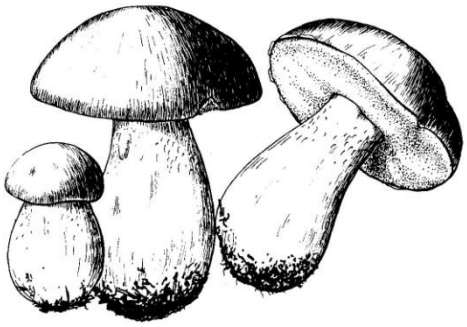
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí

Studium kumulace vybraných těžkých kovů ve stopkovýtrusných houbách

Roman Březina



Bakalářská práce

předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Bc. v oboru
Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, Ph.D.

Olomouc 2013

© Roman Březina, 2013

Březina, R. (2013): Studium kumulace vybraných těžkých kovů ve stopkovýtrusných houbách. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 45 s. 1 příloha, česky.

Abstrakt

Práce se zabývá kumulací těžkých kovů ve stopkovýtrusných houbách a v půdě. Na každé lokalitě bylo odebráno 7 stejných druhů hub a 30 vzorků půdy z hloubek 0-5, 5-15 a 15-30 cm. Byly vybrány tři lokality v České republice (Krakovec, Baška, Třinec - Odkaliště), ve kterých se běžně vyskytovaly druhy hub - kozák březový, liška obecná, křemenáč osikový, klouzek sličný, muchomůrka růžovka, hřib smrkový a hřib žlutomasý. Stanovovanými kovy byly (Zn, Ni, Pb, Cd, Cu). Metoda pro stanovení těžkých kovů, byla použita plamenová atomová absorpční spektrofotometrie. Lokalita Krakovec se nachází v CHKO Křivoklátsko, místo vykazuje nejnižší obsah kovů v půdě a v houbách. Lokalita Baška se nachází v blízkosti dvou průmyslových aglomerací Ostrava a Třinec a má vysoký obsah těžkých kovů v houbách a v půdě. Třetí lokalita Třinec-Odkaliště se nachází na místě antropogenně vzniklém, je nejvíce postižena znečištěním. Ze všech sledovaných hub bylo prokázáno, že hřib žlutomasý – *Boletus chrysenteron* vykazoval nejvyšší akumulaci cizorodých látek.

Klíčová slova: *Boletales,* houby, kumulace, plamenová atomová absorpční spektrofotometrie, těžké kovy

Březina, R. (2013): Study of accumulation of heavy metals in basidiomycete fungi, Bachelor thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 45 pp., 1 Appendice, in Czech.

Abstract

The thesis deals with the accumulation of heavy metals in basidiomycete fungi and soil. At each site the same 7 species of fungi and 30 soil samples from depths of 0-5, 5-15 and 15-30 cm were taken. Three of them were from the selected locations in the Czech Republic (Krakovec, Baska, Trinec - tailing ponds), in which the commonly occurring species of fungi: *Leccinum labrum, Cantharellus cibarius, Leccinum aurantiacum, Suillus grevillei, Amanita rubescens, Boletus edulis, Boletus chrysenteron* occur. Metals to be determined were (Zn, Ni, Pb, Cd, Cu). flame atomic absorption spectrometry (Method) was used for the determination of heavy metals. Krakovec habitat is located in the protected landscape area, the place has the lowest metal content in soil and fungi. Baska habitat is located near two industrial areas Ostrava and Trinec and has a high content of heavy metals in mushrooms and soil. The third habitat Trinec-tailing pond is located on the anthropogenically originated site and is the most affected by pollution. The all studied fungi have shown that mushroom *Boletus chrysenteron* showed the highest accumulation of contaminants.

Keywords: *Boletales*, cumulation, flame atomic absorption spectrometry, heavy metals, mushrooms

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekery, Ph.D. a za použití literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne 3. 5. 2013 ……

podpis

Obsah

Seznam obrázků vii
Poděkování viii
1. Úvod 1
2. Cíle práce 4
3. Materiál a metody 5
3.1 Charakteristika území 5
3.1.1. Krakovec 5
3.1.2. Baška 6
3.1.3. Odkaliště 7
3.2 Charakteristika vybraných houbových organizmů 9
3.2.1. Kozák březový 9
3.2.2. Liška obecná 10
3.2.3. Křemenáč osikový 11
3.2.4. Klouzek sličný 11
3.2.5. Muchomůrka růžovka 12
3.2.6. Hřib smrkový 13
3.2.7. Hřib žlutomasý 14
3.3 Zdravotní rizika vybraných těžkých kovů 16
3.3.1 Zinek 16
3.3.2 Měď 17
3.3.3 Nikl 18
3.3.4 Olovo 19
3.3.5 Kadmium 19
3.4 Metodika výzkumu 21
4. Výsledky 23
4.1 Zinek 23
4.2 Měď 25
4.3 Nikl 27
4.4 Olovo 29
4.5 Kadmium 31
5. Diskuze 34
6. Závěr 40
7. Reference 41
8. Obrazová příloha 45

Seznam obrázků

Obr. 1 Situační mapa odběru vzorků Krakovec. 6
Obr. 2 Situační mapa odběru vzorků Baška. 7
Obr. 3 Situační mapa odběru vzorků Odkaliště. 8
Obr. 4 Srovnání koncentrace zinku v jednotlivých druzích hub a lokalitách. 24
Obr. 5 Koncentrace zinku v lokalitách a hloubkách. 25
Obr. 6 Srovnání koncentrace mědi v jednotlivých druzích hub a lokalitách. 26
Obr. 7 Koncentrace mědi v lokalitách a hloubkách. 27
Obr. 8 Srovnání koncentrace niklu v jednotlivých druzích hub a lokalitách. 28
Obr. 9 Koncentrace niklu v lokalitách a hloubkách. 29
Obr. 10 Srovnání koncentrace olova v jednotlivých druzích hub a lokalitách. 30
Obr. 11 Koncentrace olova v lokalitách a hloubkách. 31
Obr. 12 Srovnání koncentrace kadmia v jednotlivých druzích hub a lokalitách. 32
Obr. 13 Koncentrace kadmia v lokalitách a hloubkách. 33

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D. za cenné rady a konzultace. Dále bych poděkoval svým blízkým, především Adéle Zentnerové a Jirkovi Kovalovi. V neposlední řadě děkuji své rodině za trpělivost a všestrannou podporu.

V Olomouci dne 3. 5. 2013

1. Úvod

Mnoho lidí chodívá do lesů sbírat houby v domnění, že jsou pro člověka zdraví prospěšné. Samozřejmě do určité míry tomu tak je, ale mnohdy nepovažují za důležité, kde se daná houba vyskytuje a z čeho vyrůstá. Většinou hlavním cílem houbařů je si domů odnést co nejvíce nasbíraných hub v košíku. Sběrem, determinací a ekologií se zajímám již několik let, proto bych rád tuto problematiku nastínil v mé práci.

Obecně termín houby je používán pro širokou skupinu organizmů, nikoli pro úzkou a přesně definovanou skupinu. V užším označení hovoříme o tzv. vlastních houbách v říši *Fungi*. Chceme-li nějak tuto skupinu vymezit, nejvhodnějším termínem je eukaryotické, heterotrofní stélkaté organizmy. Houby se od řas liší nepřítomností plastidů a jím podobajícím se strukturám (Váňa 1996).

