

Vliv stravitelnosti na uvolňování prvků z matic hub

Bc. Zuzana Bláhová

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Zuzana Bláhová
Osobní číslo:	T23463
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Vliv stravitelnosti na uvolňování prvků z matric hub

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

Charakterizovat na základě mykologie houby, které budou využity v rámci experimentální práce.

Shrnout prvkové složení hub s důrazem na toxické prvky a cesium.

II. Experimentální část:

Sesbírat vzorky hub z vybraných lokalit, provést u nich stravitelnost, stanovit minerální a stopové prvky pomocí ICP-MS a definovat retenční faktory pro tyto prvky pro proces trávení simulovaný v podmínkách *in vitro*.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] ČURDOVÁ, E., L. VAVRŮŠKOVÁ, M. SUCHÁNEK, P. BALDRIAN a J. GABRIEL. ICP-MS determination of heavy metals in submerged cultures of wood-rotting fungi. *Talanta* [online]. 2004, 62(3), 483-487.
- [2] GOVORUSHKO S., R. REZAEI, J. DUMANOV a A. TSATSAKIS. Poisoning associated with the use of mushrooms: A review of the global pattern and main characteristics. *Food and Chemical Toxicology*. 2019, 128, 267-279.
- [3] Pacner, M. Vybrané těžké kovy v plodnicích stopkovýtrusých hub v krkonoších a okolí Trince/Selected heavy metals in sporocarps of mushrooms in the giant mountains and vicinity of trinec (podbeskydí). *Opera Corcontica*. 2005, (42), 91-97.
- [4] Raghukumar, S. Houby: Charakteristika a klasifikace. In: Houby v pobřežních a oceánských mořských ekosystémech. Springer, Cham. 2017.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 14. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

1. odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
2. diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
3. jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
4. na moji diplomovou 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. 3;
5. podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
6. podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou 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);
7. pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
8. pokud je výstupem diplomové 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.

Prohlašuji, že

1. jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
2. odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

V teoretické části diplomové práce je shrnut úvod do mykologie hub včetně příslušné taxonomie. Pro analýzu byly použity vzorky sušených hub: hříbu dubového, křemenáče osikového, bedly vysoké, pýchavky obecné a hříbu kováře, který byl sesbírán ze dvou lokalit. Dále teoretická část popisuje biochemické složení hub, identifikuje zastoupení minerálních a stopových prvků. Vyčleněny byly zvláště toxické prvky a cesium, jejichž konzumace může mít negativní vliv na lidský organismus. V rámci praktické části práce byly analyzovány vzorky z hlediska obsahu sušiny a popela, dále byla provedena *in vitro* simulace trávení a následná separace nestráveného podílu. Jak původní vzorky hub, tak i nestrávený podíl prošly procesem mineralizace, po kterém bylo provedeno stanovení obsahu jednotlivých prvků metodou ICP-MS. Na základě získaných výsledků byl pro každý analyzovaný prvek vypočten retenční faktor, který vyjadřuje množství daného prvku zadrženého v nestráveném podílu po simulaci trávicího procesu. Ve vzorku křemenáče osikového vykazoval nejvyšší retenci antimon totožně jako v pýchavce obecné, u hříbu dubového thallium, ve vzorku bedly vysoké a hříbu kováře (Hodslavice) zirkonium a v poslední řadě ve vzorku hříbu kováře (Lidečko) holmium. Naopak nejnižší retence, a tedy nejvyšší potenciální biologickou dostupnost, vykazovaly z makroprvků převážně draslík a hořčík ve všech sledovaných vzorcích.

Klíčová slova: mykologie hub, hřib dubový, křemenáč osikový, bedla vysoká, pýchavka obecná, hřib kovář, minerální prvky, toxické kovy, cesium, *in vitro* stravitelnost, ICP-MS

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis provides an introduction to fungal mycology, including relevant taxonomic classification. For the analysis, dried mushroom samples were used: *Boletus reticulatus*, *Leccinum rufum*, *Macrolepiota procera*, *Lycoperdon perlatum*, and *Neoboletus luridiformis*, the latter collected from two different locations. Furthermore, the theoretical section describes the biochemical composition of mushrooms and identifies the presence of mineral and trace elements. Toxic elements and cesium were treated separately due to their potential adverse effects on human health. In the practical part of the thesis, the mushroom samples were analyzed for dry matter and ash content. An *in vitro* digestion simulation was conducted, followed by the isolation of the indigestible fraction. Both the native mushroom samples and their indigestible residues underwent mineralization, after which elemental concentrations were determined using ICP-MS. Based on the obtained data, a retention factor was calculated for each analyzed element, expressing the amount of the element retained in the indigestible fraction following simulated digestion. Among the samples, *Leccinum rufum* and *Lycoperdon perlatum* showed the highest retention of antimony; *Boletus reticulatus* exhibited the highest retention of thallium; *Macrolepiota procera* and *Neoboletus luridiformis* (Hodslavice locality) showed the highest retention of zirconium; and *Neoboletus luridiformis* (Lidečko locality) had the highest retention of holmium. In contrast, among the macroelements, potassium and magnesium displayed the lowest retention — and thus the highest potential bioavailability — across all examined samples.

Keywords: Fungal mycology, *Boletus reticulatus*, *Leccinum rufum*, *Macrolepiota procera*, *Lycoperdon perlatum*, *Neoboletus luridiformis*, mineral elements, toxic metals, cesium, *in vitro* digestibility, ICP-MS

Ráda bych srdečně poděkovala paní doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za její odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi věnovala při zpracování mé diplomové práce. Velmi si vážím její podpory a pomoci v průběhu celé práce. Poděkování patří také paní Ing. Janě Fojtíkové za vstřícnost a asistenci v laboratoři. Dále bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Miroslavu Fišerovi, CSc. za jeho ochotu a pomoc při měření vzorků metodou ICP-MS. Z celého srdce děkuji své rodině, přátelům, a především svému manželovi za jejich podporu, lásku a trpělivost. Bez jejich víry ve mne by cesta studiem nebyla možná. Jak řekl Albert Einstein: „*Strach z neúspěchu je větší překážkou než samotný neúspěch.*“

OBSAH

ÚVOD.....	15
I TEORETICKÁ ČÁST	16
1 ÚVOD DO MYKOLOGIE HUB.....	17
1.1 MORFOLOGICKÁ STAVBA VYŠŠÍCH HUB	18
1.1.1 Podhoubí	18
1.1.2 Plodnice.....	18
1.2 DĚLENÍ HUB DLE ZPŮSOBU VÝŽIVY	21
1.2.1 Mykorhitické houby	21
1.2.2 Saprofytické houby	22
1.2.3 Parazitické houby	22
1.3 TAXONOMIE HUB.....	23
1.3.1 Kmen <i>Ascomycota</i> – houby vřeckovýtrusné	23
1.3.2 Kmen <i>Basidiomycota</i> – houby stopkovýtrusné.....	24
2 IDENTIFIKACE DRUHŮ HUB POUŽITÝCH V PRAKTICKÉ ČÁSTI	25
2.1 HŘIB DUBOVÝ	25
2.2 BEDLA VYSOKÁ.....	26
2.3 PÝCHAVKA OBECNÁ	27
2.4 KŘEMENÁČ OSIKOVÝ	28
2.5 HŘIB KOVÁŘ.....	29
3 BIOCHEMICKÉ SLOŽENÍ HUB.....	30
3.1 VODA	30
3.2 BÍLKOVINY	30
3.3 AMINOKYSELINY.....	30
3.4 LIPIDY	31
3.5 SACHARIDY	31
3.5.1 Chitin.....	31
3.6 VITAMÍNY	32
3.7 ANTIOXIDAČNÍ SLOŽKY	32
3.8 HOUBOVÉ JEDY	32
4 MINERÁLNÍ A STOPOVÉ PRVKY V HOUBÁCH	33
4.1 MINERÁLNÍ PRVKY V HOUBÁCH	33
4.1.1 Majoritní prvky	34
4.2 TOXICKÉ A RADIOAKTIVNÍ PRVKY V HOUBÁCH	36
4.2.1 Těžké kovy	36
4.2.2 Radioaktivní prvky.....	40

5	CÍL PRÁCE	41
II	PRAKTICKÁ ČÁST	42
6	POPIS VYBRANÝCH LOKALIT PRO SBĚR.....	43
6.1	HODSLAVICE	43
6.2	LIDEČKO.....	45
7	METODIKA.....	46
7.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	46
7.2	POUŽITÉ POMŮCKY	46
7.3	POUŽITÉ PŘÍSTROJE	46
7.4	SBĚR A PŘÍPRAVA VZORKŮ HUB.....	47
7.4.1	Sběr.....	47
7.4.2	Příprava vzorků	47
7.5	STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI A SUŠINY	49
7.6	STANOVENÍ POPELA.....	49
7.7	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI METODOU <i>IN VITRO</i>	50
7.7.1	Příprava nestráveného podílu	52
7.8	STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ METODOU ICP-MS	53
7.8.1	Mineralizace vzorků sušených hub	53
7.8.2	Stanovení prvkového složení metodou ICP-MS	53
7.9	EVALUACE RETENČNÍHO FAKTORU (RF, %)	54
7.10	EVALUACE PŘÍSPĚVKU KONZUMACE K MAXIMÁLNÍM POVOLENÝM LIMITŮM DEFINOVANÝM PRO TOXICKÉ STOPOVÉ PRVKY	54
7.11	STATISTIKA	57
8	VÝSLEDKY	58
8.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY	58
8.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ POPELA.....	59
8.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI METODOU <i>IN VITRO</i>	60
8.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ METODOU ICP- MS	61
8.5	EXPOZICE TOXICKÝM PRVKŮM ZE SUŠENÝCH VZORKŮ HUB	72
8.6	VÝSLEDKY VÝPOČTU RETENCE PRO JEDNOTLIVÉ PRVKY V SUŠENÝCH VZORCÍCH HUB	79
	ZÁVĚR.....	89
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	91
	SEZNAM OBRÁZKŮ	100
	SEZNAM TABULEK.....	102
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	103

SEZNAM PŘÍLOH.....	104
---------------------------	------------

ÚVOD

Houby představují rozmanitou a evolučně velmi starou skupinu eukaryotických organismů, které se významně podílejí na udržování přírodních ekosystémů. Jejich schopnost dekompozice organického materiálu, symbiotických vztahů s rostlinami i akumulace minerálních látek činí houby nejen ekologicky důležitými, ale také zajímavými z hlediska lidské výživy a medicíny. Konzumace plodnic vyšších hub je tradiční součástí jídelníčku v mnoha kulturách, přičemž houby jsou ceněny nejen pro svou nutriční hodnotu, ale také pro obsah bioaktivních sloučenin, vitamínů, minerálů a antioxidantů.

Z pohledu výživového významu je jedním z důležitých aspektů obsah minerálních a stopových prvků v plodnicích hub. Tyto prvky hrají zásadní roli v řadě fyziologických procesů lidského organismu. Nicméně obsah minerálních prvků v houbách je variabilní a může být ovlivněn jak vnitřními faktory (druhovými specifity, stádiem vývoje plodnice), tak faktory vnějšími (lokalita sběru, kvalita půdního substrátu, míra znečištění prostředí atd.). Vedle potenciálních nutričních přínosů je třeba rovněž zohlednit riziko akumulace toxických prvků, jako je kadmium, olovo nebo rtuť, které mohou v důsledku kontaminace prostředí představovat zdravotní riziko.

Dalším podstatným faktorem, který ovlivňuje biologickou dostupnost minerálních látek při konzumaci hub, je jejich stravitelnost. Houby obsahují řadu nestravitelných nebo obtížně stravitelných polysacharidů, zejména chitin, který může omezovat uvolnění a absorpci některých živin v trávicím traktu. Hodnocení stravitelnosti hub a následného uvolnění minerálních látek proto představuje důležitý krok k přesnějšímu odhadu jejich reálného nutričního přínosu.

Tato diplomová práce se zabývá vlivem stravitelnosti na uvolňování minerálních a stopových prvků z matric vybraných druhů hub. V rámci experimentální části byly analyzovány vzorky hub sesbírané na dvou lokalitách, stanoven obsah sušiny, popela, stravitelnosti *in vitro* a provedena kvantifikace minerálních prvků metodou ICP-MS. Cílem práce je porovnat rozdíly v uvolňování prvků v závislosti na stravitelnosti jednotlivých druhů.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO MYKOLOGIE HUB

Latinský název (*Mycota* nebo *Mycetes*) získaly houby na základě řeckého názvu žampionu – *mykos*. Od toho slova byla odvozena i věda o houbách – mykologie. Další častý používaný název pro houby je *Fungi*, který pochází z původního podstatného jména *fungus* – houba (GARIBOVOVA et al., 1989).

Houby patří mezi druhé nejrozšířenější eukaryotické organismy na Zemi a dle jejich způsobu výživy se řadí mezi heterotrofy. To znamená, že absorbují rozpuštěné organické látky prostřednictvím své buněčné stěny. Houby se společně s bakteriemi významně podílí na rozkladných procesech, a proto jsou nedílnou součástí koloběhu látek v přírodě (RAGHUKUMAR, 2017).

V přírodě se vyskytuje přes 100 tisíc druhů hub, z nichž cca 2/3 tvoří houby mikroskopické (tzv. mikromycety), žijící v půdě, ve vodě, na rostlinách i na živočiších (GARIBOVOVA et al., 1989). Říše hub, která byla původně řazena mezi rostliny, dnes představuje obsáhlou skupinu, do které spadá řada živých organismů jako plísňe, houby, kvasinky, rzi, lišejníky a sněti (STAJIC et al., 2009). Houby se vyskytují po celém světě na běžných místech, ale lze je najít i ve stratosféře, na dně Mrtvého moře, v arktických ledovcích dokonce i na horkých pouštích. Mezi jejich významné funkce patří recyklace uhlíku, fosforu, dusíku a dalších bioprvků (NARANJO-ORTIZ a GABALDON, 2019).

Houby lze označit za neméně významný zdroj lidské potravy. Ať už máme na mysli samotné plodnice, které lze konzumovat na mnoho způsobů, tak určité druhy, které jsou v posledních letech využívány pro své metabolické procesy, k výrobě fermentovaných pokrmů a nápojů (NARANJO-ORTIZ a GABALDON, 2019). V potravinářském průmyslu se hojně využívá metabolických procesů kvasinek, které najdou své uplatnění v pekárenství, pivařství, vinařství a řadě dalších. Naopak plísňe nachází své uplatnění např. při procesu dozrávání některých druhů sýrů (RAGHUKUMAR, 2017).

1.1 Morfologická stavba vyšších hub

1.1.1 Podhoubí

Podhoubí neboli mycelium (obrázek 1) je vegetativní část houby tvořena systémem navzájem propletených vláken (hyf). Vlákná jsou porézní a mají nejčastěji bílou barvu, přičemž se jejich průměr pohybuje okolo 1–30 μm . Mycelium je biopolymerní systém, který se svou délkou řadí mezi největší žijící organismy na Zemi. Každé vlákno mycelia se liší svým chemickým složením, a to převážně v obsahu proteinů, glukanu a chitinu (YANG et al., 2021; ISLAM et al., 2017). Myceliem proudí voda a živiny, u některých druhů hub můžeme sledovat i elektrickou vodivost, která je srovnatelná s elektrickými vzruchy nervových buněk živočichů (PETŘEKOVÁ, 2022).

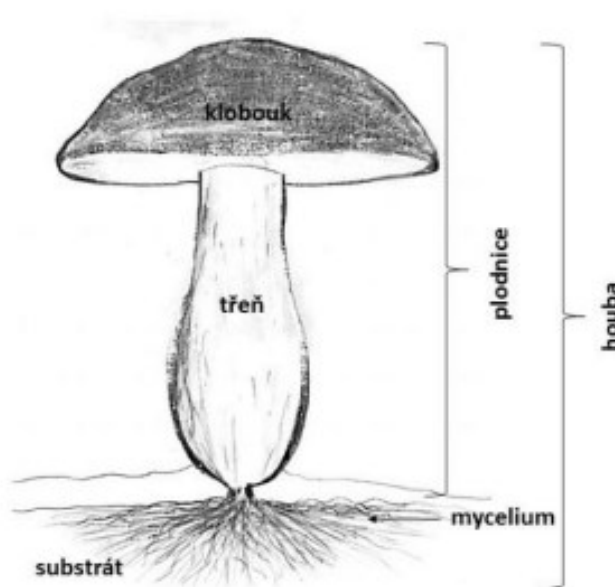
Podhoubí se vyvíjí v různých typech substrátů, např. v rozkládajícím se dřevě nebo humusu, u parazitických hub prorůstá tkání hostitele. Na myceliu následně vyrůstají plodnice hub (obrázek 1) společně s výtrusy, které slouží k rozmnožování (GARIBOVOVA et al., 1989). Proces tvorby plodnice z mycelia se odborně označuje jako fruktifikace. Ideální podmínky pro růst plodnice se u jednotlivých druhů hub liší, obecně lze ale za ideální považovat deštivé počasí a následné oteplení (NEDVĚDOVÁ, 2023; HOLEC et al., 2012).

1.1.2 Plodnice

Plodnice neboli sporokarp (obrázek 1) je v podstatě rozmnožovací orgán, který nejčastěji tvoří, na rozdíl od mycelia, nadzemní část houby. Plodnice je tvořena hyfovým pletivem a výtrusy (vřečky, bazidiemi, konidiemi). Po dozrání výtrusů dochází k jejich vypadávání z plodnic a následně jsou, nejčastěji pomocí větru a srážek, šířeny do okolí (SVRČEK, 2005; SOUČKOVÁ, 2016). Nejdůležitější část plodnice, ve které dochází ke tvorbě spor, se nazývá hymenium. U vřečkovýtrusých hub se výtrusy tvoří v uzavřených kulových nebo v lahvicovitých útvarech. U stopkovýtrusých hub dochází k tvorbě výtrusů na lupenech u lupenatých anebo v rourkách u hříbovitých (STRMEŇ, 2012; SEMERDŽIEVA a VESELSKÝ, 1986).

Existuje široká škála velikostí, tvarů a barev plodnic (BASSLER et al., 2015). Plodnice může dorůst do délky několika milimetrů až po desítky centimetrů. Sporokarp se vyskytuje u většiny vřečkovýtrusných a stopkovýtrusných hub, u nižších hub většinou chybí (KŘÍŽOVÁ, 2017; MIESLEROVÁ et al., 2015).

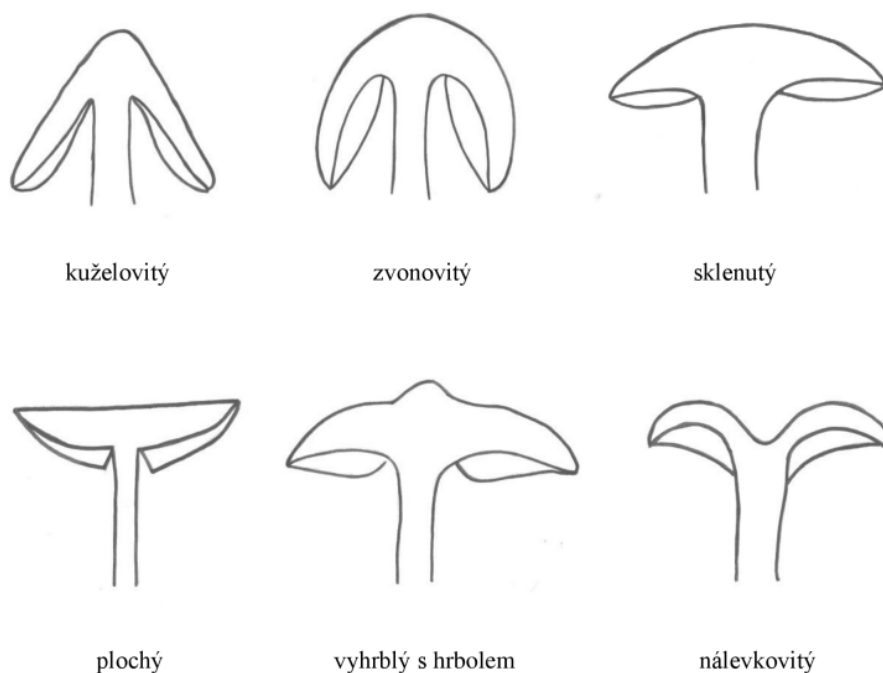
Nejznámější tvarem plodnice velkých hub (tzv. makromycet) je klobouk na třeni. To je ale pouze jedna z mnoha variant tvarů. Plodnice mohou být také kopytovité, lupenaté, smržovité atd. (GARIBOVOVA et al., 1989). Některé houby mají své plodnice uložené pod zemí jako např. lanýže (SEMERDŽIEVA a VESELSKÝ, 1986). Vyšší houby jsou vývojově dokonalejší, proto lze u nich plodnici rozdělit na klobouk (*pileus*) a třeň (*stipes*) (VETCHÁ, 2023).



Obrázek 1 - Morfologická stavba těla hub (BAŽANTOVÁ, 2018)

1. Klobouk

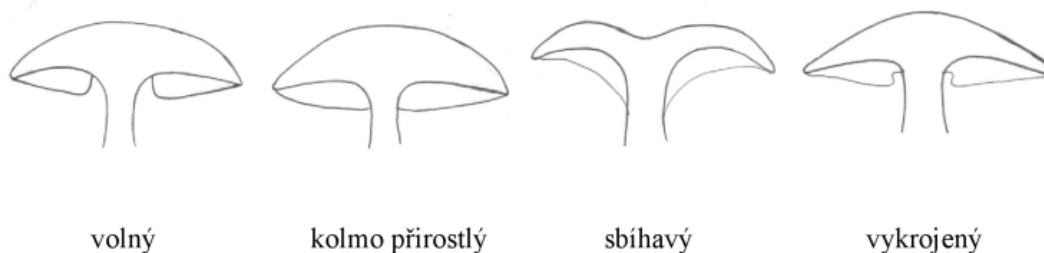
Klobouk je horní, rozšířená část plodnice, která nasedá na nohu neboli třeň (obrázek 1). Tato část houby je pro identifikaci a popis klíčová. Dle velikosti klobouku se určuje také velikost celé plodnice. U menších plodnic může klobouk dorůstat do velikosti 2–3 cm, u středních pak do velikosti 4–10 cm a u velkých plodnic může mít klobouk velikost více než 10 cm (SLUNEČKO, 2022). U rourkatých hub se na spodu klobouku nachází rourky. Rourky představují navzájem spojené trubičkovité útvary, které lze najít např. u křemenáčů, kozáků a klouzků. Existuje široká škála tvarů, které mohou klobouky mít. Mezi tyto tvary patří např. trubkovitý, plochý, kuželovitý a nálevkovitý (obrázek 2). Další parametr, který se u klobouku hodnotí je povrch a okraj (KNAUEROVÁ et al., 2020).



Obrázek 2 - Tvary klobouku hub (KUČEROVÁ, 2013)

2. Třeň

Je další část plodnice, která je podstatná pro klasifikaci hub. Třeň také označován jako noha, je část plodnice, která vyrůstá z podhoubí a nese klobouk (obrázek 1). U některých druhů může ale zcela chybět. Nejčastěji má noha válcovitý tvar, ovšem obdobně jako u klobouku existuje řada dalších tvarů jako např. břichatý, kyjovitý a zahnutý. Důležitá je také barva třeně, díky ní se rozeznávají druhy stejného rodu (BAŽANTOVÁ, 2018; KNAUEROVÁ et al., 2020). Další parametr, kterému je třeba při klasifikaci třeně věnovat pozornost, je struktura vnitřku třeně a typ připojení klobouku na třeň. Tvary připojení mohou být volné, sbíhavé, vykrojené a kolmo přirostlé (obrázek 3). U některých druhů je úplná absence třeně a klobouk tak vyrůstá přímo ze substrátu (JANDOVÁ, 2009; KLUZÁK a SMOTLACHA, 1985).



Obrázek 3 - Tvary připojení klobouku na třeň (KUČEROVÁ, 2013)

1.2 Dělení hub dle způsobu výživy

1.2.1 Mykorhitické houby

Do této skupiny se řadí houby žijící v oboustranně výhodném soužití s kořeny stromů a rostlin. Název vznikl ze slov *mykés* = houba a *rhíza* = kořen. Většina rostlin na Zemi tvoří tuto symbiózu s houbami a vzájemně si vyměňují prospěšné látky. Rostlina poskytuje houbě převážně uhlíkaté sloučeniny (sacharidy) získané procesem fotosyntézy a houba naopak rostlině poskytuje vodu a v ní transportované minerální látky. Mykorhitické houby jsou často v přírodě vázány na jeden druh, jako např. kozák březový, který roste striktně pod břízami (KNAUEROVÁ et al., 2020; BAGYARAJ, 2014). Mykorhizu lze dělit na 2 základní typy podle způsobu kolonizace kořenů rostlin houbovými hyfami na endomykorhizu a ektomykorhizu (ALIZADEH, 2011).

Endomykorhiza

Houby patřící do této skupiny se označují jako endomykorhitické, protože pronikají do nitra kořenů hostitelské rostliny. Do této skupiny spadají převážně houby spájkivé (ALIZADEH, 2011). Tyto houby prorůstají za buněčnou stěnu, ale nikdy se nedostávají přes plazmatickou membránu rostlin a v podstatě tedy zůstávají v apoplastu. Endomykorhiza se dále dělí na arbuskulární, orchideoidní a erikoidní (DOSTÁLOVÁ, 2016; SMITH a READ, 2010).

Ektomykorhiza

Je oproti endomykorhize méně častá. Tyto houby nevstupují do kořenových buněk rostlin/stromů, proto jsou označovány jako ektomykorhitické. Prostřednictvím prostoru mezi buňkami kořene houby poskytují hustou tzv. Hartigovou síť, v které dochází k výměně metabolitů s hostitelskou rostlinou (ALIZADEH, 2011; DOSTÁLOVÁ, 2016).

Do této skupiny patří většina stopkovýtrusných i vřeckovýtrusných hub, které tvoří mykorhizu nejčastěji s duby, borovicemi a břízami (WANG a QIU, 2006). Houby chrání kořeny před napadením patogeny a rozkládají organickou hmotu v jejich okolí (BAGYARAJ, 2014).

1.2.2 Saprofytické houby

Do této skupiny se řadí houby, které se živí organickou hmotou pocházející z odumřelých těl organismů. Jejich mycelium prorůstá odumřelým tělem rostlin, živočichů a ostatním materiálem organického původu. Tyto houby postupně organický materiál rozkládají, přeměňují a tím umožňují koloběh živin v přírodě. Saprofytické houby jsou důležitými činiteli mineralizace půdy. Rozkládají převážně uhlíkaté sloučeniny jako celulózu, lignin a další makromolekulární komplexy. Těchto rozkladných procesů se společně s houbami účastní i bakterie, které výsledné sloučeniny dále metabolizují. Houby se dostávají hlouběji do hmoty, kdežto bakterie kolonizují povrchové vrstvy. Mezi saprofytické houby se řadí dřevožijné houby jako např. hlíva ústříčná nebo Jidášovo ucho (KNAUEROVÁ et al., 2020; RAGHUKUMAR, 2017; FRANCIOLI et al., 2021).

1.2.3 Parazitické houby

Tyto houby využívají energii, látky a výživu na úkor svého hostitele. Pro parazita je tento vztah výhodný, naopak pro hostitelský organismus může skončit i smrtí. Obecně se tento stav označuje jako parazitismus a je znám i u ostatních organismů. Podobně jako predátoři v přírodě jsou i parazité důležití pro zachování rovnováhy v ekosystému a zároveň zabráňují přemnožení určitého druhu. Mezi parazitické houby patří např. hřib příživný, který parazituje na pestřeci obecném (KNAUEROVÁ et al., 2020; RAGHUKUMAR, 2017).

1.3 Taxonomie hub

Taxonomie hub představuje rozsáhlý systém identifikace jednotlivých druhů na základě společných rysů. Vzhledem k vývoji vědy a možnostem zkoumání nových druhů, prošla taxonomie v posledních letech hned několika změnami. Obecně se dle makroskopických a mikroskopických vlastností houby dělí na dvě skupiny: kvasinky a vláknité houby. Tradičně se říše hub rozděluje do pěti kmenů: *Ascomycota* (vřeckovýtrusné houby), *Basidiomycota* (stopkovýtrusné houby), *Mycophycophyta* (lišejníky), *Deuteromycota* (nedokonalé houby), *Zygomycota* (houby spájkivé). Novější taxonomie klasifikuje říši hub do dvou podříší a pěti kmenů. Podříše *Dikarya* (včetně kmenů *Ascomycota* a *Basidiomycota*) a podříše *Eomycota* (včetně kmenů *Zygomycota*, *Glomeromycota*, *Chytridiomycota*) (LIU, 2024).

V této kapitole budou více specifikovány jen některé výše zmíněné kmeny.

1.3.1 Kmen *Ascomycota* – houby vřeckovýtrusné

Ascomycota společně s *Basidiomycota* spadají do skupiny hub zvané *Dikarya* a řadí se mezi tzv. vyšší houby. Jedná se o nejlépe prozkoumanou a popsanou skupinu, pro kterou je typický sexuální cyklus, při kterém vznikají tzv. dikaryotické hyfy. U vřeckovýtrusných hub následně vzniká vřecko (askus), což je vakovitý útvar obsahující nejčastěji 8 výtrusů (askospor) vzniklých při meióze. Pomocí těchto výtrusů se houby pohlavně rozmnožují (NARANJO-ORTIZ a GABALDON, 2019). I přesto, že je znám tento pohlavní způsob rozmnožování, vřeckovýtrusné houby se nejčastěji rozmnožují nepohlavně, a to pomocí nepohlavních výtrusů (konidií) (RAGHUKUMAR, 2017).

Valná většina vřeckovýtrusných hub jsou tedy mnohobuněčná a vytváří článková mycelia. Výjimkou jsou kvasinky, které se řadí mezi jednobuněčné organismy a mycelia nevytváří. Způsob rozmnožování je obvykle nepohlavní, ale u kvasinek k němu dochází tzv. pučením (RAGHUKUMAR, 2017).

Ascomycota představují kosmopolitní skupinu, která se vyskytuje v suchozemských ale i vodních biotopech (MAHARACHCHIKUMBURA a et al., 2021). Mezi vřeckovýtrusné houby patří široké spektrum organismů včetně kvasinek a plísň. Řada z těchto zástupců spadá mezi rostlinné patogeny a způsobuje choroby jako např. strupovitost pšenice. Někteří zástupci jsou představitelé lidských patogenů jako např. kvasinka *Candida albicans* způsobující onemocnění zvané kandidóza (BERBEE, 2001).

