena reakční směs přidáním 0,45 ml extraktu vzorku s 8,55 ml pracovního roztoku (WS). Tato reakční směs byla ponechána přesně hodinu ve tmě. Poté se proměřila absorbance pracovního roztoku A_0 a následně absorbance jednotlivých vzorků A_1 oproti metanolu. Absorbance byla měřena na přístroji UV/VIS Spektrofotometr Lambda 25 při vlnové délce 515 nm. Z každého vzorku byly vytvořeny dvě reakční směsi, na kterých byla provedena dvě měření vedle sebe. Takto byly získány z každého vzorku 4 hodnoty, které byly po dosažení do výpočtu zprůměrovány.

6.4.3 Kalibrace

Kalibrace tohoto stanovení byla provedena na základě kalibrační přímky metanolových roztoků kyseliny askorbové oproti metanolu. Kalibrační roztoky byly o koncentracích 40, 80, 120, 160 a 200 mg/l.

Rovnice kalibrační přímky pak vyšla: $y = 0,448x + 11,41$

kde x = koncentrace kyseliny askorbové v mg/l

y = úbytek absorbance v %

6.4.4 Výpočet antioxidační kapacity

Ze získaných výsledků byla vypočtena antioxidační aktivita jednotlivých vzorků vyjádřená jako antioxidační kapacita. Nejdříve pomocí vzorce $(A_0 - A_1)/A_0 * 100$ vyjádříme průměrný úbytek absorbance v procentech. Po dosažení tohoto výsledku do rovnice kalibrační přímky standartu pak získáme antioxidační kapacitu vzorku vyjádřenou jako ekvivalent redukční účinnosti standartu – kyseliny askorbové.

6.5 Stanovení celkového obsahu polyfenolů pomocí činidla Folin – Ciocalteu

Pro stanovení fenolických látek se používají buďto metody kvalitativní, kdy zjišťujeme konkrétní fenolické látky nacházející se ve vzorku, nebo kvantitativní metody, využívající

společných vlastností větších či menších skupin polyfenolyckých sloučenin. V této práci byla použita kvantitativní metoda s Folin – Ciocalteuovým činidlem [51].

6.5.1 Princip stanovení

Principem této metody je, že veškeré fenolové sloučeniny obsažené ve vzorku se oxidují Folin-Ciocalteuovým činidlem, které je směsí kyseliny fosforečno wolframové a kyseliny fosforečno molybdenové. Tato směs se působením polyfenolů zároveň redukuje na směs oxidů wolframu a molybdenu. Reakce probíhá v zásaditém prostředí uhličitanu sodného a je doprovázena barevnou změnou, kdy směs kyselin o žluté barvě přechází na směs oxidů modré barvy. Intenzita barevné změny pak odpovídá množství polyfenolů ve vzorku a měří se nejčastěji fotometricky při 765 nm. Pro vyjádření výsledku se využívá ekvivalentu standardu - kyseliny gallové [52].

6.5.2 Postup měření

Nejprve byla vytvořena reakční směs v 10 ml odměrné baňce, do které bylo v přesně stanoveném pořadí přidáno:

- 1) 5 ml destilované vody
- 2) 0,5 ml Folin – Ciocalteuova činidla
- 3) 0,3 ml extraktu vzorku
- 4) 1,5 ml 20% uhličitanu sodného
- 5) Do 10 ml doplnit destilovanou vodou

Zvolené pořadí se projevilo jako nejlepší z důvodu čirosti reakční směsi.

U takto vytvořené reakční směsi byla ihned proměřena absorbance jednotlivých vzorků oproti slepému vzorku. Slepý vzorek byl vytvořen obdobným postupem bez extraktu vzorku. Absorbance byla měřena na přístroji UV/VIS Spektrofotometr Lambda 25 při vlnové délce 765 nm. Z každého vzorku byly vytvořeny dvě reakční směsi, na kterých byla provedena dvě měření vedle sebe. Takto byly získány z každého vzorku 4 hodnoty, které byly po dosažení do výpočtu zprůměrovány.

6.5.3 Kalibrace

Kalibrace tohoto stanovení byla provedena na základě kalibrační přímky vodných roztoků kyseliny gallové oproti destilované vodě. Kalibrační roztoky byly o koncentracích 50 až 4000 mg/l.

Rovnice kalibrační přímky pak vyšla: $y = 0,0009x + 0,0016$

kde x = koncentrace kyseliny askorbové v mg/l

y = úbytek absorbance v %

6.5.4 Výpočet celkového obsahu polyfenolů

U každého vzorku máme naměřeny čtyři absorbance. Po dosazení tohoto výsledku do rovnice kalibrační přímky standartu pak získáme koncentraci polyfenolů v extraktu vyjádřenou jako ekvivalent standartu – kyseliny gallové. Výsledky ze čtyř měření u každého vzorku zprůměrujeme.

6.6 Stanovení obsahu těžkých kovů

Pro samotné stanovení těžkých kovů u vybraných vzorků hub byl použit vysušený homogenizovaný prášek, který jsme získaly při stanovení sušiny - viz kapitola 6.3. Takto upravené vzorky byly odeslány do externí laboratoře, kde byly těžké kovy stanoveny níže popsanými postupy.

6.6.1 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Rtuť byla stanovena přímým stanovením z homogenizovaného suchého vzorku pomocí atomové absorpční spektrometrie na přístroji AMA 254.

Princip atomové absorpční spektrometrie (AAS) spočívá v tom, že roztok analyzovaného vzorku je zmlžen a vzniklý aerosol zaveden do atomizátoru, ve kterém je dosaženo vysokých teplot. Zde se roztok okamžitě odpaří a rozruší se chemické vazby v molekulách přítomných sloučenin. Plamenem je pak veden paprsek světla o známé intenzitě. Fotony tohoto paprsku jsou při setkání s atomy analyzovaného prvku absorbovány a atom prvku přechází do příslušného vzbuzeného (excitovaného) stavu. Dochází tak k úbytku intenzity paprsku procházejícího světla. Tato intenzita se pak zpracovává v detektoru, kterým je nejčastěji fotonásobič. Zde fotony dopadající na fotokatodu, vyrážejí z jejího povrchu v důsledku fotoelektrického jevu elektrony, které se pak lavinovitě množí při dopadu na kaská-

du dynod s vloženým rostoucím napětím a tím vytvářejí měřitelný elektrický proud. Tím je změřen a vypočítán úbytek intenzity světla oproti intenzitě původního paprsku. V praxi se pak jako měřená veličina používá logaritmus úbytku světelné energie nazvaný absorbance (A). Hodnota absorbance v daném vzorku se pak porovná s kalibrační křivkou pro daný prvek a odečte se výsledek [53,54,55].

6.6.2 Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES)

U všech ostatních kovů bylo před samotným stanovením nutno upravit homogenizované suché vzorky mineralizací v mikrovlnném rozkladném systému MARS 6 za pomoci mineralizačního činidla – směsi kyseliny dusičné a peroxidu vodíku v poměru 6:1. Po této úpravě byly vzorky analyzovány pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) na přístroji ICP-OES spektrometr ARCOS EOP 160 - 770 (SPECTRO).

Principem optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem je měření intenzity emitovaného záření. Vzorek je obdobně jako u metody AAS atomizován, rozdíl však spočívá v dosažení vysokých teplot při rozptylu vzorku na atomy, současně dochází k ionizaci a excitaci. K této excitaci dochází pomocí indukčně vázané plazmy. Plazma představuje značně nebo zcela ionizovaný plyn složený z atomů, iontů a volných elektronů. Účinnost plasmového výboje je velmi vysoká a dosahuje teplot 5 000 až 10 000 °K. Výsledkem působení těchto teplot je vznik směsi ionizovaných a excitovaných atomů. Celý děj probíhá v ochranném prostředí (nejčastěji v plynném argonu), aby se zabránilo reakcím mezi ionty a složkami atmosféry. Excitace atomů spočívá v energetických přeskočích elektronů v atomových obalech v důsledku dodání velkého množství tepelné energie. Přitom se uvolní energie ve formě fotonu (záření) o určité vlnové délce. Tento jev se nazývá emise a jeho výsledkem je charakteristické emisní spektrum atomu. Dle tohoto emisního spektra pak dokáže detektor (fotonásobič, polovodičové detektory, diodové pole aj.) vyhodnotit jak druh, tak koncentraci zkoumaných prvků [55,56,57].

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Antioxidační kapacita

Jak bylo popsáno podrobněji dříve, metoda spočívá v reakci volného radikálu DPPH s antioxidanty obsaženými ve vzorku hub. Reakce se projevuje barevnou změnou, kterou měříme spektrofotometricky. Vzorky byly proměřeny postupem uvedeným dříve.

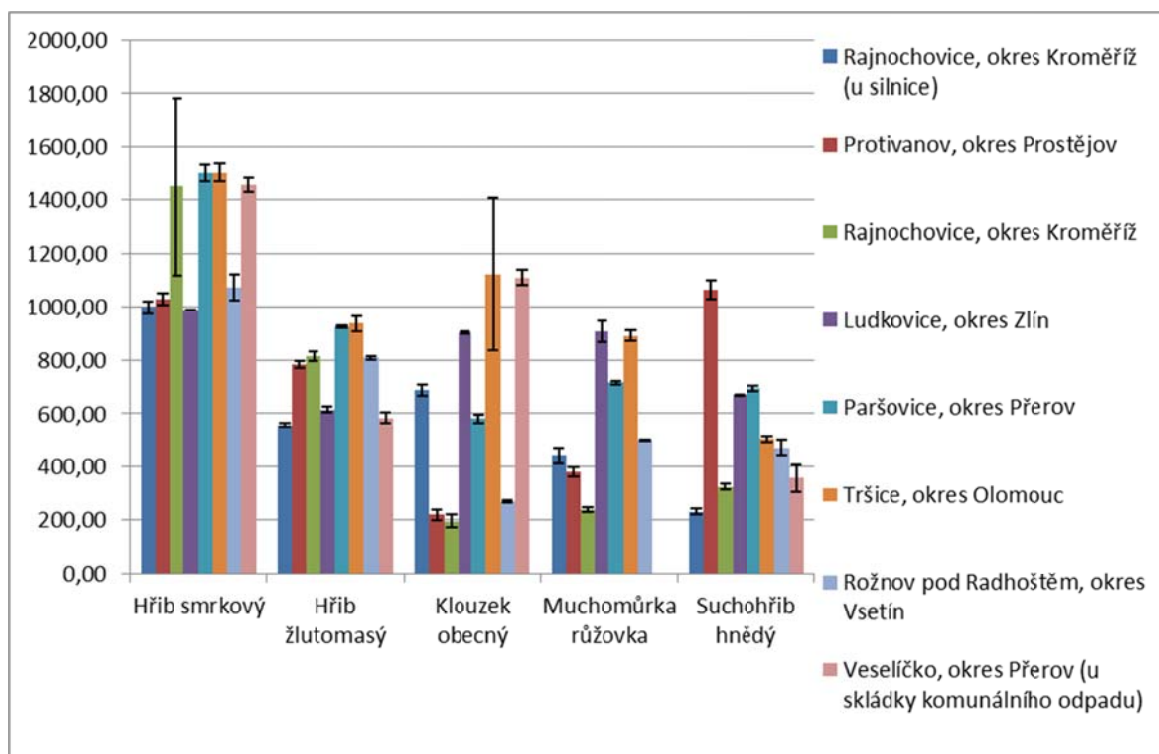
Získané hodnoty antioxidační kapacity jsou uvedeny v tabulce jako ekvivalent redukční účinnosti standartu – kyseliny askorbové v mg/kg čerstvých hub. Naměřené množství antioxidační kapacity se pohybovalo v rozmezí 195 až 1503 mg/kg čerstvých hub.