Zájem naší veřejnosti o stopkovýtrusé houby především tedy hřibovité houby je naprosto pochopitelný. Mnohé jsou velmi chutné a dobře využitelné v kuchyni, neméně jsou také zajímavé svým vzhledem a také svou pestrou škálou barev. Houbaření má u nás, ale také ve střední Evropě velkou tradici sahající daleko do minulosti. Zájem veřejnosti je tak obrovský, že se tedy může hovořit až o celonárodní zálibu. Mohutný rozmach mykologického bádání v posledních desetiletích přinesl velké množství nejrůznějších poznatků. Nové objevy změnily jak systematiku tak samozřejmě některé názvy hub. Toto přejmenování a objevy nových druhů hub či variet má příčinu v nejnovějších výsledcích molekulárních analýz, které jsou v dnešní době využívány nejen v mykologii, ale také v jiných biologických odvětvích (Šutara et al. 2009).

V některých zemích například ve Švýcarsku byla vyhlášena regulace sběru hub. Sběr hub byl omezen na určité dny v týdnu, na určité množství vztaženo na váhový limit, který mohl jednotlivec v jednom dni z lesa odnést. Nebo byl zákaz na dočasnou dobu vyhlášen na určitou oblast. V našich lesích je s tímto záměrem velký problém, proto zatím nejspolehlivější způsob ochrany hub u nás je celková ochrana hub jako území NPR, NPP (dle zákona č. 144/92 Sb. a vyhlášky č. 395/92 Sb.). Zvláštností hub oproti většině vyšších a nižších rostlin je také fakt, že i v „nejhorším“ zcela umělém a ruderalizovaném lesním i nelesním prostředí můžeme někdy nalézt extrémně vzácný a jinak ohrožený druh hub. Právní ochrana hub ČR je obsažena

v seznamu zvláště chráněných druhů hub a je uvedena již ve zmiňované vyhlášce č. 395 MŽP ČR, kterou se provádějí některá ustanovení dle zákona České republiky č 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (Antonín, Bieberobová 1995).

Příčiny úbytku hub se dají rozdělit do dvou základních kategorií přirozených a antropogenních. Do přirozené skupiny se zařadí jednak změna klimatu s extrémním počasím, díky kterému mnohé druhy hub těžce snášejí současnou suchou periodu nebo déle trvající období mrazů, které se v Evropě místy vyskytují. V druhém případě se podle některých odborníků výrazně na úbytku podílí sběr plodnic. Ukazuje se, že sběr plodnic nehraje prvořadou roli. Vážnější dopad má sešlapávání půdy a poškozování mycelia (podhoubí) v povrchových vrstvách půdy a v hrabance. Mezi přímé vlivy člověka patří stavební činnosti (obydlí, silnice, těžba surovin atd.) nebo změny vodního režimu v lokalitách (změny vzdušné vlhkosti a hladiny podzemní vody – meliorace, zavlažování, stavba vodních děl atd.). Velmi vážný negativní vliv na mykoflóru mají imise. Projevují se především okyselováním půdy, což ovlivňuje mykorhizní houby. Stejný přímý vliv na mykorhizu má odlistění (defoliace) stromů. Mycelium mnoha druhů je přímo poškozováno hromaděním radioaktivních izotopů a těžkých kovů (Antonín Bieberobová 1995).

Různé druhy hub mají jinou schopnost kumulovat v plodnicích těžké kovy, záleží na akumulační vlastnosti daného druhu (vysoká je např. u muchomůrek, žampionů nebo hřibovitých hub) a koncentraci prvku v půdě. Ve městech u silnic první třídy se nedoporučuje sbírat houby ke konzumaci, jelikož při opakovaném požití se kovy hromadí v organizmu (Kotlaba 2004).

Způsob přijetí cizorodé látky do plodnic hub je nejprve přes vnější stěnu myceliového vlákna a v druhé fázi se dostává do nitra buňky. Nitrobuněčný příjem je proces energeticky náročný a spojený s vylučováním draslíku. Na jeden přijatý iont kadmia se vylučují dva ionty draslíku. Kovový iont uvnitř buněk může být zabudován do molekuly zvláštních bílkovin vázajících kovy na své sulfhydrylové skupiny (-SH) – metalothioneiny (či fytochelatiny). Nebezpečí intoxikace lidského organizmu olovem, kadmiem nebo rtutí po požití jedlých hub v současné době nehrozí. Je však třeba houby zařazovat do jídelníčku jen ojediněle. Otázkou zůstává, do jaké míry jsou hodnoty norem pro houby rozumné (vzpomeňme na minulost, kdy téměř všechny naše potraviny „překračovaly“ normu pro obsah kadmia, protože ta byla stanovena nereálně nízko – 0,02 $mg.kg^{-1}$ (Cibulka 1996).

Svět hub je velmi mnohotvárný a bohatý, ale i on už začíná doplácet na lehkomyslnost lidského počínání. Z naší přírody rychle mizí nejen mnoho živočišných druhů a zelených rostlin, ale i mnoho dříve běžných druhů vyšších hub (Antonín, Bieberobová 1995).

2. Cíle práce

1. Provést monitoring obsahu cizorodých prvků v běžných jedlých houbách a nálezy zhodnotit ve vztahu k platným hygienickým normám.
2. Provést monitoring obsahu cizorodých prvků v půdě na daných lokalitách.
3. Zhodnotit a porovnat bioakumulační schopnosti jednotlivých druhů hub.
4. Porovnat zkoumané lokality.

3. Materiál a metody

3.1 Charakteristika území

3.1.1. Krakovec

Houby byly sbírány ve třech lokalitách, první lokalita se nachází ve Středočeském kraji okresu Rakovník. V lokalitě (CHKO) chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko. Bližší určení lokality je obec Krakovec. Místo, kde byl odebrán vzorek hub má plochu 200 x 300m. V místě sběru je les smíšený (především smrky, borovice, břízy). Nejbližší okolí je tvořeno smrkovou monokulturou, což způsobilo kalamitní stav přemnožení kůrovce, který napadá hlavně smrkové monokultury. Obec ani nejbližší okolí není a ani nebylo vystaveno přímé kontaminací těžkými kovy ze zemědělství a průmyslu. Z toho lze usoudit, že lokalitu považujeme za neznečištěnou. Geologické podloží je tvořeno převážně z břidlic a opuk. Podnebí této lokality patří mezi mírně teplé podnebné oblasti. Typ půdy jsou kambizemě (hnědé lesní půdy) vyšších poloh ve vrchovinách a pahorkatinách (Cenia 2007).

Na lokalitě byly sesbírány vzorky pro analýzu. Hřib smrkový – *Boletus edulis*, hřib žlutomasý – *Boletus chrysenteron*, klouzek sličný- *Boletus grevilei*. kozák březový – *Boletus Scaber*, muchomůrka růžovka – *Amanita rubescens*, liška obecná – *Cantharellus cibarius*, Křemenáč osikový – *Leccinum aurantiacum*.