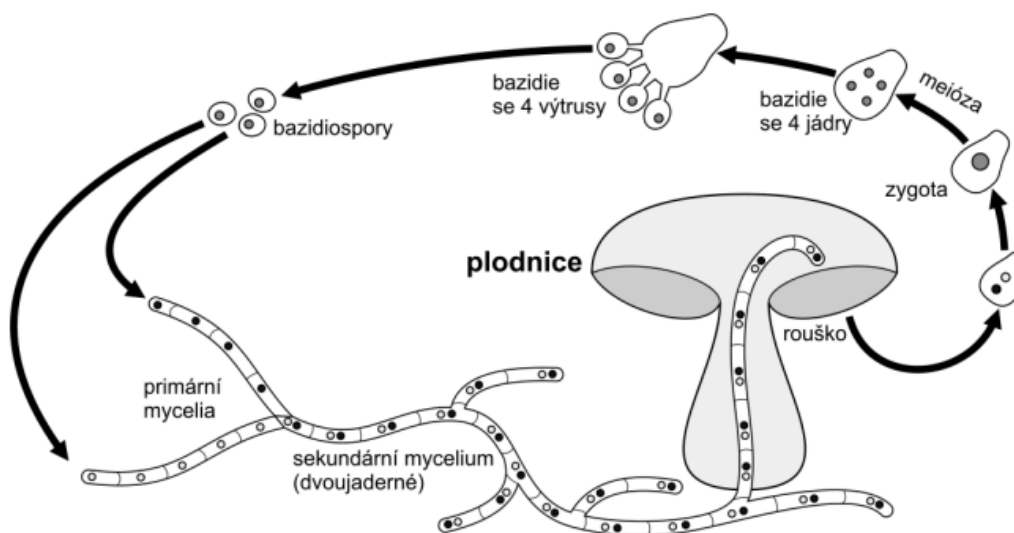
1.3.2 Kmen *Basidiomycota* – houby stopkovýtrusné

Stopkovýtrusné houby se řadí mezi jednu z nejobsáhlejších skupin v říši hub. V současnosti je známo více než 40 000 druhů zástupců (HE et al., 2022). Většina těchto hub jsou saprofyty a symbionti. Jedná se spíše o suchozemské druhy, ale některé výjimky žijí i ve vodním prostředí (RAGHUKUMAR, 2017; NARANJO-ORTIZ a GABALDON, 2019).

Basidiomycota vytváří přehrádkovaná mycelia, která mají ve svých stěnách pór označovaný jako doliporus. Tato početná skupina je charakterizovaná produkcí specializovaných klubkovitých buněk, které se označují jako bazidie (obrázek 4). Tyto bazidie obvykle pomocí karyogameze produkují 4 bazidiospory (pohlavní výtrusy). Jejich tvorba probíhá exogenně na stopkách, a to principem meiotického dělení (SEMERDŽIEVA a VESELSKÝ, 1986; RAGHUKUMAR, 2017; NARANJO-ORTIZ a GABALDON, 2019).

U stopkovýtrusných hub existují dva typy mycelií, a to primární a sekundární. Primární mycelium tvoří monokaryotická hyfa, což znamená, že je jednojaderná. Sekundární mycelium vzniká ve chvíli, kdy dochází k tzv. somatogamické kopulaci. Jedná se o proces, při kterém právě dvě primární mycelia splynou v jedno. Takto vzniklé mycelium slouží za vhodných podmínek jako podklad pro růst plodnice a výtrusorodé vrstvy (ROSYPAL, 2003).

Basidiomycota se rozděluje na tři třídy: *Pucciniomycotina* (rzi, které parazitují na suchozemských rostlinách), *Ustilaginomycetes* (sněti, kteří parazitují na suchozemských rostlinách) a *Agaricomycetes* (většina těchto zástupců nemá dělené bazidie) (RAGHUKUMAR, 2017).



Obrázek 4 - Rozmnožovací cyklus stopkovýtrusných hub (Přehled GHM - biologie, n.d.)

2 IDENTIFIKACE DRUHŮ HUB POUŽITÝCH V PRAKTICKÉ ČÁSTI

2.1 Hřib dubový

Latinský název: *Boletus reticulatus* Schaeff

Říše: houby

Oddělení: houby stopkovýtrusné

Třída: stopkovýtrusé

Řád: hřibotvaré

Čeleď: hřibovité

Rod: hřib

Hřib dubový (obrázek 5), označován také jako pravý neboli lidově pravák, má v průměru 6–15 cm široký klobouk, který je vyklenutý, matný, jemně sametový až plstnatý, šedavé nebo nahnědlé barvy. Rourky mají nejčastěji bílou až žlutozelenou barvu. Třeň je 10–25 cm dlouhý a 2–7 cm široký. Co se týče tvaru třeně je nejčastěji soudkovitý až válcovitý. Dužina mívá bílou barvu a po nakrojení nedochází k barevné změně. Rozměry výtrusů jsou 14–18 x 4–5 µm, tvar je větvenovitý a výtrusy jsou zbarvené do hnědožluté barvy (GARIBOVOVA et al., 1989; SU et al., 2023).

Hřib dubový roste v listnatých nebo smíšených lesích. S kořeny dubů tvoří symbiotický vztah, proto ho lze nejčastěji v blízkosti těchto stromů nalézt. Krom dubů lze hřib dubový nalézt i v okolí buků a pod lípami, vzácně roste pod jehličnatými stromy, v tomto případě se pak většinou jedná o příbuzný druh, a to hřib smrkový. Tato houba roste od května do října, a ačkoliv je to typický hřib vyskytující se na území ČR, roste také mimo Evropu a to např. v Japonsku. Je to jedlá a velmi chutná houba (GARIBOVOVA et al., 1989; KAYAMA, 2020).



Obrázek 5 - Hřib dubový (MALÝ, n.d.)

2.2 Bedla vysoká

Latinský název: *Macrolepiota procera*

Říše: houby

Oddělení: houby stopkovýtrusné

Třída: stopkovýtrusé

Řád: lupenotvorné

Čeleď: pečárkovité

Rod: bedla

Klobouk bedly vysoké (obrázek 6), často označované jako bedly jedlé, je 10–25 cm široký, mladší plodnice mají klobouk do tvaru paličky nebo kyjovitěho tvaru, později se otevírá a je široce sklenutý, ploše rozložený, plstnatě vláknitý a pokrytý velkými odstálými šupinami. Lupeny jsou vysoké a dosti husté, měkké, v mládí bělavé a ve stáří špinavě hnědé. Třeň je 15–30 cm dlouhý a cca 4 cm široký. Je válcovitého tvaru, zakončený velkou hlízou, příčně hnědě žíhaný a s volně pohyblivým límečkovitým prstencem. Dužina je v klobouku měkká, a naopak v třeni tuhá. Má bílou barvu a příjemnou houbovou chuť a vůni. Výtrusy mají rozměry 16–20 x 10–13 μm , elipsovitý tvar, jsou bezbarvé a hladké (GARIBOVOVA et al., 1989; KNAUEROVÁ et al., 2020).

Bedla vysoká roste spíše na sušších místech lesů, a to převážně v jehličnatých lesech. Ideální pro růst jsou různé lesní mýtiny a slunné okraje, ale také suché svahy a pastviny. Bedla vysoká roste hojně od července do října. Je to jedlá houba sbírána převážně pro své masité klobouky, které jsou vhodné pro přípravu řízků, méně vhodná je bedla pro sušení a nakládání. Při sběru může dojít k záměně za bedlu červenající (GARIBOVOVA et al., 1989; KNAUEROVÁ et al., 2020).



Obrázek 6 - Bedla vysoká (Bedla vysoká, 2019)

2.3 Pýchavka obecná

Latinský název: *Lycoperdon perlatum*

Říše: houby

Oddělení: houby stopkovýtrusné

Třída: rouškaté

Řád: pečárkotvaré

Čeleď: pýchavkovité

Rod: pýchavka

Plodnice pýchavky obecné (obrázek 7) má většinou v průměru 2–8 cm, je hruškovitého až kyjovitého tvaru. Mladé plodnice mají bílou barvu a stárnutím šednou. Pýchavka obecná je posetá kuželovými bradavkami, které jsou obklopené drobnými osténky. Když tyto útvary opadávají, nechávají na plodnici dolíčky, tzv. areoly. Po dozrání dochází k puknutí malého otvoru na vrcholku plodnice a prostřednictvím tohoto otvoru dochází k šíření výtrusů do okolí. Výtrusy mají 3,0–4,5 μm v průměru a jsou světle žluté. Dužina je u mladých plodnic jasně bílá a u starých naopak vatovitá a nahnědlá (GARIBOVOVA et al., 1989; NEDVĚDOVÁ, 2023; SVOBODOVÁ, *n.d.*).

Pýchavka obecná roste v lesích všeho druhu, lze ji tedy nalézt jak v listnatých, tak i v jehličnatých lesích. Krom lesního porostu se vyskytuje na pasekách i na okraji cest (NEDVĚDOVÁ, 2023). Začíná růst během léta a roste až do podzimu, a to ve velmi hojném počtu (GARIBOVOVA et al., 1989). Vyrůstá jednotlivě, ale častěji ve skupinách nebo trsech. Je to jedlá a chutná houba, ale pouze pokud se jedná o mladou plodnici (SVOBODOVÁ, *n.d.*).



Obrázek 7- Pýchavka obecná (VALJENTOVÁ, 2022)

2.4 Křemenáč osikový

Latinský název: *Leccinum rufum*

Říše: houby

Oddělení: houby stopkovýtrusné

Třída: stopkovýtrusé

Řád: hříbotvaré

Čeleď: hřibovité

Rod: kozák

Křemenáč osikový (obrázek 8), lidově převážně na Moravě označován jako janek, má klobouk o průměru přibližně 4–15 cm, je polokulovitý, poté polštářově vyklenutý, suchý, plstnatý. Křemenáč osikový se vyskytuje hned v několika barevných kombinacích, může být oranžovočervený, tmavě červený, rezavý i oranžovohnědý. Rourky jsou 3 cm dlouhé, zpočátku mají bílou barvu později se barví do žluta. Třeň je 5–15 cm dlouhý a 1–5 cm široký, velmi často bývá v dolní části rozšířený. Je pevný a šupinatý, u mladých plodnic je třeň bílý, později se začnou objevovat hnědé, rezavé až načervenalé šupinky. Dužina je bílá, po řezu se může objevit barevný přechod na fialovou až červenou barvu, někdy se může barvit také do modra nebo zelena. Výtrusy jsou 13–17 x 4–5 μm velké, elipsoidní, vřetenovité a mají žlutohnědou barvu (GARIBOVOVA et al., 1989; KRHOVSKÁ, 2013; TEJKAL, *n.d.*).

Roste od května do listopadu pod topoly nejčastěji však pod osikami, se kterými tvoří mykorrhizu. Dále roste také v trávě a na okraji lesa, lze ho nalézt ve skupinách ale i samostatně. Křemenáč osikový je možno při sběru zaměnit např. za křemenáč dubový, někdy označován jako krvavý, dále za křemenáč březový a smrkový. Řadí se mezi jedlé houby. (KRHOVSKÁ, 2013; TEJKAL, *n.d.*).



Obrázek 8 - Křemenáč osikový (BASSET, 2014)

2.5 Hřib kovář

Latinský název: *Neoboletus luridiformis*

Říše: houby

Oddělení: houby stopkovýtrusné

Třída: stopkovýtrusé

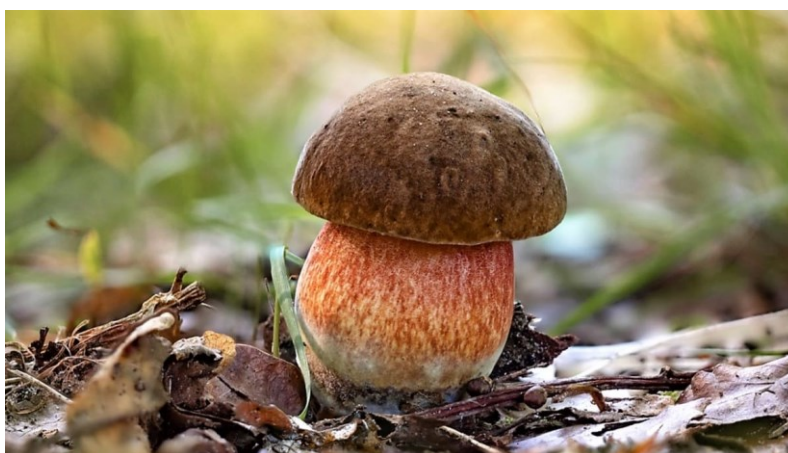
Řád: hřibotvaré

Čeleď: hřibovité

Rod: hřib

Hřib kovář (obrázek 9), často známý jako tzv. modrák, je houba, která má přibližně 5–20 cm široký klobouk a tvar je sklenutý nebo plochý. Barva klobouku je nejčastěji tmavohnědá, černá a okrová, póry jsou sytě červené nebo oranžové. Třeň je 6–15 cm vysoký a zhruba 2–4 cm široký, nejprve má vejčitý tvar později až kyjovitý. Třeň nemá sítku a je skoro celý červený, místy se barví do žluta. Dužina je světle žlutá v klobouku a v třeni pak tmavě žlutá. Při nakrojení dochází k okamžitému zmodrání (díky tomuto jevu vzniklo označení modrák). Zmodrání není známkou jedovatosti, je to pouze důsledek chemického procesu, kdy dochází k oxidaci převážně fenolických látek při reakci s kyslíkem. Později se modrá barva odbarvuje do šeda a při tepelné úpravě zbarvení zcela mizí. Výtrusy jsou 10–18 x 5–7 µm, vřetenovité a žlutozelené barvy (FÁFA, 2012; PATOČKA a PATOČKOVÁ, 2024; KRHOVSKÁ, 2013).

Hřib kovář se hojně vyskytuje v bučinách a smrčinách, ale často roste i na místech atypických pro další druhy. Vhodné podmínky pro jeho růst jsou pak převážně kyselé a nevápenaté půdy. V lesích ho lze nalézt od května do října. Velmi často se při sběru zaměňuje za hřib koloděj, který je svých vzhledem hříbu kováři velice podobný a také se řadí mezi modrající hříby (FÁFA, 2012; PATOČKA a PATOČKOVÁ, 2024).



Obrázek 9 - Hřib kovář (PRIMA LIVING, 2023)

3 BIOCHEMICKÉ SLOŽENÍ HUB

3.1 Voda

Obecně je známo, že voda tvoří většinu hmotnosti těla hub. Plodnice hub obsahuje v rozmezí 70–95 % vody. Tato hodnota se může lišit v závislosti na daném druhu, ročním období i stáří plodnice. Při sušení dochází k odpaření většiny obsažené vody a hmotnost plodnice se může až 10krát snížit (VÁŇA, 2004; WANG et al., 2014).

3.2 Bílkoviny

U hub se obsah většiny nutrientů včetně bílkovin udává jako % obsažené v sušině. Obecně se obsah bílkovin pohybuje v rozmezí 4–37 % (VÁŇA, 2004; RICHTER a VĚTVIČKA, 2024). Bílkoviny hub mají vyšší nutriční hodnoty než např. rostlinná bílkovina (WANG et al., 2014). Vzhledem k vysokému obsahu chitinu v houbách, který vstřebatelnost bílkovin snižuje, jsou bílkoviny vstřebatelné jen zhruba ze 75 %. Obsah bílkovin je ovlivněn stářím houby, druhem a také prostředím, ve kterém se vyskytuje (BŘEZOVSKÁ, 2009).

3.3 Aminokyseliny

Houby obsahují 20 základních aminokyselin, které si samy vytvářejí z uhlíkatých a dusíkatých komponent. Díky tomu si houby mohou doplňovat i obsah pro člověka esenciálních aminokyselin samy (KLÁN, 1989). Množství esenciálních aminokyselin se u hub pohybuje v rozmezí 2,6–7,6 % (SOBKOVÁ, 2008). V houbách jsou obsažené převážně tyto aminokyseliny: izoleucin, leucin, methionin, histidin, threonin, fenylalanin, tryptofan, valin a lysin (ZENG et al., 2023). Složení aminokyselin u hub je velmi srovnatelné se složením živočišné bílkoviny (MURCIA et al., 2002).

Poměry aminokyselin se u různých druhů liší, např. u hlívy ústříčné byl zjištěn vysoký obsah esenciálních i neesenciálních aminokyselin, a to především kyseliny γ -aminomáselné (RICHTER a VĚTVIČKA, 2024). U zástupců rodu hříb (*Boletus*) nebo žampion (*Agaricus*) byl zjištěn vyšší obsah aminokyselin než u masa (SOBKOVÁ, 2008).

3.4 Lipidy

Lipidy tvoří v nutričním složení hub pouze minoritní část, jejich obsah je velice nízký a většinou se pohybuje v rozmezí 0,80–14,0 % (ZENG et al., 2023). U hub se prakticky nevyskytuje cholesterol naopak ve vysokém množství lze v houbách detekovat kyselinu linoleovou, olejovou a palmitovou. Také byl prokázán pozitivní účinek těchto látek na redukci lipidů v krvi (RICHTER a VĚTVIČKA, 2024).

3.5 Sacharidy

Sušina hub obsahuje 50–60 % sacharidů. Co se týče jejich výskytu v houbách, jsou pro lidskou stravu významné převážně polysacharidy, a to konkrétně β -glukany a chitin. Chitin u hub slouží jako stavební polysacharid, a naopak glukany mají zásobní funkci. Chitin se řadí mezi nestravitelné polysacharidy, β -glukany jsou částečně stravitelné a podporují peristaltiku střeva. Naopak mezi stravitelné sacharidy patří glykogen, mannitol, xylóza, manóza a glukóza (ZENG et al., 2023; RICHTER a VĚTVIČKA, 2024).

Zdravotní přínos polysacharidů pocházejících z hub je znám už po tisíciletí, a to v oblastech Číny, Koreji a ostatních asijských zemí. Právě v tradiční čínské medicíně se houby používají pro blahodárné účinky polysacharidů, mezi které patří imunomodulační, antibakteriální a dále také antioxidační vlastnosti (ZENG et al., 2023; WANG et al., 2022).

3.5.1 Chitin

Strukturně se jedná o polysacharid, který je složený z molekul N-acetyl- β -D-glukózaminu a β -D-glukózaminu, ve kterém jsou oba monomery vzájemně vázány β -1,4-glykozidovými vazbami (SOBKOVÁ, 2008). Chitin je hned po celulóze druhá nejrozšířenější organická sloučenina v přírodě. Tvoří strukturální složky v tělech hmyzu, korýšů a je obsažen v buněčných stěnách rostlin a hub (YANG a YU, 2014). Chitin, dle své chemické struktury a původu, se řadí mezi nestravitelné či částečně nestravitelné polysacharidy. Někdy mohou určité druhy způsobovat těžkou stravitelnost jako např. liška obecná (SEMERDŽIEVA a VESELSKÝ, 1986).

3.6 Vitamíny

Houby jsou obecně vnímány jako dobrý zdroj vitamínů. Obsahují jak vitamíny hydrofilní např. riboflavin (B₂), niacin (B₃), kyselinu listovou (B₉), kobalamin (B₁₂) a kyselinu askorbovou (vitamín C), tak i lipofilní vitamíny jako tokoferol (E), kalciferol (D) (ZENG et al., 2023).

Z výše zmíněných vitamínů má u hub největší význam vitamín D, a to převážně pro vegetariány, pro které jsou houby jedním z mála přístupných zdrojů tohoto vitamínu (MURCIA et al., 2002). Houby obdobně jako rostliny produkují D₂ z ergosterolu, po konzumaci hub dochází k metabolizaci D₂ v játrech a vzniklý vitamín je transportován krví do ledvin, kde se přeměňuje na aktivní formu. Nejvyšší obsah vitamínu D byl naměřen u lišky obecné, kdy se hodnoty pohybovaly od 10 do 166 g vitamínu D na 100 g hmotnosti čerstvých hub (RICHTER a VĚTVIČKA, 2024).

3.7 Antioxidační složky

Mezi významné látky, které u hub vykazují antioxidační aktivitu, se řadí velmi často fenoly, z řad flavonoidů. Tyto sloučeniny dokáží účinně vychytávat volné peroxylové radikály a tím chrání organismus před oxidačním stresem. Kromě toho dokáží obecně fenolické sloučeniny redukovat a chelátovat trojmocné železo, které v reakci působí jako katalyzátor oxidace lipidů (MURCIA et al., 2002). Mezi již zmíněné fenolické sloučeniny, které lze nejčastěji detekovat pomocí např. kapalinové chromatografie patří kyselina kumarová, hydroxybenzoová, skořicová a protokatechinová. Houby obsahují řadu dalších významných látek jako kyselinu askorbovou a karoteny (REIS et al., 2011; WANI et al., 2010).

3.8 Houbové jedy

Jedná se o skupinu jedovatých látek, která je produkováána houbami a jejich konzumace může mít vážný dopad na lidské zdraví a mnohdy končí smrtí daného jedince. Jedovaté látky, které jsou produkovány houbami se dělí na tzv. mykotoxiny, což jsou metabolity, které vytváří mikromycety tedy mikroskopické houby. Druhou skupinou jsou právě houbové jedy, které produkují makroskopické houby (ŠKVOROVÁ FIALOVÁ, 2022). Mezi významnou látku, patřící do skupiny těchto jedů, se řadí faloidin. Faloidin je cyklický heptapeptid patřící do skupiny falotoxinů, který pochází ze smrtelně jedovaté houby muchomůrky zelené (STANKOVÁ et al., 2024).

4 MINERÁLNÍ A STOPOVÉ PRVKY V HOUBÁCH

Prvky se obecně v plodnicích hub kumulují více způsoby. Prvním příkladem může být transport látek přes mycelium, tedy pomocí podhoubí dochází k transportu prvků do plodnice. Další možností je tzv. atmosférická depozice, kdy dochází k absorpci prvků z okolního prostředí. Konkrétně jde o proces usazování částic ze vzduchu na pevné povrchy (BOROVIČKA, 2007).

Do jaké míry je houba schopná prvek akumulovat ve svých plodnicích udává tzv. bioakumulační faktor, který je vyjádřen poměrem obsahu prvku v sušině houby ku obsahu prvku v původním půdním substrátu. Pokud je obsah prvku vyšší v plodnici houby než v substrátu, jedná se o houbu, která má schopnost prvek akumulovat. Pokud u určitého druhu vychází bioakumulační faktor až 100krát vyšší než u jiných hub, jedná se o hyperakumulaci. Nejvyšší obsah prvků nalézáme u hub rostoucích na zemi (tzv. terestrické houby). Tento fakt je dán přímým kontaktem mycelia s minerálním substrátem. Naopak u hub rostoucích na dřevě nebývá obsah prvků tak bohatý jako právě u terestrických hub (BOROVIČKA, 2007).

4.1 Minerální prvky v houbách

Minerální prvky v houbách jsou anorganického původu a vyskytují se v různě vázaných chemických formách. Mezi majoritní prvky řadíme u hub sodík, draslík, vápník, hořčík, fosfor, síru a chlór. Mezi minoritní prvky (mikroprvky) patří zinek a železo a zástupci stopových prvků jsou např. selen, měď a kobalt. Složení je variabilní a liší se dle daného druhu, podnebí, lokace atd. (VELÍŠEK, 1999; KALAČ, 2008; MIKŠÍK, 2015).

Minerální látky tvoří popelovinu, kterou získáme po spálení daného vzorku houby. Houby ve své sušině obsahují přibližně 5–10 % minerálních látek. Obecně popelovina obsahuje prvky, které zůstávají ve vzorku po úplné oxidaci organického podílu na oxid uhličitý, vodu a další. Pro spálení se používají vysoké teploty a pro hodnocení výsledků konkrétních prvků se tato popelovina podrobuje další analýze (KALAČ, 2008; LEPŠOVÁ, 2005).

4.1.1 Majoritní prvky

Draslík a fosfor

Draslík společně s fosforem představují nejobsáhlejší prvky v plodnicích volně rostoucích hub (HARO et al., 2020). Draslík se v plodnicích hub nedistribuuje rovnoměrně, největší koncentraci lze detekovat v klobouku a směrem k půdnímu substrátu jeho koncentrace klesá. Udává se, že koncentrace draslíku v sušině se nejčastěji pohybuje v rozmezí 10–35 g/kg a v plodnici hub může být až 40krát vyšší než právě v půdním substrátu (KALAČ, 2013; KALAČ, 2019). Houby jsou tak významným zdrojem draslíku srovnatelným např. se špenátem nebo bramborami (KALAČ, 2008).

Obsah fosforu v sušině hub je přibližně 5–7 g/kg (KALAČ, 2019). Obdobně jako u draslíku dochází i ke akumulaci fosforu, rozdíl je v tom, že se fosfor neakumuluje v tak vysokých koncentracích. Houby akumulují fosfor v substrátu, ve kterém rostou. Jsou tak dobrým zdrojem fosforu, i když dodnes nejsou jasné chemické formy, ve kterých je fosfor v houbách vázán (KALAČ, 2008; KALAČ, 2013).

Sodík, vápník a hořčík

Sodík se jako ve většině organismů i u hub vyskytuje nejčastěji ve formě soli chloridu sodného. Koncentrace sodíku se v houbách pohybuje v rozmezí 0,1–0,4 g/kg v sušině. Jeho hlavní úkol je v buňkách hub udržovat stabilní osmotický tlak (KALAČ, 2008; KALAČ, 2019). Koncentrace sodíku je nižší než draslíku, proto je vhodné houby zařadit do jídelníčku lidí, kteří trpí na vysoký krevní tlak (STRMEŇ, 2012).

Mycelium a plodnice hub jsou schopny přeměňovat svým metabolismem anorganický vápník na organický, který má vyšší biologickou dostupnost. Obsah vápníku v sušině se pohybuje okolo 0,1–0,5 g/kg (KALAČ, 2019). Nejvyšší koncentrace vápníku byly u hub zaznamenány v třeni. Koncentraci vápníků pak ovlivňuje opět několik faktorů jako prostředí, ve kterém houba roste, stáří a druh. V houbách je ale obecně méně vápníku, než v zelenině nebo ovoci (KALAČ, 2008; TANG et al., 2023).

Obsah hořčíku v sušině hub se odhaduje na koncentraci 0,8–1,8 g/kg, přičemž na vyšší koncentrace má vliv nejen stáří plodnice, ale i samotný druh nebo čeleď. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny u čeledi hnojníkovitě a naopak nejnižší koncentrace byla zaznamenána u čeledi hřibovitě. Hořčík se v plodnicích neukládá rovnoměrně, nevyšší koncentrace bývá ve výtrusorodé vrstvě (KALAČ, 2019; KALAČ, 2008).

Síra a chlór

Síra se v houbách vyskytuje převážně v aminokyselinách nebo jejich derivátech jako např. v ergothioneinu. Často bývá také navázána v jiných organických sloučeninách včetně kyseliny lentinové. Obsah síry v sušině se pohybuje v rozmezí 0,9–4,4 g/kg (KALÁČ, 2019). Koncentrace síry je obecně vyšší v klobouku než v třeni a hodnotami se přibližuje ke koncentraci síry v zelenině, ovšem u brukvovité zeleniny je obsah síry významně vyšší než u hub (KALÁČ, 2008).

Jak již bylo zmíněno u sodíku, chlór a sodík se v houbách vyskytuje nejčastěji v podobě chloridu sodného. Co se týče obsahu samotného chlóru, jeho koncentrace se pohybuje v rozmezí 0,1–14,4 g/kg (KALÁČ, 2019). Nejvyšší koncentrace chlóru vykazují houby z rodu muchomůrek, kde chlór tvoří 1,0–2,5 hm % plodnice (BOROVIČKA, 2007).

Tabulka 1 - Obsah majoritních minerálních prvků hub

Minerální prvek	Obsah prvku (g.kg ⁻¹)
Draslík	10–35
Fosfor	5–7
Chlór	0,1–14,4
Síra	0,9–4,4
Hořčík	0,8–1,8
Vápník	0,1–0,5
Sodík	0,1–0,4

4.2 Toxické a radioaktivní prvky v houbách

Schopnost hub akumulovat těžké kovy je známý fakt studovaný již po desetiletí. Vzhledem ke stále intenzivnějšímu znečišťování přírody, dochází u hub k větší akumulaci toxických prvků. Mezi toxické prvky vyskytující se v plodnicích hub se řadí arsen, kadmium, rtuť, nikl a olovo (ČURDOVÁ et al., 2004; GOVORUSHKO et al., 2019; PACNER, 2005).

Houby mají schopnost růst a rozmnožovat se v průmyslových oblastech, kde jsou zvýšené koncentrace oxidů síry a dusíku. Díky této schopnosti se houby využívají jako bioindikátor znečišťování vzduchu (ČURDOVÁ et al., 2004). Je běžné, že houby rostou např. v oblasti skládek, průmyslových sektorů, u frekventovaných silnic, v emisních oblastech a městech. Z tohoto důvodu je koncentrace těžkých kovů podstatně vyšší než v zemědělských plodinách, ovoci a zelenině (GOVORUSHKO et al., 2019). Zvýšená koncentrace kadmia a olova v půdě způsobuje u většiny rostlin zastavení růstu a následné uhynutí. U hub tomu tak není a obsah těžkých kovů tak zásadně neovlivňuje jejich metabolismus (PACNER, 2005; MIRANSARI, 2011).

4.2.1 Těžké kovy

Do skupiny těžkých kovů se řadí jakýkoliv kovový prvek, který má úměrně vysokou hustotu a je toxický již v nízkých koncentracích. Mezi další vlastnosti patří také to, že jsou těžké kovy biologicky nerozkladné. Obecně lze tuto skupinu prvků rozdělit do dvou podskupin. Do první podskupiny, která je označovaná jako toxické kovy, patří hlavně olovo, rtuť, arsen, nikl a kadmium. Tyto prvky jsou jedovaté při jakékoliv koncentraci. Z tohoto důvodu jsou limity koncentrací těchto prvků přísně hlídány v rámci konzumace potravin. Druhá podskupina je označována jako esenciální prvky a patří zde měď, železo, chrom, zinek, mangan atd (RAHMAN, 2022; HORÁKOVÁ, 2022).

Drtivá většina těžkých kovů může mít negativní dopad na lidské zdraví. Těžké kovy se kumulují v orgánech jako jsou játra, ledviny a slezina. Postupem času dochází k oslabení funkcí orgánu a tento stav může vyústit až ke vzniku závažných chorob jako je např. rakovina. Při jednorázové konzumaci hub, které obsahují vyšší koncentrace těžkých kovů nedochází k fatálnímu dopadu na lidský organismus, jako tomu bývá při jednorázové konzumaci jedovatých hub. Proto, aby došlo k poškození organismu a následnému vzniku onemocnění, musí být houby obsahující těžké kovy konzumovány pravidelně anebo ve vysokých dávkách (RAHMAN, 2022; GOVORUSHKO et al., 2019).

Rtuť

Expozice rtutí může způsobovat problémy s nervovým systémem, kardiovaskulární systémem i v oblasti reprodukční sféry (NOWAKOWSKI et al., 2021). Rtuť se do prostředí dostává především z čistírenských kalů, imisí, které vznikají při spalování uhlí a z mnoha odpadních látek kumulujících se v těžebních oblastech. V půdě se rtuť vyskytuje ve třech variantách, první je rtuťnatý kationt pak elementární rtuť a poslední formou je methylrtuť (PATRA a SHARMA, 2000; FIKAR, 2009).

Nejvyšší koncentrace rtuti v houbách je ve výtrusorodé vrstvě, a naopak nejnižší koncentraci lze naměřit v třeni. Při tepelné úpravě se až 70% původní rtuti ztrácí. Nevýhodou pak je, že i při dlouhodobém skladování hub se obsah rtuti nesnižuje, ale zůstává stejný jako na počátku. Udává se, že limit rtuti v čerstvé plodnici houby by neměl přesáhnout 0,05 mg/kg. Toto číslo lze také přepočítat na množství rtuti v sušině, tím, že se převede na desetinásobek (CIBULKA, 1991). Rtuť se nekumuluje pouze v houbách ale i v potravinách jako jsou ryby a mořské plody (NOWAKOWSKI et al., 2021).