Při srovnání s obdobnými výzkumy jiných autorů je důležité zaměřit se mimo jiné také na shodnost použité metodiky. Rozdílné metody stanovení antioxidačních látek totiž přináší rozdílné výsledky [22]. I z tohoto důvodu bylo porovnání s údaji zjištěnými v literatuře obtížné. Ve většině vhodných zdrojů k porovnání byl jako jediný shodný druh k mé práci Hřib smrkový, ostatními druhy se mnoho nalezených zdrojů nezabývalo. Většina nalezených prací také stanovovala antioxidační látky, potažmo obsah polyfenolů ze vzorků sušených či lyofilizovaných hub. Předpokládáme – li však, že většina hub obsahuje cca 10% sušiny, pak hodnoty získané měřením a porovnané s danou literaturou se řádově shodují [58,59,60].

Porovnání antioxidační kapacity mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je dobře patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 2: Porovnání antioxidační kapacity mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru vyjádřený jako redukční účinnost standartu kyseliny askorbové v mg/kg

	druh houby	Hřib smrkový	Hřib žlutomasý	Klouzek obecný	Muchomůrka růžovka	Suchohřib hnědý
Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Antioxidační kapacita	997,85	556,16	686,82	441,74	231,61
	Směrodatná odchylka	21,66	5,84	20,46	27,41	11,18
Protivanov, okres Prostějov	Antioxidační kapacita	1028,78	782,93	219,11	382,07	1063,01
	Směrodatná odchylka	21,64	14,35	21,48	16,91	36,44
Rajnochovice, okres Kroměříž	Antioxidační kapacita	1450,75	814,60	195,97	239,93	324,98
	Směrodatná odchylka	332,50	18,55	25,59	8,74	9,68
Ludkovice, okres Zlín	Antioxidační kapacita	988,10	614,27	903,07	907,25	669,50
	Směrodatná odchylka	1,23	10,21	2,95	39,66	1,98
Paršovice, okres Přerov	Antioxidační kapacita	1502,90	926,46	580,98	714,50	693,44
	Směrodatná odchylka	30,96	4,64	14,64	7,71	8,76
Tršice, okres Olomouc	Antioxidační kapacita	1503,09	936,81	1123,25	891,92	504,34
	Směrodatná odchylka	34,17	26,98	284,90	19,29	10,36
Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Antioxidační kapacita	1074,06	807,96	269,74	501,22	472,61
	Směrodatná odchylka	48,30	7,44	3,19	1,80	29,51
Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Antioxidační kapacita	1456,22	583,61	1109,09	-	358,07
	Směrodatná odchylka	27,59	18,73	28,79	-	52,04
Antioxidační kapacita	průměr	1250	753	636	583	540



Obrázek 10: Porovnání antioxidační kapacity mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru

Z tohoto vyobrazení je pak patrné, že antioxidační kapacita Hříbu smrkového je dominantní oproti ostatním druhům zkoumaných hub, v průměru téměř třikrát vyšší. Obdobných poznatků pak bylo dosaženo i v jiných pracích, které dokazují vysoký obsah bioaktivních látek v Hříbu smrkovém [58,59]. Rozdíl antioxidační kapacity mezi ostatními druhy hub pak není tak markantní. Nejmenší antioxidační kapacitu pak vykazuje Suchohřib hnědý, a to i přes vysoké hodnoty naměřené u vzorku z Protivanova, který může být stejně tak světovou výjimkou, jako chybou měření.

Pokud srovnáváme vliv lokality sběru na antioxidační kapacitu, získané výsledky jsou rozporuplné. Bereme – li v úvahu průměrné hodnoty z předchozí tabulky, pak se díky malým rozdílům jako nejvhodnější lokalita pro sběr hub z hlediska obsahu antioxidantů jeví oblast v Tršicích, stejně dobře jako oblast v Paršovicích či Veselíčku u skládky komunálního odpadu. Mezi lokalitami tedy není velký rozdíl. Předpoklad, že houby sbírané v blízkosti komunální skládky budou mít vyšší antioxidační kapacitu, z důvodu obranného systému organismu houby před vyšším znečištěním prostředí se tak nepotvrdil. Nejmenší průměrnou antioxidační kapacitu pak vykazují vzorky sebrané v oblasti Rajnochovic u silnice a to

téměř dvakrát menší než u vzorků z Tršic. Zajímavé však je, že vzorky sebrané v Rajnochovicích v oblasti bez vlivu silniční dopravy vykazují výsledky obdobné jako vzorky od cesty. Vliv silniční dopravy na antioxidační kapacitu hub tak také nebyl jednoznačně prokázán. U vzorků pocházejících z lokality Rožnov pod Radhoštěm v CHKO nebyla zjištěna výrazně rozdílná hodnota antioxidační kapacity než u vzorků z jiných lokalit.

Porovnáme – li vliv lokality sběru u jednotlivých druhů hub, namísto u průměrných hodnot, výsledky se pak mohou lišit. Kupříkladu Hřib smrkový z lokality v Rajnochovicích, ze které obsahovaly vzorky v průměru nejméně antioxidantů, vykazuje překvapivě vysokou antioxidační kapacitu oproti Hřibům smrkovým z jiných lokalit. Naopak Klouzek obecný z Paršovic vykazoval v porovnání s klouzky z jiných lokalit překvapivě nízké hodnoty. Tyto rozdíly jen potvrzují domněnku, že na obsah biogenních látek v houbách má vliv mnohem více ukazatelů, než jen lokalita sběru.

7.2 Celkový obsah polyfenolů

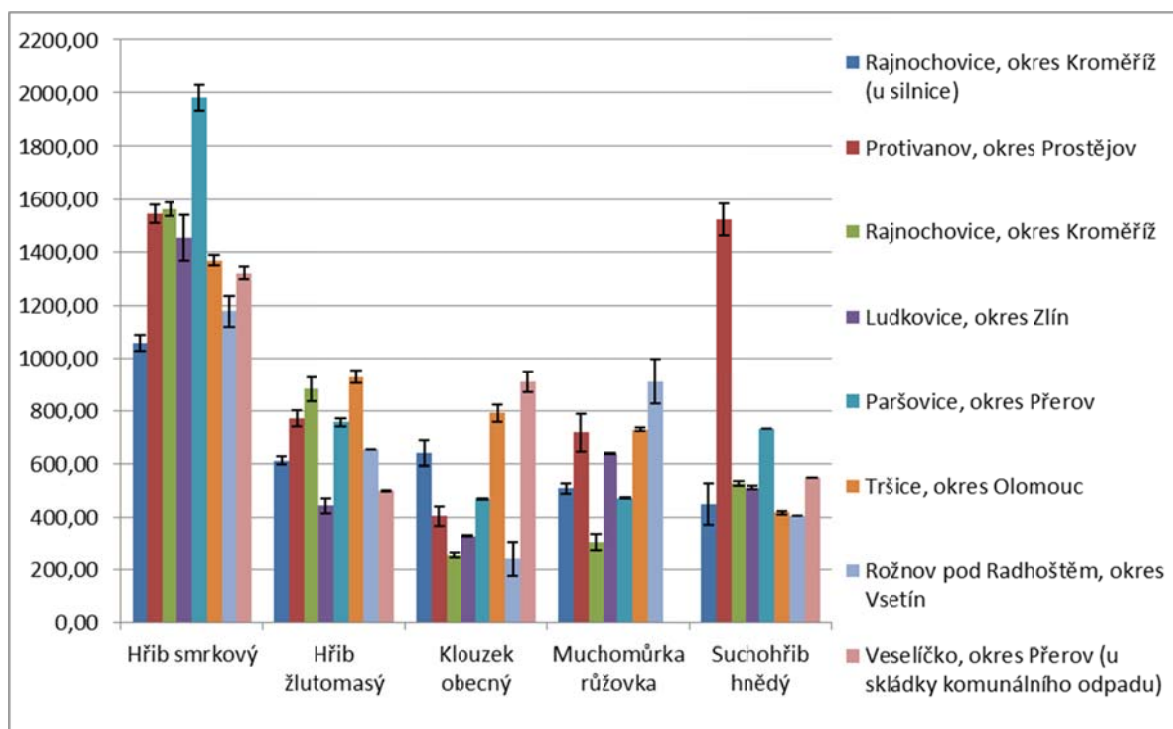
Jak bylo popsáno podrobněji dříve, metoda spočívá v oxidaci veškerých fenolových sloučenin obsažených ve vzorku Folin – Ciocalteuovým činidlem v zásaditém prostředí uhličitanu sodného. Reakce se projevuje barevnou změnou, kterou měříme spektrofotometricky. Vzorky byly proměřeny postupem uvedeným dříve.

Získané hodnoty celkového obsahu polyfenolů jsou uvedeny v tabulce jako ekvivalent standartu – kyseliny gallové v mg/kg. Naměřené množství polyfenolických látek se pohybovalo v rozmezí 239 až 1982 mg/kg čerstvých hub. Porovnání hodnot získaných měřením a hodnot zjištěných z literatury se shodují obdobně jako u stanovení antioxidační kapacity [58,59,60].

Porovnání obsahu polyfenolů mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je dobře patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 3 : Porovnání obsahu polyfenolů mezi jednotlivými druhy hub a lokalitami sběru vyjádřené jako ekvivalent standartu – kyseliny gallové v mg/kg

	druh houby	Hřib smrkový	Hřib žlutomasý	Klouzek obecný	Muchomůrka růžovka	Suchohřib hnědý
Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	polyfenoly	1056,48	610,53	638,28	506,82	448,88
	Směrodatná odchylka	30,82	13,85	46,90	20,35	77,65
Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	polyfenoly	1543,31	768,38	403,53	715,52	1521,52
	Směrodatná odchylka	34,52	30,29	36,66	69,76	61,47
Rajnochovice, okres Kroměříž	polyfenoly	1560,77	880,67	254,57	303,90	525,53
	Směrodatná odchylka	24,26	45,76	9,93	29,23	8,67
Ludkovice, okres Zlín	polyfenoly	1452,76	441,90	327,94	636,91	509,92
	Směrodatná odchylka	86,26	27,30	0,68	0,49	6,51
Paršovice, okres Přerov	polyfenoly	1982,35	754,79	468,53	471,60	729,70
	Směrodatná odchylka	47,29	14,27	1,94	3,76	0,48
Tršice, okres Olomouc	polyfenoly	1366,28	928,41	791,10	728,34	416,41
	Směrodatná odchylka	20,16	24,42	32,75	4,83	6,63
Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	polyfenoly	1177,91	653,70	239,06	909,88	405,47
	Směrodatná odchylka	58,81	0,38	66,43	85,30	0,48
Veseličko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	polyfenoly	1318,85	498,46	908,50	-	546,69
	Směrodatná odchylka	24,41	1,80	37,86	-	14,07
polyfenoly	průměr	1432	692	504	610	638



Obrázek 11: Porovnání obsahu polyfenolů mezi jednotlivými druhy hub a lokalitami sběru

Dominance Hříbu smrkového v obsahu polyfenolů je zde oproti ostatním druhům obdobně vysoká jako u stanovení antioxidační kapacity. Nejméně polyfenolů však podle výsledků vcelku jasně obsahuje Klouzek obecný, což s obsahem antioxidantů přímo nekoreluje.