Obr. 1 Situační mapa odběru vzorků Krakovec.
Zdroj: www.mapy.cz

3.1.2. Baška

Lokalita Baška se nachází v Moravskoslezském kraji v okresu Frýdek-Místek. Hranice chráněné krajinné oblasti Moravskoslezských Beskyd je vzdálena cca 4 kilometry. Místo, na kterém byl uskutečněn sběr měl rozlohu cca 800 x 600m. V místě nálezu hub je les tvořen smíšeným lesem (smrky, borovice, břízy, buky, osiky). Okolí je tvořeno smrkovou monokulturou. Obec je ovlivněna místní slévárnou od roku 1953 do současnosti. V okolí 30 km se nacházejí města s těžkým průmyslem. Východně Třinecké železárny, severně jedna z největších hutnických společností Arcelor Mittal Ostrava a.s, která má další přidružené podniky pod svým jménem např. Vysoké pece Ostrava a.s, Vítkovice a.s a další. Domnívám se, že zmíněné společnosti mohly poznamenat tuto oblast. Převažující směr větru mohl a stále může poškozovat zájmové území. Nejsvrchnější geologické podloží je tvořeno čtvrtohorními náplavami a sutěmi. Pravidelné střídání flyšového souvrství je tvořeno jílovci, prachovci a pískovci (Demek et al. 2006). Klimatické podnebí této lokality patří mezi mírně teplé oblasti. Typ půdy kambizemě (hnědé lesní půdy) vyšších poloh ve vrchovinách a pahorkatinách. Chudé půdy štěrkovitých a svažitých poloh

(Cenia 2007). Sesbírané vzorky hub byly determinovány pomocí odborné literatury (Smotlacha 1999).

Celkem v této lokalitě bylo sesbíráno sedm vzorků. Liška obecná – *Cantharellus cibarius*, klouzek sličný – *Boletus grevilei*, hřib smrkový – *Boletus edulis*, kozák březový – *Boletus Scaber*, Křemenáč osikový – *Leccinum aurantiacum*, hřib žlutomasý – *Boletus chrysenteron*, muchomůrka růžovka – *Amanita rubescens*.

Obr. 2 Situační mapa odběru vzorků Baška.
Zdroj: www.mapy.cz

3.1.3. Odkaliště

Třetí lokalita se nachází v Moravskoslezském kraji v okrese Frýdek-Místek, spadá do katastru obce Třince-Dolní Lištná. Lokalita sběru jednotlivých druhů hub zaujímala plochu cca 350x 500m. Sběrná plocha se nachází přímo na ploše odkaliště (v textu dále jen Odkaliště). Označované místo se rozkládá pod vrcholem Jahodná. Vznikalo složitým přehrazením původního údolí kamennou hrází. V minulosti se na

území vyskytoval lesní porost. Po vykácení zůstaly louky a pastviny, na kterých se pásl dobytek. Díky tlaku tamní huťařské společnosti, bylo místo odkoupeno a bylo zde vybudováno místo k uložení odpadního materiálu. Kapacita odkaliště je cca 890 tis. m^3, podle technických propočtů měla sloužit až do roku 2015, ale k ukončení došlo již v roce 1998 a škváropopelavá směs je odvážena na jinou skládku, která odpovídá přísným hygienicky normám (Bobková 2010). Na tomto místě vyvážely Energetika Třinec, a.s. a Třinecké železárny, a.s. především popílek a strusku z nedalekých hutnických závodů. Území proto není tvořeno žádným přirozeným půdním substrátem. Klimatické podnebí této lokality je stejné jako u lokality Baška. Samotná sběrná plocha byla porostlá řadou pionýrských bylin a dřevin. V podrostu se vyskytovala slabá vrstva mechu a nad ní se rozkládaly orobince, třtiny, řebříček, sítiny, přesličky, břízy, topoly, vrby a další.

Na lokalitě byly sesbírány vzorky pro analýzu. Kozák březový – *Boletus Scaber*, liška obecná – *Cantharellus cibarius*, Křemenáč osikový – *Leccinum aurantiacum*, klouzek sličný- *Boletus grevilei*, muchomůrka růžovka – *Amanita rubescens*, hřib smrkový – *Boletus edulis*.

Obr. 3 Situační mapa odběru vzorků Odkaliště.
Zdroj: www.mapy.cz

3.2 Charakteristika vybraných houbových organizmů

Níže popisované stopkovýtrusé houby, byly vybrány z jednoznačného důvodu. Na všech třech lokalitách (Baška, Krakovec, Odkaliště Třinec) rostou v hojném zastoupení. Zejména řád hub *Boletales*, který je velmi oblíbený u houbařů.

3.2.1. Kozák březový (*Leccinum scabrum* (Bull. ex Fr.) S.F. Gray)

říše *Fungi* – **houby**
třída *Agaricomycetes* – **stopkovýtrusé**
řád *Boletales* – **hřibotvaré**
čeleď *Boletaceae* – **hřibovité**

Klobouk je vyklenutý, polštářovitý, světle až tmavě hnědý, ale i šedý, šedohnědý nebo červenohnědý, široký 50-120 mm. Za sucha bývá políčkovitě rozpukaný. Trubky jsou bílé, šedavé od třeně oddělené, vysoké 10-25 mm, dolů vyklenuté a ústími okrouhlými a drobnějšími. Třeň je vysoký 90-160 mm a tlustý 15-35 mm, válcovitý nebo kyjově ztloustlý, pevný, tvrdý, často prohnutý, nahoře zúžený, bělavý, posetý jemnými červenými šupinkami. Dužina je bílá, na řezu neměnlivá, později zbarvená do hněda, na klobouku měkká, snadno otlačitelná a na otlačených místech tmavší. Je chutná a voní hřibovitě. Snadno červiví. Za vlhka je silně nasákla vodou. Výtrusy jsou velké 14-20 x 4-6 µm, Vřetenovité, hladké, bledě hnědavé. Výtrusný prach je hnědavý až hnědý (Smotlacha 1999).

Velice hojný druh doprovázejí břízy (*Beluta*), s nimiž tvoří mykorhizu. Na našem území je rozšířen po celém území od nížin do hor. Roste v lesích i mimo les. Objevuje se od června do října (listopadu), ale hlavní dobou jeho růstu je konec léta (srpen) a časný podzim (září). Za vlhka roste hojně, ale jednotlivě (Šutara et al. 2009). Kozák březový je jedlá v mládí velmi dobrá houba. Klobouky starších plodnic však měknou, třeně naopak „dřevnatějí". Plodnice se obtížně přepravují, neboť se snadno pomačkají a potom jsou nevzhledné. Proto se v prodeji setkáváme pouze s mladými houbami. Tento druh bývá napaden často houbovou plísní (nedohubem). Plodnice je celá porostlá plísní, jakoby ojíněla. V tomto stavu není jedlý, proto se nesbírá (Smotlacha 1999).

Záměna s jedovatými houbami není možná, pouze s jinými druhy. Kozákem habrovým, kozákem dubovým, kozákem bílým nebo kozákem černým tzv. kapucínkem. Lidové názvy jsou rozmanité jako špičník, břízák, březák, podbřízka atd. (Smotlacha et al. 2008).