Olovo

Olovo se řadí mezi antropogenní prvky, které znečišťují životní prostředí ve velké míře. Největším zdrojem olova jsou emise. Olovo se v nich vyskytuje ve formě alkylbromidu a tvoří až 60 % všech emisí. Do atmosféry se olovo dostává v podobě prachu, kouře anebo aerosolů, které vznikají např. při lesních požárech. Dále se do prostředí olovo dostává také z baterií, benzínu, barev, a dokonce i z léků a doplňků stravy. Jak bylo již v úvodu zmíněno, i olovo patří mezi prvky, které mají toxické účinky na lidský organismus. Kumulace tohoto prvku v organismu způsobuje onemocnění cévního systému, trávicího ústrojí a oslabuje funkci imunitního systému (FIKAR, 2009; NOWAKOWSKI et al., 2021).

U hub se mezi druhy, které kumulují olovo, řadí převážně bedla červenající, pýchavka obecná a čirůvka fialová. U jedinců vyskytujících se v blízkosti frekventovaných silnic jsou koncentrace olova vysoké. Jako přípustné množství olova se pro čerstvé houby udává hodnota 1 mg/kg a pro houby sušené 10 mg/kg. Podle FAO/WHO je týdenní přijatelná dávka 0,025 mg/kg tělesné hmotnosti, tedy 1,5 mg pro osobu, která váží přibližně 60 kg (ŘÍHOVÁ, 2011).

Kadmium

Kadmium se vyskytuje především v bateriích, barvách, kosmetice a laserech. V půdě se vyskytuje nejčastěji ve formě nerozpustných sraženin, minerálech, oxidech železa, manganu a hliníku. Kadmium se do organismu dostává hlavně inhalací a je ve vysokém množství obsaženo v cigaretách, proto se kuřáci často vystavují expozici kadmiem. Dále indukuje oxidační stres a dokáže bránit syntéze hemoglobinu. Dále je také označováno za silný karcinogen a jeho kumulace v lidském organismu může mít za následek propuknutí několika druhů rakovin. Kromě hub může být zdrojem kadmia víno, jablečné šťávy, ryby a mořské plody (NOWAKOWSKI et al., 2021; FIKAR, 2009).

Žampiony patří mezi houby, které výrazně kumulují kadmium, které se ve velké míře ukládá v klobouku plodnice. Přípustné množství kadmia je u hub 0,2 mg/kg a u sušených hub hodnoty činí 2 mg/kg. Reálně ale tomuto limitu vyhovuje jen značně malý podíl volně rostoucích hub. FAO/WHO uvádí, že je přijatelná týdenní dávka kadmia 0,007 mg/kg tělesné hmotnosti pro dospělou osobu, tedy člověka, který váží zhruba 60 kg (ŘÍHOVÁ, 2011; FIKAR, 2009).

Arsen

Arsen je polokovový chemický prvek, který se ve velkém množství vyskytuje v kovových rudách. Nejčastěji je obsažen ve formě sulfidů a oxidů, oxid arsenitý vzniká jako jeden z hlavních vedlejších produktů při těžbě kovových rud. Arsen je také obsažen v některých druzích uhlí. V popelu se vyskytuje ve formách jako jsou arsenitany a arseničnany vápníku, železa i mědi. Arsen je mimo jiné obsažen ve velkém množství rostlin. Nejvyšší obsah byl naměřen u listové zeleniny, oproti tomu v ovoci se vyskytoval spíše v nižších koncentracích (FIKAR, 2009; PATOČKA et al., 2024). Intoxikace arsenem vede k oxidačnímu stresu a může způsobovat řadu onemocnění, jako je narušení pigmentace kožního barviva, astmatickou bronchitidu, dále hypertenzi a v neposlední řadě i gastrointestinální poruchy (NOWAKOWSKI et al., 2021).

Většina druhů hub obsahuje arsen v hodnotách do 1 mg/kg sušiny. V některých houbách se vyskytují anorganické formy arsenu jako kyselina dimethylarsinová nebo kyselina methylarsonová, naopak mezi organické zástupce řadíme sloučeniny jako je např. arsenobetain. Mezi druhy, které arsen kumulují více než ostatní houby patří pýchavky obecné a pečárky (KALAČ, 2008; PATOČKA et al., 2024).

Ostatní těžké kovy

Koncentrace zinku se v sušině hub pohybuje v rozmezí 0,05–0,15 g/kg. U hub z rodů pečárek a pýchavek lze detekovat vyšší obsahu zinku a také holubinka černonachová kumuluje zinek ve vyšších koncentracích. Obsah železa v houbách je takřka totožný s obsahem zinku. Výjimku tvoří mykorrhizní houby, které v sušině hub mohou obsahovat až 1–5 g/kg železa (BOROVIČKA, 2007). U hub, které mají vyšší schopnost kumulace prvků, se hodnoty mědi pohybují v rozmezí 0,1–0,3 g/kg sušiny, většinou se tyto hodnoty označují za bezpečné (ŘÍHOVÁ, 2011). Největší koncentrace manganu lze detekovat v půdách v těžebních oblastech manganových rud. V sušině hub se jeho koncentrace pohybuje pouze v desítkách mg/kg. Vyšší koncentrace pak vykazovaly houby hadovky a kropenatky, ve kterých byl obsah manganu až několik stovek mg/kg v sušině (BOROVIČKA, 2007). Houby jako jediní zástupci eukaryot dokážou stříbro akumulovat ve vysokých koncentracích. Mezi druhy, u kterých lze detekovat vyšší obsah stříbra v sušině patří převážně pečárky. A např. u muchomůrek se v sušině obsah stříbra pohybuje až ve stovkách mg/kg. Stříbrné ionty jsou pro lidský organismus toxické převážně pro svou schopnost srážet bílkoviny (BOROVIČKA, 2007; BLÁCHOVÁ, 2016).

Tabulka 2 - Obsah méně těžkých kovů v plodnicích hub (ŘÍHOVÁ, 2011)

Název kovu	Obsah kovu v mg/kg v sušině
Beryllium	<0,05–0,50
Bismut	1–2
Chrom	0,1–3,0
Kobalt	<0,1–5,0
Hliník	0,05–0,20
Mangan	5–60
Měď	10–70
Nikl	0,4–2,0
Stříbro	0,2–3,0
Thalium	0,02–0,25
Zinek	30–150
Železo	30–150

4.2.2 Radioaktivní prvky

Houby mají tu vlastnost, že kromě těžkých kovů kumulují i radioaktivní prvky tzv. radionuklidy. Nejnebezpečnějším prvkem, který mohou houby kumulovat je ^{137}Cs , tedy izotop cesia, který se označuje také jako radiocesium. Tento izotop je nebezpečný pro svůj dlouhotrvající poločas rozpadu, který činí přibližně 30 let. Proniká převážně do měkkých tkání, kde může docházet k mutacím a vzniku nádorových onemocnění. Do okolí se dostává např. při jaderných haváriích nebo při použití jaderných zbraní. S tímto jevem souvisí vybuchnutí jaderné elektrárny Černobylu na Ukrajině v roce 1986, kdy bylo možno pozorovat markantní nárůst hub, a především jejich výskyt v abnormálních velikostech (VINICHUK et al., 2011; GOVORUSHKO et al., 2019). Obecně platí, že obsah tohoto radionuklidu je v pitné vodě a potravinách velmi nízký, někdy dokonce těžce detekovatelný. Koncentrace ^{137}Cs se stále přísně hlídá v mase divoké zvěři, lesním ovoci a houbách (NOVÁČKOVÁ, 2021).

Dalším možným izotopem cesia, který se řadí mezi radioaktivní patří ^{133}Cs . Tento izotop je s ^{137}Cs chemicky totožný, ale liší se počtem atomů a tím také svou stabilitou. Obecně lze konstatovat, že izotop ^{133}Cs je stabilnější. Mezi druhy hub, které kumulují radionuklidy jen v nízkých koncentracích, se řadí hlíva ústříčná a pýchavka obecná. Naopak silně kumulující je hřib hnědý, hřib sametový a řada dalších zástupců z čeledi hřibovitých. Houby radionuklidy kumulují prostřednictvím dobře vyvinutého mycelia a jejich koncentrace je nejvyšší v třeni (VINICHUK et al., 2011; GOVORUSHKO et al., 2019).

5 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části diplomové práce bylo sesbírat vzorky hub ze zvolených lokalit, vzorky usušit, mineralizovat a následně analyzovat obsah prvků pomocí metody ICP-MS. U vzorků byla také provedena stravitelnost metodou *in vitro* a nestrávený podíl byl taktéž podroben analýze metodou ICP-MS. Posledním úkolem bylo z hodnot stravitelnosti a obsahu prvků v nativním a nestráveném podílu vypočítat hodnotu retence pro každý prvek. Další částí bylo evaluovat příspěvek konzumace vzorků hub k toxickým limitům pro příjem těchto prvků. Na závěr byly výsledné hodnoty porovnány s hodnotami z ostatních výzkumů v rámci diskuse.

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 POPIS VYBRANÝCH LOKALIT PRO SBĚR

6.1 Hodslavice

První lokalita, která byla zvolena pro sběr daných druhů hub byla obec Hodslavice. Obec se nachází v Moravskoslezském kraji, v okrese Nový Jičín a je umístěna na dopravním tahu mezi městy Valašské Meziříčí–Nový Jičín. Hodslavice se nachází v nadmořské výšce 337 m a terén obce je tvořen kopci, loukami, lesy a potokem Zrzávkou, který protéká obcí a kopíruje hlavní silnici (MIČKOVÁ, 2009).

Vzorky hub sbírané v lokalitě Hodslavice, byly nalezeny v lesích, které spadají do katastru obce Hodslavice. Obecně mají lesy v okolí Hodslavic charakter smíšených lesů, kde lze najít stromy jako jedle, smrky, borovice, ale také duby, břízy a buky. Tato lokalita spadá do podhůří Moravskoslezských Beskyd. Jedná se o chladnou oblast v jednotce CH7. Jednotka se vyznačuje velmi krátkým a mírně chladným létem, dlouhým přechodným obdobím s mírně chladným jarem a mírným podzimem, dlouhou, mírně vlhkou zimou s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Od této oblasti se odvíjí klima ve sledovaném území. V tomto bioregionu převažuje 4. bukový stupeň a dále se zde vyskytuje i 3. dubovo–bukový stupeň. Většinu území tvoří půdy zvané kambizemě, jedná se o tzv. hnědé lesní půdy. Mateční hornina nemá v případě těchto druhů půd karbonátový nebo skeletnatý charakter, proto jsou půdy bohaté na živiny a minerální látky včetně vysokých koncentrací železa (PAVELKOVÁ, 2014).

Faktor, který značně ovlivňuje kvalitu ovzduší a půd v lokalitě, kde byly houby sbírány, je činnost firmy DEZA a.s. sídlící ve městě Valašské Meziříčí, která je vzdálená od místa nálezů zhruba 7 km. Firma DEZA a.s. se převážně zabývá zpracováním černouhelného dehtu a surového benzolu. Při výrobě a úpravě těchto chemických surovin se do ovzduší uvolňuje celá řada rakovinotvorných a reprotoxických látek jako např. arsen, azbest, benzen, ethylenoxid, formaldehyd, vinylchlorid, chrom a kadmium (RŮŽIČKOVÁ, 2017). Firma DEZA a.s. se v České republice řadí mezi 10. největších znečišťovatelů ovzduší a co se týče produkce právě již zmiňovaných reprotoxických látek patří dokonce na 1. místo v ČR. Tyto údaje byly publikované Deníkem.cz v roce 2017, od té doby firma slibovala značné snížení produkce těchto látek a dle dostupných statistik mělo opravdu dojít ke snížení uvolněných látek do ovzduší. I když došlo k této úpravě (tabulka 3), stále i v dnešní době firma do jisté míry ovlivňuje a znečišťuje životní prostředí ve svém okolí (LUKÁŠOVÁ, 2017).

Tabulka 3 - Přehled množství nebezpečných odpadů v průběhu let 2020–2023 zveřejněný firmou DEZA a.s. (ZPRÁVA O STAVU A VÝVOJI ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ZA ROK 2023, 2023)

Ukazatel [t/rok]	2020	2021	2022	2023
Nebezpečné odpady	8561	7885	6546	5752
Ostatní odpady	12935	2985	8189	2802
Odstraněno na spalovně	7902	7698	6671	5381
Celková produkce	21496	10842	14736	8555

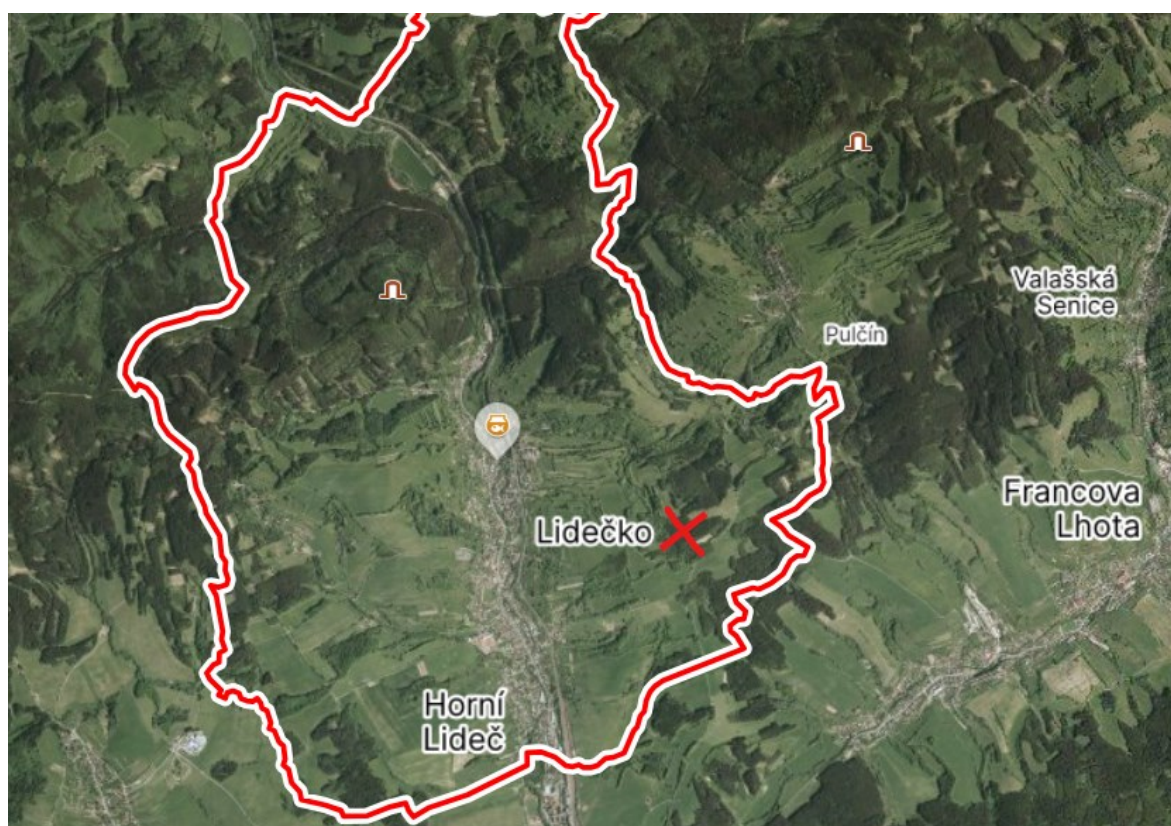


Obrázek 10 - Lokalita Hodslavice, červený křížek značí oblast, kde byly houby nalezeny (Hodslavice, *n.d.*)

6.2 Lidečko

Obec Lidečko se nachází ve Zlínském kraji a spadá pod okres města Vsetín, od kterého je vzdálené zhruba 19 km. Lidečko se vyskytuje v nadmořské výšce 445 m. a je položeno mezi pohořím Javorníky a Vizovickými vrchy. Obec se nachází v údolí, kterým protéká řeka Senice. Na začátku vesnice ze směru Vsetín-Lidečko se nachází pískovcové útvary známé jako Čertovy skály (KIRCHNER, 2012).

Území obce tvoří z 46,7 % lesní půdy a je položeno na tzv. flyšovém pohoří. To znamená, že se vyskytuje ve vyšších polohách a je charakterizované jako geologický útvar, který se skládá ze střídajících se vrstev písku, jíly, vápence, slíny a pískovce. Proto jsou právě pro tuto lokalitu typické jílovité a pískovité půdy. Stromy obdobně jako v předešlé lokalitě Hodslavice jsou zde smíšené a z jehličnanů převládají smrky, následně jedle a borovice se v oblasti Lidečka vyskytují pouze zřídka. Mezi listnaté stromy rostoucí v této oblasti patří duby, buky, břízy, osiky. Oblast se na rozdíl od vesnice Hodslavice nachází v klidném prostředí, v jehož okolí se nevyskytuje žádná firma, která by měla významný vliv na kvalitu ovzduší a půdy (BAROŇ, 2004).



Obrázek 11- Lokalita Lidečko, červený křížek značí oblast, kde byl nalezen hřib kovář (Lidečko, *n.d.*)

7 METODIKA

7.1 Použité chemikálie

- Pepsin z vepřové žaludeční sliznice – aktivita 0.7 FIP-U/mg (Merck KGaA, Darmstadt, Německo),
- Pankreatin z vepřové slinivky – proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g (Merck KGaA, Darmstadt, Německo),
- HCl 37 % Analpure (Analytik Jena, Německo),
- Ultrapure čistá voda (Purelab Classic Elga, Labwater/VWS Ltd., UK),
- Na₂HPO₄·12 H₂O (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- KH₂PO₄ (Ing. Petr Švec, Penta, Chrudim, ČR),
- Ultrapure HNO₃ 67 % (Analytik Jena, Německo),
- Ultrapure H₂O₂ 30 % (Ing. Petr Švec, Penta, Chrudim, ČR),
- Redestilovaná voda (Aqua Osmotic, Tišnov, ČR),
- Enzym chitináza (Chitinase from *Streptomyces griseus*, C6137-5UN), chitinázová aktivita ≥ 200 FIP-U/g)

7.2 Použité pomůcky

- Inkubační lahve (Adam, AFA-210 LC, Schoeller Instruments, ČR),
- Filtrační sáčky F57, velikost pórů 50 μ m (Ankom Technology, New York, USA),
- Laboratorní pomůcky: Petriho misky, pipety, plastové a nerezové lžičky, exsikátor, kleště, hliníkové misky, porcelánové kelímky, kádinky, odměrný válec.

7.3 Použité přístroje

- Analytické váhy (AFA 210 LC, Schoeller, ČR),
- Laboratorní sušárna (Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR),
- Páková pulzní svářečka KF-200 H,
- Muflová pec LM 112 10 ML W Elektro (VEBF, Německo),
- Inkubátor Daisy^{II} (Ankom Technology, New York, USA),
- Mikrovlnný rozkladný systém ETHOS One (Milestone Ethos 1, Sorisole, Itálie),
- Hmotnostní spektrofotometr ICP-MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA).

7.4 Sběr a příprava vzorků hub

7.4.1 Sběr

Houby byly sesbírány v lokalitách blíže popsanych v kapitole 6. Všechny zmíněné druhy, které charakterizuje kapitola 2, byly nalezeny v lokalitě Hodslavice. V lokalitě Lidečko byl získány pouze vzorek hříbu kováře. V Hodslavicích byl hřib dubový nalezen ve smíšených lesích, v blízkosti dubů. Nedaleko od něj byl posbírán křemenáč osikový, který se v lesích vyskytoval v hojném počtu. Naopak bedla vysoká byla nalezena v hustých jehličnatých lesích, kde rostla na vysekané mýtině. V její blízkosti byl sesbírán také hřib kovář. Pýchavka obecná byla posbírána na okraji lesa, v místě, kde již les končí, obdobně jako křemenáč osikový se vyskytovala v početné skupině. V Lidečku byl hřib kovář nalezen v blízkosti turistického přístřešku u kříže na Rovínách. Při sběru byly třeně hub očištěny, zbaveny hlíny a jiných nečistot. Houby byly ukládány do proutěného košíku, aby nedošlo k jejich zapaření např. v igelitové tašce.

7.4.2 Příprava vzorků

Jednotlivé druhy byly nakrájeny plastovým nožem na drobné plátky (obrázek 12), aby bylo jejich sušení co nejúčinnější, nejrychlejší a zabránilo se případnému plesnivění. Při krájení došlo rovněž k separaci a odstranění kusů, které byly napadeny larvami nebo byly plesnivé po dešti. Poté byl v místnosti pod radiátory rozložen pečicí papír, který byl popsán dle druhů hub a dané lokalizace. Na závěr byly plátky vyskládány pečlivě jeden po druhém na papíry a byly sušeny po dobu cca 1 týdne při pokojové teplotě, která činila 25 ± 2 °C. Během této doby došlo k několika mechanickým obrátům, aby nedocházelo, k již zmíněnému plesnivění a houby se sušily rovnoměrně. Když byly všechny vzorky dostatečně suché, byly vloženy podle druhu do papírových sáčků po dobu 4 měsíců. Bezprostředně před samotnou analýzou, byly v laboratoři nasušené plátky rozmixovány ručním tyčovým mixérem a vloženy do PVC sáčků (obrázek 13), které byly popsány druhem houby a lokalizací.

Použité druhy hub:

1. Hřib dubový
2. Bedla vysoká
3. Pýchavka obecná
4. Křemenáč osikový
5. Hřib kovář



Obrázek 12 - Proces sušení hub při pokojové teplotě (BLÁHOVÁ, vlastní fotografie, 2024)



Obrázek 13 - Finálně upravené vzorky hub (BLÁHOVÁ, vlastní fotografie, 2024)

7.5 Stanovení obsahu vlhkosti a sušiny

Nejprve byly předsušeny hliníkové misky, které byly vloženy do vyhřáté sušárny 105 ± 2 °C po dobu 1 hodiny. Následně byly misky vloženy do exikátoru a když došlo k jejich zchlazení, byly zváženy na analytických vahách a dané hmotnosti byly zapsány. Poté došlo k navážení 0,5 g vzorku do misek a zapsání daných hmotností s přesností na 4 desetinná místa. Misky, které obsahovaly navážený vzorek, byly vloženy do sušárny a sušení probíhalo po dobu 2 hodin (odpovídalo usušení do konstantního úbytku hmotnosti) při teplotě na 105 ± 2 °C. Poté byly misky se vzorky opět zchlazeny v exikátoru a zváženy na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Pro každý druh houby bylo měření provedeno 3x a výsledná hodnota byla získána zprůměrováním těchto 3 hodnot. Stanovení bylo provedeno modifikací dle normy ČSN EN ISO 712 (461014).

Výpočet obsahu vlhkosti V [%]:

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

m_0 ... hmotnost vysušené prázdné misky [g],

m_1 ... hmotnost misky s navážkou vzorku před vysušením [g],

m_2 ... hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

Výpočet obsahu sušiny [%]:

$$S = 100 - V \quad (2)$$

S ... obsah sušiny [%],

V ... obsah vlhkosti [%]

7.6 Stanovení popela

Nejprve byly v muflové peci vyžíhány prázdné porcelánové kelímky při teplotě 550 ± 10 °C. Po vyžíhání byly kelímky umístěny do exikátoru a zchlazeny. Poté byla hmotnost kelímku zvážena na analytických vahách a zapsána s přesností na 4 desetinná místa. Do kelímků bylo následně naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa a hmotnost byla opět zapsána. Vzorky byly spáleny při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Následovalo uložení kelímků se vzorky do exikátoru a po zchlazení byl kelímek i s obsahem zvážen opět s přesností na 4

desetinná místa. Výsledkem stanovení byly průměry ze tří měření pro každý vzorek hub. Stanovení bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 712 (461014).

Výpočet pro stanovení popela P [%]:

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \cdot 100 \quad (3)$$

m_1 ... hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g],

m_2 ... hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

m_3 ... hmotnost porcelánového kelímku s navážkou vzorku před spálením [g].

Výpočet obsahu popela v sušině [%]:

$$P_S = \frac{P}{S} \cdot 100 \quad (4)$$

P ... obsah popela [%],

S ... obsah sušiny [%].

7.7 Stanovení stravitelnosti metodou *in vitro*

V prvním kroku byly připraveny filtrační sáčky F57, které bylo potřeba promýt acetonem a následně usušit. Suché filtrační sáčky byly zváženy na analytických vahách a následně do nich bylo naváženo 0,25 g vzorků s přesností na 4 desetinná místa. Aby nedocházelo při procesu trávení k úniku obsahu, bylo potřeba sáčky zatavit na svářečce. V dalším kroku byly nachystány všechny roztoky, které byly použity v procesu simulovaného trávení.

Nejprve byl připraven roztok 0,1 M HCl o objemu 1,7 litru. Následně byl roztok převeden do inkubační láhve a k němu byly přidány 0,63 g pepsinu. Láhev byla pečlivě uzavřena víčkem a vložena do inkubačního přístroje Daisy spolu se vzorky zatavenými v sáčku. Proces inkubace probíhal při teplotě 37 °C a po dobu 2 hodin. Po ukončení procesu byly všechny sáčky několikrát propláchnuty redestilovanou vodou. Tímto bylo nasimulováno prostředí žaludku a následovala simulace trávení v tenkém střevě.

Pro tuto část byl připraven fosfátový pufr, jehož pH činilo 7,45 a skládal se z 3,09 g KH_2PO_4 a z 32,49 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ o objemu 1,7 litru. Takto připravený fosfátový pufr byl společně se sáčky vložen do inkubační láhve a k obsahu byly přidány 1,88 g pankreatinu a

0,001 g chitinázy. Jako v předešlém kroku i v tomto případě byla láhev pečlivě uzavřena a vložena do inkubační nádoby. Inkubace trvala 24 hodin a opět probíhala při teplotě 37 °C. Následně byly filtrační sáčky důkladně promyty redestilovanou vodou a vloženy na 24 hodin do sušárny, která měla teplotu 105±2 °C.

Po vysušení byly sáčky vloženy do exikátoru a po jejich zchlazení byly zváženy na analytických vahách. Poté byly vloženy do již zvážených keramických kelímků a umístěny do muflové pece, kde probíhal proces spálení při teplotě 550±10 °C po dobu 5,5 hodiny. Po ukončení procesu spalování byly kelímky vloženy do exikátoru. Po vychladnutí byly kelímky zváženy na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Výsledkem stanovení jsou hodnoty stravitelnosti – stravitelnost sušiny vzorku (DMD – dry matter digestibility) a stravitelnost organické hmoty (ŠŤASTNÁ et al., 2021).

Výpočty DMD a OMD [%] jsou prezentovány v rovnicích 5–12:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot M} \quad (5)$$

$$DMR = m_3 - m_1 \cdot c_1 \quad (6)$$

$$DM = \frac{S \cdot m_S}{100} \quad (7)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM} \quad (8)$$

$$AR = m_4 - m_1 \cdot c_2 \quad (9)$$

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (10)$$

DMD ... hodnota stravitelnosti sušiny ve vzorku mouky [%],

DMR ... hmotnost vzorku mouky bez sáčku po inkubaci a vysušení [g],

DM ... obsah sušiny ve vzorku mouky [g],

OMD ... hodnota stravitelnosti organické hmoty ve vzorku mouky [%],

OM ... obsah organické hmoty v sušině vzorku mouky [g],

AR ... hmotnost popela vzorku mouky bez sáčku [g],

S ... obsah sušiny ve vzorku mouky [%],

P ... obsah popela ve vzorku mouky [%],

m_1 ... hmotnost prázdného sáčku [g],

m_2 ... hmotnost vzorku mouky [g],

m_3 ... hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem mouky po inkubaci [g],

m_4 ... hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem mouky po inkubaci [g],

m_S ... hmotnost vzorku mouky pro stanovení sušiny [g],

c_1 ... korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g],

c_2 ... korekce hmotnosti sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce [g]:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (11)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_2} \quad (12)$$

m_S ... hmotnost vysušeného sáčku po inkubaci [g],

m_P ... hmotnost popela prázdného sáčku [g].

7.7.1 Příprava nestráveného podílu

Postup pro přípravu nestráveného podílu byl až na pár kroků totožný s postupem, který byl použit pro metodu *in vitro*. Rozdíl byl v tom, že pro nestrávený podíl bylo naváženo dvojnásobné množství vzorku, z tohoto důvodu bylo při procesu simulace trávení v žaludku přidáno odpovídající množství pepsinu a v případě trávení v tenkém střevě zase dvojnásobek pankreatinu a chitinázy. Další změna postupu byla v použití ultrapure redestilované vody, z důvodu následné analýzy na přístroji ICP-MS, kde je nutné, aby byla voda plně demineralizovaná a nedocházelo ke zkreslování výsledků. V tomto případě došlo pouze k sušení filtračních sáčků v sušárně při teplotě 105 ± 2 °C po dobu 24 hodin a následné spálení

v peci již neproběhlo. Vzorky byly dále použity pro mineralizaci a následnou analýzu prvků v nestráveném podílu metodou ICP-MS.

7.8 Stanovení minerálních prvků metodou ICP-MS

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), v překladu také hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, je analytická metoda, která se používá pro stopovou analýzu kovů, polokovů a vybraných nekovů. Prostřednictvím této metody lze zjistit přesné izotopové zastoupení prvků ve vzorku. Metoda má velice dobrou citlivost a selektivitu, hojně se využívá především při analýze anorganických vzorků. Princip metody spočívá v tom, že přístroj obsahuje iontový zdroj, který atomizuje prvky ve vzorku mineralizátu a tím ho převádí na jednotlivé ionty. Jako zdroj se nejčastěji používá právě indukčně vázané plazma (ICP). Následně v prostředí vakua dochází ke snímání iontů prostřednictvím hmotnostního spektrometru (MS). Poté analyzátor ionty rozdělí dle poměru m/z . Následně ionty dopadají na detektor, kde je proud iontů převeden na elektrický signál. ICP-MS lze také kombinovat s jinými analytickými metodami jako je např. plynová chromatografie (GC) a vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) (PLUHÁČEK a MAIER, 2020; VAJNAHIJ, 2023).

7.8.1 Mineralizace vzorků sušených hub

Nejprve bylo do dokonale vysušených teflonových nádobek naváženo 0,2 g vzorků s přesností na 4 desetinná místa. Poté bylo do nádobek pipetou přidáno 7 ml 67% HNO_3 a 1 ml 30 % ultrapure H_2O_2 . Při přípravě vzorků pro proces mineralizace bylo potřeba pracovat výhradně s plastovými pomůckami, aby nepřecházely ionty např. ze skla nebo kovů do vzorku a nedocházelo tak k jeho kontaminaci a zkreslení finálních výsledků. Následně byly pomocí pákového systému nádoby uzavřeny a vloženy do mikrovlnného přístroje Ethos One. Přístrojové parametry byly nastaveny následovně: náběh – 10 minut, 180 °C, 1 500 W a výdrž – 10 minut, 180 °C, 1 500 W. Po zchlazení nádobek byl obsah kvantitativně převeden do plastových nádobek a doplněn ultrapure redestilovanou vodou na objem 25 ml. Na závěr již byly jednotlivé vzorky analyzovány pomocí metody ICP-MS.

7.8.2 Stanovení prvkového složení metodou ICP-MS

Analýza byla provedena pomocí hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem ICP-MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA) vybaveného technologií QCell (CCT – Collision Cell Technology).

Jako kolizní plyn bylo použito hélium, k odstranění nežádoucích molekulárních iontů rozlišením jejich kinetické energie. Předností technologie QCell je jeho krátká doba analýzy, flexibilita a spolehlivost. Nastavení konkrétních pracovních parametrů bylo následující: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok chladicího plynu 14,0 l/min, průtok pomocného plynu 0,8 l/min, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l/min, průtoková rychlost He 4,1 ml/min, rychlost zmlžovače 40,00 ot/min a teplota uvnitř komory 2,7 °C (SUMCZYNSKI et al., 2018).