Opět lze pozorovat nečekaný výsledek u stanovení Suchohříbu hnědého z oblasti Protivanov, který se obsahem polyfenolů jako jediný blíží Hříbu smrkovému. Jak je uvedeno dále obsah polyfenolů a antioxidační aktivita jsou spolu úzce spjaty, což by napovídalo, že u tohoto vzorku nebyla provedena chyba při měření, oba dva ukazatele spolu totiž korelují. K možné chybě tak mohlo dojít spíše záměnou za jiný druh. Z důvodu těchto pochybností bych v obdobných pracích doporučil sběr většího množství vzorků z řad jednotlivých zástupců.

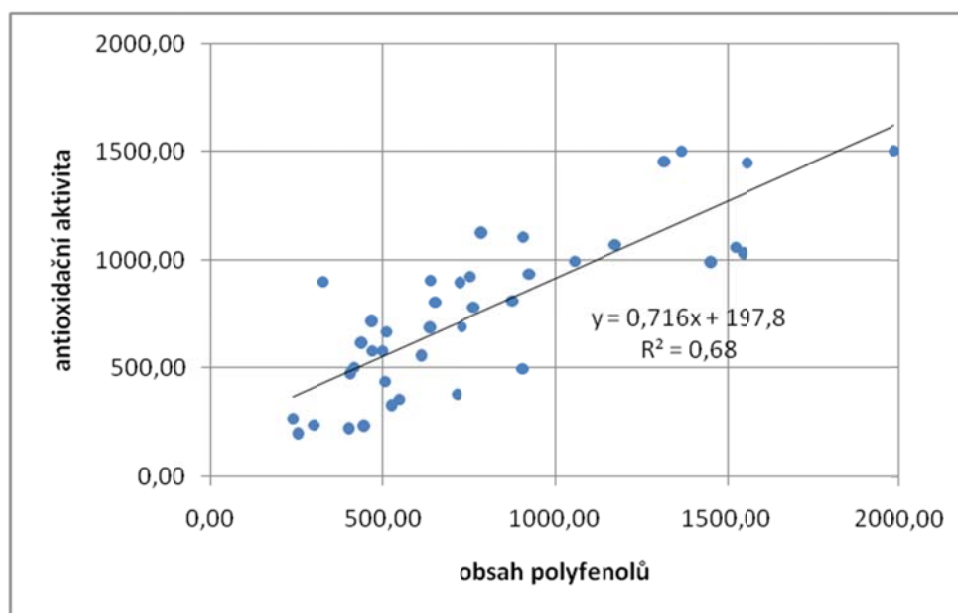
Co se týče srovnání obsahu polyfenolů v závislosti na lokalitách sběru, výsledky jsou podobné jako u stanovení antioxidační aktivity. Z průměrných hodnot v předchozí tabulce lze vyčíst, že nejvyšší hodnoty polyfenolů byly zjištěny v Protivanově, s mírným odstupem pak následují oblasti v Paršovicích, Tršicích a Veselíčku u komunální skládky. Negativní vliv skládky komunálního odpadu tak nebyl potvrzen ani u tohoto měření. Nejhoršího průměrného výsledku pak dosahují opět vzorky z Rajnochovic, kde je opět příliš malý rozdíl mezi oblastí u silnice a uprostřed lesa, než aby byla potvrzena hypotéza o vlivu silniční

dopravy na obsah biogenních látek v houbách. U vzorků pocházejících z lokality Rožnov pod Radhoštěm v CHKO také nebyl zjištěn rozdílný obsah polyfenolů oproti vzorkům z jiných lokalit.

Obdobně jako u stanovení antioxidační aktivity lze pozorovat rozdílné hodnoty mezi průměry a jednotlivými druhy hub.

7.2.1 Závislost celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity

Pokud porovnáme výsledky ze stanovení polyfenolů a antioxidační aktivity mezi sebou pak je patrná přímá závislost mezi těmito veličinami, jak dokládá následující graf.



Obrázek 12: Závislost mezi obsahem polyfenolů a antioxidační aktivitou

Tato závislost je logická a byla zmíněna i v některých ostatních pracích [27,52,61]. Jiné práce pak přímo poukazují na to, že polyfenoly mají ze všech antioxidantů jednoznačně největší vliv na antioxidační aktivitu [62].

7.3 Obsah těžkých kovů

Před vlastním stanovením těžkých kovů byla u vzorků stanovena sušina. Obsah sušiny v jednotlivých vzorcích je shrnutý v následující tabulce.

Tabulka 4: Obsah sušiny ve vybraných vzorcích v %

číslo vzorku	Lokalita	Druh houby	sušina vzorku v %
1	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Hřib žlutomasý	13,2
2	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Suchohřib hnědý	14,4
3	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Hřib smrkový	13,4
16	Ludkovice, okres Zlín	Hřib žlutomasý	15,5
18	Ludkovice, okres Zlín	Suchohřib hnědý	15,1
19	Ludkovice, okres Zlín	Hřib smrkový	14,7
31	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Hřib žlutomasý	14,0
32	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Hřib smrkový	13,7
34	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Suchohřib hnědý	11,1
36	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Hřib smrkový	14,6
37	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Suchohřib hnědý	14,9
38	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Hřib žlutomasý	17,0

Obsah sušiny je v porovnání s jinými pracemi poněkud vyšší, obvykle bývá kolem 10 % [23]. Důvodem může být nevhodně zvolený způsob sušení, kdy se některé části vzorku připekly k misce a nedostatečně se vysušily.

Jak bylo popsáno podrobněji dříve, rtuť byla stanovena přímým stanovením z homogenizovaného suchého vzorku pomocí metody AAS. U všech ostatních kovů bylo před samotným stanovením nutno upravit homogenizované suché vzorky mineralizací a následně byly stanoveny pomocí metody ICP-OES.

Z důvodu vysoké ceny bylo stanovení provedeno pouze u 12 vzorků. Těžké kovy jsou tak srovnávány pouze u Suchohříbu hnědého, Hříbu žlutomasého a Hříbu smrkového ze tří různých oblastí. Získané hodnoty obsahu těžkých kovů jsou uvedeny v tabulce v mg/kg sušiny. Výsledky v tabulce jsou seřazeny sestupně podle součtu všech devíti stanovovaných těžkých kovů.

Tabulka 5: Obsah těžkých kovů ve vzorcích v mg/kg sušiny

číslo vzorku	Lokalita	Druh houby	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Hg	Co	Ni	As	Suma
18	Ludkovice, okres Zlín	Suchohříb hnědý	251,418	166,192	1,306	0,456	0,507	0,227	0,202	4,295	0,730	425,333
16	Ludkovice, okres Zlín	Hříb žlutomasý	105,432	117,418	5,419	14,354	1,007	0,388	0,278	3,448	0,569	248,313
	Veselíčko, okres Přerov (u sklárky komunálního odpadu)											
36		Hříb smrkový	159,605	47,052	1,848	1,478	1,018	3,140	0,293	2,521	0,949	217,904
34	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Suchohříb hnědý	171,417	23,869	1,783	0,693	0,270	0,228	0,089	1,796	0,523	200,668
32	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Hříb smrkový	155,034	21,308	2,833	2,173	1,237	2,110	0,283	2,941	0,759	188,678
2	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Suchohříb hnědý	129,748	42,581	3,564	0,743	0,106	0,306	0,098	1,015	0,478	178,639
3	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Hříb smrkový	116,026	45,933	0,898	2,053	1,171	3,630	0,132	2,381	1,143	173,367
1	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Hříb žlutomasý	110,420	52,495	5,180	0,552	0,338	0,624	0,147	1,621	1,230	172,607
19	Ludkovice, okres Zlín	Hříb smrkový	119,790	30,327	0,910	3,100	2,130	4,140	0,056	1,292	1,311	163,056
	Veselíčko, okres Přerov (u sklárky komunálního odpadu)											
38	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Hříb žlutomasý	127,221	28,389	1,707	0,502	1,119	0,394	0,345	2,134	1,118	162,929
31	Veselíčko, okres Přerov (u sklárky komunálního odpadu)	Hříb žlutomasý	107,805	47,424	1,204	0,699	0,478	0,487	0,175	1,421	1,481	161,174
37		Suchohříb hnědý	124,093	32,053	0,682	0,773	0,233	0,268	0,121	0,720	0,595	159,538

Z tabulky není jasně poznatelné, zda by v závislosti na součtu všech devíti stanovovaných kovů měl některý z druhů či lokalit sběru výsadní postavení. Výsledky jsou tak podrobněji rozvedeny pro každý z těžkých kovů.

7.3.1 Závislost mezi obsahem těžkých kovů v půdě a v houbách

V rámci této práce bylo také zjišťováno možné ovlivnění obsahu těžkých kovů v houbách obsahem těžkých kovů v půdách z dané lokality. Ke zjištění závislosti bylo využito obsahu těžkých kovů v houbách z tabulky č. 5 a obsahu těžkých kovů v půdách zjištěných výluhem v kyselině dusičné z tabulky č. 6. K získání hodnot těžkých kovů v půdách v tabulce č. 6 mi byly poskytnuty bližší výsledky rozborů z konkrétních oblastí sběru. Tyto rozborů byly prováděny v letech 1990 – 2010 pracovníky ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd a sledování obsahů rizikových látek a rizikových prvků [63]. Výsledky rozborů půd sledovaných oblastí jsou shrnuty v následující tabulce v mg/kg.