3.2.2. Liška obecná (*Cantharellus cibarius* Fr. ex Fr.)

říše *Fungi* – **houby**
třída *Agaricomycetes* – **stopkovýtrusé**
řád *Cantharellales* - **liškotvaré**
čeleď *Cantharellaceae* – **liškovité**

Všeobecně známá a ceněná houba, dříve často masově rostoucí. Celá plodnice je okrově žlutá, nebo bělavá. Klobouk má okraj často podvinutý, později laločnatý, na okraji nepravidelně zprohýbaný. Je tuhý, ve stáří uprostřed prohloubený, široký 10-88 mm, okrově žlutý. Žilky (lišny) jsou vidlicovitě rozdělené a propojené přehrádkami, vysoké až 3 mm, tlusté, sytě žluté, sbíhající pozvolna daleko na třeň. Třeň je krátký (30-60 mm) tuhý, tlustý 10-25 mm, stejně nebo světleji zbarvený než klobouk, dolů zúžený (Smotlacha et al. 2008). Dužina je uvnitř plavá, neměnlivá, příjemně voní a má mírně štiplavou chuť. Je však trochu tuhá. Nečerviví, tzn. že téměř nikdy nebývá napadena hmyzem. Výtrusy jsou velké 8-11 x 5-6 µm, krátce elipsovití, hladké, bezbarvé s tuhými kapkami. Výtrusný prach je bledě žlutavý (Smotlacha 1999).

Liška obecná roste často ve velkém množství hlavně v jehličnatých lesích, nejvíce borových, mezi borůvčím. Najdeme ji od června do pozdního podzimu, hlavně však v srpnu a v září. V listnatých lesích roste světlejší, ale stejně dobrá varieta. Liška obecná je jedlá, odpradávna uznávaná prvotřídní houba. Je ceněna také proto, že je odolná při dopravě a málo červiví. Je velmi populární na světovém trhu s houbami, největší velmocí ve vývozu je Polsko. Lišce obecné je podobná lištička pomerančová (*Hygrophoropsis aurantiaca)*, která je méně hodnotná, ale nikoliv jedovatá (Smotlacha et al. 2008).

Na českomoravské vrchovině se lišce obecně říká kuřátka. Má i další lidové názvy, jako jsou Kořátka, kurčata či kuřičky (Erhart., Erhartová 1994).

3.2.3. Křemenáč osikový (*Leccinum aurantiacum (Bull.) Grey)*

říše *Fungi* – **houby**
třída *Agaricomycetes* – **stopkovýtrusé**
řád *Boletales* – **hřibotvaré**
čeleď *Boletaceae* – **hřibovité**

Klobouk má masitý, široký 50-15 mm, šedohnědý až hnědo oranžový, nejdříve polokulovitý s blanitým okrajem přitisknutým na třeň, později polštářovitý, hladký, jemně plstnatý. Trubky jsou krátké, od mládí šedavé. Jejich ústí jsou velmi drobná, okrouhlá, kouřově šedá, později až šedě hnědavá. Třeň je vysoké 80-120 mm a tlustý 20-70 mm, břichatý, později na bázi obyčejně ztlustlý, kyjovitý, na šedavém podkladě význačně tmavě až černě třásnitě šupinatý. Dužina je bělavá a na řezu se zbarvuje do růžova fialová. Je pevná a tvrdá, nesnadno zahnívá a málo červiví. Na spodu třeně je živě zelenomodrá. Chuť i vůni má velmi příjemnou. Výtrusy jsou velké 13-17 x 4-6 µm, vřetenovité, hladké mechově hnědé. Výtrusný prach je hnědý (Smotlacha 1999).

Hojný druh tvořící ektomykorhizu s břízami (*Betula*). Vyskytuje se na celém našem území republiky, a to jak v lesích, tak i mimo něj. Roste v přestávkách od jara do zimy, nejčastěji však v červenci a v září. Najde se spíše v nížinách, pod břízou, na břidlicových, hrubých písčitých půdách (Šutara et al. 2009).

Křemenáč osikový je vynikající jedlá houba. Záměna s jedovatými houbami nehrozí. Jde o prvotřídní, běžně známou a velmi oblíbenou houbu (Smotlacha 1999). Je velmi podobná křemenáči březovému. Houbaři křemenáče od sebe ani nerozlišují. Má mnoho lidových názvů, někdy společných pro všechny křemenáče, jako červenáč, červeník, červený kozák, dragoun, ale také kamenáč (Šutara et al. 2009).

3.2.4. Klouzek sličný (*Suillus grevillei)* (Klotzsch) Sing.)

říše *Fungi* – **houby**
třída *Agaricomycetes* – **stopkovýtrusé**
řád *Boletales* – **hřibotvaré**
čeleď *Suillaceae* – **kloubovité**

Klobouk je dosti masitý, široký 40-120 mm (většinou menší), živě oranžový až cihlově žlutý, v mládí pěkně vyklenutý (polokulovitý), se závojem těsně připojeným na třeň, později rozložený, za vlhka velmi slizký. Pokožku lze jen nesnadno a neúplně sloupnout. Trubky jsou krátké, přirostlé, trochu sbíhavé, s ústími citrónově až chromově žlutými, velkými a hranatými, uvnitř přepaženými. Třeň je dlouhý jako šířka klobouku (tj. 40-100 mm) a tlustý 15-25 mm, žlutý, jemně hnědavě zrnitý, nahoře na žlutém podkladu slabě síťkovaný. Pod kloboukem je u starších plodnic bělavý bílý prstenec, který zbyl ze závoje. Pod ním je třeň hnědavě žíhaný, někdy ztluštělý. Dužina je citrónově žlutá, po doteku slabě zelenající nebo hnědnoucí (stejně jako trubky), vůně poněkud pryskyřičné, chuti nakyslého ovoce, příjemné. Výtrusy jsou velké 7-10 x 3-4 µm, elipsovité nebo vřetenovité, hladké, bledě žluté. Výtrusný prach je okrový (Smotlacha 1999).

Velice hojný druh rostoucí v jehličnatých lesích nebo ve smíšených lesích od nížin až do hor, vždy v blízkosti modřínů (*Larix*), s nimiž tvoří mykorhizu. Fruktifikuje od června do listopadu. Roste od června do listopadu. Často jej naleznete ve velkých shlucích (Smotlacha et al. 2008).

Klouzek sličný lze zaměnit za jiné příbuzné druhy rostoucí pod modříny. Podobá se dosti vzácnému klouzku tridentskému – *Sillius tridentinus*, klouzku slizkému – *Suillus aeruginascens* a klouzku Bresadolovu – *Sullius bresadolae*. Jiné názvy jsou např. loupák sličný nebo klouzek modřínový (Šutara et al. 2009).

3.2.5. Muchomůrka růžovka (*Amanita rubescens*) (Pers. ex Fr.) S. F. Gray)

říše *Fungi* - **houby**
třída *Agaricomycetes* – **stopkovýtrusé**
řád *Agaricales* - **pečárkotvaré**
čeleď *Amanitaceae* – **muchomůrkovité**

Klobouk je široký 50-150 mm, zpočátku téměř kulovitý, později kuželovitě vyklenutý na konec plošně rozložený. Je masitý, v mládí světle růžový, někdy nažloutlý, později masově růžový až červenohnědý, pokrytý v pravidelných kruzích, jindy rozloženými nepravidelně. Bradavky jsou zbytky celkové plachetky. Klobouk někdy bývá na okraji rýhovatý. Lupeny jsou vysoké 8-12 mm, husté, dosti křehké,

nejdříve bílé, později růžové až červeně skvrnité. Třeň je dlouhý 60-180 mm a tlustý 15-40 mm, válcovitý zakončený kuželovitou hlízou zdobenou několika kruhy bradavek. V jedné třetině třeně pod kloboukem je dobře vyvinutý, bílý, nápadně paprsčitě rýhovaný (plizovaný) prsten. Celý třeň je bílý, na bázi růžově červenavý, stejné zbarvení bývá vidět v místech připojení lupenů. Dužina je měkká a dosti křehká bílá nebo bělavá. Na řezu se její barva mění v masově růžovou až hnědě růžovou. Nejvíce je to patrné na hlízovité bázi třeně, která je téměř vždy „červivá“. Chuť i vůně jsou příjemné. Chuť za syrová je trochu zemitá. Výtrusy jsou velké 8-9 x 5,5-7 µm, elipsoidní, hladké, bezbarvé. Výtrusný prach je bílý (Smotlacha 1999).