Kalibrační standardní série byly již předem připraveny ve dvou sadách s očekávaným koncentračním rozsahem ve vzorcích: vysoká koncentrační řada standardů (28 prvků): ^9Be , ^{209}Bi , ^{66}Zn , ^{63}Cu , ^{60}Ni , ^{27}Al , ^{71}Ga , ^{73}Ge , ^{24}Mg , ^{59}Co , ^7Li , ^{107}Ag , ^{55}Mn , ^{95}Mo , ^{88}Sr , ^{137}Ba , ^{140}Ce , ^{133}Cs , ^{165}Ho , ^{121}Sb , ^{45}Sc , ^{181}Ta , ^{159}Tb , ^{205}Tl , ^{238}U , ^{51}V , ^{89}Y a ^{90}Zr v koncentraci 3–35 µg/l a nižší koncentrační standardní řada (15 prvků): ^{75}As , ^{11}B , ^{44}Ca , ^{111}Cd , ^{52}Cr , ^{57}Fe , ^{202}Hg , ^{39}K , ^{31}P , ^{23}Na , ^{208}Pb , ^{32}S , ^{77}Se , ^{118}Sn a ^{48}Ti v koncentraci 0,5–1,0 µg/l. V této práci nebyly použity referenční certifikované materiály.

7.9 Evaluace retenčního faktoru (RF, %)

Hodnota retenčního faktoru udává množství prvku, které zůstane zachycené v matrici nestráveného podílu vzorku i po procesu simulace digesce technikou *in vitro*.

Hodnota RF se vypočítá dle vztahu (rovnice 13):

$$RF = \frac{C_{\text{nestrávený podíl houby}} \cdot (100 - DMD)}{C_{\text{nativní houba}}} \quad (13)$$

c ... koncentrace prvku v nestráveném nebo nativním podílu houby [ng, µg nebo mg/g],

DMD ... hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%].

7.10 Evaluace příspěvku konzumace k maximálním povoleným limitům definovaným pro toxické stopové prvky

Vhodné úrovně příjmu toxických prvků ze stravy byly stanoveny pro osoby s průměrnou tělesnou hmotností 60, 80 a 100 kg. Vzhledem k absenci oficiálního doporučení ohledně denní konzumace sušených hub byla velikost porce určena na 10 g pro každou ze zkoumaných tělesných hmotností. Odhadovaný denní příjem (DI, Daily Intake) toxických stopových prvků z konzumace těchto hub byl vypočten podle následující rovnice (14):

$$DI = CA_{houby} \cdot SS_{houby} \quad (14)$$

DI ... denní příjem [μg nebo ng / den],

CA_{houby} ... obsah analytu v sušených houbách [μg nebo ng / den],

SS_{houby} ... množství denní dávky sušených hub stanovené na 10 g.

Hladiny příjmu toxických stopových prvků byly hodnoceny a porovnány s hodnotami PTWI nebo PTMI (provisional tolerably weekly/monthly intakes, prozatímních tolerovaných týdenních/měsíčních příjmů). Referenční hodnoty PTWI pro hliník a rtuť byly stanoveny na 2 000 a 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw (body weight, tělesná hmotnost); podobně byla použita referenční hodnota PTMI 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw pro kadmium.

V naší studii byly jako maximálních hladiny TDI (tolerably daily intake, tolerovaný denní příjem) použity hodnoty 13 a 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw uvedeny pro hodnocení hladin příjmu niklu a arsenu. V případě příjmu stříbra byla jeho RfD (reference dose, referenční hodnota příjmu) 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw použita pro výpočet expozice ze spotřeby sušených vzorků hub. K výše zmíněným hodnotám byly také dopočítány příspěvky PTWI, PTMI a TDI (postupy výpočtů uvedené v rovnicích uvedené v rovnicích 15, 18).

Pro definování charakterizace rizika pro olovo byl použit přístup rozpětí expozice (rovnice 19). Byl vypočítán z poměru úrovně Benchmark Dose Level (BMDL) k odhadované hodnotě DE_{bw} (denní expozice na tělesnou hmotnost) k příjmu olova (rovnice 15), přičemž byly uvažovány příslušné individuální hodnoty BMDL pro vývojovou neurotoxicity (BMDL 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/den), nefrotoxicity (BMDL 0,63 $\mu\text{g}/\text{kg}$ bw/den) a kardiovaskulárních účinků (BMDL 5 $\mu\text{g}/\text{den}$, předepsané bMDL) (NEKVAPIL a et al., 2025).

$$DE_{bw} = \frac{DI}{bw} \quad (15)$$

DE_{bw} ... denní expozice vztažená na tělesnou hmotnost,

DI ... denní příjem [μg nebo ng / den],

bw ... zvolená tělesná hmotnost (60, 80, 100 kg).

Příspěvek k hodnotám PTWI (%):

$$\text{Příspěvek k PTWI (\%)} = \frac{DI}{PTWI \cdot bw} \cdot 100 \cdot 7 \quad (16)$$

DI ... denní příjem (μg nebo ng/ den),

bw ... zvolená tělesná hmotnost (60, 80, 100 kg),

PTWI ... prozatímní tolerovatelný týdenní příjem daného toxického prvku [μg nebo ng],

7... počet dnů (týden).

$$\text{Příspěvek k PTMI (\%)} = \frac{DI}{PTMI \cdot bw} \cdot 100 \cdot 30 \quad (17)$$

DI ... denní příjem (μg nebo ng/ den),

bw ... zvolená tělesná hmotnost (60, 80, 100 kg),

PTMI ... prozatímní tolerovatelný měsíční příjem daného toxického prvku [μg nebo ng],

30... počet dnů (měsíc).

$$\text{Příspěvek k TDI (\%)} = \frac{DI}{TDI \cdot bw} \cdot 100 \quad (18)$$

DI ... denní příjem [μg nebo ng/ den].

bw ... zvolená tělesná hmotnost (60, 80, 100 kg),

TDI ... tolerovatelný denní příjem daného toxického prvku [μg nebo ng].

$$MoE = \frac{BMDL}{DE_{bw}} \quad (19)$$

MoE ... rozpětí expozice,

BMDL ... definovaná spodní mez dávky s referenčním účinkem,

pro vývojovou neurotoxicitu (BMDL 0,5 µg/kg bw/den), nefrotoxicitu (BMDL 0,63 µg/kg bw/den) a kardiovaskulární účinky (BMDL 5 µg/den, předepsané bMDL),
DE_{bw} ... denní expozice vztažená na tělesnou hmotnost.

7.11 Statistika

K statistickému vyhodnocení experimentálních dat byl zvolen parametrický Studentův *t*-test, provedený při hladině významnosti 0,05. Cílem testu bylo ověření statisticky významných rozdílů mezi středními hodnotami.

8 VÝSLEDKY

Jednotlivé výsledky byly získány pomocí statistického vyhodnocení a následně zapsány jako střední hodnota se směrodatnou odchylkou (SD).

8.1 Výsledky stanovení sušiny

Stanovení sušiny vybraných vzorků hub bylo provedeno dle postupu uvedeném v kapitole 7.5. Výsledné hodnoty sušiny pro jednotlivé druhy hub jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 - Obsah sušiny ve vybraných druzích hub

Název vzorku	Obsah sušiny $\pm$ SD [%]
Hřib dubový– Hodslavice	92,9 $\pm$ 0,2 ^a
Bedla vysoká– Hodslavice	94,5 $\pm$ 0,2 ^{b,c}
Pýchavka obecná– Hodslavice	94,7 $\pm$ 0,3 ^b
Křemenáč osikový– Hodslavice	94,3 $\pm$ 0,5 ^c
Hřib kovář – Hodslavice	94,9 $\pm$ 0,1 ^d
Hřib kovář – Lidečko	95,6 $\pm$ 0,2 ^e

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr $\pm$ SD ($n=3$). Výsledky ve sloupci se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou nevykazují statisticky významné rozdíly ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Vyhláška č. 397/2021 Sb. o požadavcích na konzervované ovoce a konzervovanou zeleninu, skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich a banány uvádí, že sušené houby jsou houby upravené sušením, u nichž obsah vody činí nejvýše 12 % (ČESKO, 2021). Pro uskladnění hub je vlhkost důležitým parametrem. Sušené houby se řadí mezi potraviny, které jsou schopné dobře vázat vzdušnou vlhkost, jsou tedy označovány jako hygroskopické. Jejich další vlastností je zvětšování svého objemu ve vodě. Tato schopnost je ovlivněna obsahem bílkovin a sacharidů, které jsou v houbách obsaženy ve velké míře. Dostupná voda v houbách, je snáze využitelná pro mikroorganismy, u hub se jedná převážně o plísňe, které se v navlhklých houbách dobře množí. Z tohoto důvodu je důležité, aby byly houby dostatečně vysušeny a jejich obsah vody nepřesáhl již výše zmíněných 12 % (KALAČ, 2008).

Z tabulky 4 lze vyčíst, že obsah sušiny se u všech analyzovaných vzorků hub pohyboval v rozmezí 92,9–95,6 %. Dle vyhlášky všechny vzorky splňovaly požadavky na vlhkost. Nejvyšší obsah sušiny vykazoval hřib kovář (95,6 %), který byl nalezen v lokalitě Lidečko, naopak nejnižší obsah sušiny byl naměřen u hříbu dubového, který byl sesbírán v lokalitě Hodslavice (92,9 %).

8.2 Výsledky stanovení popela

Stanovení hodnot popelu pro jednotlivé vzorky hub bylo provedeno dle postupu uvedeném v kapitole 7.6. Výsledné hodnoty popela pro jednotlivé druhy hub jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 - Obsah popela ve vybraných vzorcích hub

Název vzorku	Obsah popela v sušině $\pm$ SD [%]	Obsah popela $\pm$ SD [%]
Hřib dubový– Hodslavice	6,04 $\pm$ 0,03 ^a	5,61 $\pm$ 0,02 ^a
Bedla vysoká– Hodslavice	8,50 $\pm$ 0,03 ^b	8,03 $\pm$ 0,04 ^b
Pýchavka obecná– Hodslavice	7,02 $\pm$ 0,10 ^c	6,64 $\pm$ 0,08 ^c
Křemenáč osikový– Hodslavice	8,99 $\pm$ 0,05 ^d	8,47 $\pm$ 0,08 ^d
Hřib kovář – Hodslavice	6,45 $\pm$ 0,21 ^e	6,12 $\pm$ 0,20 ^e
Hřib kovář – Lidečko	6,03 $\pm$ 0,11 ^a	5,76 $\pm$ 0,09 ^f

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr $\pm$ SD ($n=3$). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou nevykazují statisticky významné rozdíly ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

Vyhláška č. 397/2021 Sb. o požadavcích na konzervované ovoce a konzervovanou zeleninu, skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich a banány neuvádí limitní hodnoty pro obsah popela v houbách (ČESKO, 2021). Obsah popela slouží jako hrubý ukazatel obsahu minerálních látek ve vzorcích. Hodnoty popela jsou také důležité pro metodický výpočet stravitelnosti. V tabulce 5 je uveden přehled obsahu popela ve všech analyzovaných vzorcích hub. Obsah popela v sušině hub se pohyboval v rozmezí 6,03–8,99 %. Nejvyšší obsah popela v sušině vykazoval vzorek houby křemenáče osikového (8,99 %), který byl nalezen v lokalitě Hodslavice. Podobný obsah popela byl naměřen také u vzorku houby bedly vysoké (8,50 %), která byla rovněž nalezena v okolí lesů obce Hodslavice. Naopak nejnižší obsah popela v sušině vykazoval hřib kovář (6,03 %), který byl nalezen v lokalitě Lidečko.

8.3 Výsledky stanovení stravitelnosti metodou *in vitro*

Stanovení hodnot stravitelnosti metodou *in vitro* pro jednotlivé vzorky hub bylo provedeno dle postupu uvedeném v kapitole 7.7. Výsledné hodnoty stravitelnosti pro jednotlivé druhy hub jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6 - Výsledky stanovení stravitelnosti

Název vzorku	DMD $\pm$ SD [%]	OMD $\pm$ SD [%]
Hřib dubový– Hodslavice	90,6 $\pm$ 0,2 ^a	92,3 $\pm$ 0,1 ^a
Bedla vysoká– Hodslavice	85,3 $\pm$ 0,3 ^b	87,9 $\pm$ 0,3 ^b
Pýchavka obecná– Hodslavice	90,2 $\pm$ 0,9 ^a	91,8 $\pm$ 0,8 ^a
Křemenáč osikový– Hodslavice	88,4 $\pm$ 0,2 ^c	90,5 $\pm$ 0,2 ^c
Hřib kovář – Hodslavice	83,7 $\pm$ 0,5 ^d	89,4 $\pm$ 0,2 ^d
Hřib kovář – Lidečko	87,7 $\pm$ 0,2 ^c	89,4 $\pm$ 0,2 ^d

Výsledky stanovení jsou zapsány jako aritmetický průměr $\pm$ SD ($n=3$). Výsledky ve sloupcích se stejnými malými písmennými indexy mezi sebou nevykazují statisticky významné rozdíly ($p \geq 0,05$). Výsledky s odlišnými písmennými indexy se mezi sebou statisticky liší ($p < 0,05$).

V tabulce 6 jsou uvedeny hodnoty DMD tedy stravitelnost sušiny a také hodnoty OMD, které vyjadřují stravitelnost organické hmoty. Hodnoty DMD se ve sledovaných vzorcích pohybovaly v rozmezí 83,7–90,6 %. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti, které činí 90,6 a 90,2 %, byly získány u vzorku hříbu dubového a pýchavky obecné nabírané v Hodslavicích. Nejnižší hodnoty byly naopak získány u vzorku hříbu kováře, který rostl v lokalitě Hodslavice, jehož stravitelnost sušiny činila 83,7 %. Hodnoty OMD se u sledovaných vzorků pohybovaly v rozmezí 89,4–92,3 %. Obdobně jako u DMD i v případě hodnot OMD vykazoval nejvyšší stravitelnost hřib dubový a pýchavka obecná (Hodslavice). Nejnižší hodnoty stravitelnosti organické hmoty vykazovaly vzorky hříbu kováře, jak v lokalitě Lidečko, tak i Hodslavicích, jejichž hodnota činila 89,4 %.

Stravitelnost je z hlediska nutričních hodnot důležitým ukazatelem. Udává tedy jakési množství nebo část potravy, které je lidských trávicím systémem zpracováno, rozloženo potenciálně využito ke vstřebání (MIŠURCOVÁ, 2011). Proces trávení je ovlivněn celou řadou faktorů, které se dělí na tzv. endogenní a exogenní. Mezi významný faktor řadící se do exogenních vlivů patří trávicí enzymy. Houby obsahují ve vyšším množství polysacharid

chitin, který je pro lidský organismus těžce stravitelný (MACHŮ, 2016). Z tohoto důvodu je velmi důležitý enzym chitináza, který katalyzuje náhodnou hydrolýzu právě chitinu a štěpí ho na oligosacharidy (KUDLÍKOVÁ et al., 2005). Enzym chitinázu ve svých trávicích šťávách má v dnešní době jen část lidské populace. Kromě hub, je chitin také součástí těl hmyzu, proto je např. u Mexičanů nebo Afričanů, kteří zařazují hmyz do svých jídelníčků, obsah chitinázy v žaludeční šťávě vyšší než u některých Evropanů (PAOLETTI et al., 2007).

8.4 Výsledky stanovení minerálních a stopových prvků metodou ICP-MS

Minerální a stopové prvky byly stanoveny pomocí metody ICP-MS, přesný postup je uveden v kapitole 7.8. Přehled veškerých výsledků včetně nativních forem vzorků hub i jejich nestrávených podílů jsou uvedeny v příloze I až VI.

Prvky v houbách, jak již bylo blíže popsáno v kapitole 4, lze rozdělit na makroprvky, kde patří draslík, vápník, sodík, hořčík, chlor, síra a fosfor, dále tvoří skupinu mikroprvky, kde spadá zinek a železo. Poslední početnou skupinu tvoří stopové prvky, které jsou v matricích hub obsaženy v nižších koncentracích. V této diplomové práci byly stopové prvky k sobě řazeny podle podobných hodnot koncentrací. Ze skupiny stopových prvků bývá vyjmuta skupina toxických prvků jako jsou olovo, rtuť, arzen, hliník, stříbro, kadmium a nikl. Navíc byla pozornost věnována izotopu cesia, které je specifické svou radioaktivitou. Veškeré hodnoty koncentrací prvků jsou uvedeny v $\mu\text{g/g}$ nebo ng/g v sušině dané houby.

Pomocí analýzy ICP-MS bylo zjištěno, že draslík a hořčík jsou obsaženy v nejvyšších koncentracích ze všech detekovatelných prvků. Hodnoty draslíku byly u všech zkoumaných druhů velice podobné, nejvyšší obsah byl zjištěn u bedly vysoké (Hodslavice), která obsahovala $735 \mu\text{g/g}$. Naopak nejnižší koncentrace byly získány u hříbu kováře (Lidečko), jehož obsah draslíku tvořil $730 \mu\text{g/g}$. Zbylé vzorky vykazovaly skoro totožné hodnoty, které se pohybovaly okolo $733 \mu\text{g/g}$.

Druhým nejobsáhlejším prvkem byl hořčík. Nejvyšší koncentraci hořčíku vykazoval vzorek pýchavky obecné (Hodslavice), kde byl hořčík obsažen v $270 \mu\text{g/g}$. Druhá nejvyšší koncentrace byla naměřena u vzorku bedly vysoké (Hodslavice), kde byl obsah hořčíku $255 \mu\text{g/g}$. Naopak nejnižší koncentrace byla získána u hříbu dubového (Hodslavice), který byl obsažen v $131 \mu\text{g/g}$. Podobná koncentrace byla také získána u hříbu kováře, kde byl hořčík obsažen v $134 \mu\text{g/g}$. K podobným výsledkům došla také studie FALANDYSZ a et al., 2001, kde byly předmětem studia sušené houby divoce rostoucí na území Polska. Pro analýzu byla

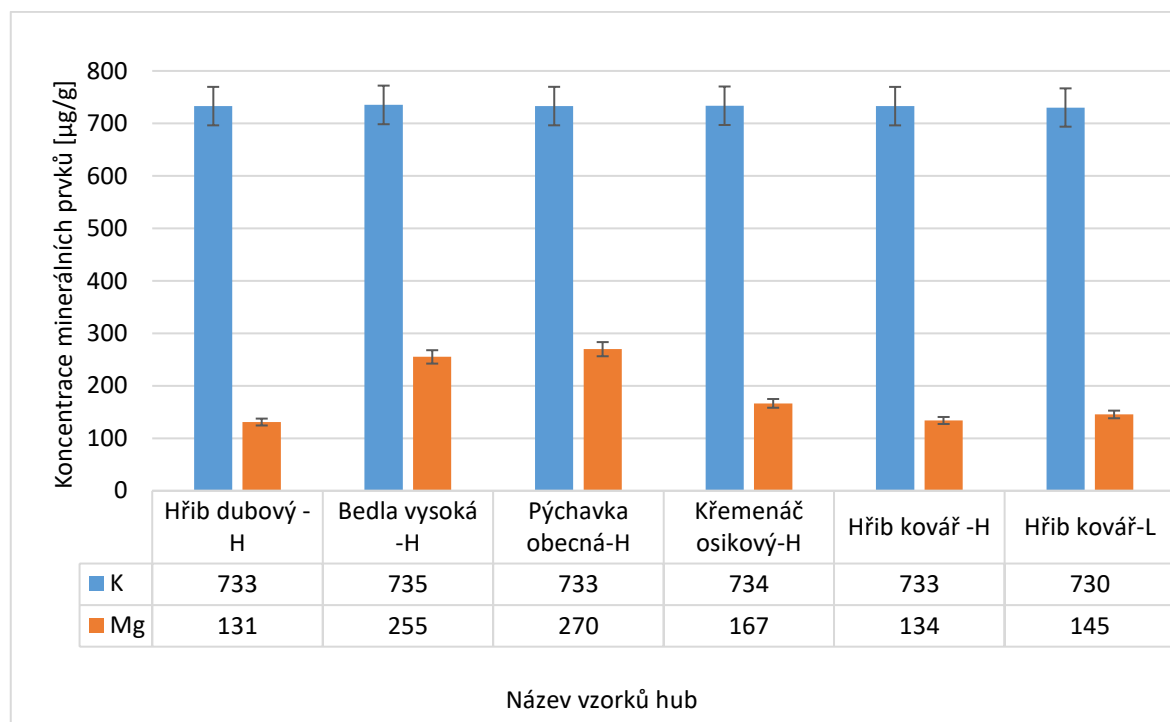
taktéž využita metoda ICP-MS, díky které bylo zjištěno, že draslík je v divokých houbách obsažen v rozmezí 26–70 mg/g. Ve zmíněné studii byly získány několikanásobně vyšší hodnoty koncentrací prvků v sušině.

Fosfor byl třetí prvek s nejvyšší koncentrací ve vzorcích hub. Jeho koncentrace se pohybovala v rozmezí 62,6–157 µg/g. Nejvyšší koncentrace fosforu byla naměřena ve vzorku bedly vysoké (Hodslavice), v níž byl fosfor obsažen v 157 µg/g. Naopak nejnižší hodnota, která činila 62,6 µg/g byla získána ze vzorku hříbu kováře (Hodslavice). Studie FALANDYSZ et al., (2001) ve své práci uvádí, že u hříbu smrkového, který je velmi podobný hříbu dubovému, byl analyzován fosfor v rozmezí 5,70–10,0 mg/g. Jak již bylo zmíněno u předešlých prvků, koncentrace jsou vyšší.

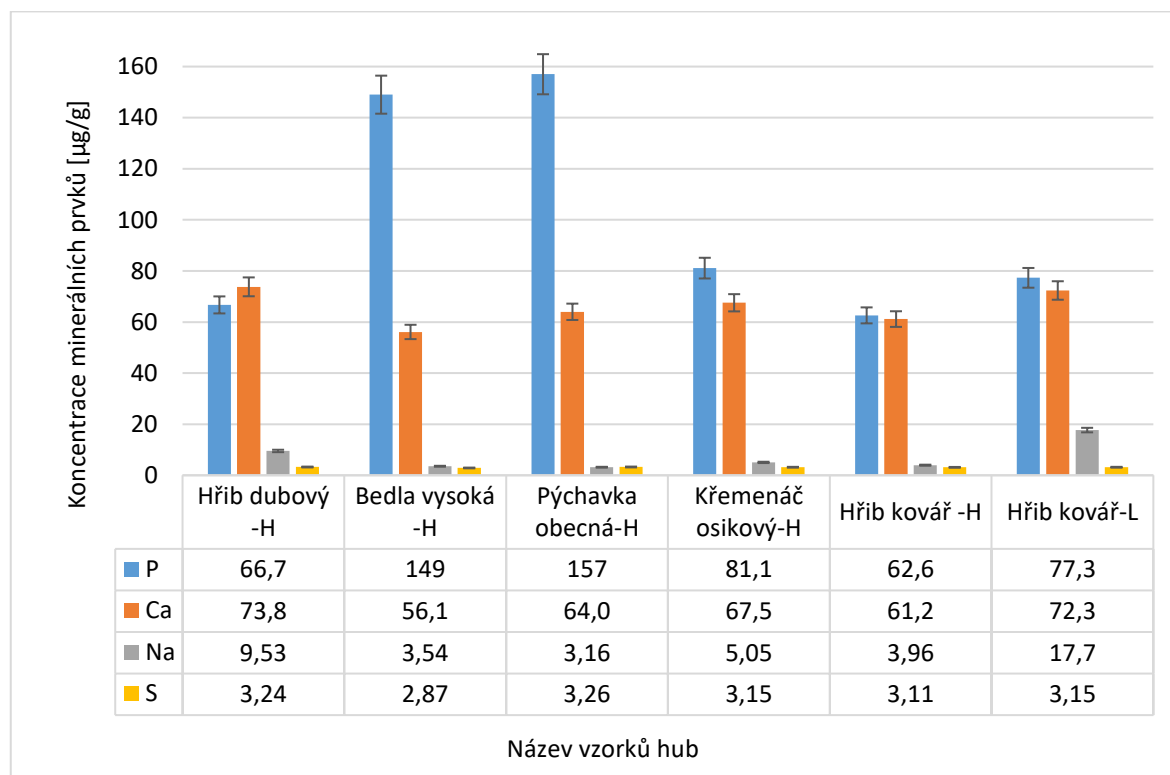
Vápník se v nativních vzorcích hub vyskytoval v koncentracích 56,1–73,8 µg/g. Nejnižší koncentrace byla naměřena u bedly vysoké (Hodslavice), která obsahovala 56,11 µg/g vápníku. Nejvyšší koncentrace byla získána ze vzorku hříbu dubového, ve kterém bylo naměřeno 73,8 µg/g vápníku.

Sodík se ve vybraných vzorcích hub vyskytoval v rozmezí 3,16–17,7 µg/g. Nejnižší obsah byl stanoven ve vzorku pýchavky obecné, kdy obsah sodíku činil 3,16 µg/g. Podobnou koncentraci bylo možné stanovit v bedle vysoké, která obsahovala 3,54 µg/g sodíku. Nejvyšší hodnoty sodíku byly stanovené ve vzorku hříbu kováře (Lidečko), ve kterém bylo detekováno 17,7 µg sodíku v 1 g vzorku.

Koncentrace síry byla ve sledovaných vzorcích velice podobná. Rozmezí koncentrací, ve kterém byla síra stanovena, činilo 2,87–3,26 µg/g. Nejvyšší koncentrace byla stanovena ve vzorku pýchavky obecné (Hodslavice), naopak nejnižší koncentrace byla stanovena ve vzorku bedly vysoké (Hodslavice).



Obrázek 14 - Obsah makroprvků draslíku a hořčíku v nativních vzorcích hub

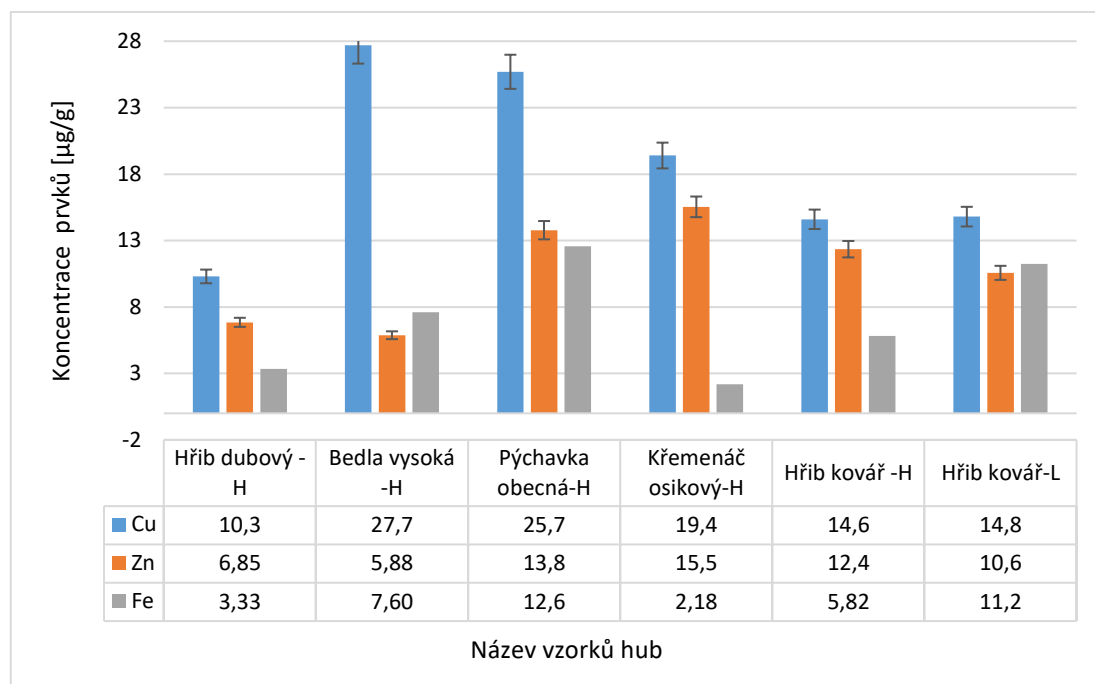


Obrázek 15 - Obsah makroprvků fosforu, vápníku, sodíku a síry v nativních vzorcích hub

Měď byla v nativních vzorcích hub stanovena v rozmezí 10,3–27,9 µg/g. Nejnižší koncentrace byly stanoveny ve vzorku hříbu dubového (Hodslavice), oproti tomu nejvyšší koncentrace byla detekována v pýchavce obecné. Dle KALAČ a SVOBODA (2000) se obsah mědi v houbách pohybuje v rozmezí 10–70 µg/g. Vybrané vzorky hub tedy obsahují podobně koncentrace mědi, jako uvádí práce z roku 2000. V jiné akademické práci PACNER (2005) je uvedeno, že nejvyšší obsah mědi vykazovala taktéž pýchavka obecná, jejichž koncentrace činila 15,3 µg/g, v našem vzorku bylo naměřeno přibližně o 10 µg/g mědi více.

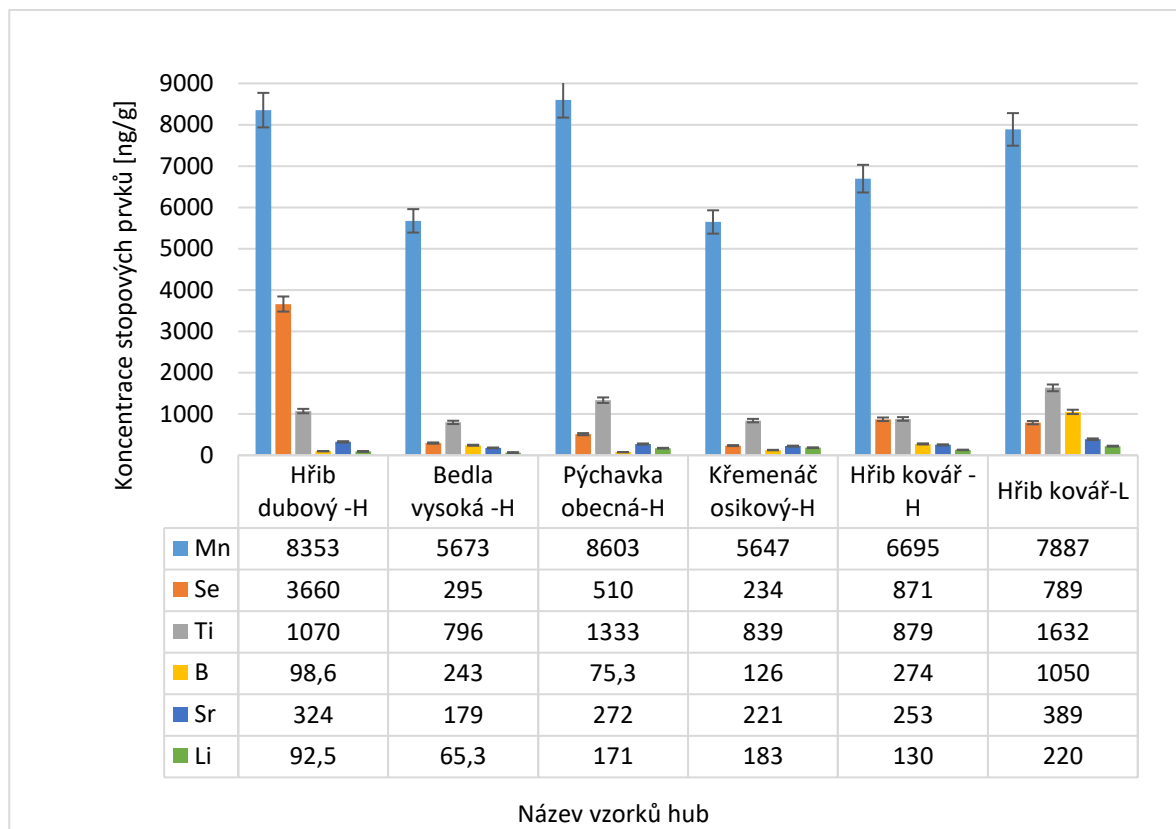
Koncentrace zinku, ve sledovaných vzorcích hub, se vyskytovala v rozmezí 5,88–15,5 µg/g. Nejnižší koncentrace zinku byla naměřena u vzorku bedly vysoké (Hodslavice), naopak nejvyšší koncentrace (15,5 µg/g) byla detekována ve vzorku pýchavky obecné (Hodslavice). K obdobným výsledkům se odkazuje také akademická práce PACNER (2005) ve které je uvedeno, že ve vzorku pýchavky obecné bylo detekováno 26,2 µg/g zinku. Což je přibližně o 10 µg/g více než v naší práci.