Tabulka 6: Obsah těžkých kovů v půdě v mg/kg

[63]

Lokalita	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb	Hg	Co	Ni	Suma v půdě
Ludkovice, okres Zlín	16,600	11,500	7,000	0,200	15,000	0,060	8,200	27,700	86,260
Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	18	7,15	4,13	0,33	21,6	0,081	9,42	6,23	66,941
Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	8,000	3,400	4,100	0,250	20,100	0,071	4,200	1,300	41,421
Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	10,900	5,500	3,200	0,190	14,900	0,080	3,900	3,400	42,070

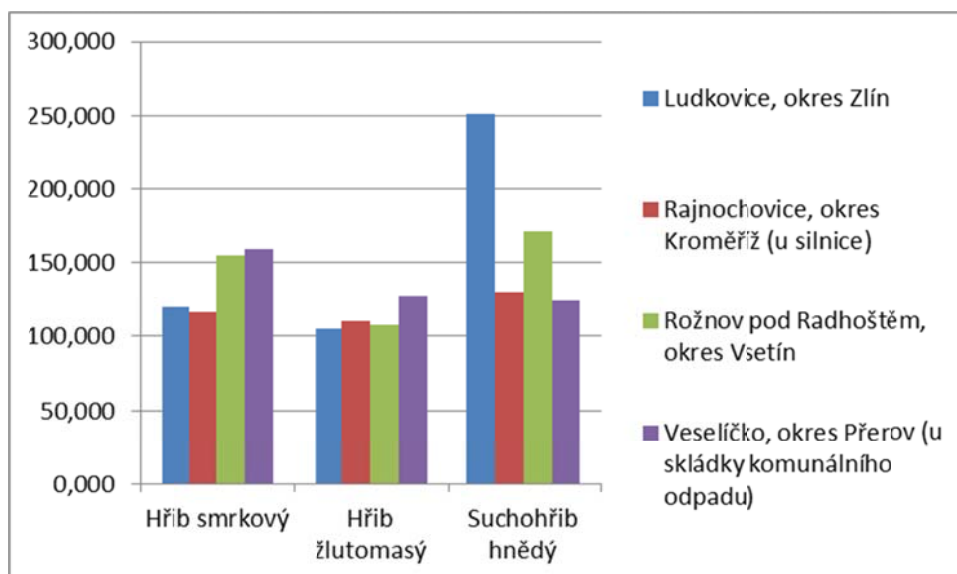
Jak potvrzují jiné vědecké práce, mezi úrovní kontaminace lokality a obsahem prvků v nalezených houbách nemusí být vždy jasná a přímá závislost. Můžeme ale pozorovat, že se zvyšujícím se obsahem těžkých kovů v půdě, se zvyšuje i obsah v plodnicích hub [64]. V této práci se však tuto závislost potvrdit nepodařilo. Nejblíže k této závislosti se blížili data o obsahu mědi v půdách a houbách, i ty však měli hodnotu spolehlivosti R pouze 0,47. Nepotvrzení této předpokládané závislosti může být způsobeno tím, že vzorky půd nepocházeli z bezprostřední blízkosti sběru hub, ale z oblastí pouze přibližných místu nálezu plodnic. Pro další práce by bylo vhodné odebírat vzorky půd zároveň se sběrem vzorků hub z bezprostřední blízkosti plodnice.

7.3.2 Zinek

Porovnání obsahu zinku mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 7: Obsah zinku v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u sklárky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	119,790	116,026	155,034	159,605	137,614
Hřib žlutomasý	105,432	110,420	107,805	127,221	112,720
Suchohřib hnědý	251,418	129,748	171,417	124,093	169,169



Obrázek 13: Obsah zinku v houbách

Maximální přípustná koncentrace Zn dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. je 80 mg/kg, všechny sebrané vzorky tuto hodnotu přesáhly. Nejvyšší kumulativní schopnost zinku z vybraných vzorků vykazují Suchohřib hnědý. V průměru nejvíce zinku pak obsahují vzorky z Ludkovic. U vzorků z oblasti v blízkosti skládky komunálního odpadu není jasně prokazatelný větší výskyt zinku v porovnání s ostatními oblastmi. Hřib smrkový a Hřib žlutomasý sice vykazují největší množství zinku právě ze zmíněné oblasti, Suchohřib hnědý však obsahuje zinku naopak nejméně, rozdíly jsou navíc minimální.

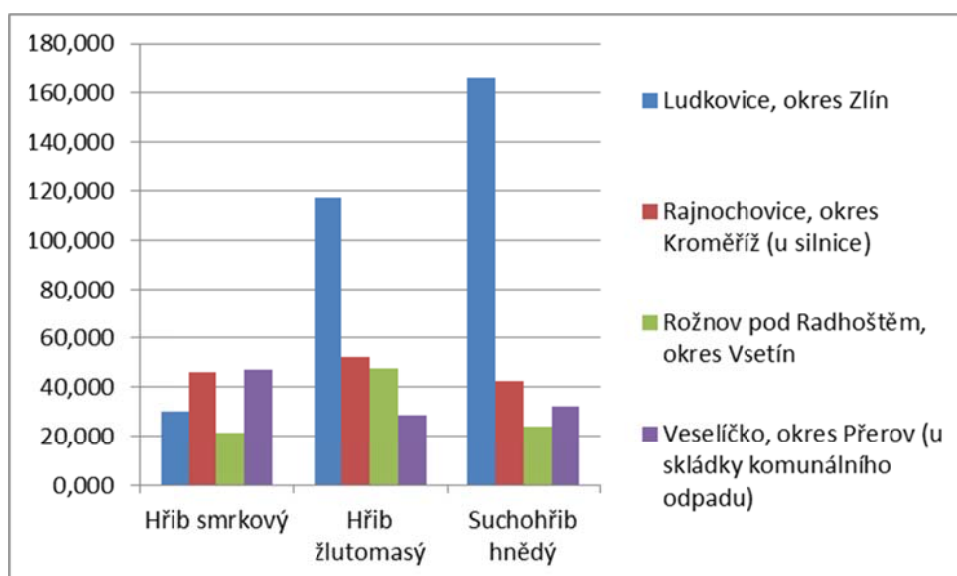
Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah zinku v rozmezí 25 - 200 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci programu ICP Forest [66,67]. V porovnání s prací o obsahu těžkých kovů v houbách z neznečištěné oblasti Krkonoš a průmyslové zóny v okolí Třince se mé výsledky shodují častěji s oblastí s vysokou mírou znečištění [64]. Výsledky se také shodují s obdobnou prací Borovičky a kol. [69].

7.3.3 Měď

Porovnání obsahu mědi mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 8: Obsah mědi v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	30,327	45,933	21,308	47,052	36,155
Hřib žlutomasý	117,418	52,495	47,424	28,389	61,432
Suchohřib hnědý	166,192	42,581	23,869	32,053	66,174



Obrázek 14: Obsah mědi v houbách

Maximální přípustná koncentrace Cu dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. je 80 mg/kg, tuto hodnotu přesáhly pouze dva vzorky z Ludkovic. Nejvyšší kumulativní schopnost mědi z vybraných vzorků vykazuje opět Suchohřib hnědý. V průměru nejvíce mědi pak obsahují vzorky z Ludkovic. U vzorků z oblasti v blízkosti skládky komunálního odpadu není jasně prokazatelný větší výskyt mědi v porovnání s ostatními oblastmi. Pouze Hřib smrkový obsahuje o málo více mědi právě ze zmíněné lokality, Hřib žlutomasý a Suchohřib hnědý z této oblasti pak obsahují mědi v porovnání s ostatními lokalitami podprůměrně.

Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah mědi v rozmezí 20 - 100 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci

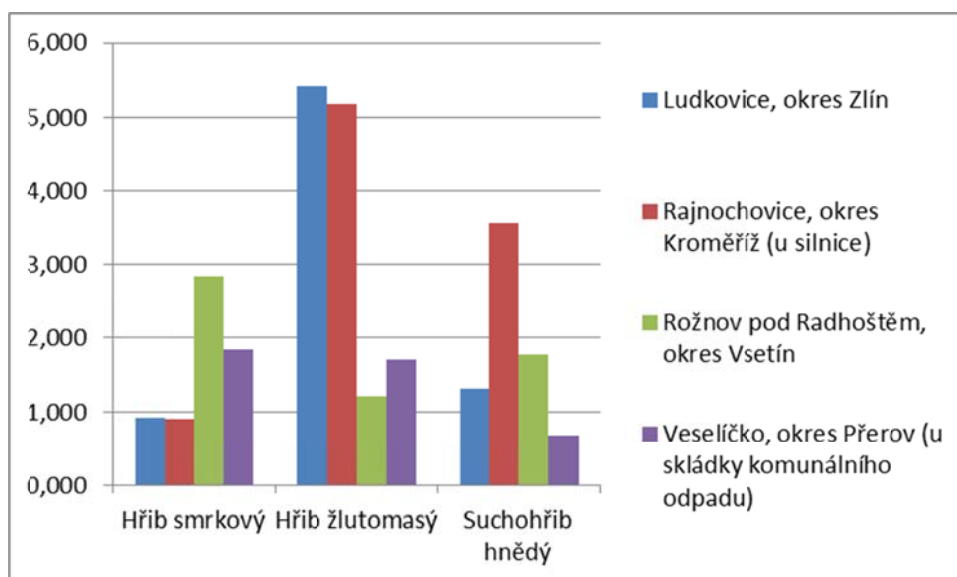
programu ICP Forest [66,67]. V porovnání s prací o obsahu těžkých kovů v houbách z neznečištěné oblasti Krkonoš a průmyslové zóny v okolí Třince se mé výsledky shodují častěji s oblastí s vysokou mírou znečištění [64]. Obdobné výsledky pak vykazuje i porovnání obsahu vybraných kovů v houbách s minimem znečištění z roku 2007, kde je průměrný obsah mědi 47 mg/kg [70].

7.3.4 Chrom

Porovnání obsahu chromu mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 9: Obsah chromu v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	0,910	0,898	2,833	1,848	1,622
Hřib žlutomasý	5,419	5,180	1,204	1,707	3,378
Suchohřib hnědý	1,306	3,564	1,783	0,682	1,834



Obrázek 15: Obsah chromu v houbách

Maximální přípustná koncentrace Cr dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. jsou 4 mg/kg, tuto hodnotu přesáhli dva zástupci Hříbu žlutomasého, ten také dle výsledků vyka-

zuje nejvyšší kumulativní schopnost chromu. V průměru nejvíce chromu pak obsahují vzorky z Rajnochovic. U vzorků z oblasti v blízkosti skládky komunálního odpadu je obsah chromu v porovnání s ostatními oblastmi spíše podprůměrný. Jako u předešlých dvou kovů však platí, že Hřib smrkový kumuluje v této oblasti těžký kov více než zbylí dva zástupci.

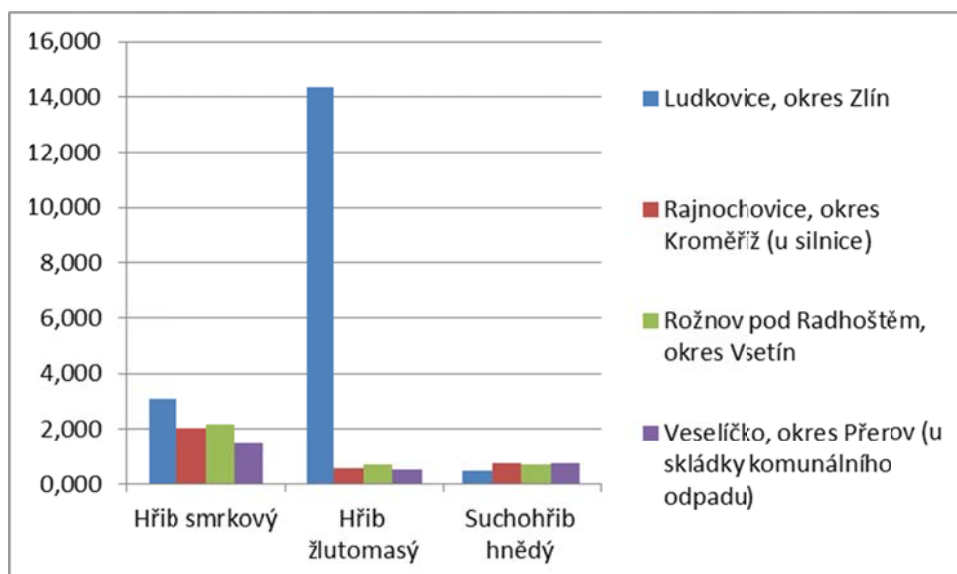
Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah chromu v rozmezí 0,5 - 5 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci programu ICP Forest [66,67]. Podobné výsledky jsou pak také publikovány v práci Demirbase a kol. [71].