Roste od června do října v listnatých i jehličnatých lesích. Je dosti hojná, nejvíce roste v srpnu a v září. Růžovka, běžně nazývaná také masák, je velmi dobrá, dokonce vynikající jedlá houba. Během posledních 40 let se růžovka stala u nás běžně sbíranou a vysoce ceněnou houbou (Erhart, Erhartová 1994).

Při jejím sběru je však nutná značná opatrnost, neboť se dá snadno zaměnit za muchomůrku panterovou, která je nebezpečně jedovatá. Masáku se podobá také muchomůrka šedivka, která je rovněž jedlá. Růžovka čili masák má několik (ale méně známých) lidových názvů, jako např. masařka, masovka, růžovák, kužele nebo kuželák (Smotlacha et al. 2008).

3.2.6. Hřib smrkový (*Boletus edulis* Bull. ex Fr.)

říše *Fungi* – **houby**
třída *Agaricomycetes* – **stopkovýtrusé**
řád *Boletales* – **hřibotvaré**
čeleď *Boletaceae* – **hřibovité**

Klobouk je masitý, mládí pravidelně vyklenutý, později rozložený, zpočátku bílý, v dospělosti světle kaštanový až tmavě kaštanově hnědý, široký 50-180 mm. Trubky jsou vysoké 10-30 mm, bílé až bělavé, později žlutavé až žlutozelené. Ústí jsou okrouhlá, drobná, stejně zbarvená jako trubky a po otlačení mění barvu. Třeň je dlouhý 30-200 mm a tlustý 15-60 mm. Pod kloboukem je bílý až hnědavý, břichatý, od poloviny dole zahnědlý, plný, v dospělosti válcovitý, zdobený jemnou síťkou sahající do poloviny třeně. Dužina je čistě bílá, neměnící se, jemné vůně a výtečné,

typicky hřibovité chuti. Výtrusy jsou velké 12-18 x 4-6 µm, vřetenovité, hladké, žlutavé. Výtrusný prach je olivově hnědý (Smotlacha 1999).

Hojný druh, který se v období vrcholu svého fruktifikace objevuje masově v kyselých jehličnatých lesích především pod smrky, méně často pod borovicemi. Vyskytuje se také ve smíšených nebo listnatých porostech, kde roste i pod buky, břízami a duby, často téměř v pravidelných intervalech. Na našem území republiky je rozšířen od nížin do hor. Roste od července do října (nejvíce v srpnu a v září)v některých letech i do prosince (Šutara et al. 2009).

Pravé hřiby jako je Hřib pravý smrkový je předmětem světového obchodu a nevyrovná se jim žádný jiný druh houby. Záměna u vzrostlých hub nehrozí. Je však nutné dát pozor na mladé závojenky olovové. Všechny čtyři pravé hřiby jsou někdy považovány za poddruhy nebo variety jednoho druhu hřibu obecného (Šutara et al. 2009).

3.2.7. Hřib žlutomasý (*Boletus chrysenteron* Bull.)

říše *Fungi* – **houby**
třída *Agaricomycetes* – **stopkovýtrusé**
řád *Boletales* - **hřibotvaré**
čeleď *Boletaceae* – **hřibovité**

Klobouk je široký 30-80 mm, nejdříve polokulovitý, později vyklenutý, v mládí smetanový, potom lysý, hnědý, olivově hnědý, někdy okrově hnědý. U starších plodnic (zvláště za sucha) je klobouk typicky plíčkově rozpukaný a pod pokožkou (v puklinách) vínově načervenalý. Trubky jsou vysoké 4-11 mm, nejdřív bledě žluté, později zelenožluté až konečně olivově zelené. Na řezu modrají. Ústí trubek jsou velká, hranatá, stejně zbarvená jak trubky a také na otlačených místech podobně modrají. Třeň je dlouhý 30-70 mm, válcovitý, dole ztenčený, žlutý nebo žlutohnědý, ve střední nebo dolní části obvykle karmínově červený. Dužina je světle žlutá, měkká, na vzduchu slabě modrající, ve třeni místy načervenalá, na bázi až hnědá a tuhá. Často bývá velmi červivá a snadno plesniví. Čerstvá dužina má nevýraznou vůni a nasládlou chuť. Výtrusy jsou velké 13-15 x 4-6 µm, elipsovitě

vřetenovité, hladké, okrově hnědé. Výtrusný prach je hnědavě olivový (Smotlacha 1999).

Roste od června do října v jehličnatých i listnatých lesích, ale také mimo les pod lípami, v zahradách a parcích. Bývá dost hojný (Smotlacha et al. 2008).

Velice hojný druh vyskytující se od nížin až do horských oblastí v různých typech lesa – v parcích, hrázích rybníků a také pod listnatými či pod jehličnatými stromy (Šutara et al. 2009).

Záměna za jedovatou houbu není možná (Erhart, Erhartová 1994). Z jedlých hřibovitých hub se tomuto hřibu nejvíce podobá hřib plstnatý, hřibu uťatovýtrusému a také velice podobný *Xerocomus cisalpinus Simonini, Ladurner et Peintner*, což je u nás doposud nenalezený druh (Šutara et al. 2009).

3.3 Zdravotní rizika vybraných těžkých kovů

Ke vstupu toxických prvků do prostředí přispívá řada zdrojů, jak přirozeného původu, tak z průmyslových výrob a mobilních zdrojů. Jako přenosová média slouží vzduch a voda. Zejména v atmosféře mohou být pevné částice aerosolů i plynné organokovové sloučeniny přenášeny na velké vzdálenosti. Závažným aspektem emisí je poměr jejich přírodního a antropogenního podílu. Na imisích se podílí významnou měrou i dálkový přenos (Bíba, Uhlířová 2004).

Výběr analyzovaných prvků ze skupiny „těžkých kovů“ byl omezen na kadmium, měď, nikl olovo a zinek, které prokazatelně mají nepříznivé účinky na lidské zdraví a životní prostředí (Uhlířová, Hejdová 1999). Vědecky bylo doloženo, že houby vstřebávají ze svého okolí nežádoucí prvky, především tedy těžké kovy. Koncentrace může být v houbách i několikrát vyšší než je v okolní pudě (Fikar 2009).

Olovo má neurotoxické účinky, kadmium a olovo vykazují hepatotoxické a nefrotoxické účinky. Kadmium je označováno za teratogeny a karcinogeny. Zinek a měď jsou esenciální mikroprvky, které však ve vysokých koncentracích mohou být pro živé organismy nebezpečné. Nikl je označován za teratogen, při velkých nebo pravidelně zvýšených dávkách se silně zvyšuje riziko rakoviny (Benecko et al. 1995).

3.3.1 Zinek

Zinek se dostává do prostředí zvětráváním minerálů, vulkanickou činností a také díky lesním požárům. Největšími antropogenními zdroji jsou spalovací procesy, u nás hlavně tepelné elektrárny (Bíba, Hajnová).