Jak bylo uvedeno v podkapitole 4.2.1, obsah zinku a železa bývá velice podobný, někdy dokonce zcela totožný. Stanovené koncentrace těchto dvou prvků se opravdu pohybovaly v podobných hodnotách. Koncentrace železa byla stanovena v rozmezí 2,18–12,6 µg/g. Nejnižší koncentrace železa byla stanovena ve vzorku křemenáče osikového, ve vzorku pýchavky obecné byla naopak zjištěna nejvyšší koncentrace zinku (12,6 µg/g). Podobná koncentrace byla stanovena v hříbu kovári (Lidečko), který obsahoval 11,3 µg/g železa. V práci KALAČ a SVOBODA (2000) je uvedeno, že obsah železa v houbách se pohybuje v rozmezí 30–150 µg/g. Ze získaných hodnot této diplomové práce, lze konstatovat, že obsah železa ve zvolených vzorcích hub je nižší, než uvádí zmíněná studie.



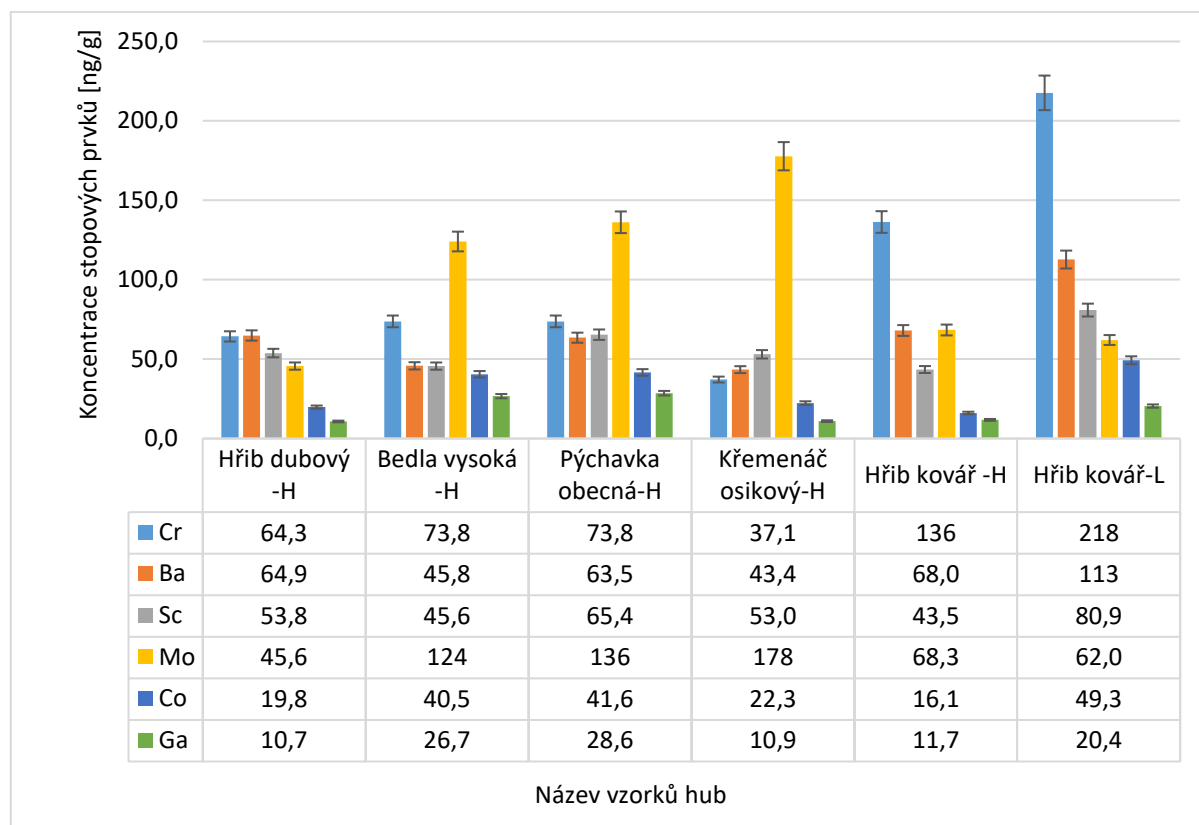
Obrázek 16 - Obsah prvků mědi, zinku a železa v nativních vzorcích hub

Mangan, jeden ze zástupců esenciálních stopových prvků, byl v sušených vzorcích hub stanoven v rozmezí 5,65–8,60 µg/g. Nejnižší koncentrace byla detekována ve vzorku křemenáče osikového, kde obsah manganu činil 5,67 µg/g. Naopak nejvyšší koncentrace manganu byla stanovena ve vzorku pýchavky obecné. Práce KALAČ a SVOBODA (2000) uvádí, že se obvyklý obsah manganu v houbách pohybuje v rozmezí 5–60 µg/g. Dle uvedených hodnot, lze konstatovat, že získané hodnoty manganu ve sledovaných vzorcích hub odpovídají rozsahu uvedeném ve zmíněné práci.



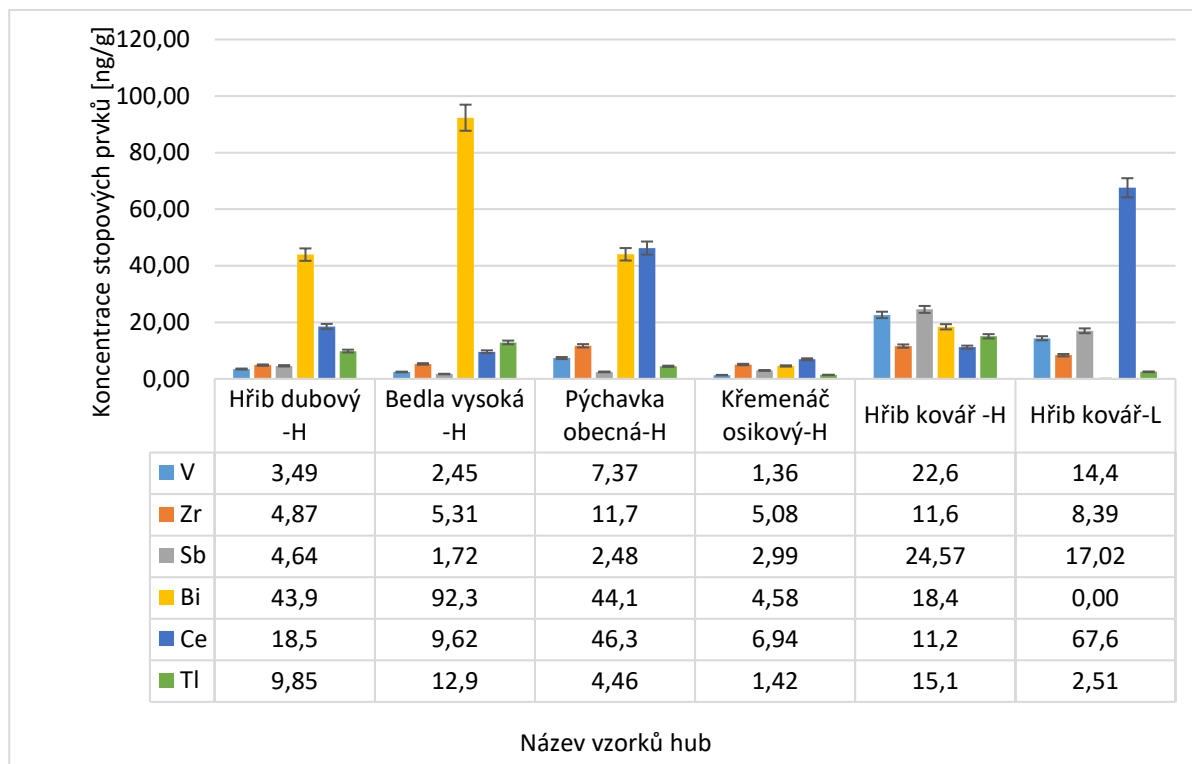
Obrázek 17 - Obsah stopových prvků manganu, selenu, titanu, boru, stroncia a lithia v nativních vzorcích hub

Chrom byl stanoven ve sledovaných vzorcích v rozmezí 37,1–218 ng/g. Křemenáč osikový vykazoval nejnížší hodnoty koncentrací chromu. Nejvyšší koncentrace byly získány u druhů hříbu kováře a to 218 ng/g v hříbu kováři (Lidečko) a následně druhá nejvyšší koncentrace (136 ng/g) byla také v hříbu kováři, tentokrát z lokality Hodslavice.

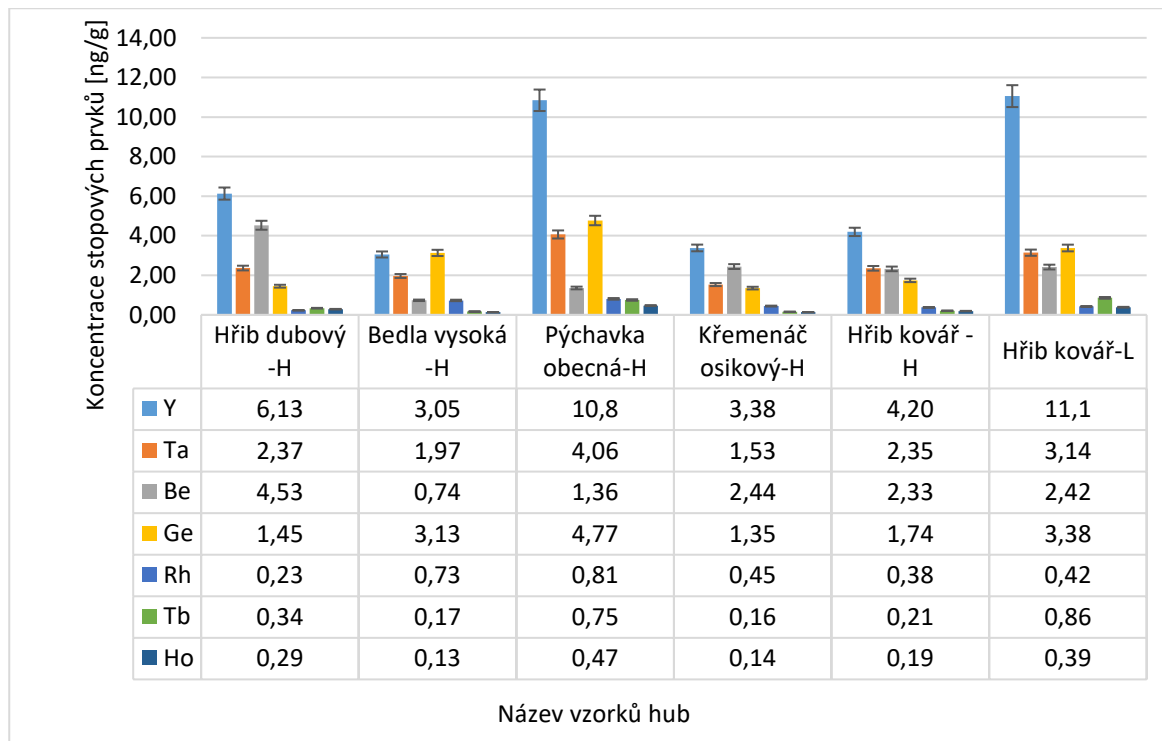


Obrázek 18 - Obsah stopových prvků chromu, barya, skandia, molybdenu, kobaltu a galia v nativních vzorcích hub

Zbylé stopové prvky byly taktéž naměřeny v jednotkách ng/g a jejich koncentrace se u jednotlivých druhů hub lišila. Jelikož nejsou dostupné jiné literární zdroje, které stanovují hodnoty těchto stopových prvků u sesbíraných druhů hub, nelze je tedy relevantně porovnat.



Obrázek 19 - Obsah stopových prvků vanadu, zirkonia, antimonu, bismutu, ceria a thallia v nativních vzorcích hub



Obrázek 20 - Obsah stopových prvků yttria, tantalu, beryllia, germania, rhodia, terbia, holmia v nativních vzorcích hub

Koncentrace hliníku byla stanovena v rozmezí 1,79–7,78 $\mu\text{g/g}$. V pýchavce obecné bylo stanoveno nejnižší množství hliníku ze všech sledovaných vzorků. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny ve vzorku hříbu dubového.

Rtuť se ve sledovaných vzorcích vyskytovala v koncentracích 0,35–7,34 $\mu\text{g/g}$. Signifikantně nižší hodnoty obsahu rtuti vykazovaly oba vzorky hříbu kováře. Nejnižší koncentrace, která činila 0,35 $\mu\text{g/g}$, byla stanovena u hříbu kováře (Hodslavice), druhá nejnižší koncentrace byla stanovena u hříbu kováře (Lidečko). V tomto vzorku bylo detekováno 0,41 $\mu\text{g/g}$ rtuti. Podobných výsledkům bylo dosaženo v práci HAVLOVÁ (2015), kde byl obsah rtuti v hříbu kováři stanoven v rozmezí 0,64–0,93 $\mu\text{g/g}$. Nejvyšší koncentraci vykazoval hřib dubový (Hodslavice), ve kterém byl obsah rtuti až 7,34 $\mu\text{g/g}$. V práci HAVLOVÁ (2015) byl obsah rtuti v bedle vysoké stanoven v rozmezí 1,79–3,47 $\mu\text{g/g}$. Při analýze bedly vysoké, nalezené v lokalitě Hodslavice, byl stanoven obsah rtuti 5,46 $\mu\text{g/g}$, což je více než ve zmíněné studii.

Koncentrace stříbra se ve sledovaných vzorcích pohybovala v rozmezí 282–2170 ng/g. Nejméně bylo detekováno ve vzorku bedly vysoké (Hodslavice) a naopak nejvyšší koncentrace 2170 ng/g byla stanovena ve vzorku hříbu kováře (Hodslavice). Podobná koncentrace stříbra v hříbu kováři je uvedena v článku SVOBODA a CHRASTNÝ (2008), kde koncentrace činila 1,82 $\mu\text{g/g}$.

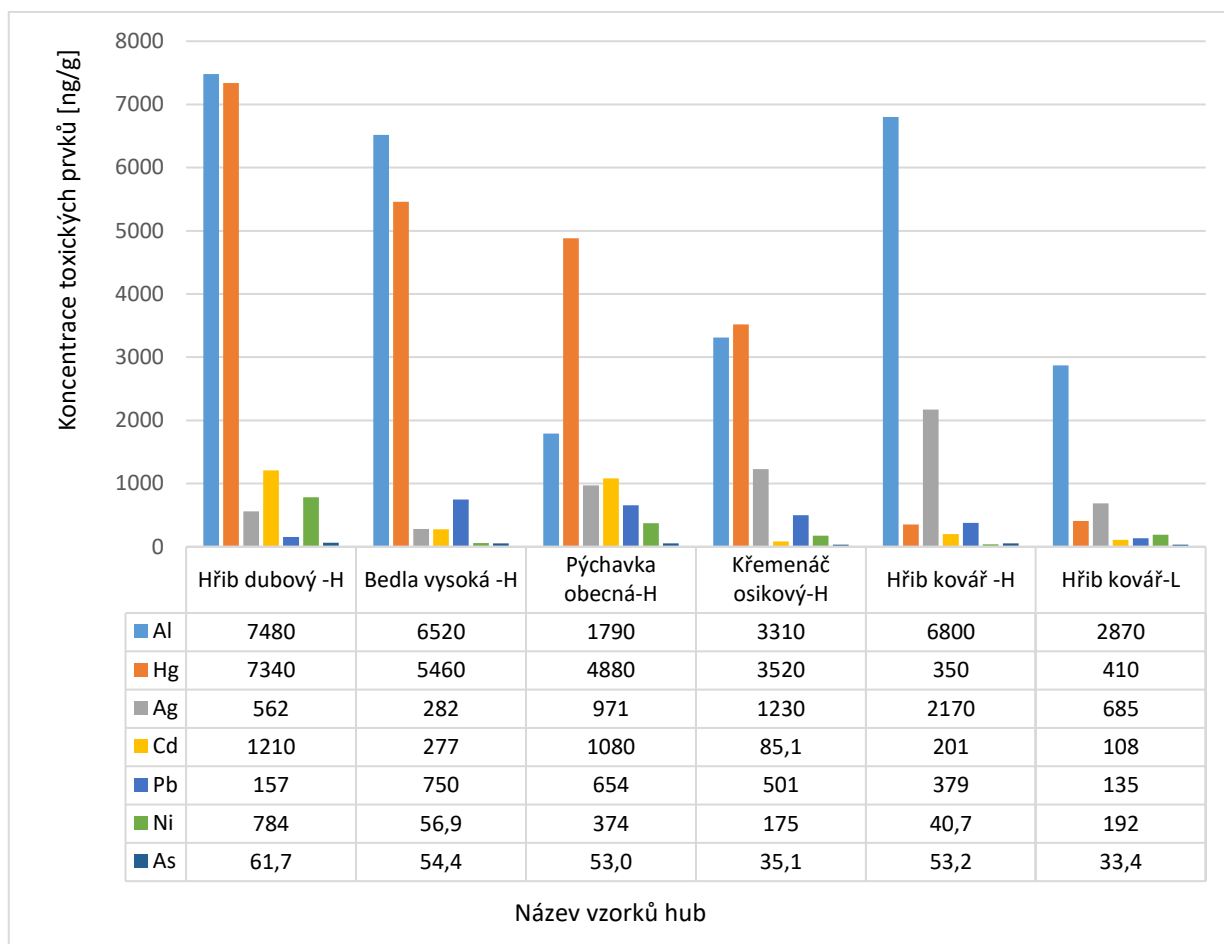
Obsah kadmia se v sušených vzorcích hub pohyboval v hodnotách 85,1–1210 ng/g. V křemenáči osikovém (Hodslavice) byl obsah kadmia stanoven 85,1 ng/g. V hříbu dubovém (Hodslavice) byla naopak detekována zmíněná nejvyšší koncentrace kadmia ze všech sledovaných vzorků. V práci PACNER (2005) byl obsah kadmia ve všech zkoumaných vzorcích hub stanoven v rozmezí 0,28–1,89 $\mu\text{g/g}$. V tomto rozmezí byly v této práci vzorky hřib dubový (1,21 $\mu\text{g/g}$) a pýchavka obecná (1,08 $\mu\text{g/g}$). V dokumentu (COMMISSION REGULATION (EU) 2023/915, 2023) se uvádí, že maximální limit pro obsah kadmia v čerstvých plodnicích divoce rostoucích hub je 0,50 mg/kg. Většina analyzovaných vzorků tento požadovaný limit splňuje, ovšem vzorek hříbu dubového a pýchavky obecné výrazně překračuje stanovenou mez.

Koncentrace olova se ve všech vzorcích sušených hub pohybovala v rozmezí 135–750 ng/g. Nejnižší koncentrace olova byly naměřeny u vzorku hříbu kováře (Lidečko), který obsahoval 135 ng/g olova. Hřib kovář, který byl nalezen v lokalitě Hodslavice, obsahoval olova přibližně 3x více, a to 379 ng/g. V bedle vysoké (Hodslavice) bylo detekováno 750 ng/g olova a jednalo se tedy vzorek, který kumuloval olovo nejvíce. V práci PACNER (2005)

byla nejvyšší koncentrace olova detekována u vzorků pýchavky obecné, které obsahovaly 4,61–13,8 $\mu\text{g/g}$. V mém vzorku pýchavky obecné bylo stanoveno pouze 0,65 $\mu\text{g/g}$ olova, což je podstatně nižší hodnota než koncentrace stanovené ve vzorcích PACNER (2005). V předepsaných limitech (COMMISSION REGULATION (EU) 2023/915, 2023) se uvádí, že nejvyšší přípustná hodnota olova v čerstvých plodnicích divoce rostoucích hub je 0,80 mg/kg. I když se v našem případě jedná o sušené houby, i přesto všechny vzorky splňují výše zmíněný limit.

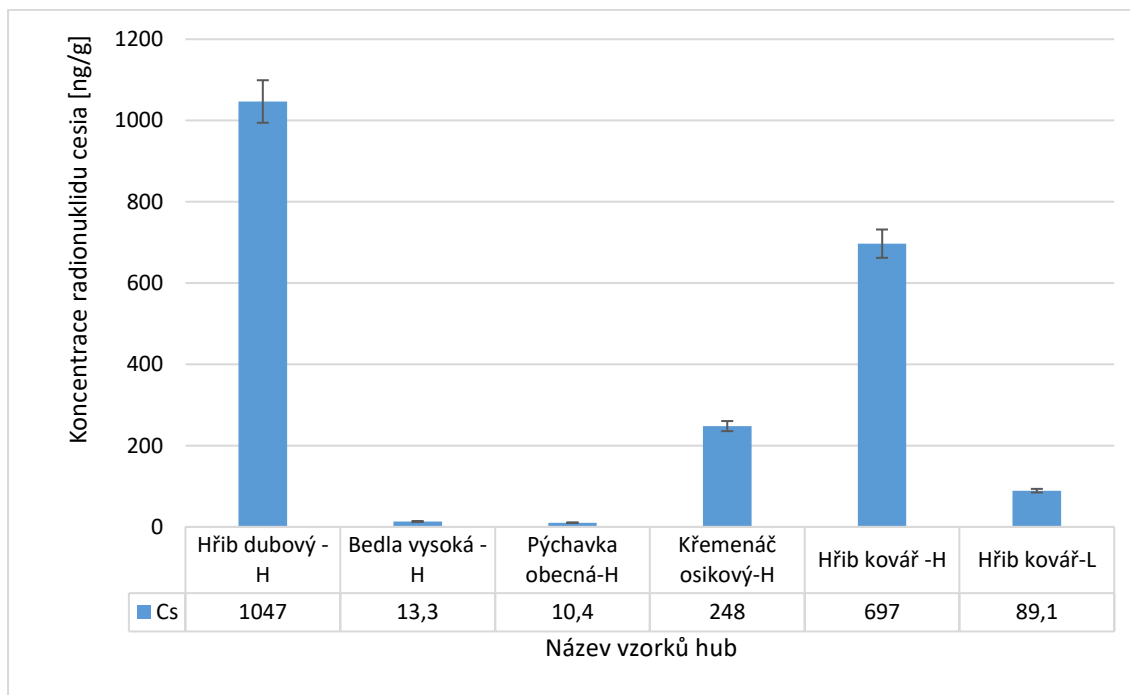
Nikl, jeden z dalších zástupců toxických prvků, byl ve sledovaných vzorcích stanoven v rozmezí 40,7–784 ng/g. Nejnižší koncentrace byla stanovena ve vzorku hříbu kováře (Hodslavice), jehož koncentrace niklu činila 40,7 ng/g, oproti tomu nejvyšší koncentrace niklu byla stanovena v hříbu dubovém a její hodnota činila 784 ng/g. V práci PACNER (2005) byl rozsah koncentrací niklu ve vzorcích hub 0,36–4,34 $\mu\text{g/g}$. Hodnoty koncentrací, které by se pohybovaly ve zmíněném rozmezí, poskytovaly v této práci pouze vzorky pýchavky obecné (Hodslavice), která obsahovala 0,37 $\mu\text{g/g}$ a hřib dubový (Hodslavice), který obsahoval 0,78 μg niklu na 1 g vzorku.

Obsah arsenu u sledovaných vzorků hub se pohyboval v rozmezí 33,4–61,7 ng/g. Nejnižší koncentrace arsenu byla detekována ve vzorku hříbu kováře (Lidečko) naopak nejvyšší byla stanovena v hříbu dubovém. V práci SVOBODA a CHRASTNÝ (2008) byl stanoven obsah arsenu v hříbu kováři, který se pohyboval v rozmezí 0,79–0,86 $\mu\text{g/g}$. Tyto hodnoty jsou výrazně vyšší než ty, které vykazovaly vzorky hříbu kováře v naší studii.



Obrázek 21 - Obsah toxických prvků v nativních vzorcích hub

Cesium, které tvoří samostatnou skupinu v rámci analýzy vzorků sušených hub prostřednictvím metody ICP-MS, se řadí mezi radioaktivní prvky. Cesium se ve sledovaných vzorcích hub pohybovalo v širokém rozmezí a to od 10,4 do 1050 ng/g. Nejnižší obsah cesia byl naměřen u vzorku pýchavky obecné (Hodslavice), nejvyšší koncentrace cesia byla stanovena ve vzorku hříbu dubového. Ve studii VINICHUK et al., (2011) byl zkoumán obsah cesia ve volně rostoucích houbách včetně rodu hříbovitých. V hříbu smrkovém, který je svým složením velice podobný hříbu dubovému, který tvoří mykorhizu namísto smrku s dubem, bylo stanoveno 37,4 $\mu\text{g/g}$ cesia. V našem vzorku hříbu dubového bylo stanoveno 1,05 $\mu\text{g/g}$ cesia, což je podstatně nižší koncentrace než u hříbu smrkového analyzovaného ve studii VINICHUK et al., (2011).

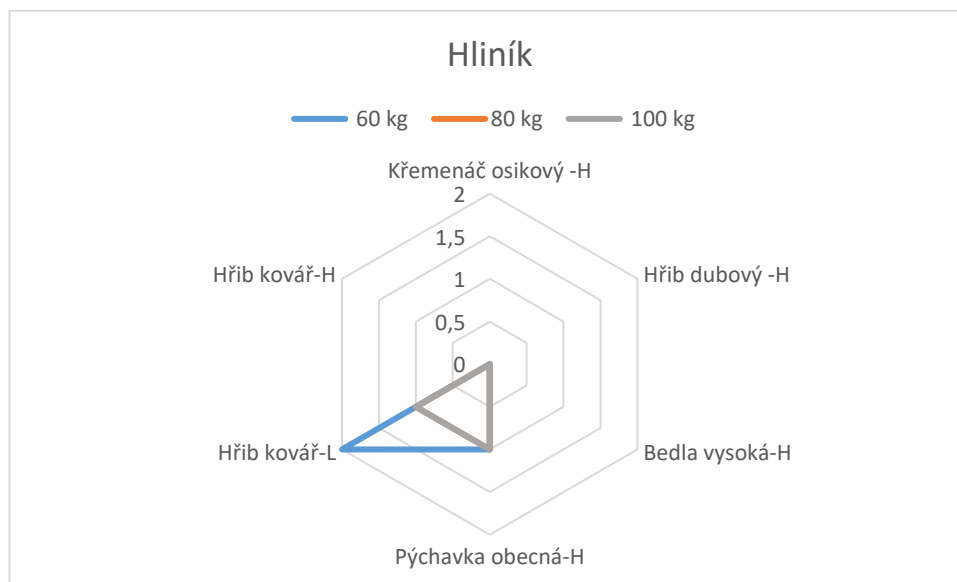


Obrázek 22 - Obsah cesia v nativních vzorcích hub

8.5 Expozice toxickým prvkům ze sušených vzorků hub

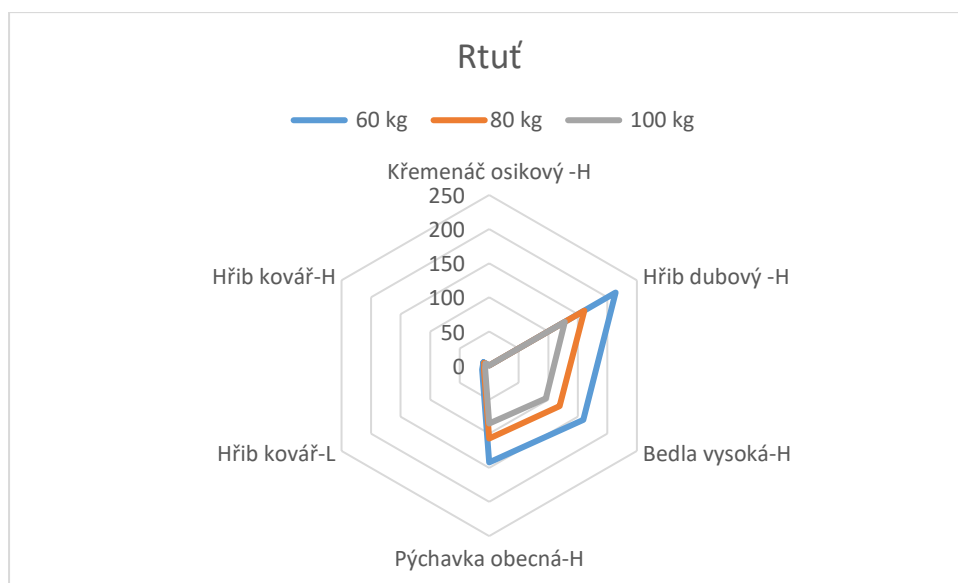
U hliníku byly stanoveny příspěvky k hodnotám PTWI, kde bližší výpočet je uveden v kapitole 7.10, příspěvky jsou vždy vztažené k osobám vážícím 60, 80 a 100 kg. Většina vzorků konzumovaných hub vykazovala nulové hodnoty k limitům pro toxický příjem prvků. Výsledky ukázaly, že příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám PTWI pro hliník byly obecně velmi nízké a nepředstavují zdravotní riziko pro běžnou konzumaci. Nejvyšší zjištěný příspěvek byl zaznamenán u druhu hřib kovář (Lidečko), kde dosáhl 2 % k PTWI u osob vážících 60 kg, zatímco u vyšších hmotnostních kategorií byl tento podíl pouze 1 %. Ostatní sledované houby přispívaly k hodnotám PTWI maximálně 1 % nebo vůbec. Ani v jednom případě nedošlo k překročení doporučeného týdenního příjmu, což svědčí o nízké expozici hliníku při konzumaci těchto druhů hub v analyzovaném množství.

Při porovnání s dostupnými výsledky z práce FRANKOVÁ et al., (2021) pro bedlu vysokou, kde byly příspěvky k PTWI stanoveny v rozmezí 0,3–2,1 %, je zřejmé, že hodnoty zjištěné v této studii jsou srovnatelné nebo nižší než ve zmíněné práci.



Obrázek 23 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám PTWI pro hliník. Výsledky ukázaly, že některé druhy hub výrazně přispívají k týdennímu tolerovatelnému příjmu (PTWI) pro rtuť, přičemž ve více případech došlo k výraznému překročení hodnoty 100 %, což představuje potenciální zdravotní riziko. Nejvyšší příspěvek byl zaznamenán u hříbu dubového, kde u osoby s tělesnou hmotností 60 kg činil podíl na PTWI až 214 %. Také bedla vysoká a pýchavka obecná přesáhly 100 % příspěvku k PTWI, zejména u nižších hmotností (např. 159 %, resp. 142 % u 60 kg). Naopak druhy jako hřib kovář (obě lokality) a křemenáč osikový vykazovaly nízký příspěvek k hodnotám PTWI (pod 15 %) a tedy nepředstavují významné riziko. Tato zjištění ukazují, že pravidelná konzumace některých druhů hub s vyšším obsahem rtuti, zejména u osob s nižší tělesnou hmotností, může vést k překročení doporučeného příjmu rtuti.