7.3.5 Kadmium

Porovnání obsahu kadmia mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 10: Obsah kadmia v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	3,100	2,053	2,173	1,478	2,201
Hřib žlutomasý	14,354	0,552	0,699	0,502	4,027
Suchohřib hnědý	0,456	0,743	0,693	0,773	0,666



Obrázek 16: Obsah kadmia v houbách

Maximální přípustná koncentrace Cd dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. je 0,2 mg/kg, všechny sebrané vzorky tuto hodnotu přesáhly. Nejvyšší kumulativní schopnost kadmia z vybraných vzorků vykazuje Hřib žlutomasý. V průměru nejvíce kadmia pak obsahují vzorky z Ludkovic. Toto hodnocení je však ovlivněno extrémně vysokým obsahem kadmia u Hříbu žlutomasého z Ludkovic, které není běžné ani v jiných obdobných pracích. Pokud by byl tento výsledek zanedbán, nejvyšší kumulativní schopnost by vykazoval Hřib smrkový. Ani u kadmia nebyla prokázána souvislost mezi obsahem těžkého kovu a skládkou komunálního odpadu. Pouze Suchohřib hnědý vykazoval v oblasti Veselíčka větší hodnotu kadmia oproti ostatním lokalitám, avšak rozdíly jsou opět minimální.

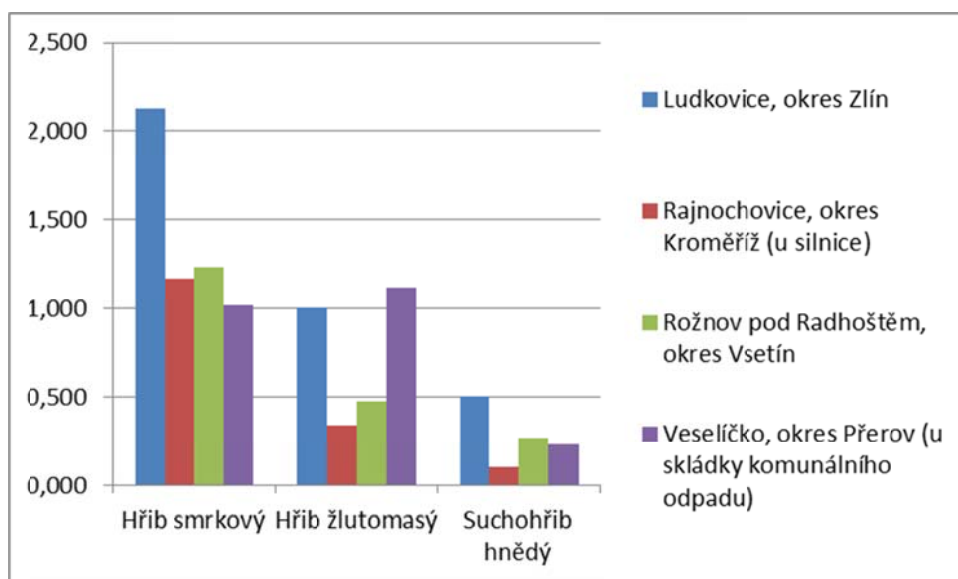
Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah kadmia v rozmezí 1 - 5 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci programu ICP Forest [66,67]. V porovnání s prací o obsahu těžkých kovů v houbách z neznečištěné oblasti Krkonoš a průmyslové zóny v okolí Třince se mé výsledky shodují častěji s oblastí s vysokou mírou znečištění [64]. Obdobné výsledky jsou pak také u práce Cocchiho a kol. [30]. Práce zabývající se vazbou kadmia pomocí proteinu metallothioneinu pak potvrzuje vyšší výskyt kadmia v Hříbu smrkovém oproti jiným druhům [68].

7.3.6 Olovo

Porovnání obsahu olova mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 11: Obsah olova v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	2,130	1,171	1,237	1,018	1,389
Hřib žlutomasý	1,007	0,338	0,478	1,119	0,736
Suchohřib hnědý	0,507	0,106	0,270	0,233	0,279



Obrázek 17: Obsah olova v houbách

Maximální přípustná koncentrace Pb dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. je 1,0 mg/kg. Tuto hodnotu přesáhlo celkem šest vzorků, nejčastěji pak Hřib smrkový, který tak prokázal nejvyšší kumulativní schopnost olova. V průměru nejvíce olova pak obsahují opět vzorky z Ludkovic. Oblast u skládky komunálního odpadu opět nebyla spojena s větším výskytem olova oproti ostatním lokalitám. Pouze Hřib žlutomasý vykazoval v oblasti Veselíčka větší hodnotu olova oproti ostatním lokalitám, Hřib smrkový pak naopak obsahoval olova nejméně právě v této oblasti.

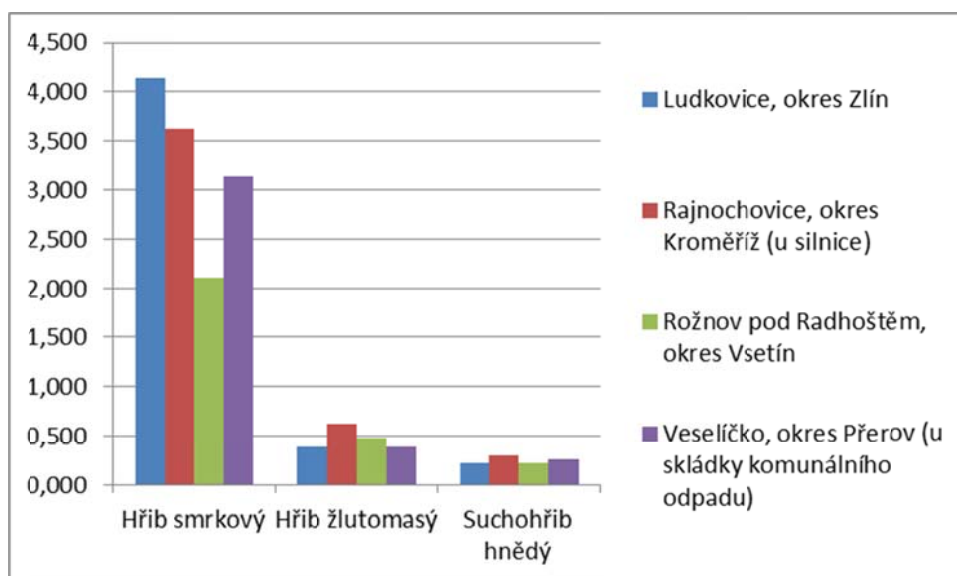
Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah olova v rozmezí 0 - 5 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci programu ICP Forest [66,67]. V porovnání s prací o obsahu těžkých kovů v houbách z neznečištěné oblasti Krkonoš a průmyslové zóny v okolí Trince se mé výsledky shodují častěji s průměrem mezi těmito dvěma extrémy [64]. Ještě bližší jsou pak výsledky v porovnání z prací Garcíi a kol. [72].

7.3.7 Rtuť

Porovnání obsahu rtuti mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 12: Obsah rtuti v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	4,140	3,630	2,110	3,140	3,255
Hřib žlutomasý	0,388	0,624	0,487	0,394	0,473
Suchohřib hnědý	0,227	0,306	0,228	0,268	0,257



Obrázek 18: Obsah rtuti v houbách

Maximální přípustná koncentrace Hg dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb.: je 0,5 mg/kg. Tuto hodnotu přesahuje pět vzorků. Vzorky Hříbu smrkového pak několikanásobně. Z grafu je patrný výrazný rozdíl mezi kumulací ve vzorcích Hříbu smrkového a ostatních dvou zástupců. V průměru nejvíce rtuti pak obsahují vzorky z Ludkovic a Rajnochovic. Oblast poblíž komunálního odpadu tak není spojena s větším výskytem rtuti. U vzorků z oblasti v blízkosti skládky komunálního odpadu je obsah rtuti v porovnání s ostatními oblastmi naopak spíše podprůměrný, zejména u Hříbu žlutomasého.

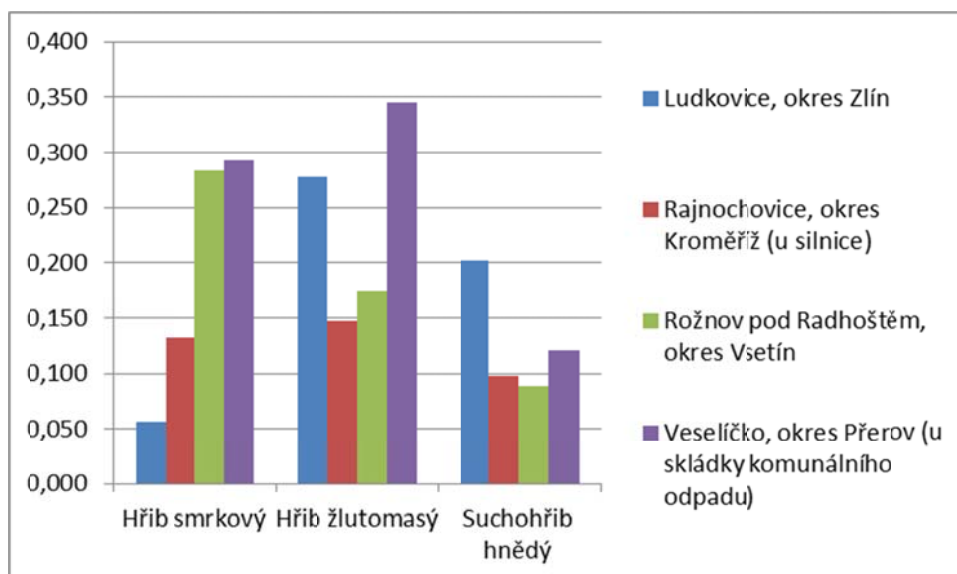
Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah rtuti v rozmezí 0,5 - 5 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci programu ICP Forest [66,67].

7.3.8 Kobalt

Porovnání obsahu kobaltu mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 13: Obsah kobaltu v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	0,056	0,132	0,283	0,293	0,191
Hřib žlutomasý	0,278	0,147	0,175	0,345	0,236
Suchohřib hnědý	0,202	0,098	0,089	0,121	0,128



Obrázek 19: Obsah kobaltu v houbách

Obsah kobaltu v houbách není ve zmíněné vyhlášce uvedený. Největší kumulační schopnost vykazuje Hřib žlutomasý. V průměru nejvíce kobaltu pak obsahují vzorky z Veselíčka. Závěry práce tak mohou naznačovat závislost mezi vyšším obsahem kobaltu a skládkou komunálního odpadu. Hřib smrkový a Hřib žlutomasý sice vykazují největší množství kobaltu právě ze zmíněné oblasti, Suchohřib hnědý však obsahuje kobaltu méně než vzorek z Ludkovic.