Zinek je biogenní prvek, a vyskytuje se tedy v živých organizmech, převážně jako součást různých enzymů. Tělo dospělého člověka obsahuje pouze 2g tohoto kovu, a proto se o jeho biologickém významu dlouho nevědělo. Zinečnaté sloučeniny jsou málo jedovaté akutně i chronicky, nejsou významně nebezpečné ani z hlediska pozdních účinků (Hajn 1999).

Mezi antropogenní zdroje zinku patří hlavně podniky barevné metalurgie a pozinkování korodujících předmětů (mosaz - slitina mědi a zinku). Zinek je

nezbytným prvkem jako součást řady enzymů, významný je pro funkci imunitního systému a jako součást antioxidačních procesů (Cibulka 1991). Velmi dobře jsou prostudovány zdravotní důsledky nedostatku zinku, projevující se např. zpožděním růstu, pohlavního dozrávání s projevy dermatitidy, atrofie varlat, anorexie (Hajn 1999).

Do organismu se zinek dostává z trávicího ústrojí. Pokud u člověka dojde ke konzumaci jídla či vody s obsahem zinku. Další cesta je plícemi v případě vdechnutí zinkového prachu nebo páry při tavení nebo slévání v hutním průmyslu. Prvek se po vystavení organismu v těle ukládá a později opouští organismus vyměšováním (ibid.)

Zinek má především význam v enzymatickém systému, ale podílí se také na dusíkatém metabolismu rostlin. Má rozhodující účel v aktivaci enzymů, např. anhydrázy, která se účastní metabolických procesů v živých organizmech (Obata,Umebayashi 1997).

3.3.2 Měď

Měď se nachází převážně v místech lokálního znečištění (metalurgie, kovovýroba, elektrotechnický průmysl). Pro většinu živých organismů je nikl esenciálním prvkem, ale jeho koncentrace v ovzduší nesmí překročit 0,5 $mg.m^{-3}$. Ve vyšších koncentracích je toxický jak pro rostliny, tak i pro živočichy. Do prostředí se dostává jednak z přírodních zdrojů (zvětrávání hornin, sopečné výbuchy, lesní požáry a rozklad biomasy), jednak z průmyslových emisí (výroba slitin s Cu, elektrotechnický průmysl, barviva, sklářský průmysl aj.) a spalovacích procesů. Maximální koncentrace v mechových bioindikátorech byly zjištěny v severních Čechách, v Jizerských horách, v Krkonoších a v Beskydech (Uhlířová, Hejdová 1999).

Je dokázáno, že největší kontaminace od původce znečištění je největší do 20 kilometrů. Přibývající vzdálenosti koncentrace klesají, ale také záleží na složení půdy (Shuman 1985).

Patří mezi prvky s významným vlivem na živý organizmus. Vyskytuje se v řadě enzymatických cyklů nezbytných pro správnou funkci životních pochodů a její přítomnost v potravě ovlivňuje zdravotní stav organizmu (Benecko et al. 1995). Enzymy například ovlivňují metabolizmus sacharidů v organizmu, vytváření kostní hmoty a krvetvorbu, fungování nervového systému. Na nižší organismy však působí

jako silný jed. Nedostatek mědi se projevuje zpomalením duševního vývoje a zhoršením metabolismu cukrů. Dochází ke ztrátě pigmentů a vypadávání vlasů, k poruše tvorby a kvality kostí a vaziva. Otrava mědi u zdravých lidí je možná pokud požijí minimálně 250 mg. Požití tohoto množství se měď stává jedem. Otravy mědí jsou však vzácné, protože měď v potravě má nepříjemnou chuť, která ji činí nepoživatelnou (Hajn 1999).

Měď se v půdách vykytuje jako sloučenina, nejčastěji však jako sulfit (chalkozín Cu_2S) a chalkopyrit ($CuFeS_2$). Ryzí forma ve světových zásobách je cca 6% (Bencko et al. 1995). V půdě je silně vázán na organické látky a jílovité části, proto zůstává většina mědi v povrchových částech půdy a nedochází k transportu hlouběji (Schramel et. al. 2000).

3.3.3 Nikl

Geografická distribuce niklu se shoduje s mědí a současně je řazen do esenciálních prvků. Do životního prostředí se dostává jednak z přírodních zdrojů (zvětrávání urbanizovaných hornin, eroze a vyluhováním serpentinových půd), také z průmyslových emisí a spalovacích procesů nejčastěji jako jsou sulfidické rudy dále pak galvanické odpady a katalyzátory, kovošrot či odpad z primární výroby.

Patří mezi několik málo prvků, které mají vliv na zdravotní stav lidského organizmu. Označováno za negativní. Při velkých anebo pravidelně zvýšených dávkách niklu se silně zvyšuje riziko vzniku rakoviny a nikl je dnes řazen i mezi teratogeny, tedy látky schopné negativním způsobem ovlivnit vývoj lidského plodu (Hajn 1999). Ohrožení niklem však hrozí pouze pracovníkům metalurgických provozů, které se zabývají zpracováním tohoto kovu a nedodržují základní pravidla bezpečnosti práce (Benecko et al. 1995). V běžném životě se však poměrně často setkáváme s kožní alergií na nikl, projevuje se zarudnutí kůže a později až vznikem kožních ekzémů při trvalém styku s předměty z niklu. Hlavním předmětem z mědi jsou náušnice, které mohou způsobit otoky hlavy, astmatické záchvaty (Hajn 1999).

Vyšší doba zdržení a zároveň znečištění niklu, byla stanovena na hnědé půdy vyvinuté z těžkých jílovitých písků. Kontaminace je vážným problémem pro celý ekosystém, ale především pro organismy obývající dané prostředí, které v něm žijí. Především ovlivňuje změny v počtech mikroorganismů a enzymatické činnosti (Wyszkowska et al. 2005).

3.3.4 Olovo

Olovo je prvek, který se přenáší na velké dálky. Přírodním zdrojem je zvětrávání hornin. Z antropogenních zdrojů to jsou především průmyslové emise (Uhlířová, Hajnová 1999). Olovo patří mezi toxické prvky, do potravního řetězce se dostává z obalových materiálů, v malém množství z nátěrových látek, případně spalováním fosilních paliv. Nejvydatnějším zdrojem pro životní prostředí je doprava (Benecko et al. 1995). Toxicita olova je zvláště nebezpečná pro dětský organismus. Typickými příznaky otravy olovem je bledost obličeje, rtů, nechuť k jídlu, anémie, bolesti hlavy, křeče a další. Při dlouhodobé expozici se olovo hromadí v kostech. Také stopy olova v okolním prostředí a potravě mohou vést při trvalém přísunu do organismu k následným těžkým onemocněním, protože olovo se v těle kumuluje a vylučuje se jen obtížně (Hajn 1999).

Nejnižší koncentrace olova v ovzduší bylo naměřeno v Antarktidě, průměrná hodnota spadu nad Evropou je okolo 400g $Pb.ha^{-1}$. V Severní Americe činí spad až dvojnásobek než nad Evropou, veškeré tyto hodnoty jsou přisuzovány k rozvoji těžkého průmyslu (Fikar 2009). Hlavní zdroj znečištění půd se přisuzuje těžkému průmyslu, nejvíce však hutím, které zpracovávají železnou rudu dále pak z výfukových plynů a aplikací čistírenských kalů a průmyslových kompostů do půdy. Nalezené obsahy toho kovu se šplhají až do tisíců $mg.kg^{-1}$ (Cibulka et al. 1991). Přirozeně do prostředí se dostává zvětráváním minerálů s obsahem olova (hlavně galenitu), avšak antropogenní zdroje jsou až 100x významnější.