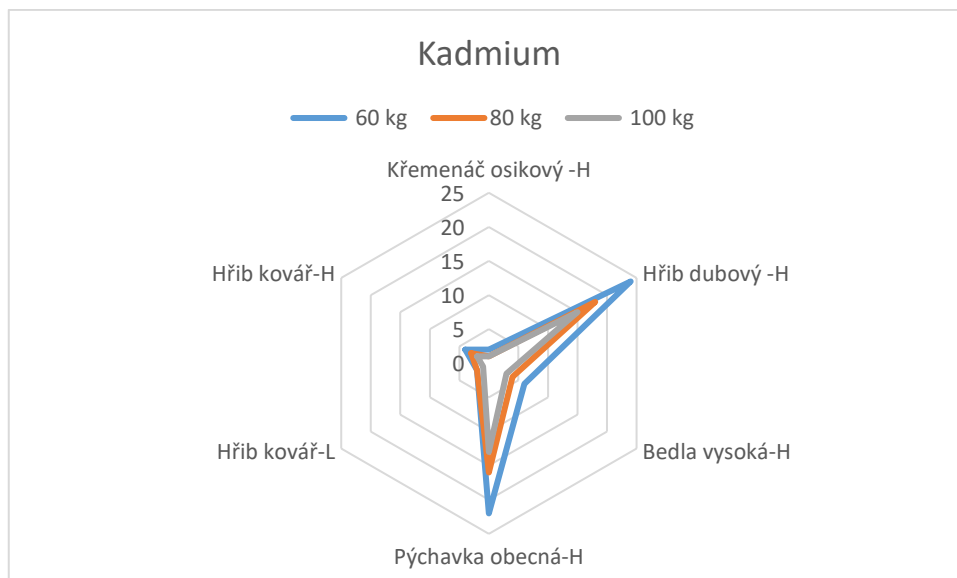
Pro srovnání, v práci DEMKOVÁ et al., (2021) bylo u hříbu plstnatého stanoveno rozmezí příspěvku k PTWI pouze 0,4–21,0 %. To naznačuje, že hřib plstnatý představuje podstatně nižší riziko z hlediska expozice rtuti ve srovnání s některými druhy hodnocenými v této práci, především s hříbem dubovým, bedlou vysokou a pýchavkou obecnou. Ovšem na výši expozice má kromě druhu dané houby vliv také pH půdy, umístění lokality a chemická forma prvku. Tyto všechny aspekty je třeba zohlednit ve výsledném pro danou analýzu.



Obrázek 24 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám PTWI pro rtuť

Výsledky ukazují, že některé druhy hub významně přispívají k týdennímu tolerovatelnému příjmu (PTWI) pro kadmium, přičemž v několika případech dosahují hodnot, které jsou vyšší, a to zejména logicky u osob s nižší tělesnou hmotností. Nejvyšší příspěvek byl zaznamenán u hříbu dubového, kde příspěvek k PTWI pro osobu o hmotnosti 60 kg činil až 24 %. Také pýchavka obecná (22 % u 60 kg) a bedla vysoká (6 % u 60 kg) vykazovaly středně vysoký příspěvek k PTWI. Naopak druhy jako hřib kovář (obě lokality) a křemenáč osikový vykazovaly velmi nízký příspěvek k hodnotám PTWI (pod 5 %) a tudíž představují zanedbatelné riziko. Tato zjištění naznačují, že pravidelná konzumace některých druhů hub s vyšším obsahem kadmia, zejména u osob s nižší tělesnou hmotností, může vést k vyššímu příjmu kadmia, ale v žádném případě není riskantní překročení stanoveného PTWI.

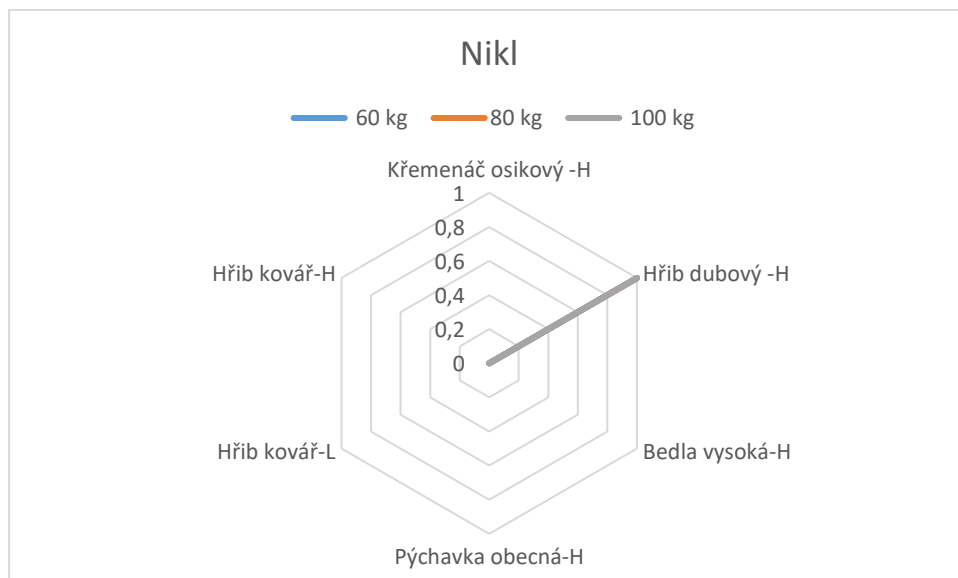
V akademické práci GALGOWSKA a PIETRZAK-FIECKO, 2021 je uvedeno, že u hříbu smrkového, jenž je vzhledem k biochemickým vlastnostem velmi podobný hříbu dubovému (který byl analyzován v rámci této studie), byl příspěvek k PTWI pro kadmium stanoven v rozmezí 25,7–35,4 %. V mém vzorku hříbu dubového byl příspěvek k PTWI pro kadmium stanoven na 24 %, což je velmi blízké hodnotám uvedeným v předchozím výzkumu. Tento údaj potvrzuje, že hřib dubový vykazuje zvýšený obsah kadmia, což může mít vliv na celkový příjem této těžké kovy, zejména při pravidelné konzumaci, ale nepředstavuje zdravotní riziko. To by nastalo až při překročení hranice 100% příspěvku.



Obrázek 25 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám PTWI pro kadmium

Výsledky měření ukázaly, že příspěvek jednotlivých druhů hub k tolerovatelnému dennímu příjmu (TDI), kdy přesný postup výpočtů je uveden v kapitole 7.10., je pro nikl je ve většině případů zanedbatelný. U naprosté většiny analyzovaných vzorků byl příspěvek k TDI nulový, tedy pod hranicí měřitelného nebo významného množství. Nejvyšší – i když stále velmi nízký – příspěvek byl zaznamenán u hříbu dubového, kde byl podíl na TDI u všech zkoumaných hmotností (60, 80 a 100 kg) stanoven na 1 %. Tento výsledek ukazuje, že niklová zátěž z konzumace těchto hub je z toxikologického hlediska nevýznamná a v praxi nepředstavuje žádné zdravotní riziko.

V jiné studii provedené v Německu (MEAL Study, 2022) bylo zjištěno, že průměrný příjem niklu z potravin u dospělých a adolescentů činí přibližně 11 % TDI, zatímco u dětí dosahuje až 42 % TDI. Tyto údaje naznačují, že běžná strava může významně přispívat k celkovému příjmu niklu, přičemž houby mohou být jedním z faktorů ovlivňujících tuto expozici.



Obrázek 26 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám TDI pro nikl

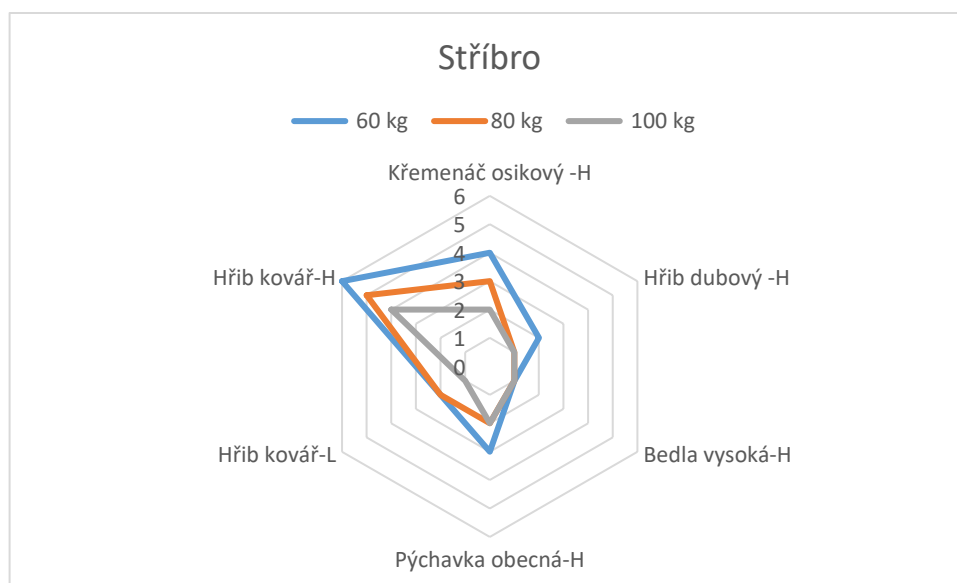
Výsledky ukázaly, že příspěvek jednotlivých druhů hub k tolerovatelnému dennímu příjmu (TDI) pro arsen se pohybuje v nízkých hodnotách napříč všemi analyzovanými vzorky. Nejvyšší příspěvky byly zaznamenány u hříbu dubového, bedly vysoké, pýchavky obecné a hříbu kováře (Hodslavice), kde se podíl na TDI pohyboval mezi 2–3 % v závislosti na tělesné hmotnosti konzumenta.



Obrázek 27 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám TDI pro arsen

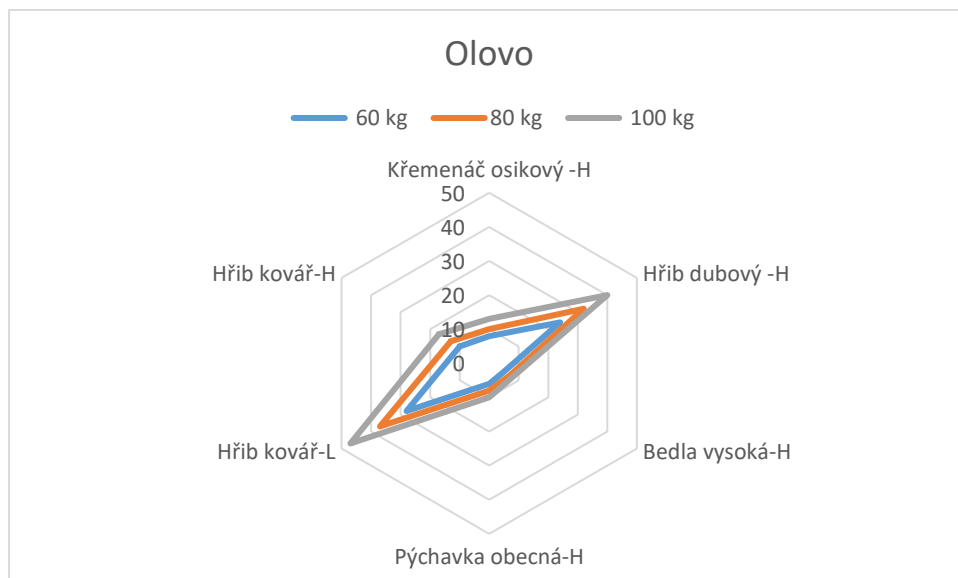
Měření obsahu stříbra v jednotlivých druzích hub ukázalo rozdílnou míru akumulace tohoto prvku, přičemž příspěvek k tolerovatelnému dennímu příjmu (TDI) byl ve většině případů nízký. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u hříbu kováře z lokality Hodslavice, kde příspěvek k TDI dosahoval jen 6 % u osob s tělesnou hmotností 60 kg. U ostatních

hmotnostních kategorií byl tento podíl ještě nižší (5 a 4 %), přesto však vyšší než u jiných měřených druhů hub. Další nízké hodnoty byly zjištěny u křemenáče osikového (4–2 %) a pýchavky obecné (3–2 %). Výsledky potvrzují, že běžná konzumace těchto druhů hub za standardních podmínek nepředstavuje výrazné riziko z hlediska příjmu stříbra.



Obrázek 28 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám TDI pro stříbro

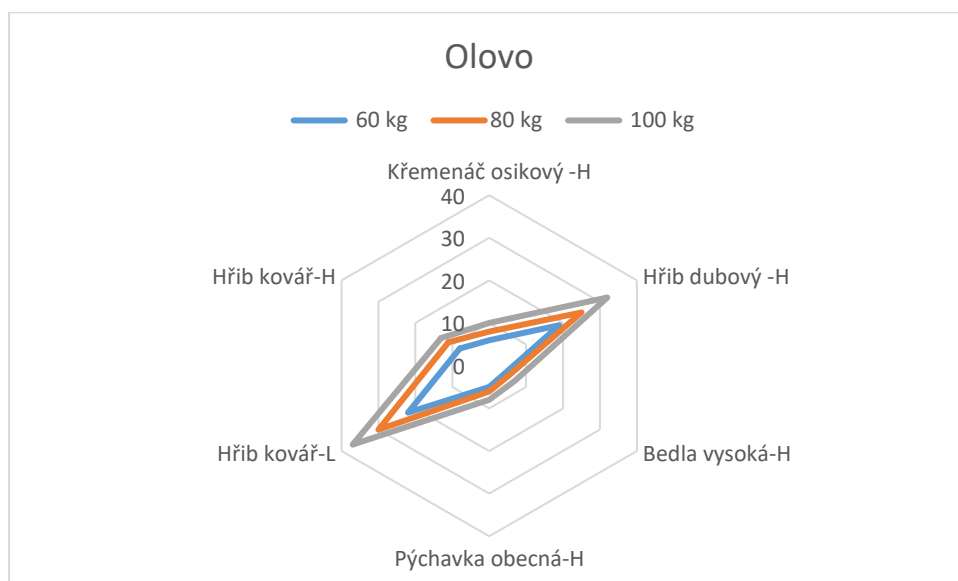
Hodnoty MoE pro nefrotoxicitu olova u jednotlivých druhů hub vykazují výrazné rozdíly v závislosti na hmotnosti konzumenta. Nejnížší hodnoty MoE byly zaznamenány u bedly vysoké (5–8) a křemenáče osikového (8–13), což jsou hodnoty poukazující teoreticky na vyšší potenciální riziko, v porovnání s konzumací. Se zvyšující se tělesnou hmotností dochází obecně k nárůstu hodnot MoE, čímž se snižuje relativní riziko expozice. Pokud je výsledná hodnota MoE parametru > 1 , potom je potravina z hlediska konzumace pro vývoj daného onemocnění považována za bezpečnou (NEKVAPIL, 2025).



Obrázek 29 - Hodnoty MoE pro nefrotoxicitu olova ve vybraných druzích hub

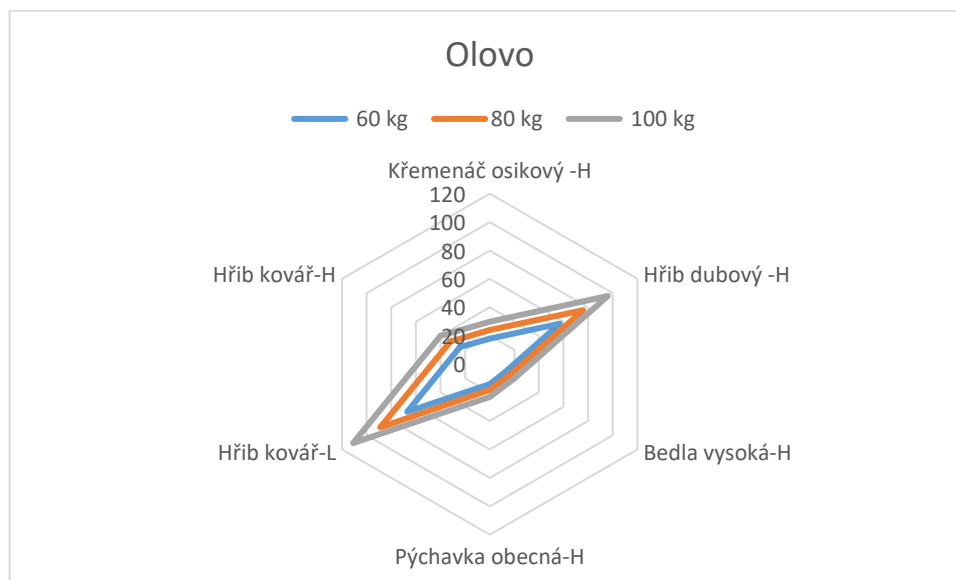
Z výsledků vyplývá, že nejnižší hodnoty MoE pro neurotoxicitu olova byly zjištěny u bedly vysoké (4–7), pýchavky obecné (5–8) a křemenáče osikového (6–10). Naopak nejvyšší MoE vykazoval hřib kovář, nalezený v oblasti Lidečko.

Studie BOON (2017) provedená v Nizozemsku ukázala, že MoE parametr pro vývojovou neurotoxicitu u dětí ve věku 2–6 let byl 0,57 při mediánové expozici a 0,38 při vysoké expozici (95. percentil). Podobně nízké hodnoty byly zaznamenány i u dětí ve věku 7 let a u žen v reprodukčním věku. V rámci antropometrie se rozumí percentilem procento populace, jejíž druhové znaky klesají pod danou hodnotu (například 5. percentil) nebo jsou nad ní (například 95 percentil).



Obrázek 30 - Hodnoty MoE pro neurotoxicitu olova ve vybraných druzích hub

Z hodnocení MoE pro kardiovaskulární efekt olova vyplývá, že nejnižší hodnoty MoE byly zaznamenány u bedly vysoké (12–20). Nejvyšší hodnoty MoE byly opět zjištěny u hříbu kováře, který byl nalezen v oblasti Lidečko při nízké expozici (67–111). Hřib dubový a hřib kovář (vysoká expozice) vykazují střední až vyšší hodnoty MoE (57–96, resp. 24–40).



Obrázek 31 - Hodnoty MoE pro kardiovaskulární efekt olova ve vybraných druzích hub

8.6 Výsledky výpočtu retence pro jednotlivé prvky v sušených vzorcích hub

Biologická dostupnost minerálních prvků je definována jako podíl látky, který je po požití schopen vstoupit do systémového oběhu a být využit organismem pro jeho fyziologické potřeby. Skutečná využitelnost těchto látek však závisí na celé řadě faktorů, včetně fyziologického stavu organismu, složení stravy a přítomnosti dalších sloučenin, které mohou absorpci minerálních prvků podporovat nebo naopak omezovat. Vedle doplňků stravy je běžná potrava nejdůležitějším zdrojem minerálních prvků, avšak ne všechny prvky, které potrava obsahuje, jsou v zažívacím traktu efektivně vstřebávány a využívány (VILIŠOVÁ, 2023).

Absorpce minerálních a stopových prvků je často ovlivněna jejich chemickou formou a interakcemi s jinými složkami stravy. Například přítomnost antinutričních látek, jako je kyselina fytová, může výrazně snížit dostupnost klíčových prvků, jako je zinek, železo, hořčík nebo vápník, jelikož tyto látky tvoří nerozpustné komplexy s minerály, které nejsou

schopny projít střevní stěnou. Tento efekt je často pozorován u rostlinných potravin, například v obilovinách, luštěninách či některých druzích zeleniny a ovoce (WANG a et al., 2021).

Z hlediska nutričního hodnocení potravin je proto důležité nejen kvantitativní stanovení obsahu nutrientů, ale i posouzení jejich skutečné biologické dostupnosti, která může být podstatně nižší v závislosti na složení diety, přítomnosti antinutrientů a dalších interakčních faktorů.

Výsledky vypočtených hodnot retence (RF, %) pro jednotlivé prvky v sušených vzorcích hub jsou uvedeny na obrázcích 32 až 37.

Ve vzorku křemenáče osikového (Hodslavice) byla zjištěna nejvyšší potenciální dostupnost prvků titanu a cesia, jejichž retence se pohybovala jen okolo 0,05 %, tedy případná dostupnost těchto prvků činí přes 99 %. Další v pořadí následovaly makroprvky hořčík a draslík, tyto prvky vykazovaly retence 1 a 2 %. Draslík je klíčový prvek pro funkci buněk a iontovou rovnováhu, jeho nízká retence odpovídá jeho rychlé regulaci a oběhu v těle. Z uvedených údajů vyplývá, že zkoumaný vzorek houby je dobrým zdrojem výše zmíněných minerálních makroprvků, které mají vysokou potenciální vstřebatelnost. Dobrou dostupnost pro lidský organismus prokazoval také arsen, jehož retence se pohybovala okolo 2 %. Vzhledem k tomu, že se jedná o toxický prvek, mohla by mít jeho schopnost snáze se uvolnit z matrice hub negativní dopad na organismus. Mezi další potenciálně dostupné prvky v tomto vzorku se řadí mangan, thallium, selen, fosfor, galium, síra, jejichž retence se pohybovala v rozmezí 4–12 %. Naopak mezi toxické prvky, které vykazovaly vyšší hodnoty retencí u křemenáče osikového patří hliník, jehož retence činila 42,8 %. Obdobné hodnoty byly získány také u vzorku hříbu kováře (Hodslavice), kdy retence byla 42 %. Tyto hodnoty mohou naznačovat, že je prvek hůře biologicky dostupný a zadržuje se v podobě tráveniny a později stolice v tlustém střevě a konečníku. Tato stagnace těžkých kovů ve střevech může být jedním z faktorů propuknutí karcinogenního onemocnění.

Část zbylých prvků vykazovala potenciální dostupnost, která se pohybovala okolo 85 %. Nejhorší dostupnost prokázaly prvky antimonu a ceria, jejichž hodnoty retence činily 84 % a 51 %. Vzhledem k tomu, že se nejedná o zásadní prvky, které jsou v rámci nutriční důležitosti, jejich horší dostupnost není z hlediska výživy zcela podstatná.

Ve vzorku hříbu dubovém (Hodslavice) jsou potenciálně nejvíce dostupné těžké kovy jako stříbro a arsen, jejichž retence nepřesáhla 1 %. K podobným výsledkům došli také při analýze banánové mouky v práci (VILIŠOVÁ, 2023), kde se retence těžkých kovů převážně arsenu, olova a rtuti pohybovaly v rozmezí 1–5 %. Další prvek s nízkou retencí patří obdobně jako u křemenáče osikového radionuklid cesium, jehož retence činila přibližně 0,1 %. Vzhledem k jeho radioaktivním účinkům je třeba hlídat jeho množství ve stravě. Z makroprvků byl dobře dostupný draslík s hodnotami retence cca 1 %, tudíž jeho případná dostupnost představuje cca 99 %. Obdobné hodnoty vykazovaly prvky jako thallium, hořčík a mangan. Při analýze hříbu dubového by se většina stanovovaných prvků vlezla do dostupnosti přibližně 70 %, oproti křemenáči osikovém bylo jen málo prvků, které přesahovaly procenta retence nad 45 %. Nejhorší potenciální dostupnost představoval tantal a vanad, jejichž hodnoty retence činily 90 a 83 %. Obdobně jako u vzorku křemenáče osikového i tyto prvky jsou z hlediska výživy méně podstatné, většina makroprvků měla v tomto vzorku dobrou dostupnost.

Dalším analyzovaným vzorkem byla bedla vysoká (Hodslavice), u které byl jako nejvíce teoreticky dostupný prvek stanoven titan, s hodnotou retence 0,02 %. Podobně jako u křemenáče osikového byla i zde potvrzena dobrá dostupnost draslíku, jehož retence dosáhla přibližně 1 %. Mezi další dobře dostupné makroprvky patří hořčík s retencí okolo 3 %. Vzorek bedly vysoké dále vykazoval vyšší dostupnost thallia, arsenu, boru, cesia, fosforu a selenu, přičemž hodnoty jejich retence se pohybovaly v rozmezí 1–9 %.

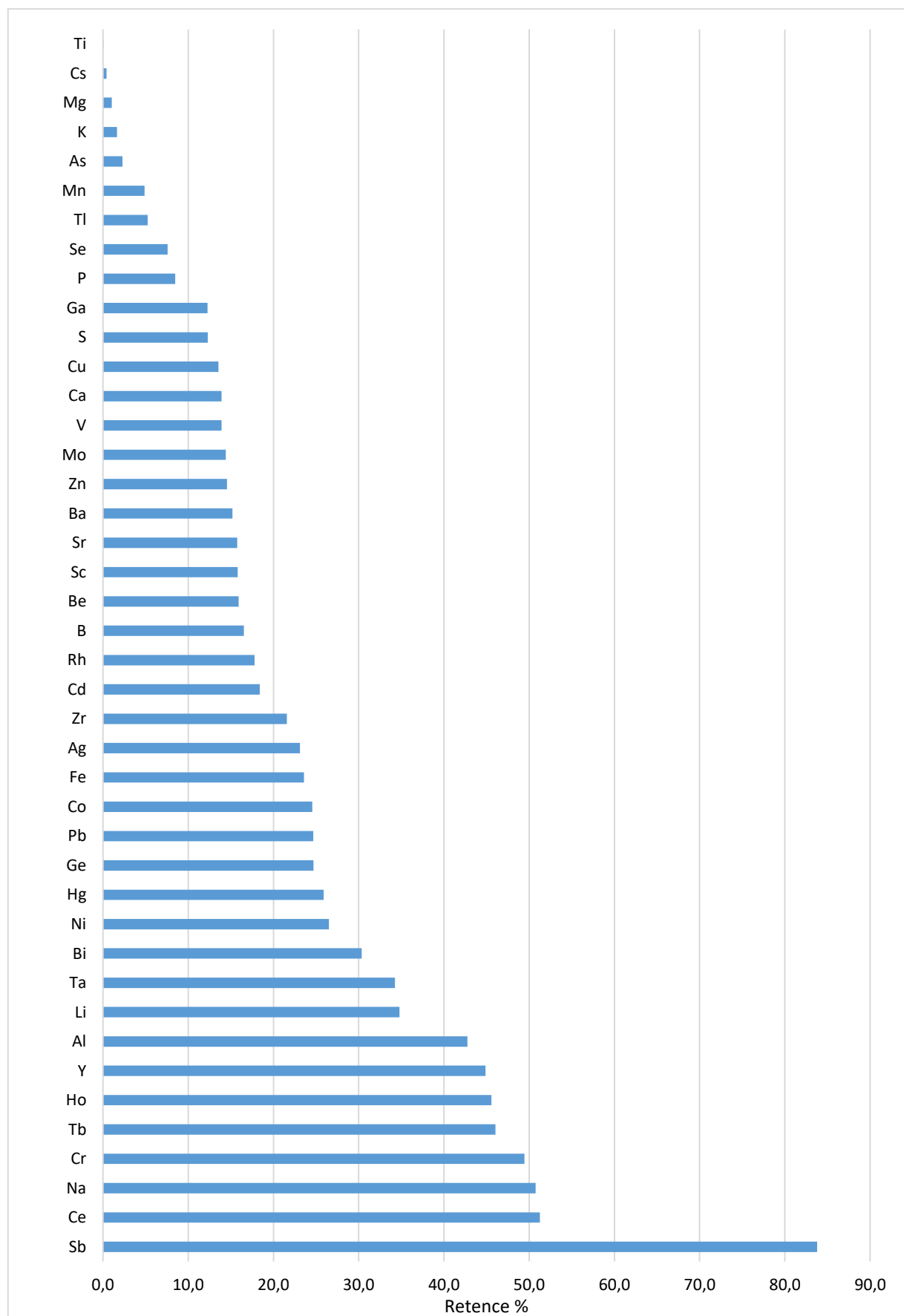
Naopak prvky s nejvyšší retencí byly zirkonium a beryllium, jejich retence činily 85 a 72 %. Díky takto vysokým retencím představují tyto prvky nejhorší dostupnost v rámci vzorku bedly vysoké. Zbýlé prvky se pohybovaly v rozmezí retence 13–63 %.

Z výsledků získaných ze vzorku pýchavky obecné (Hodslavice) je patrné, že nejvyšší retenci vykazují prvky antimon a zirkonium, jejichž hodnoty retencí činí 73 a 72 %. Tyto prvky však nejsou esenciální pro lidské tělo a jejich vyšší přítomnost by mohla souviset s omezeným vylučováním než aktivním vstřebáváním. Naopak nejnižší retenci mají draslík a stříbro, obdobně jako např. u vzorku hříbu dubového. Jejich hodnoty retencí nepřesahují 0,15 %. Kromě draslíku se mezi dobře dostupné makroprvky v pýchavce obecné řadí fosfor a hořčík, jejichž hodnoty retencí jsou cca 4 %. Ve vzorku pýchavky obecné vykazovala vysokou retenci rtuť, jejíž hodnota činila 39 %, podobně jako ve vzorku hříbu kováře (Lidečko), kde hodnota retence rtuti byla 54 %. Jak již bylo výše zmíněno, tyto vysoké

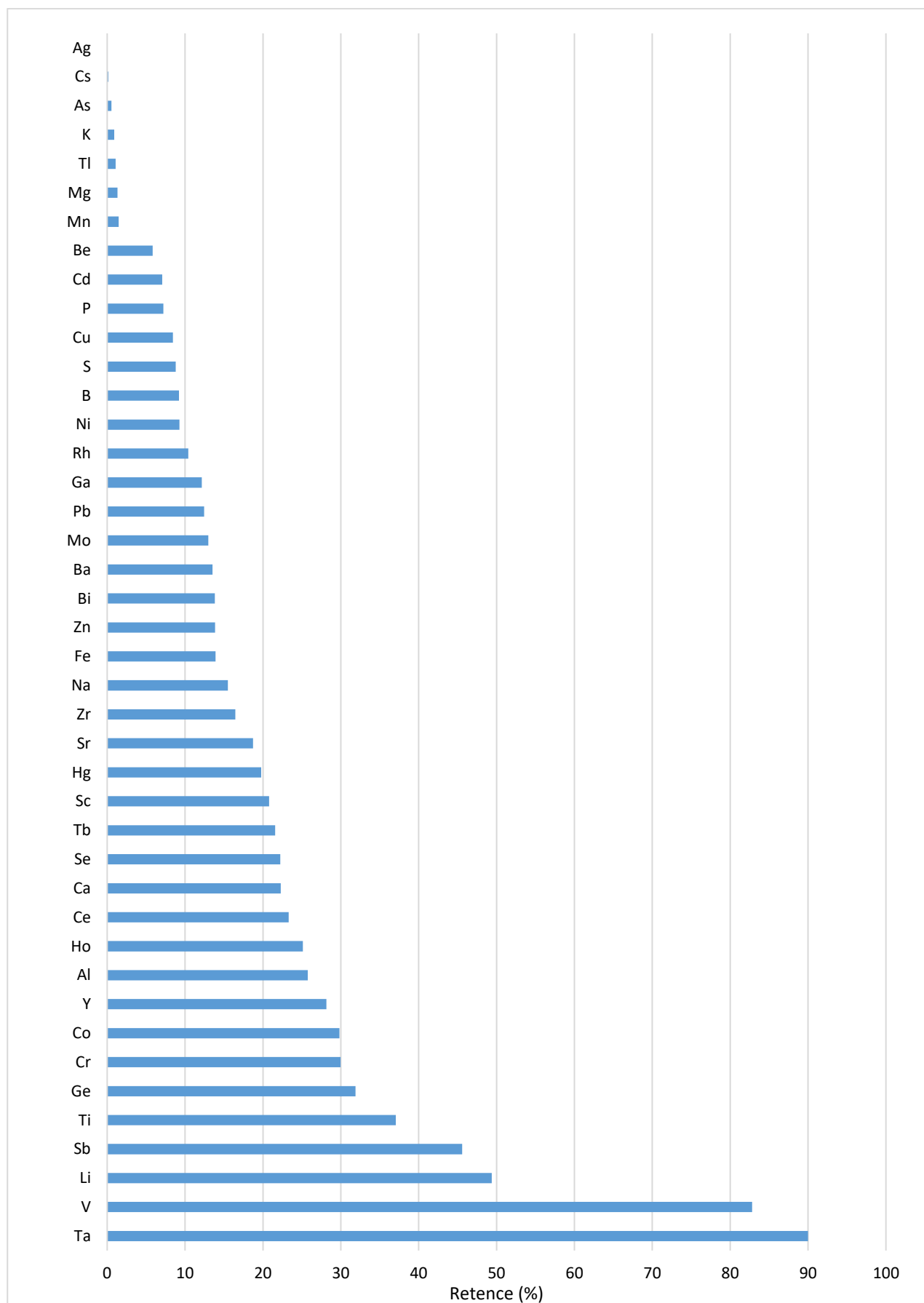
hodnoty retencí mohou mít negativní vliv lidský organismus, z důvodu zadržování toxických prvků ve střevech a působením na střevní sliznici.