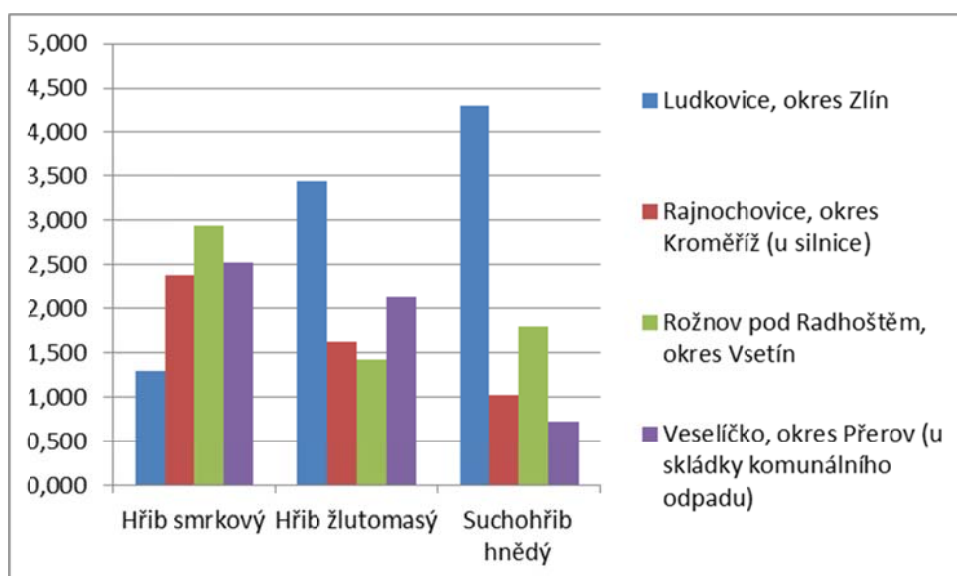
Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah kobaltu v rozmezí 0 – 0,5 mg/kg sušiny [65]. Obdobné výsledky pak vykazuje i porovnání obsahu vybraných kovů v houbách s minimem znečištění z roku 2007, kde je průměrný obsah kobaltu 0,28 mg/kg [70]. Výsledky se také shodují s obdobnou prací Borovičky a kol. [69].

7.3.9 Nikl

Porovnání obsahu niklu mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 14: Obsah niklu v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	1,292	2,381	2,941	2,521	2,284
Hřib žlutomasý	3,448	1,621	1,421	2,134	2,156
Suchohřib hnědý	4,295	1,015	1,796	0,720	1,957



Obrázek 20: Obsah niklu v houbách

Maximální přípustná koncentrace Ni dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. je 6 mg/kg, žádný ze vzorků nepřekračuje tuto hodnotu. Největší kumulační schopnost vykazuje Hřib smrkový. V průměru nejvíce niklu pak obsahují vzorky z Ludkovic. U vzorků z lokality poblíž skládky komunálního odpadu nebyla zjištěna souvislost s větším obsahem niklu v houbách. Suchohřib hnědý z této oblasti obsahuje niklu naopak nejméně v porovnání s ostatními lokalitami.

Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah niklu v rozmezí 0 - 15 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci programu ICP Forest [66,67]. V porovnání s prací o obsahu těžkých kovů v houbách z neznečištěné

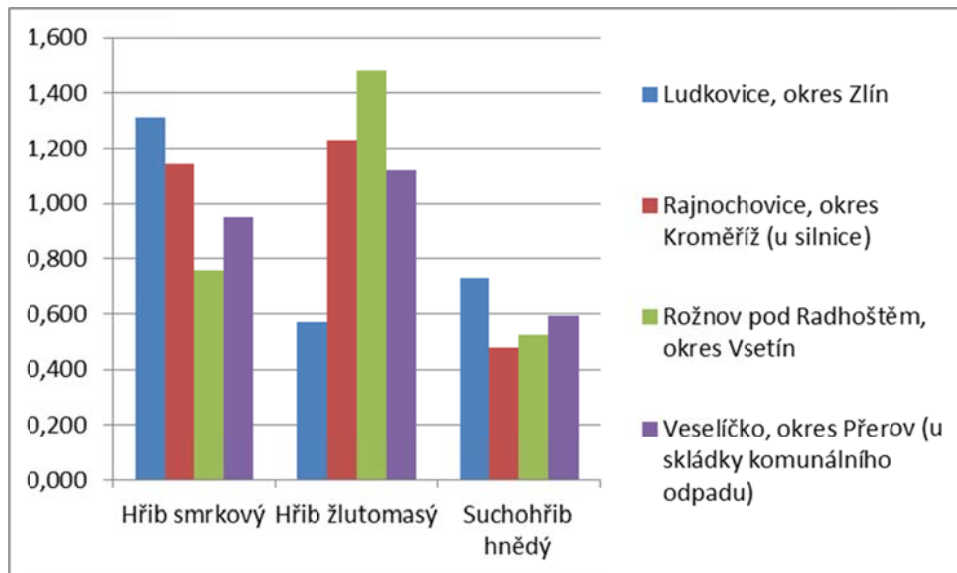
oblasti Krkonoš a průmyslové zóny v okolí Třince se mé výsledky shodují častěji s oblastí s vysokou mírou znečištění [64]. Obdobné výsledky jsou také u práce Chudzynského a kol. [73].

7.3.10 Arsen

Porovnání obsahu arsenu mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru je patrné z tabulky, respektive grafu.

Tabulka 15: Obsah arsenu v houbách v mg/kg sušiny

	Ludkovice, okres Zlín	Rajnochovice, okres Kroměříž (u silnice)	Rožnov pod Radhoštěm, okres Vsetín	Veselíčko, okres Přerov (u skládky komunálního odpadu)	Průměr
Hřib smrkový	1,311	1,143	0,759	0,949	1,041
Hřib žlutomasý	0,569	1,230	1,481	1,118	1,100
Suchohřib hnědý	0,730	0,478	0,523	0,595	0,582



Obrázek 21: Obsah arsenu v houbách

Maximální přípustná koncentrace As dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. jsou 3 mg/kg, žádný ze vzorků nepřekračuje tuto hodnotu. Největší kumulaci schopnost vykazují Hřib žlutomasý a smrkový. V průměru nejvíce arsenu pak obsahují vzorky z Rajnochovic. Ani u arsenu nebyla prokázána souvislost mezi obsahem těžkého kovu a

skládkou komunálního odpadu. V této oblasti kumuloval nejvíce arsenu Hřib žlutomasý, oproti ostatním oblastem jsou obsahy arsenu průměrné.

Dle obsáhlé práce z období 2000 – 2009 se u hub z neznečištěných oblastí pohybuje obvyklý obsah arsenu v rozmezí 0,5 - 5 mg/kg sušiny [65]. I v porovnání s obdobnými pracemi se výsledky řádově shodují: například dlouhodobý monitoring cizorodých látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec, prováděný už od roku 1988 v rámci programu ICP Forest [66,67]. Obdobné výsledky pak vykazuje i porovnání obsahu vybraných kovů v houbách s minimem znečištění z roku 2007, kde je průměrný obsah arsenu 1,45 mg/kg [70]. Podobné výsledky pak prezentuje práce Vettera a kol. [74].

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala porovnáním obsahu bioaktivních látek a těžkých kovů u vybraných druhů volně rostoucích hub. Zkoumáno bylo pět druhů hub z osmi různých oblastí sběru. Bylo provedeno laboratorní měření celkového obsahu polyfenolů, antioxidační aktivity a obsahu devíti vybraných těžkých kovů. Výsledky byly porovnány z pohledu rozdílnosti druhů hub, lokalit sběru a výsledků měření obdobných prací.

Výsledky všech stanovení se řádově shodují s výsledky v literatuře a odpovídají obdobným vzorkům hub z podobně znečištěných lokalit. Výsledky u dvou vzorků se však normálu vymykají – jedná se o obsah polyfenolů, potažmo antioxidační aktivitu u Suchohříbu hnědého z oblasti Protivanov a obsah kadmia u vzorku Hříbu žlutomasého z oblasti Ludkovičky. Oba zástupci vykazují několikanásobně vyšší hodnoty, než by se u nich předpokládalo v porovnání s ostatními vzorky i literaturou. K potvrzení zjištěných hodnot by však bylo potřeba většího počtu vzorků.

Obsah těžkých kovů ve volně rostoucích houbách je častým námětem vědeckých prací. Obsah polyfenolů a antioxidační aktivita je sledována častěji u hub uměle pěstovaných, u hub volně rostoucích se pak většina prací zaměřuje zejména na Hřib smrkový. Porovnání výsledků je také obtížné z důvodu různých metodik stanovení bioaktivních látek.

Při porovnání antioxidační aktivity bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot antioxidační kapacity vyjádřených jako redukční účinnost standartu kyseliny askorbové v mg/kg dosahovali zástupci Hříbu smrkového z oblastí Paršovic (1502 mg/kg) a Tršic (1503 mg/kg). Na opačném pólu jsou pak zástupci Klouzku obecného z Rajnochovic (195 mg/kg) a Protivanova (219 mg/kg).

Obdobné výsledky byly dosaženy u stanovení obsahu polyfenolů vyjádřených jako ekvivalent standartu – kyseliny gallové v mg/kg. Zde nad ostatními vzorky jasně vyčníval vzorek Hříbu smrkového z Paršovic (1982 mg/kg), naopak nejmenší obsahy polyfenolů vykazovali opět zástupci Klouzku obecného, tentokrát z oblasti Rajnochovic (239 mg/kg) a Rožnova pod Radhoštěm (254 mg/kg).

Při sledování obsahu těžkých kovů v houbách byl obsah porovnáván s dnes již neplatnými limity zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb., jelikož touto problematikou se již platná legislativa nezabývá. V mnoha případech byly tyto limity překročeny, z obdobných prací však vyplývá, že tyto limity byly překračovány pravidelně i u jiných výzkumů. Z výsledků bylo

patrné, že součet všech devíti stanovovaných kovů neupřednostňoval některý druh či lokalitu k většímu ukládání těžkých kovů. Výsledky tak byly podrobně rozvedeny pro každý z devíti stanovovaných prvků.

U obsahu Zinku byla hodnota z výše zmíněné vyhlášky (80 mg/kg) překročena u všech stanovovaných vzorků. Největší obsah zinku pak vykazoval Suchohřib hnědý z Ludkovic (251 mg/kg), nejmenší pak Hřib žlutomasý z Ludkovic (105 mg/kg).

Obsah mědi byl dle zmíněné vyhlášky (80 mg/kg) přesažen u dvou vzorků z Ludkovic a to u Suchohřibu hnědého (166 mg/kg) a Hřibu žlutomasého (117 mg/kg). Nejmenší obsah mědi byl naměřen u Hřibu smrkového z Rožnova pod Radhoštěm (21 mg/kg).