3.3.5 Kadmium

Za přírodní zdroje se považují vulkanické emise a zvětrávání matečných hornin. Hranice přirozeného výskytu v půdě je velmi nízká, pohybuje se mezi 0,1 - 1,0 mg . kg-1 Do atmosféry, kde byly ještě nedávno zjištěny koncentrace 2,0 - 4,8 mg . m^{-3}, se Cd dostává hlavně z mnoha průmyslových zdrojů (elektrovýroby, barvy-laky, stabilizace PVC polymerů aj,), spaloven a metalurgického průmyslu (Rühling 1994, Böhm et al. 1996). Mechové bioindikátory signalizují nejvyšší kontaminaci lesních ekosystémů na Ostravsku a v oblasti Moravskoslezských Beskyd a Jizerských hor (Bíba, Uhlířová 2004).

Rozsah využití kadmia má vzrůstající tendenci v průmyslu. Proto v mnoha zemích zavedli normy, které stanovují maximální povolené množství především ve vodách a ovzduší. Kadmium emitované do ovzduší či do vody se nakonec hromadí v půdě a vstupuje takto do potravinářského průmyslu (Benecko et al. 1995). Chemické vlastnosti snadno reagují s biologickými aktivními molekulami, včetně fosfolipidů, porfyrinů, nukleových kyselin a enzymů (Fikar 2009).

Kadmium je obsaženo v půdě, v minerálech, především ve formě nerozpuštěných sraženin oxidu manganu, železa a hliníku. Může se vyskytovat také jako půdní roztok v menší míře. V půdě se nejvíce kumuluje v svrchní vrstvě 0–5 cm, jeho koncentrace klesá s hloubkou. V nekontaminovaném prostředí se do půdy dostává zvětráváním (Mulligan et al. 2001). Podle literárních údajů se za posledních 150 let se zvýšil obsah kadmia v půdách o 27-55% (Richtr 2004).

Kadmium ovlivňuje zdravotní stav organismu. Rizikovým faktorem u kadmia je skutečnost, že se jedná o mimořádně kumulativní jed. Bylo prokázáno, že kadmium může v ledvinách a játrech setrvat až desítky let. Právě játra jsou při chronické otravě kadmiem nejvíce ohrožena. Hlavním projevem chronické otravy je také osteoporóza a anémie (Benecko et al. 1995). Kadmium je také prokazatelně karcinogenní a jeho vysoký obsah v organizmu zvyšuje riziko vzniku rakovinného bujení. Do organismu se dostává kadmium dvěma způsoby, v potravě a dýcháním. Je nezbytně nutné, aby provozy, které manipulují s tímto kovem, důsledně dodržovaly čištění plynných exhalací (Hajn 1999).

3.4 Metodika výzkumu

Úprava vzorků hub před analýzou

Plodnice hub byly sbírány ve stejné velikosti, následně očištěny obvyklým způsobem pro kuchyňskou úpravu, rozkrájeny na malé plátky keramickým nožem a sušeny při teplotě nepřesahující 40°C. Následně jsem usušené houby rozdrtil v kuličkovém mlýně na jemný prášek.

Pro úpravu vzorků byla volena metoda pseudototální mineralizace. Z rozdrceného houbového materiálu bylo naváženo z každého vzorku 0,5 gramu. Zvážené vzorky se dále zpracovávaly v mikrovlnném mineralizačním zařízení přístroji BERGHOF.

Mineralizační činidla: 6ml HNO_3
2ml H_2O_2

Při smíchání těchto činidel se vzorek umístil do digestoře, kde se samovolně odpěnil. Samotná mineralizace 1 vzorku trvala 40 minut, následné chlazení 15 minut. Výsledný mineralizát byl doplněn destilovanou vodou do 50 ml a poté přefiltrován.

Analýza byla provedena na atomovém spektrofotometru AVANTA ∑ v plamenové verzi na plameni acetylen-vzduch. Atomový spektrometr provádí pět základních měření těžkých kovů (zinek, nikl, olovo, kadmium a měď).

Úprava vzorků půdy před analýzou

Vzorky půdy byly homogenizovány ze tří hloubek:

hloubka 1 - 0–5 cm
hloubka 2 - 5–15 cm
hloubka 3 - 15–30 cm

Odběr na zájmovém místě obsahoval třicet vpichů. Vzorky z jednotlivých hloubek se ponechaly, proschnout a poté jsem je přesel přes plastové síto (velikost oka 0,5 mm). Z každého vzorku jsem navážil 1 gram navážky (Hekera, ústní

sdělení). Každá hloubka měla tři opakované měření, ve výsledcích práce byl použit průměr ze tří výsledků daných hloubek.

Pro další úpravu byla zvolena metoda pseudototální mineralizace. Navážka byla zpracována v mikrovlnném mineralizačním přístroji BERGHOF.

Mineralizační činidla: 2,35 ml HNO_3
7 ml HCl

Samotná mineralizace 1 vzorku trvala 25 minut a chlazení 35 minut. Výsledný mineralizát jsem doplnil destilovanou vodou do 50 ml a přefiltroval.

Analýza byla provedena na atomovém spektrofotometru AVANTA ∑ v plamenové verzi na plameni acetylen-vzduch, který prováděl pět základních měření těžkých kovů (zinek, nikl, olovo, kadmium a měď).

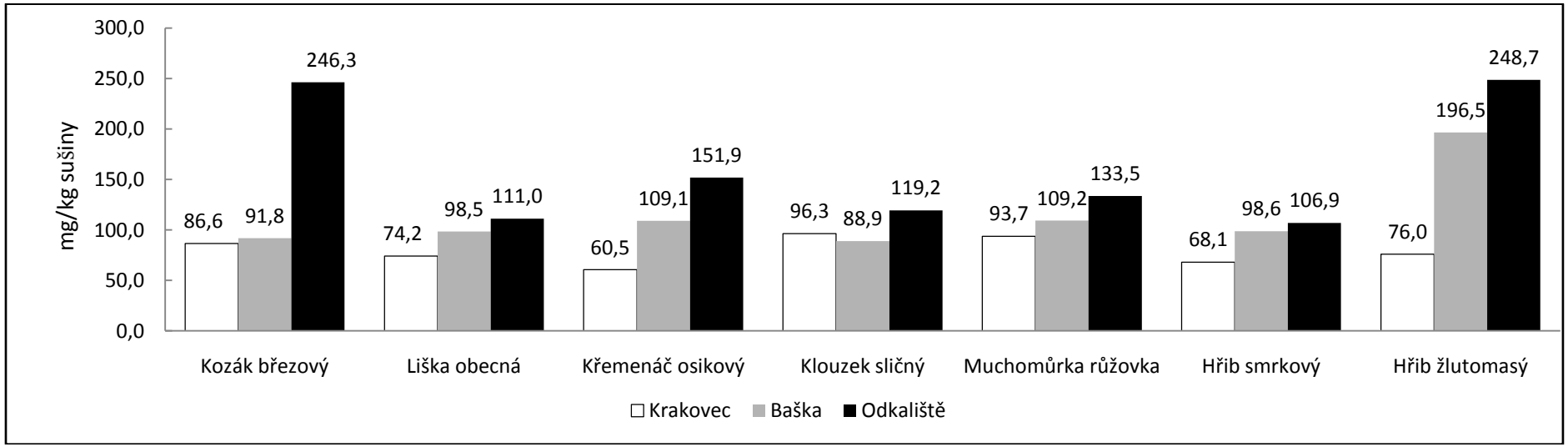
4. Výsledky

Výsledky práce jsem rozdělil do dvou navazujících částí. V první části jsem srovnával a popisoval jednotlivé druhy hub a jejich bioakumulační schopnosti v poutání cizorodých látek na vybraných lokalitách Krakovec, Baška a Odkaliště. Ve druhé části jsem se zabýval těžkými kovy v půdě a jejich množstvím ve třech hloubkových horizontech (0–5 cm, 5–15 cm, 15–30 cm). Obsahy těžkých kovů v půdě na jednotlivých lokalitách jsem pak, vzájemně porovnával.