Ve vzorku hříbu kováře (Lidečko) představuje stříbro prvek s nejnižší retencí, která činí přibližně 0,2 %. Následuje draslík, hořčík a cesium, jejichž hodnoty retencí se pohybují v rozmezí 1–4 %. Nejvyšší retence byla získána u holmia a germania, tyto hodnoty činily 57 a 56 %. Přesto, že představují tyto prvky zástupce s potenciálně nejhorší dostupností, jsou tyto hodnoty např. oproti hříbu dubovému nízké. V hříbu dubovém byly retence nejméně dostupných prvků stanoveny v hodnotách až 90 %, což činí o třetinu vyšší hodnoty, než u hříbu kováře (Lidečko). Obecně se retence zbylých prvků pohybovaly v rozmezí 5–54 %. Retence prvků v hříbu kováři byly obecně nižší než u ostatních analyzovaných druhů, což naznačuje jejich potenciálně vyšší biologickou dostupnost z tohoto druhu houby.

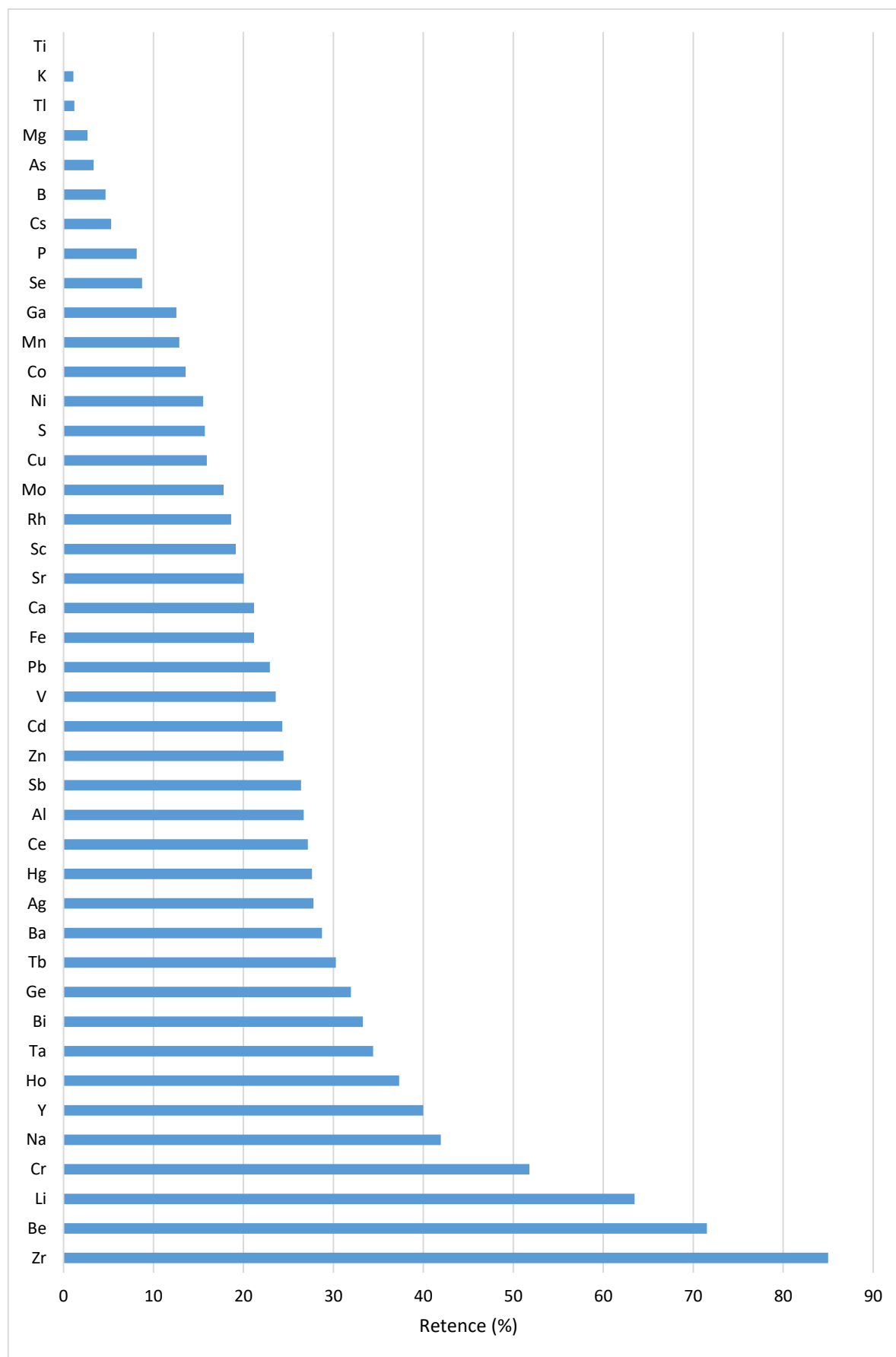
Posledním analyzovaným vzorkem byl taktéž hřib kovář, tentokrát ale z lokality Hodslavice. Přesto, že se jedná o stejný druh jako u předposledního vzorku, hodnoty retencí zde vychází rozdílně než u hříbu kováře z lokality Lidečko. Ve vzorku hříbu kováře z Hodslavic se jako prvek s nejnižší hodnotou retence vyskytovalo cesium, jehož retence byla 0,2 %. Dalšími dobře dostupnými prvky dle výzkumu byly thallium (1 %), arsen (2 %), draslík a hořčík (2). Hořčík a draslík tak prokazují výbornou dostupnost ze všech analyzovaných vzorků. Naopak nejvyšší retenci, která činila 89 %, vykazoval prvek zirkonium. Ostatní prvky se s hodnotami RF pohybovaly v rozmezí 5–72 %.



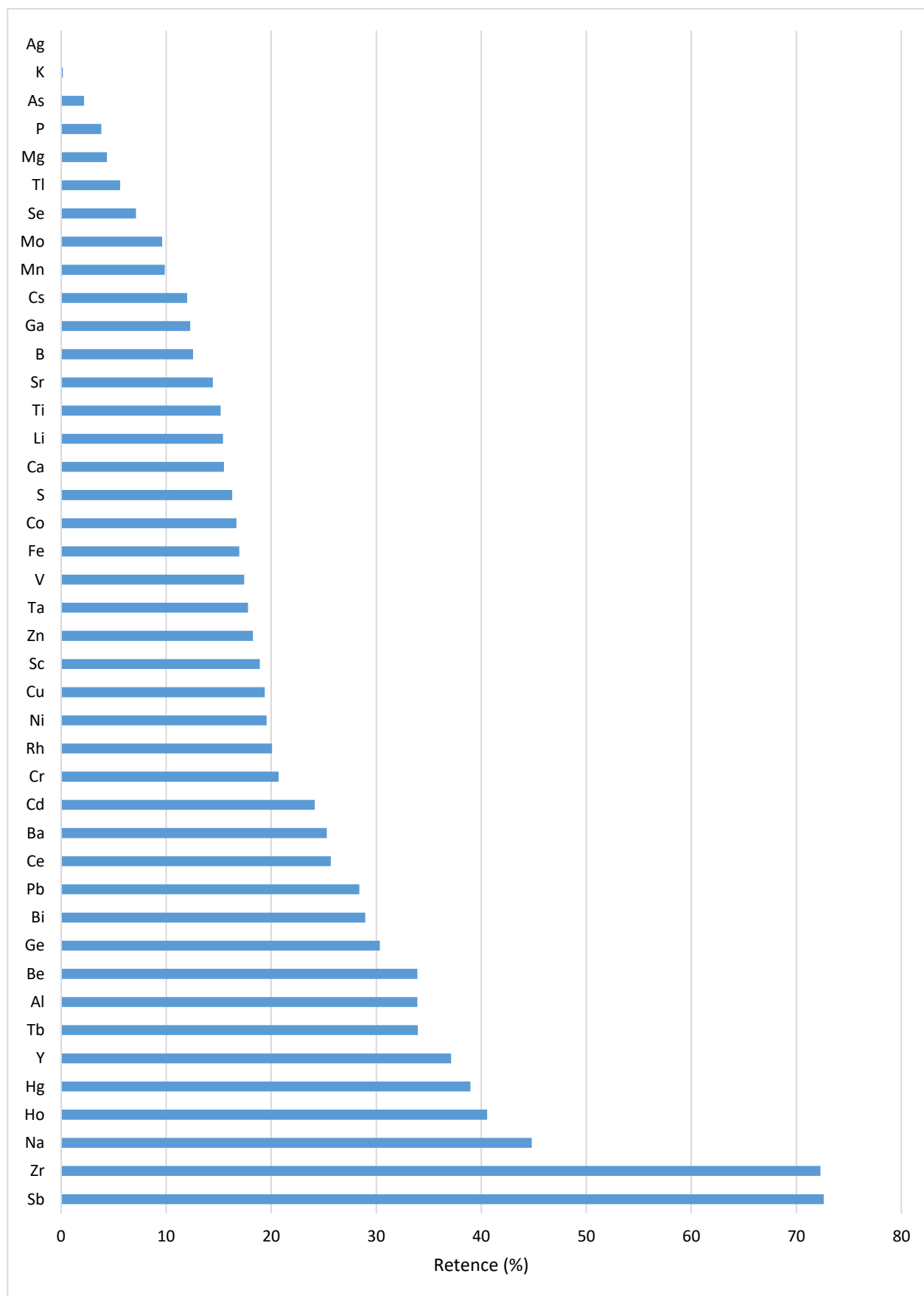
Obrázek 32 - Retence minerálních a stopových prvků v křemenáči osikovém (Hodslavice)



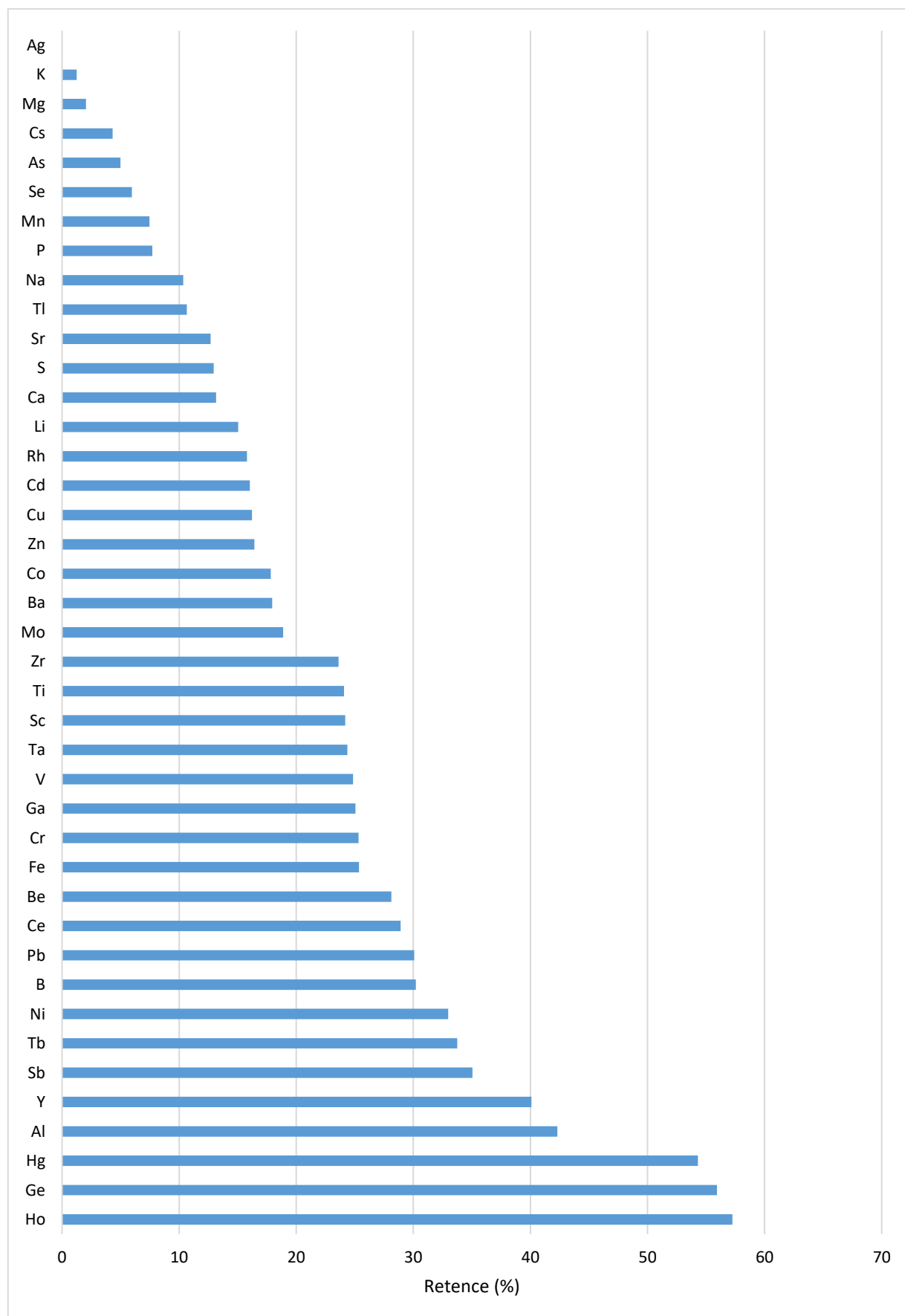
Obrázek 33 - Retence minerálních a stopových prvků v hříbu dubovém (Hodslavice)



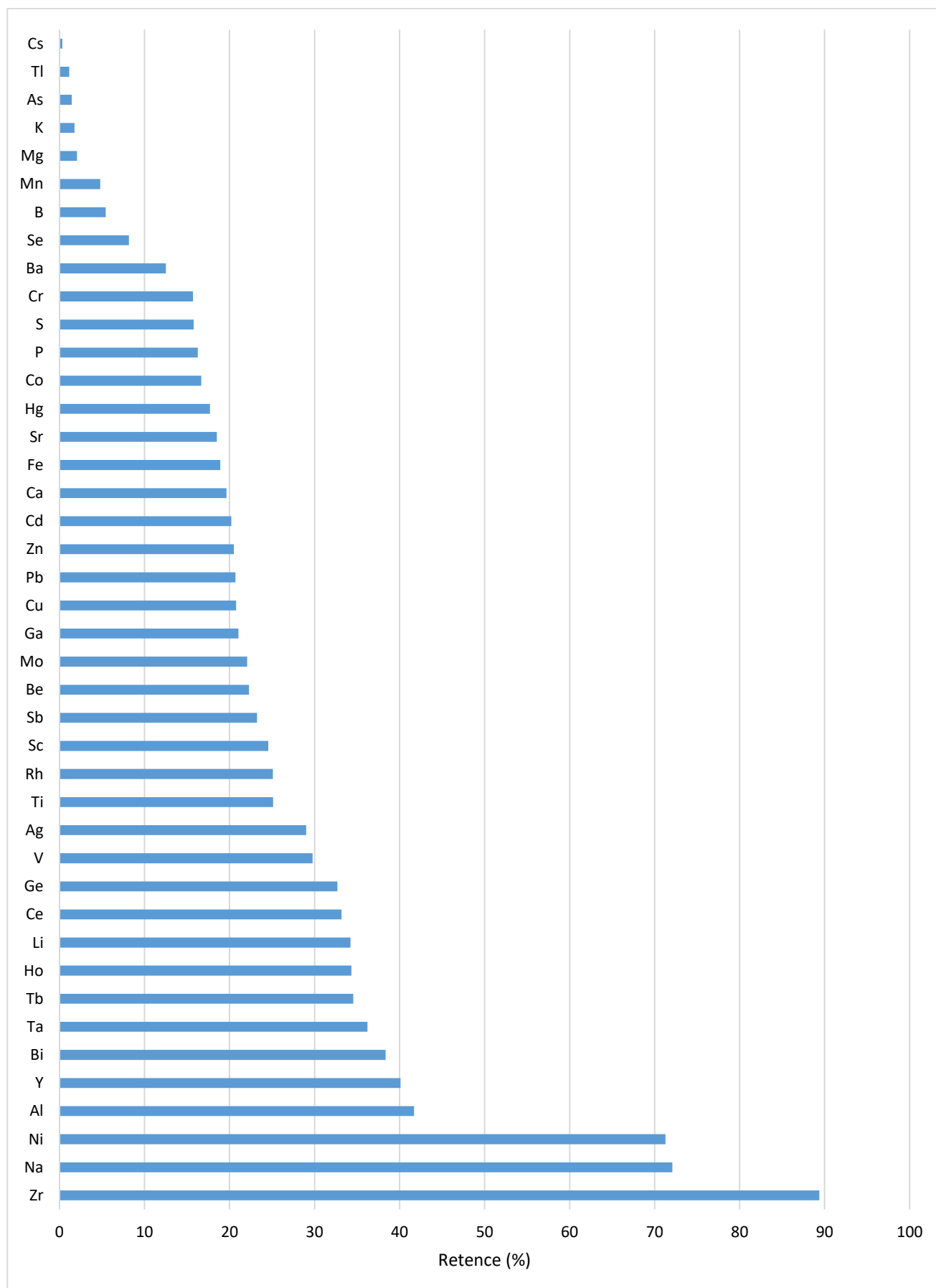
Obrázek 34 - Retence minerálních a stopových prvků v bedle vysoké (Hodslavice)



Obrázek 35 - Retence minerálních a stopových prvků v pýchavce obecné (Hodslavice)



Obrázek 36 - Retence minerálních a stopových prvků v hříbu kováři (Lidečko)



Obrázek 37 - Retence minerálních a stopových prvků v hříbu kováři (Hodslavice)

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo analyzovat vliv stravitelnosti na uvolňování minerálních a stopových prvků z vybraných druhů hub za použití modelu *in vitro* simulace trávení. Byla provedena stanovení obsahu sušiny, popela a minerálních a stopových prvků, a byla vyhodnocena stravitelnost jednotlivých vzorků. Výsledky ukázaly, že existují rozdíly mezi sledovanými druhy hub jak v obsahu prvků, tak v jejich uvolňování během simulovaného trávení.

Obsah sušiny se ve sledovaných vzorcích pohyboval v rozmezí 92,9–95,6 %. Další sledovaný parametr byl obsah popela, který udává množství minerálních látek ve vzorku. Hodnoty se pohybovaly od 6,03 do 8,99 %. Stravitelnost sušiny byla stanovena ve vzorcích hub v rozmezí 87,9–92,3 %.

Dále je z výsledků měření metodou ICP-MS patrné, že draslík s hořčíkem představují dva nejvíce zastoupené prvky ve zkoumaných vzorcích. Hodnoty draslíku byly ve všech analyzovaných vzorcích takřka totožné. Co se týče těžkých kovů, zde je značná variabilita dle daného druhu a v případě hříbu kováře, existují také statisticky významné rozdíly dle zvolené lokality sběru. Vzorky, které měly nevyšší tendence kumulovat těžké kovy byly hřib dubový, pýchavka obecná a bedla vysoká. Naopak vzorek, u něhož byly naměřeny nejnižší koncentrace těžkých kovů byl hřib kovář z lokality Lidečko. Některé druhy vykazovaly nižší stravitelnost a nižší dostupnost určitých prvků, což může být spojeno s vyšším obsahem chitinu a jiných nestravitelných strukturálních polysacharidů. V obsahu radionuklidu cesia byly taktéž značné druhové rozdíly. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u vzorku hříbu dubového, jehož koncentrace činila 1,05 µg/g. Nejnižší hodnoty pak byly získány ze vzorku pýchavky obecné, jejichž obsah cesia činil 10,4 ng/g.

Z hlediska stanovení dietní expozice těžkých kovů, byly zjištěny překročené limity převážně pro rtuť a kadmium. Převážně překročené limity rtuti daných vzorků byly alarmující a poukazovaly na možnost nebezpečí konzumace těchto hub. Nejnižší hodnoty byly získány u hříbu kováře a křemenáče osikového. U ostatních prvků nebyly odchylky od stanovených mezí tak signifikantní.

Poslední analýza byla vztažena na stanovení retence jednotlivých prvků ve vzorcích sušených hub. Retence se u jednotlivých vzorků lišily, ale obecně lze konstatovat, že makroprvky včetně draslíku, hořčíku a fosforu vykazovaly v analyzovaných houbách nízké hodnoty retencí, tedy by teoreticky byly dobře dostupnými prvky pro lidskou výživu.

Výsledky této práce potvrzují význam stravitelnosti jako klíčového faktoru ovlivňujícího nutriční hodnotu hub týkající se obsahu minerálních a stopových prvků. Zároveň ukazují na potenciál vybraných druhů jako zdroje biologicky dostupných minerálních látek. Na druhou stranu je třeba brát v úvahu i riziko akumulace toxických kovů v plodnicích, zejména u hub sbíraných v kontaminovaných lokalitách. Další výzkum by se měl zaměřit na širší spektrum druhů hub, různé fáze růstu plodnic a vliv technologických úprav na stravitelnost a uvolňování prvků.

Přínosem této práce je nejen rozšíření poznatků o nutričním významu volně rostoucích hub, ale i zdůraznění potřeby hodnotit dostupnost živin komplexněji, tedy s ohledem na jejich reálnou stravitelnost a potenciální biologickou dostupnost.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALIZADEH, O., 2011. Mycorrhizal Symbiosis. Online. *Advanced Studies in Biology*. Roč. 3, č. 6, s. 273 - 281. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Omid-Alizadeh-4/publication/216385436_Mycorrhizal_symbiosis/links/546230a90cf2837efdaff1cf/Mycorrhizal-symbiosis.pdf.

BAGYARAJ, DJ, 2014. Mycorrhizal Fungi. Online. Roč. 80, č. 2, s. 415-428. Dostupné z: <https://doi.org/10.16943/ptinsa/2014/v80i2/55118>.

BAROŇ, I., 2004. HLUBOKÁ SVAHOVÁ DEFORMACE NA KOPCÍCH U LIDEČKA: VÝSLEDKY INVENTARIZAČNÍHO A GEOFYZIKÁLNÍHO PRŮZKUMU. Online. Dostupné z: <https://journals.muni.cz/gvms/article/view/4933/3994>.

BASSET, 2014. *Křemenáč osikový*. Online. In: O houbách. Dostupné z: <https://www.ohoubach.cz/atlas-hub/detail/84/Kremenac-osikovy/>.

BASSLER, C.; HEILMANN-CLAUSEN, J.; BRANDL, R.; KARASCH, P. a HALBWACHS, H., 2015. Ectomycorrhizal fungi have larger fruit bodies than saprotrophic fungi. Online. Roč. 17, s. 205-212. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.funeco.2014.06.005>.

BAŽANTOVÁ, A., 2018. *Pozitivní účinky konzumace makromycet na zdraví člověka*. Bakalářská práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Bedla vysoká, 2019. Online. In: Houby-rostou.cz. Dostupné z: <https://www.houby-rostou.cz/bedla-houba-wiki-atlas-hub/>.

BERBEE, MARY L., 2001. The phylogeny of plant and animal pathogens in the Ascomycota. Online. Roč. 59, s. 165-187. Dostupné z: <https://doi.org/doi:10.1006/pmpp.2001.0355>.

BLÁCHOVÁ, P., 2016. *Toxické prvky a jejich kumulace v houbách*. Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

BOROVÍČKA, J., 2007. Houby a stopové prvky. Online. *Vesmír*. Č. 8. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2007/cislo-8/houby-stopove-prvky.html>.

BŘEZOVSKÁ, Silvie, 2009. *Chemické látky v plodnicích vyšších hub*. Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

CIBULKA, J., 1991. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia. ISBN 9788020004017.

COMMISSION REGULATION (EU) 2023/915: on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006, 2023. In: *Official Journal of the European Union*. ISSN <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj/eng>.

ČESKO, 2021. Vyhláška č. 397/2021 Sb. Vyhláška o požadavcích na konzervované ovoce a konzervovanou zeleninu, skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich a banány. Online. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-397>.

ČURDOVÁ, E.; VAVRŮŠKOVÁ, L.; SUCHÁNEK, M.; BALDRIAN, P. a GABRIEL, J., 2004. ICP-MS determination of heavy metals in submerged cultures of wood-rotting fungi. Online. *Talanta*. Roč. 62, č. 3, s. 483-487. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.talanta.2003.08.030>.

DOSTÁLOVÁ, M., 2016. *Utilizace vybraných sacharidů houbového původu orchidejemi a jejich možný přenos v mykorhize*. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze.

FÁFA, 2012. *Hřib kovář*. Online. In: O houbách. Dostupné z: <https://www.ohoubach.cz/atlas-hub/detail/64/Hrib-kovar/>.

FIKAR, J., 2009. *Těžké kovy v houbách*. Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

FRANCIOLI, D.; RIJSSEL, S. Q.V.; RUIJVEN, J., et.al, 2021. Plant functional group drives the community structure of saprophytic fungi in a grassland biodiversity experiment. Online. *Plant Soil*. Roč. 461, s. 91-105. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11104-020-04454-y>.

GARIBOVOVA, Lidija V.; SVRČEK, Mirko a BAINER, Jiří, 1989. *Houby: poznáváme, sbíráme, upravujeme*. 2. Planeta. Praha: Lidové nakladatelství.

GOVORUSHKO, S.; REZAEI, R.; DUMANOV, J. a TSATSAKIS, A., 2019. Poisoning associated with the use of mushrooms: A review of the global pattern and main characteristics. Online. *Food and Chemical Toxicology*. Roč. 128, s. 267-279. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.016>.

HARO, A.; TRESCASTRO, A.; LARA, L.; FÍGARES, I.F.; NIETO, R. et al., 2020. Mineral elements content of wild growing edible mushrooms from the southeast of Spain. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 91. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103504>.

HE, M-Q; ZHAO, R-L; LIU, D-M; DENCHEV, T.T. a BAGEROW, D., 2022. Species diversity of Basidiomycota. Online. *Fungal Diversity*. Roč. 114, č. 1, s. 281–325. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13225-021-00497-3>.

Hodslavice. Online. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?q=hodslavice&source=muni&id=4623&ds=2&x=18.0274748&y=49.5341582&z=13>. [cit. 2025-05-02].

HOLEC, J.; BIELICH, A. a BERAN, M., 2012. *Přehled hub střední Evropy*. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2077-2.

HORÁKOVÁ, T., 2022. *Stanovení vybraných kovů v půdách a v houbách v těsné blízkosti dálnice D1*. Bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

ISLAM, M.R.; TUDRYN, G.; BUCINELL, R.; SCHADLER, L. a PICU, R.C., 2017. Morphology and mechanics of fungal mycelium. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13295-2>.

JANDOVÁ, P., 2009. *Hřibotvaré houby a jejich využití ve školní praxi*. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze.

KALAČ, P., 2008. *Houby: víme, co jíme?* České Budějovice: Dona. ISBN 9788073221126.

KALAČ, P., 2013. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Roč. 2, s. 209-18. ISSN 00225142.

KALAČ, P., 2019. *Mineral composition and radioactivity of edible mushrooms*. London: Academic Press, an imprint of Elsevier. ISBN 978-0-12-817565-1.

KAYAMA, M., 2020. Growth and Nutrient Acclimation of Evergreen Oak Seedlings Infected with *Boletus reticulatus* in Infertile Colluvial Soil in Warm Temperate Monsoon Asia: Evaluation of Early Growth. Online. *Ecophysiology of Forest Succession under Changing Environment*. Roč. 11, č. 8. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f11080870>.

KIRCHNER, K., 2012. *Čertovy skály u Lidečka*. Online. Dostupné z: <https://lokality.geology.cz/726#>.

KLÁN, J., 1989. *Co víme o houbách*. Knižnice mládeže. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. ISBN 80-04-21143-7.

KLUZÁK, Z. a SMOTLACHA, M., 1985. *Poznáváme houby: Poznáváme, sbíráme, upravujeme*. Praha: Svépomoc.

KNAUEROVÁ, M.; SLAVÍČEK, J. a URUBOVÁ, L., 2020. *Atlas hub*. V Brně: Edika. ISBN 978-80-266-1552-1.

KRHOVSKÁ, A., 2013. *INTERAKTIVNÍ ATLAS HUB*. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.

KŘÍŽOVÁ, K., 2017. *TVORBA INFORMAČNÍHO A VÝUKOVÉHO MATERIÁLU S TÉMATEM „ROZMNOŽOVÁNÍ HUB“*. Diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

KUČEROVÁ, A., 2013. *INTERAKTIVNÍ ATLAS HUB*. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.

KUDLÍKOVÁ, I.; KLAUDYOVÁ, A. a HUBERT, J., 2005. Přehled jednotlivých tříd alergenů u prachových a skladištních roztočů (Acarri: Acaridida). Online. *Výzkumný ústav rostlinné výroby*. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Jan-Hubert-2/publication/289525505_Prehled_jednotlivych_trid_alergenu_u_prachovych_a_skladistnich_roztocu_Acari_Acaridida_Mini-review_of_Allergen_Classes_of_House-dust_and_Stored-product_Mites_Acari_Acaridida/links/568e759808aeaa1481b01c5c/Prehled-jednotlivych-trid-alergenu-u-prachovych-a-skladistnich-roztocu-Acari-Acaridida-Mini-review-of-Allergen-Classes-of-House-dust-and-Stored-product-Mites-Acari-Acaridida.pdf.

LEPŠOVÁ, A., 2005. *Houby jako elixír života: hlíva ústříčná (nové poznatky), houževnatec jedlý, penízovka sametonohá, kukmák sklepní a další*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Víkend. ISBN 80-7222-369-0.

Lidečko. Online. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?q=lide%C4%8Dko&source=muni&id=548&ds=2&x=18.0497324&y=49.2122704&z=12>.

LIU, D., 2024. Chapter 138 - Classification of medically important fungi. Online. *Molecular Medical Microbiology (Third Edition)*. S. 2763-2777. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818619-0.00034-4>.

LUKÁŠOVÁ, E., 2017. *Deza je na špici v produkci škodlivin*. Online. Denik.cz. 26.10.2017. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/deza-je-na-spici-v-produkci-skodlivin-20171026.html>.