U obsahu chromu v houbách byla hodnota ze zmíněné vyhlášky (4 mg/kg) překročena u dvou vzorků Hřibu žlutomasého z oblastí Ludkovice (5,4 mg/kg) a Rajnochovice u silnice (5,2 mg/kg). Nejnižší kumulace chromu byla naměřena u Suchohřibu hnědého z oblasti Veselíčko u skládky (0,7 mg/kg).

Maximální přípustná koncentrace kadmia dle zmíněné vyhlášky (0,2 mg/kg) byla překročena u všech vzorků testovaných hub. Extrémně vysokých hodnot bylo naměřeno u Hřibu žlutomasého z Ludkovic (14,3 mg/kg), tyto hodnoty nejsou běžné ani v jiných obdobných pracích. Pokud by byl tento výsledek zanedbán, nejvyšší kumulativní schopnost by vykazoval Hřib smrkový z Ludkovic (3,1 mg/kg), nejnižší pak Hřib žlutomasý z oblasti Veselíčko u skládky (0,5 mg/kg).

U stanovení olova byla maximální přípustná hodnota z výše zmíněné vyhlášky (1 mg/kg) přesažena u šesti vzorků (všechny testované Hřiby smrkové a Hřib žlutomasý z oblastí Ludkovice a Veselíčko u skládky). Nejvyšší obsah vykazoval Hřib smrkový z Ludkovic (2,1 mg/kg), nejnižší pak Suchohřib hnědý z Rajnochovic (0,1 mg/kg).

Obsah rtuti v houbách je dle zmíněné vyhlášky (0,5 mg/kg) překročen u všech zástupců Hřibu smrkového a to výrazně, největší obsah vykazuje Hřib smrkový z Ludkovic (4,1 mg/kg). U Hřibu žlutomasého se obsah pohybuje právě na hraně a pouze vzorek z Rajnochovic u silnice danou hodnotu mírně překračuje (0,6 mg/kg). Nejnižší obsah pak má Suchohřib hnědý z Ludkovic (0,2 mg/kg).

Obsah kobaltu v houbách není ve zmíněné vyhlášce uvedený. Největší kumulační schopnost vykazuje Hřib žlutomasý z oblasti Veselíčko u skládky (0,3 mg/kg), nejmenší pak Hřib smrkový z Ludkovic (0,05 mg/kg). Pouze u tohoto prvku výsledky naznačují možnou

závislost mezi vyšším obsahem kobaltu a skládkou komunálního odpadu. Pro potvrzení tohoto závěru by však bylo potřeba provést výzkum s větším množstvím prvků. V porovnání s obdobnými pracemi navíc není obsah kobaltu v plodnicích z této oblasti nijak velký.

Obsah niklu v houbách je pak společně s obsahem arsenu jediným ukazatelem, kde nebyla maximální přípustná hodnota ze zmíněné vyhlášky (6 mg/kg) porušena ani u jednoho vzorku. Největší kumulační schopnost vykazuje Suchohřib hnědý z Ludkovic (4,3 mg/kg), nejmenší pak Suchohřib hnědý z oblasti Veselíčko u skládky (0,7 mg/kg).

U obsahu arsenu se všechny vzorky pohybovaly pod limitem z dané vyhlášky (3 mg/kg) Největší kumulační schopnost byla naměřena u Hříbu žlutomasého z Rožnova pod Radhoštěm (1,5 mg/kg), nejmenší pak u Suchohříbu hnědého z oblasti Rajnochovice u silnice (0,4 mg/kg).

Mezidruhové porovnání zástupců hub potvrdilo variabilní schopnost jednotlivých druhů akumulovat různé těžké kovy. Přímá závislost však u žádného prvku potvrzena nebyla. Pouze u stanovení rtuti výsledky naznačují, že Hřib smrkový akumuluje rtuť lépe než jiné druhy. Při stanovení polyfenolů, respektive antioxidační aktivity je však z výsledků patrná tendence Hříbu smrkového obsahovat větší množství bioaktivních látek než ostatní zkoumané druhy. Klouzek obecný pak vykazuje ze všech zkoumaných druhů nejnižší antioxidační aktivitu.

Při porovnání výsledků na základě různých lokalit sběru nebyl v této práci jasně potvrzen vztah mezi znečištěním životního prostředí a obsahem bioaktivních látek, či obsahem těžkých kovů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GRÜNERT, H. a R. GRÜNERT. *Houby*. Vyd. 3. Překlad Eva Pátková. Praha: Knižní klub, 2011, 288 s.
- [2] ŠIŠÁK, L. The importance of mushroom picking as compared to forest berries in the Czech Republic. *Mykologický sborník*. 2007, 84, s.78-83.
- [3] DIKEMAN, Ch. L., L. L. BAUER, E. A. FLICKINGER a G. C. FAHEY. Effects of Stage of Maturity and Cooking on the Chemical Composition of Select Mushroom Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, vol. 53, issue 4, s. 1130-1138.
- [4] BAUER PETROVSKA, B. Protein Fraction in Edible Macedonian Mushrooms. *European Food Research and Technology*. 2001-3-7, vol. 212, issue 4, s. 469-472.
- [5] ŠUTARA, J., M. MIKŠÍK a M. JANDA. *Hřibovité houby: čeled' Boletaceae a rody Gyrodon, Gyroporus, Boletinus a Suillus*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2009, 294 s
- [6] MIKŠÍK, M. *Atlas hub*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 140 s.
- [7] VELENOVSKÝ, Josef. *České houby*. Praha: Česká botanická společnost, 2009, 200 s
- [8] NIEDZIELSKI, P., M. MLECZEK, Z. MAGDZIAK, M. SIWULSKI a L. KOZAK. Selected arsenic species: As(III), As(V) and dimethylarsenic acid (DMAA) in *Xerocomus badius* fruiting bodies. *Food Chemistry*. 2013, vol. 141, issue 4, s. 3571-3577.
- [9] TRIGUEROS, V, A LOUGARRE, D ALI-AHMED, Y RAHBÉ, J GUILLOT, L CHAVANT, D FOURNIER a L PAQUEREAU. *Xerocomus chrysenteron* lectin: identification of a new pesticidal protein. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*. 2003, vol. 1621, issue 3, s. 292-298.
- [10] VÍT, A. Stanovisko České mykologické společnosti k rozhlasovému vystoupení ing. Jiřího Baiera. In: *Česká mykologická společnost* [online]. 2012 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.myko.cz/clanek656>
- [11] SANTOS, T, C TAVARES, D SOUSA, J VAZ, R CALHELHA, A MARTINS, G ALMEIDA, I FERREIRA a M VASCONCELOS. *Suillus luteus* methanolic extract

- inhibits cell growth and proliferation of a colon cancer cell line. *Food Research International*. 2013, vol. 53, issue 1, s. 476-481.
- [12] NIAZI, A. R., S. H. IQBAL a A. N. KHALID. Ectomycorrhizae between *Amanita rubescens* and Himalayan spruce *Picea smithiana* from Pakistan. *Mycotaxon*. 2009-01-01, vol. 107, issue 1, s. 73-80.
- [13] PENNINGTON, J. A. T. Food Composition Databases for Bioactive Food Components. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2002, vol. 15, issue 4, s. 419-434.
- [14] LINDEQUIST, U., T. H. J. NIEDERMEYER a W. D. JÜLICH. The Pharmacological Potential of Mushrooms. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2005, vol. 2, issue 3, s. 285-299.
- [15] HALLIWELL, B. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 3rd Ed. Oxford: Oxford University Press, 1999, 936 s
- [16] NIKI, E. Free Radicals in Biology and Medicine: Good, Unexpected, and Uninvited Friends. *Free Radical Biology and Medicine*. 2010, vol. 49
- [17] PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ a E. TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické listy*. 2004, č. 98.
- [18] POKORNÝ, J., N. YANISHLIEVA a M. GORDON. Antioxidants in food practical applications. Boca Raton, Fla: CRC Press. 2001.
- [19] MANDELOVÁ, L. Polyfenoly: Rozdělení a zdroje v potravě. *Výživa a potraviny*, Praha: výživa servis s.r.o, 2005, roč. 60, č. 1, s. 11-14.
- [20] DÍEZ, V.A a A ALVAREZ. Compositional and nutritional studies on two wild edible mushrooms from northwest Spain. *Food Chemistry*. 2001, vol. 75, issue 4, s. 417-422.
- [21] OUZOUNI, P. K., D. PETRIDIS, W.KOLLER a K. A. RIGANAKOS. Nutritional value and metal content of wild edible mushrooms collected from West Macedonia and Epirus, Greece. *Food Chemistry*. 2009, vol. 115, issue 4, s. 1575-1580.
- [22] DUBOST, J., B. OU a R.BEELMAN. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*. 2007, vol. 105, issue 2, s. 727-735
- [23] KALAČ, P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms. *Food Chemistry*. 2009, vol. 113, issue 1, s. 9-16.

- [24] BARROS, L., B. A. VENTURINI, P. BAPTISTA, L. M. ESTEVINHO a I. C. F. R. FERREIRA. Chemical Composition and Biological Properties of Portuguese Wild Mushrooms: A Comprehensive Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008, vol. 56, issue 10, s. 3856-3862.
- [25] EY, J., E. SCHÖMIG a D. TAUBERT. Dietary Sources and Antioxidant Effects of Ergothioneine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, vol. 55, issue 16, s. 6466-6474.
- [26] BARROS, L., S. FALCÃO, P. BAPTISTA, C. FREIRE, M. VILAS-BOAS a I. C.F.R. FERREIRA. Antioxidant activity of *Agaricus* sp. mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Food Chemistry*. 2008, vol. 111, issue 1, s. 61-66.
- [27] FROUFE, H.J.C., R.M.V. ABREU a I.C.F.R. FERREIRA. A QCAR model for predicting antioxidant activity of wild mushrooms. *SAR and QSAR in Environmental Research*. 2009, vol. 20, 5-6, s. 579-590.
- [28] RIBEIRO, B., R. LOPES, P. B. ANDRADE, R. M. SEABRA, R. F. GONÇALVES, P. BAPTISTA, I. QUELHAS a P.VALENTÃO. Comparative study of phytochemicals and antioxidant potential of wild edible mushroom caps and stipes. *Food Chemistry*. 2008, vol. 110, issue 1, s. 47-56.
- [29] MAU, J., C.CHANG, S.HUANG a C.CHEN. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia. *Food Chemistry*. 2004, vol. 87, issue 1, s. 111-118.
- [30] COCCHI, L., L. VESCOVI, L. E. PETRINI a O. PETRINI. Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chemistry*. 2006, vol. 98, issue 2, s. 277-284.
- [31] KALAČ, P., L. SVOBODA. Heavy metals in edible mushrooms. *Czech journal of food science : Potravinářské vědy*. 1998, roč. 16, č. 3, s. 110-116.
- [32] KALAČ, P. A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2000, vol. 69, issue 3, s. 273-281.
- [33] 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. In: 53/2002 Sb. 2002.