MAHARACHCHIKUMBURA, S. N. a et al., 2021. Integrative approaches for species delimitation in Ascomycota. Online. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13225-021-00486-6>.

MACHŮ, L., 2016. *Optimalizace metodiky na stanovení stravitelnosti mořských a sladkovodních řas*. Disertační práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

MALÝ, J. *Hřib dubový*. Online. In: Natur Atlas. Dostupné z: <https://houby.naturatlas.cz/hrib-dubovy>.

MIČKOVÁ, Z., 2009. *Včelařství na Novojičínsku*. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita.

MIESLEROVÁ, B.; SEDLÁŘOVÁ, M. a LEBEDA, A., 2015. *Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu*. Univerzita palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4703-2.

MIKŠÍK, M., 2015. *1000 českých a slovenských hub*. Praha: Svojtka & Co. ISBN 978-80-256-1190-6. Dostupné také z: <http://kramerusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:e85db760-2ab0-11ed-9c80-005056827e51>.

MIRANSARI, M., 2011. Hyperaccumulators, arbuscular mycorrhizal fungi and stress of heavy metals. Online. *Biotechnology Advances*. Roč. 29, č. 6, s. 645-653. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.04.006>.

MIŠURCOVÁ, L., 2011. *Seaweed Digestibility and Methods Used for Digestibility Determination*. Chichester: John Wiley. ISBN 978–0–47–0979181.

MURCIA, M.A.; TOMÉ, M.M.; JIMÉNEZ, A.M.; VERA, A.M.; HONRUBIA, M. et al., 2002. Antioxidant Activity of Edible Fungi (Truffles and Mushrooms): Losses during Industrial Processing. Online. *Journal of Food Protection*. Roč. 65, č. 10, s. 1614-1622. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028X-65.10.1614>.

NARANJO-ORTIZ, M. A. a GABALDON, T., 2019. Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. Online. Roč. 94, č. 6, s. 2101-2137. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/brv.12550>.

NEDVĚDOVÁ, Z., 2023. *Výuka hub s využitím 3D modelů*. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita.

NEKVAPIL, J. et al., 2025. The ICP-MS Study on the Release of Toxic Trace Elements from the Non-Cereal Flour Matrixes After In Vitro Digestion and Metal Pollution Index Evaluation. Online. *Foods*. Roč. 14, č. 8. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14081350>.

NOVÁČKOVÁ, J., 2021. *Vertikální migrace Cs-137 v půdním profilu do hloubky 1 m*. Bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

NOWAKOWSKI, P.; MARKIEWICZ-ZUKOWSKA, R.; SOROCZYNSKA, J.; PUSCION-JAKUBIK, A. a et al., 2021. Evaluation of toxic element content and health risk assessment of edible wild mushrooms. Online. *Journal of Food Composition and Analysis*. Roč. 96. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103698>.

PACNER, M., 2005. Vybrané těžké kovy v plodnicích stopkovýtrusých hub v Krkonoších a okolí Trince. Online. *Opera Corcontica*. Roč. 42, s. 91-97. Dostupné z: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/vybrané-tezké-kovy-v-plodnicích-stopkovýtrusých/docview/219215838/se-2>.

PAOLETTI, M.G.; NORBERTO, L.; DAMINI, R. a MUSUMECI, S., 2007. Human Gastric Juice Contains Chitinase That Can Degrade Chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*. Online. *Karger*. Roč. 51, č. 3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1159/000104144>.

PATOČKA, J. a PATOČKOVÁ, M., 2024. Hřib kovář (*Neoboletus luridiformis*): Je to houba dobrá a na řezu modrá. Online. *Toxicology.cz*. Dostupné z: <https://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=1718>.

PATOČKA, J.; JUŘÍČKOVÁ, H. a PATOČKA, R., 2024. Online. *Toxicology.cz*. Dostupné z: <https://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=1588>.

PATRA, M. a SHARMA, A., 2000. Mercury Toxicity in Plants. Online. *THE BOTANICAL REVIEW*. Roč. 66, č. 3. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf02868923>.

PAVELKOVÁ, L., 2014. *Krajinně – ekologická charakteristika území u obce Hodslavice*. Seminární práce. Brno: Masarykova univerzita.

PETŘEKOVÁ, Karolína, 2022. *Návrh nového produktu na základě recyklace odpadních materiálů*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze.

PLUHÁČEK, T. a MAIER, V., 2020. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem - analýza jediné buňky. Online. *Chemické listy*. Roč. 114, č. 3, s. 239-243. Dostupné z: <http://chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3568>.

PRIMA LIVING, 2023. *Je hřib kovář jedlý, nebo nejedlý? Kde houby najdete a jaké recepty jsou nejlepší*. Online. In: Prima Living. Dostupné z: <https://living.iprima.cz/zahrada/je-hrib-kovar-jedly-nebo-nejedly>.

Přehled GHM - biologie. Online. In: Wwww.gymh.cz. Dostupné z: https://www.gymh.cz/vyuka/biologie/prehledy/2bot_11_houby_lisejniky.pdf.

RAGHUKUMAR, S., 2017. *Fungi in Coastal and Oceanic Marine Ecosystems: Marine Fungi*. Online. Cham: Springer International Publishing. ISBN ISBN 978-3-319-54304-8. Dostupné z: <https://doi.org/DOI 10.1007/978-3-319-54304-8>.

RAHMAN, G.N.A., 2022. Heavy metals, definition, sources of food contamination, incidence, impacts and remediation A literature review with recent updates. Online. *Egyptian Journal of Chemistry*. Roč. 65, č. 1, s. 419 - 437. Dostupné z: <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.80825.4004>.

REIS, F.S.; HELENO, S.A. a BARROS, L., 2011. Toward the Antioxidant and Chemical Characterization of Mycorrhizal Mushrooms from Northeast Portugal. Online. Roč. 76, č. 6. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02251.x>.

RICHTER, J. a VĚTVIČKA, V., 2024. Houby – složka zdravé výživy budoucnosti. Online. *General Practitioner / Praktický Lékař*. Roč. 104, č. 2, s. 73-77. ISSN 00326739. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&an=178334021&scope=site>.

ROSYPAL, S., 2003. *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia. ISBN ISBN 978-80- 86960-23-4.

RŮŽIČKOVÁ, K., 2017. *Životní prostředí Zlínského kraje - Vývoj kvality ovzduší*. Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

ŘÍHOVÁ, Š., 2011. *Obsah rtuti v houbách rostoucích poblíž Horního Slavkova*. RIGORÓZNÍ PRÁCE. Praha: Univerzita Karlova v Praze.

SEMERDŽIEVA, M. a VESELSKÝ, J., 1986. *Léčivé houby dříve a nyní*. Praha: Academia. ISBN ISBN 21-129-86.

SLUNEČKO, F., 2022. *Rod holubinka (stopkovýtrusné houby) a jeho současné trendy výzkumu*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova.

SMITH, S.E. a READ, D., 2010. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. ISBN 978-0-12-370526-6.

SOBKOVÁ, M., 2008. *Chemické složení vyšších hub*. Diplomová práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

SOUČKOVÁ, J., 2016. *Houby a jejich význam ve výživě*. Diplomová práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

STAJIC, J. E.; BERBEE, M. L.; BLACKWELL, M.; HIBBET, D. S.; JAMES, T. Y. et al., 2009. The fungi. Online. Roč. 19, č. 18. Dostupné z: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2009.07.004>.

STANKOVÁ, J.; HAJDUCH, M. a DŽUBÁK, P., 2024. IDENTIFIKACE BUNĚČNÝCH CÍLŮ AKTIVNÍCH LÁTEK POMOCÍ MIKROSKOPICKÝCH METOD A FLUORESCENČNÍCH SOND. Online. *Chemické listy*. Roč. 118, č. 3. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.54779/chl20240146>.

STRMEŇ, J., 2012. *CHEMICKÉ SLOŽENÍ JEDLÝCH HUB*. Bakalářská práce. Pardubice: Univerzita Pardubice.

SU, S.; DING, X.; HOU, Y.; LIU, B.; DU, Z. et al., 2023. Structure elucidation, immunomodulatory activity, antitumor activity and its molecular mechanism of a novel polysaccharide from *Boletus reticulatus* Schaeff. Online. *Food Science and Human Wellness*. Roč. 12, č. 2, s. 647-661. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.07.067>.

SUMCZYNSKI, D.; KOUBOVÁ, E.; ŠENKÁROVÁ, L. a ORSAVOVÁ, J., 2018. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. Online. *Food Chemistry*. Roč. 264. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.061>.

SVOBODOVÁ, V. *Lycoperdon perlatum Pers. 1796*. Online. In: Česká mykologická společnost. Dostupné z: <https://www.myko.cz/myko-atlas/Lycoperdon-perlatum/>.

SVRČEK, M., 2005. *Houby*. 5. Aventinum. ISBN 80-868-5808-1.

ŠKVOROVÁ FIALOVÁ, K., 2022. *KONTAMINUJÍCÍ LÁTKY A MYKOTOXINY V POTRAVINOVÝCH DOPLŇCÍCH*. Bakalářská práce. Hradec Králové: Univerzita Karlova.

ŠŤASTNÁ, K.; SUMCZYNSKI, D. a YALCIN, E., 2021. Nutritional Composition, In Vitro Antioxidant Activity and Phenolic Profile of Shortcrust Cookies Supplemented by Edible Flowers. Online. *Foods*. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10112531>.

TANG, Z.X.; SHI, L.E.; JIANG, Z.B.; BAI, X.L. a YING, R.F., 2023. Calcium Enrichment in Edible Mushrooms: A Review. Online. *Journal of Fungi*. Roč. 9, č. 3. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jof9030338>.

TEJKAL, K. *Leccinum rufum* (Schaeff.) Kreisel 1983. Online. *Česká mykologická společnost*. Dostupné z: <https://www.myko.cz/myko-atlas/Leccinum-rufum/>.

VAJNAHIJ, V., 2023. *Snížení vlivu polyatomických interferencí při stanovení As a Se metodou ICP-MS*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze.

VALJENTOVÁ, L., 2022. *Pýchavka chutná skvěle, cukr ji promění v delikatesu. Nikdy do ní nekopejte !*. Online. In: Living.prima. Dostupné z: <https://living.iprima.cz/zahrada/pychavka-obecna-recept>.

VÁŇA, P., 2004. *Léčivé houby podle bylináře Pavla*. Praha: Eminent. ISBN 80-7281-113-4.

VELÍŠEK, J., 1999. *CHEMIE POTRAVIN*. 2. Tábor: OSSIS. ISBN 80-902391-4-5.

VETCHÁ, V., 2023. *PŘÍPRAVA POTRAVINOVÝCH DOPLŇKŮ NA BÁZI VZÁCNÝCH DRUHŮ HUB*. Diplomová práce, vedoucí Ing. Julie Hoová, Ph.D. Brno: Vysoké učení technické v Brně.

VILIŠOVÁ, K., 2023. *Analýza minerálních prvků netradičních mouk*. Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

VINICHUK, M.; DAHLBERG, A. a ROSEN, K., 2011. Cesium (137Cs and 133Cs), Potassium and Rubidium in Macromycete Fungi and Sphagnum Plants. Online. *Department of Ecology*. Roč. 14.

WANG, B a QIU, YL, 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. Online. *Mycorrhiza*. Roč. 16, č. 5, s. 299-363. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00572-005-0033-6>.

WANG, W.; TAN, J.; NIMA, L.; SANG, Y.; CAI, X. et al., 2022. Polysaccharides from fungi: A review on their extraction, purification, structural features, and biological activities. Online. Roč. 15, č. 30. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100414>.

WANG, X. a et al., 2021. Approaches to evaluate nutrition of minerals in food. Online. *Food Science and Human Wellness*. Roč. 10. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.02.002>.

WANG, X.M.; ZANG, J.; WU, L.H. a ZHAO, Y.L., 2014. A mini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China. Online. *Food Chemistry*. Roč. 151, s. 279-285. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.062>.

WANI, B.A.; BODHA, R.H. a WANI, A.H., 2010. Nutritional and medicinal importance of mushrooms. Online. *Academic Journals*. Roč. 4, č. 24. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Ab-Hamid-Wani/publication/266012160_Nutritional_and_medicinal_importance_of_mushrooms/link/s/5566a85908aecd77735a58e/Nutritional-and-medicinal-importance-of-mushrooms.pdf.

YANG, L.; PARK, D. a QIN, Z., 2021. Material Function of Mycelium-Based Bio-Composite: A Review. Online. Roč. 8. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmats.2021.737377>.

YANG, Y. a YU, B., 2014. Recent advances in the synthesis of chitooligosaccharides and congeners. Online. *Tetrahedron*. Roč. 70, č. 5, s. 1023-1046. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tet.2013.11.064>.

ZENG, CH.; LI, J.; LIU, H. a WANG, Y., 2023. Review of postharvest processing of edible wild-grown mushrooms. Online. *Food Research International*. Roč. 173, č. 1. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113223>.

ZPRÁVA O STAVU A VÝVOJI ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ZA ROK 2023, 2023.
https://www.deza.cz/sites/default/files/prilohy/2023_vyrocní_zprava_deza_po_uprave.pdf.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Morfologická stavba těla hub	19
Obrázek 2 - Tvary klobouku hub	20
Obrázek 3 - Tvary připojení klobouku na třeně	20
Obrázek 4 - Rozmnožovací cyklus stopkovýtusných hub	24
Obrázek 5 - Hřib dubový	25
Obrázek 6 - Bedla vysoká	26
Obrázek 7 - Pýchavka obecná	27
Obrázek 8 - Křemenáč osikový	28
Obrázek 9 - Hřib kovář	29
Obrázek 10 - Lokalita Hodslavice, červený křížek značí oblast, kde byly houby nalezeny	44
Obrázek 11 - Lokalita Lidečko, červený křížek značí oblast, kde byl nalezen hřib kovář	45
Obrázek 12 - Proces sušení hub při pokojové teplotě	48
Obrázek 13 - Finálně upravené vzorky hub	48
Obrázek 14 - Obsah makroprvků draslíku a hořčíku v nativních vzorcích hub	63
Obrázek 15 - Obsah makroprvků fosforu, vápníku, sodíku a síry v nativních vzorcích hub	63
Obrázek 16 - Obsah prvků mědi, zinku a železa v nativních vzorcích hub	65
Obrázek 17 - Obsah stopových prvků manganu, selenu, titanu, boru, stroncia a lithia v nativních vzorcích hub	66
Obrázek 18 - Obsah stopových prvků chromu, barya, skandia, molybdenu, kobaltu a galia v nativních vzorcích hub	67
Obrázek 19 - Obsah stopových prvků vanadu, zirkonia, antimonu, bismutu, ceria a thallia v nativních vzorcích hub	68
Obrázek 20 - Obsah stopových prvků yttria, tantalu, beryllia, germania, rhodia, terbia, holmia v nativních vzorcích hub	68
Obrázek 21 - Obsah toxických prvků v nativních vzorcích hub	71
Obrázek 22 - Obsah cesia v nativních vzorcích hub	72
Obrázek 23 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám PTWI pro hliník	73
Obrázek 24 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám PTWI pro rtuť	74
Obrázek 25 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám PTWI pro kadmium	75
Obrázek 26 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám TDI pro nikl	76
Obrázek 27 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám TDI pro arsen	76

Obrázek 28 - Procentuální příspěvky sledovaných druhů hub k hodnotám TDI pro stříbro	77
Obrázek 29 - Hodnoty MoE pro nefrotoxicitu olova ve vybraných druzích hub	78
Obrázek 30 - Hodnoty MoE pro neurotoxicitu olova ve vybraných druzích hub	78
Obrázek 31 - Hodnoty MoE pro kardiovaskulární efekt olova ve vybraných druzích hub ..	79
Obrázek 32 - Retence minerálních a stopových prvků v křemenáči osikovém (Hodslavice)	83
Obrázek 33 - Retence minerálních a stopových prvků v hříbu dubovém (Hodslavice)	84
Obrázek 34 - Retence minerálních a stopových prvků v bedle vysoké (Hodslavice)	85
Obrázek 35 - Retence minerálních a stopových prvků v pýchavce obecné (Hodslavice) ...	86
Obrázek 36 - Retence minerálních a stopových prvků v hříbu kováři (Lidečko).....	87
Obrázek 37 - Retence minerálních a stopových prvků v hříbu kováři (Hodslavice).....	88

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Obsah majoritních minerálních prvků hub	35
Tabulka 2 - Obsah méně těžkých kovů v plodnicích hub	39
Tabulka 3 - Přehled množství nebezpečných odpadů v průběhu let 2020–2023 zveřejněný firmou DEZA a.s.....	44
Tabulka 4 - Obsah sušiny ve vybraných druzích hub	58
Tabulka 5 - Obsah popela ve vybraných vzorkách hub	59
Tabulka 6 - Výsledky stanovení stravitelnosti	60

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN České technické normy

ND Nezjištěno

DMD Stravitelnost sušiny (Dry Matter Digestibility)

OMD Stravitelnost organické hmoty (Organic Matter Digestibility)

ICP-MS Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)

RF Retenční faktor

SD Směrodatná odchylka

PTWI Prozatímní tolerovatelný týdenní příjem toxického prvku (Provisional Tolerable Weekly Intake)

PTMI Prozatímní tolerovatelný měsíční příjem toxického prvku (Provisional Tolerable Monthly Intake)

TDI Tolerovatelný denní příjem toxického prvku (Tolerable Daily Intake)

MoE Rozpětí expozice (Margin of Exposure)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výsledky stanovení minerálních prvků v křemenáči osikovém

Příloha P II: Výsledky stanovení minerálních prvků v hříbu dubovém

Příloha P III: Výsledky stanovení minerálních prvků v bedle vysoké

Příloha P IV: Výsledky stanovení minerálních prvků v pýchavce obecné

Příloha P V: Výsledky stanovení minerálních prvků v hříbu kováři (Lidečko)

Příloha P VI: Výsledky stanovení minerálních prvků v hříbu kováři (Hodslavice)

PŘÍLOHA P I: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ V KŘEMENÁČI OSIKOVÉM

KŘEMENÁČ OSIKOVÝ							
	Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %		Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %
	Koncentrace ng/g	Koncentrace ng/g			Koncentrace μg/g	Koncentrace μg/g	
⁷ Li	183	549	35	²³ Na	5,05	22,1	51
⁹ Be	2,44	3,35	16	²⁴ Mg	167	15,0	1
¹¹ B	126	179	17	²⁷ Al	3,31	12,2	43
¹¹¹ Cd	85,1	135	18	³¹ P	81,1	59,2	8
¹²¹ Sb	2,99	21,6	84	³² S	3,15	3,34	12
¹³³ Cs	248	9,06	0	³⁹ K	734	105	2
¹³⁷ Ba	43,4	56,8	15	⁵⁵ Mn	5,65	2,38	5
¹⁴⁰ Ce	6,94	30,7	51	⁵⁷ Fe	2,18	4,43	24
¹⁵⁹ Tb	0,16	0,64	46	⁶³ Cu	19,8	23,1	14
⁴⁰ Ca	67,5	80,9	14	⁶⁶ Zn	15,5	19,5	15
⁴⁵ Sc	53,0	72,3	16	¹⁰⁷ Ag	1,23	2,45	23
⁴⁸ Ti	839	3,33	0				
⁵¹ V	1,36	1,63	14				
⁵² Cr	37,1	158	49				
¹⁶⁵ Ho	0,14	0,55	46				
¹⁸¹ Ta	1,53	4,52	34				
⁵⁹ Co	22,3	47,3	25				
⁶⁰ Ni	175	400	27				
²⁰² Hg	3,52	7,86	26				
²⁰⁵ Tl	1,42	0,64	5				
⁷¹ Ga	10,9	11,5	12				
⁷³ Ge	1,35	2,87	25				
⁷⁵ As	35,1	6,89	2				
⁷⁷ Se	234	153	8				
⁸⁸ Sr	221	300	16				
⁸⁹ Y	3,38	13,1	45				
⁹⁰ Zr	5,08	9,45	22				
⁹⁵ Mo	178	221	14				
¹⁰³ Rh	0,45	0,69	18				
²⁰⁸ Pb	501	1065	25				
²⁰⁹ Bi	4,58	12,0	30				
²³⁸ U	ND						

PŘÍLOHA P II: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ V HŘIBU DUBOVÉM

HŘIB DUBOVÝ							
	Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %		Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %
	Koncentrace ng/g	Koncentrace ng/g			Koncentrace μg/g	Koncentrace μg/g	
⁷ Li	92,5	486	49	²³ Na	9,53	15,7	15
⁹ Be	4,53	2,82	6	²⁴ Mg	131	18,4	1
¹¹ B	98,6	96,7	9	²⁷ Al	7,48	20,5	26
¹¹¹ Cd	1,21	0,91	7	³¹ P	66,7	51,2	7
¹²¹ Sb	4,64	22,5	46	³² S	3,24	3,03	9
¹³³ Cs	1047	15,8	0	³⁹ K	733	71,4	1
¹³⁷ Ba	64,9	93,5	14	⁵⁵ Mn	8,35	1,32	1
¹⁴⁰ Ce	18,5	45,9	23	⁵⁷ Fe	3,33	4,93	14
¹⁵⁹ Tb	0,34	0,78	22	⁶³ Cu	10,3	9,26	8
⁴⁰ Ca	73,8	175	22	⁶⁶ Zn	6,85	10,1	14
⁴⁵ Sc	53,8	119	21	¹⁰⁷ Ag	562	2,68	0
⁴⁸ Ti	1,07	4,22	37				
⁵¹ V	3,49	30,7	83				
⁵² Cr	64,3	205	30				
¹⁶⁵ Ho	0,29	0,78	25				
¹⁸¹ Ta	2,37	22,7	90				
⁵⁹ Co	19,8	62,8	30				
⁶⁰ Ni	784	774	9				
²⁰² Hg	7,34	15,4	20				
²⁰⁵ Tl	9,85	1,15	1				
⁷¹ Ga	10,7	13,9	12				
⁷³ Ge	1,45	4,92	32				
⁷⁵ As	61,7	3,63	1				
⁷⁷ Se	3,66	8,65	22				
⁸⁸ Sr	324	646	19				
⁸⁹ Y	6,13	18,4	28				
⁹⁰ Zr	4,87	8,53	16				
⁹⁵ Mo	45,6	63,0	13				
¹⁰³ Rh	0,23	0,26	10				
²⁰⁸ Pb	157	208	12				
²⁰⁹ Bi	43,9	64,5	14				
²³⁸ U	ND						

PŘÍLOHA P III: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ V BEDLE VYSOKÉ

BEDLA VYSOKÁ							
	Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %		Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %
	Koncentrace ng/g	Koncentrace ng/g			Koncentrace μg/g	Koncentrace μg/g	
⁷ Li	65,3	282	63	²³ Na	3,54	10,1	42
⁹ Be	0,74	3,60	72	²⁴ Mg	255	46,1	3
¹¹ B	243	77,3	5	²⁷ Al	6,52	11,8	27
¹¹¹ Cd	277	458	24	³¹ P	149	82,6	8
¹²¹ Sb	1,72	3,09	26	³² S	2,87	3,07	16
¹³³ Cs	13,3	4,79	5	³⁹ K	735	54,8	1
¹³⁷ Ba	45,8	89,5	29	⁵⁵ Mn	5,67	4,96	13
¹⁴⁰ Ce	9,62	17,8	27	⁵⁷ Fe	7,60	11,0	21
¹⁵⁹ Tb	0,17	0,35	30	⁶³ Cu	26,9	29,1	16
⁴⁰ Ca	56,1	80,8	21	⁶⁶ Zn	5,88	9,78	24
⁴⁵ Sc	45,6	59,4	19	¹⁰⁷ Ag	282	533	28
⁴⁸ Ti	796	1,26	0				
⁵¹ V	2,45	3,93	24				
⁵² Cr	73,8	260	52				
¹⁶⁵ Ho	0,13	0,33	37				
¹⁸¹ Ta	1,97	4,61	34				
⁵⁹ Co	40,5	37,4	14				
⁶⁰ Ni	56,9	60,1	16				
²⁰² Hg	5,46	10,3	28				
²⁰⁵ Tl	12,9	1,06	1				
⁷¹ Ga	26,7	22,8	13				
⁷³ Ge	3,13	6,81	32				
⁷⁵ As	54,4	12,4	3				
⁷⁷ Se	295	175	9				
⁸⁸ Sr	179	244	20				
⁸⁹ Y	3,05	8,30	40				
⁹⁰ Zr	5,31	30,7	85				
⁹⁵ Mo	124	150	18				
¹⁰³ Rh	0,73	0,93	19				
²⁰⁸ Pb	750	1170	23				
²⁰⁹ Bi	92,3	209	33				
²³⁸ U	ND						

**PŘÍLOHA P IV: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
V PÝCHAVCE OBECNÉ**

PÝCHAVKA OBECNÁ							
	Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %		Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %
	Koncentrace ng/g	Koncentrace ng/g			Koncentrace μg/g	Koncentrace μg/g	
⁷ Li	171	269	15	²³ Na	3,16	14,4	45
⁹ Be	1,36	4,71	34	²⁴ Mg	270	120	4
¹¹ B	75,3	96,5	13	²⁷ Al	17,9	61,9	34
¹¹¹ Cd	1,08	2,66	24	³¹ P	157	60,9	4
¹²¹ Sb	2,48	18,4	73	³² S	3,26	5,42	16
¹³³ Cs	10,4	12,7	12	³⁹ K	733	11,17	0
¹³⁷ Ba	63,5	163,9	25	⁵⁵ Mn	8,60	8,67	10
¹⁴⁰ Ce	46,3	121,3	26	⁵⁷ Fe	12,6	21,8	17
¹⁵⁹ Tb	0,75	2,61	34	⁶³ Cu	27,9	55,1	19
⁴⁰ Ca	64,0	101,2	15	⁶⁶ Zn	13,8	25,7	18
⁴⁵ Sc	65,4	126,3	19	¹⁰⁷ Ag	971	2,53	0
⁴⁸ Ti	1,33	2,07	15				
⁵¹ V	7,37	13,1	17				
⁵² Cr	140	296	21				
¹⁶⁵ Ho	0,47	1,95	41				
¹⁸¹ Ta	4,06	7,38	18				
⁵⁹ Co	41,6	70,8	17				
⁶⁰ Ni	374	747	20				
²⁰² Hg	4,88	19,4	39				
²⁰⁵ Tl	4,46	2,56	6				
⁷¹ Ga	28,6	35,8	12				
⁷³ Ge	4,77	14,8	30				
⁷⁵ As	53,0	11,8	2				
⁷⁷ Se	510	370	7				
⁸⁸ Sr	272	401	14				
⁸⁹ Y	10,8	40,9	37				
⁹⁰ Zr	11,7	86,3	72				
⁹⁵ Mo	136	133	10				
¹⁰³ Rh	0,81	1,66	20				
²⁰⁸ Pb	654	1895	28				
²⁰⁹ Bi	44,1	130	29				
²³⁸ U	ND						

**PŘÍLOHA P V: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
V HŘIBU KOVÁŘÍ (LIDEČKO)**

HŘIB KOVÁŘ LIDEČKO							
	Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %		Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %
	Koncentrace ng/g	Koncentrace ng/g			Koncentrace μg/g	Koncentrace μg/g	
⁷ Li	220	269	15	²³ Na	17,7	14,9	10
⁹ Be	2,42	5,53	28	²⁴ Mg	145	24,0	2
¹¹ B	1,05	2,58	30	²⁷ Al	28,7	98,7	42
¹¹¹ Cd	108	141	16	³¹ P	77,3	48,5	8
¹²¹ Sb	17,0	48,5	35	³² S	3,15	3,32	13
¹³³ Cs	89,1	31,3	4	³⁹ K	730	73,8	1
¹³⁷ Ba	113	165	18	⁵⁵ Mn	7,89	4,79	7
¹⁴⁰ Ce	67,6	159	29	⁵⁷ Fe	11,2	23,1	25
¹⁵⁹ Tb	0,86	2,36	34	⁶³ Cu	13,4	17,7	16
⁴⁰ Ca	72,3	77,3	13	⁶⁶ Zn	10,6	14,2	16
⁴⁵ Sc	80,9	159	24	¹⁰⁷ Ag	685	1,18	0
⁴⁸ Ti	1632	3195	24				
⁵¹ V	14,4	29,1	25				
⁵² Cr	218	449	25				
¹⁶⁵ Ho	0,39	1,82	57				
¹⁸¹ Ta	3,14	6,23	24				
⁵⁹ Co	49,3	71,5	18				
⁶⁰ Ni	192	515	33				
²⁰² Hg	0,41	1,81	54				
²⁰⁵ Tl	2,51	2,18	11				
⁷¹ Ga	20,4	41,6	25				
⁷³ Ge	3,38	15,4	56				
⁷⁵ As	33,4	13,5	5				
⁷⁷ Se	789	382	6				
⁸⁸ Sr	389	401	13				
⁸⁹ Y	11,1	36,2	40				
⁹⁰ Zr	8,39	16,1	24				
⁹⁵ Mo	62,0	95,2	19				
¹⁰³ Rh	0,42	0,54	16				
²⁰⁸ Pb	135	330	30				
²⁰⁹ Bi	ND	ND					
²³⁸ U	ND						

**PŘÍLOHA P VI: VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ
V HŘIBU KOVÁŘÍ (HODSLAVICE)**

HŘIB KOVÁŘ HODSLAVICE							
	Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %		Nativní koncentrace	Nestrávená koncentrace	RF %
	Koncentrace ng/g	Koncentrace ng/g			Koncentrace μg/g	Koncentrace μg/g	
⁷ Li	130	273	34	²³ Na	3,96	17,5	72
⁹ Be	2,33	3,18	22	²⁴ Mg	134	16,8	2
¹¹ B	274	91,5	5	²⁷ Al	6,80	17,4	42
¹¹¹ Cd	201	249	20	³¹ P	62,6	62,4	16
¹²¹ Sb	24,6	35,0	23	³² S	3,11	3,02	16
¹³³ Cs	697	14,4	0	³⁹ K	733	79,1	2
¹³⁷ Ba	68,0	52,2	13	⁵⁵ Mn	6,70	1,97	5
¹⁴⁰ Ce	11,2	22,8	33	⁵⁷ Fe	5,82	6,75	19
¹⁵⁹ Tb	0,21	0,45	35	⁶³ Cu	14,3	18,2	21
⁴⁰ Ca	61,2	73,7	20	⁶⁶ Zn	12,4	15,6	21
⁴⁵ Sc	43,5	65,5	25	¹⁰⁷ Ag	1,84	3,27	29
⁴⁸ Ti	879	1355	25				
⁵¹ V	22,6	41,3	30				
⁵² Cr	136	131	16				
¹⁶⁵ Ho	0,19	0,40	34				
¹⁸¹ Ta	2,35	5,22	36				
⁵⁹ Co	16,1	16,5	17				
⁶⁰ Ni	40,7	178	71				
²⁰² Hg	350	380	18				
²⁰⁵ Tl	15,1	1,06	1				
⁷¹ Ga	11,7	15,1	21				
⁷³ Ge	1,74	3,49	33				
⁷⁵ As	53,2	4,67	1				
⁷⁷ Se	871	436	8				
⁸⁸ Sr	253	287	18				
⁸⁹ Y	4,20	10,3	40				
⁹⁰ Zr	11,6	63,6	89				
⁹⁵ Mo	68,3	92,5	22				
¹⁰³ Rh	0,38	0,59	25				
²⁰⁸ Pb	379	481	21				
²⁰⁹ Bi	18,4	43,3	38				
²³⁸ U	ND						