- [34] Nařízení komise (ES), kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. In: *1881/2006*. 2006.
- [35] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zpráva o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravních řetězcích v rezortu zemědělství v roce 2012*. Praha, 2013.
- [36] FIKAR, J. Těžké kovy v houbách. Zlín, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati.
- [37] ASCHEROVÁ, A. Toxické látky vyšších hub. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně
- [38] ALONSO, J., M. A. GARCIA, M. PEREZ-LOPEZ a M. J. MELGAR. The Concentrations and Bioconcentration Factors of Copper and Zinc in Edible Mushrooms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2003-2-1, vol. 44, issue 2, s. 180-188.
- [39] FIGUEIREDO, E, M SOARES, P BAPTISTA, M CASTRO a M BASTOS. Validation of an Electrothermal Atomization Atomic Absorption Spectrometry Method for Quantification of Total Chromium and Chromium(VI) in Wild Mushrooms and Underlying Soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, vol. 55, issue 17, s. 7192-7198.
- [40] BABA, H, TSUNEYAMA, T KUMADA, K AOSHIMA a J IMURA. Histopathological analysis for osteomalacia and tubulopathy in itai-itai disease. *Journal of toxicological science*. 2014, roč. 39, č. 1, s. 91-96.
- [41] KOMÁREK, M, V CHRASTNÝ a J ŠTÍCHOVÁ. Metal/metalloid contamination and isotopic composition of lead in edible mushrooms and forest soils originating from a smelting area. *Environment International*. 2007, vol. 33, issue 5, s. 677-684.
- [42] FALANDYSZ, J a L BIELAWSKI. Mercury content of wild edible mushrooms collected near the town of Augustów. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2001, č. 10.
- [43] ROP, O. a KRAMÁŘOVÁ, D. Kadmium a nikl v životním prostředí. *Zemědělec*, 2007, vol. 15, s. 39-40
- [44] *Mapy.cz* [online]. © 1999-2014 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: www.mapy.cz

- [45] *Mapové aplikace - Česká geologická služba* [online]. © 2013. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- [46] PP Bernátka. PODEŠVA, Z. *Nature.hyperling* [online]. 2001 [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://nature.hyperlink.cz/bernatka.htm>
- [47] KUBÁSEK, M. Město připustilo nelegální skládku. *EnviWeb s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/les/77696/>
- [48] ŠULAKOVÁ, M. Veselíčko chce z bývalé skládky udělat kompostárnu. *Přerovský deník*. 2013.
- [49] GUPTA, D.A. a D. KUNAL. Free radical scavenging potential and total phenolic and flavonoid content of *Ziziphus mauritiana* and *Ziziphus nummularia* fruit extracts. *International journal of green pharmacy*. 2012, roč. 6, č. 3, s. 187-192.
- [50] JANČOVÁ, V. Význam a použití DPPH v oblasti cereálií. Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati.
- [51] DVOŘÁKOVÁ, M., P. DOSTÁLEK a P. HULÍN. Analytické metody stanovení polyfenolů ve sladinách, mladínách a pivech. *Kvasný průmysl*. 2006, č. 52.
- [52] HÁDROVÁ, M. *Antioxidační aktivita u vybraných druhů volně rostoucích jedlých hub*. Zlín, 2013. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati.
- [53] ČERNOHORSKÝ, T. *Atomová spektroskopie*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1997, 218 s.
- [54] DOČEKAL, B. Detektory v atomové absorpční spektrometrii. In: *Inovace v atomové absorpční a fluorescenční spektroskopii: [seminář]*. [Praha: Česká společnost chemická], 2007, s. 11-16.
- [55] SKÁKAL, O. Vliv tvrdosti vody na technologie zpracování pokrmů. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati.
- [56] NĚMCOVÁ, I., L. ČERMÁKOVÁ a P. RYCHLOVSKÝ. *Spektroskopické analytické metody I*. Praha: Karolinum, 1997.
- [57] NĚMCOVÁ, I., P. ENGST a I. JELÍNEK. *Spektroskopické analytické metody II*. Praha: Karolinum, 1998.
- [58] RAMÍREZ-ANGUIANO, A. CRISTINA, S. SANTOYO, G. REGLERO a C. SOLER-RIVAS. Radical scavenging activities, endogenous oxidative enzymes and total phenols in edible mushrooms commonly consumed in Europe. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007, vol. 87, issue 12, s. 2272-2278.

- [59] RIBEIRO, B., R. LOPES, P. B. ANDRADE, R. M. SEABRA, R. F. GONÇALVES, P. BAPTISTA, I. QUELHAS a P. VALENTÃO. Comparative study of phytochemicals and antioxidant potential of wild edible mushroom caps and stipes. *Food Chemistry*. 2008, vol. 110, issue 1, s. 47-56.
- [60] MACÁKOVÁ, K, L. OPLETAL, M. POLASEK, V. SAMKOVA a L. JAHODAR. Free-radical Scavenging Activity of some European Boletales. *NATURAL PRODUCT COMMUNICATIONS*. 2009, č. 2, 261 - 264.
- [61] VAMANU, E. a S. NITA. Antioxidant Capacity and the Correlation with Major Phenolic Compounds, Anthocyanin, and Tocopherol Content in Various Extracts from the Wild Edible Boletus edulis Mushroom. *BioMedResearch International*. 2013, s. 1-11.
- [62] BARROS, L., M. FERREIRA, B. QUEIRÓS, I.C.F.R. FERREIRA a P. BAPTISTA. Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese-wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 2007, vol. 103, issue 2, s. 413-419.
- [63] ÚSTŘEDNÍ KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝ V BRNĚ - ODBOR BEZPEČNOSTI KRMIV A PŮDY. Registr kontaminovaných ploch 2M HNO₃ (1990 – 2009). Brno, 2011.
- [64] PACNER, M. Vybrané těžké kovy v plodnicích stopkovýtusých hub v Krkonoších a okolí Třince. *Opera Corcontica*. 2005, č. 42, 91 -97.
- [65] KALAČ, P. Trace element contents in European species of wild growing edible mushrooms: A review for the period 2000–2009. *Food Chemistry*. 2010, vol. 122, issue 1, s. 2-15.
- [66] UHLÍŘOVÁ, H. a J. HEJDOVÁ. Těžké kovy v lesních ekosystémech České republiky. *Zprávy lesnického výzkumu*. 1999, č. 3.
- [67] Monitoring cizorodých látek. *Práce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti*: [online]. 1966-2014 [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: http://www.vulhm.cz/index.php?p=monitoring_cizorodych_latek&site=default
- [68] COLLIN-HANSEN, C., R. A. ANDERSEN a E. STEINNES. Isolation and N-terminal sequencing of a novel cadmium-binding protein from Boletus edulis. *Journal de Physique IV (Proceedings)*. 2003, vol. 107, s. 311-314

- [69] BOROVIČKA, J. a Z. ŘANDA. Distribution of iron, cobalt, zinc and selenium in macrofungi. *Mycological Progress*. 2007-10-23, vol. 6, issue 4, s. 249-259.
- [70] SVOBODA, L. a V. CHRASTNÝ. Levels of eight trace elements in edible mushrooms from a rural area. *Food Additives*. 2008, vol. 25, issue 1, s. 51-58.
- [71] DEMIRBAŞ, A. Concentrations of 21 metals in 18 species of mushrooms growing in the East Black Sea region. *Food Chemistry*. 2001, vol. 75, issue 4, s. 453-457.
- [72] GARCÍA, M. Á., J. ALONSO a M. J. MELGAR. Lead in edible mushrooms Levels and bioaccumulation factors. *Journal of Hazardous Materials*. 2009-08-15, vol. 167, 1-3, s. 777-783
- [73] CHUDZYŃSKI, K. aj. FALANDYSZ. Multivariate analysis of elements content of Larch Bolete (*Suillus grevillei*) mushroom. *Chemosphere*. 2008, vol. 73, issue 8, s. 1230-1239.
- [74] VETTER, J. Arsenic content of some edible mushroom species. *European Food Research and Technology*. 2004-6-1, vol. 219, issue 1, s. 71-74.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CHKO	Chráněná krajinná oblast.
ROS	Radikální formy kyslíku.
RNS	Radikální formy dusíku.
$O_2^{\cdot-}$	Superoxidový radikál
OH^{\cdot}	Hydroxylový radikál
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
ES	Evropské společenství
DPPH	(1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl)
SS	Zásobního roztok.
WS	Pracovní roztok.
$^{\circ}K$	Stupně Kelvina
A	Absorbance
AAS	Atomová absorpční spektrometrie
ICP-OES	Optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
Zn	Zinek
Cu	Měď
Cr	Chrom
Cd	Kadmium
Pb	Olovo
Hg	Rtuť
Co	Kobalt
Ni	Nikl
As	Arsen

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Souhrnný přehled oblastí sběru	28
Obrázek 2: Rajnochovice – u silnice	29
Obrázek 3: Rajnochovice	30
Obrázek 4: Protivanov	30
Obrázek 5: Ludkovice	31
Obrázek 6: Paršovice	32
Obrázek 7: Tršice	32
Obrázek 8: Veselíčko – komunální skládka	33
Obrázek 9: Rožnov pod Radhoštěm	34
Obrázek 10: Porovnání antioxidační kapacity mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru	43
Obrázek 11: Porovnání obsahu polyfenolů mezi jednotlivými druhy hub a lokalitami sběru	46
Obrázek 12: Závislost mezi obsahem polyfenolů a antioxidační aktivitou	47
Obrázek 13: Obsah zinku v houbách	53
Obrázek 14: Obsah mědi v houbách	54
Obrázek 15: Obsah chromu v houbách	55
Obrázek 16: Obsah kadmia v houbách	57
Obrázek 17: Obsah olova v houbách	58
Obrázek 18: Obsah rtuti v houbách	59
Obrázek 19: Obsah kobaltu v houbách	61
Obrázek 20: Obsah niklu v houbách	62
Obrázek 21: Obsah arsenu v houbách	63

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Maximální přípustné koncentrace těžkých kovů dle zrušené vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb. v mg/kg sušiny	22
Tabulka 2: Porovnání antioxidační kapacity mezi jednotlivými druhy hub a mezi lokalitami sběru vyjádřený jako redukční účinnost standartu kyseliny askorbové v mg/kg	42
Tabulka 3: Porovnání obsahu polyfenolů mezi jednotlivými druhy hub a lokalitami sběru vyjádřené jako ekvivalent standartu – kyseliny gallové v mg/kg.....	45
Tabulka 4: Obsah sušiny ve vybraných vzorcích v %	48
Tabulka 5: Obsah těžkých kovů ve vzorcích v mg/kg sušiny.....	49
Tabulka 6: Obsah těžkých kovů v půdě v mg/kg.....	51
Tabulka 7: Obsah zinku v houbách v mg/kg sušiny	52
Tabulka 8: Obsah mědi v houbách v mg/kg sušiny	54
Tabulka 9: Obsah chromu v houbách v mg/kg sušiny	55
Tabulka 10: Obsah kadmia v houbách v mg/kg sušiny	56
Tabulka 11: Obsah olova v houbách v mg/kg sušiny	58
Tabulka 12: Obsah rtuti v houbách v mg/kg sušiny	59
Tabulka 13: Obsah kobaltu v houbách v mg/kg sušiny	60
Tabulka 14: Obsah niklu v houbách v mg/kg sušiny	62
Tabulka 15: Obsah arsenu v houbách v mg/kg sušiny.....	63