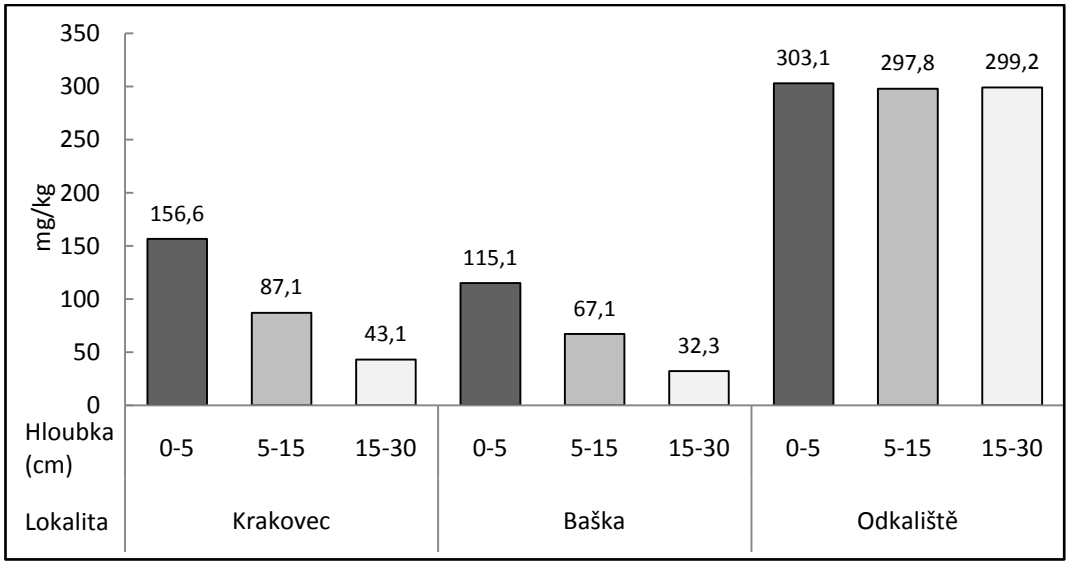
Obsahy pěti těžkých kovů (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) byly sledovány na každé lokalitě v sedmi druzích hub (**kozák březový** *Boletus scaber*, **liška obecná** *Cantharellus cibarius*, **křemenáč osikový** *Leccinum aurantiacum*, **klouzek sličný** *Suillus grevillei*, **muchomůrka růžovka** *Amanita rubescens*, **hřib smrkový** *Boletus edulis*, a **hřib žlutomasý** *Boletus chrysenteron*) a vzájemně srovnávány.

4.1 Zinek

Obsah zinku byl ve všech sledovaných vzorcích stanoven pomocí spektrofotometrické analýzy. Z výsledků analýz vzorků hub je patrné, že houby z **oblasti Krakovce** akumulují zinek nejméně v porovnání s dalšími dvěma lokalitami (obr. 4). Největší kumulační schopnost na lokalitě Krakovec projevily houby klouzek sličný a muchomůrka růžovka, nejméně kumuloval zinek křemenáč osikový. Nejsvrchnější část půdy má nejvyšší obsah zinku a s hloubkou postupně klesá (obr. 5). **V lokalitě Baška** nejvíce kumulovaly zinek druhy hřib žlutomasý a téměř shodně křemenáč osikový a muchomůrka růžovka. Nejmenší akumulace byla naměřena ve vzorku klouzek sličný (obr. 4). Množství zinku v jednotlivých sledovaných hloubkových horizontech je patrné na (obr. 5). Největší koncentrace je v hloubce 0–5 cm, s hloubkou klesá její hodnota. Nejvíce zinku kumuloval hřib žlutomasý a kozák březový z lokality **Odkaliště** (obr. 4). Nejnižší hodnotu zinku naopak vykazoval hřib smrkový. Sledovaná lokalita Odkaliště taktéž vykazuje nejvyšší obsah zinku v půdě. Hodnoty ve všech třech sledovaných hloubkách byly téměř ve stejné úrovni 300 mg/kg (obr. 5).



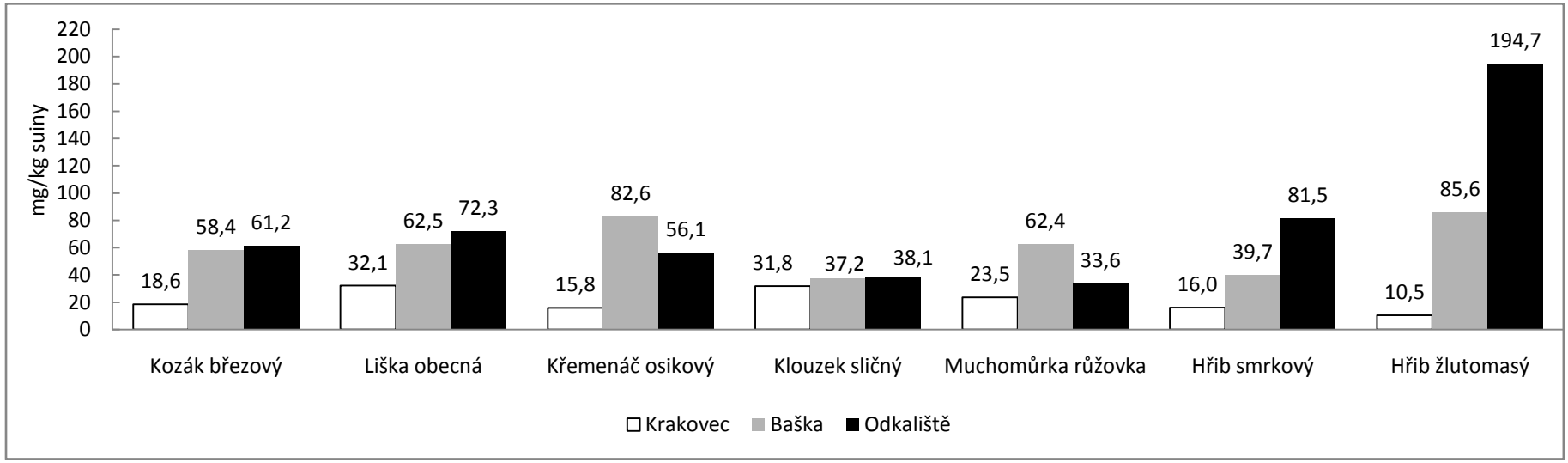
Obr. 4 Srovnání koncentrace zinku v jednotlivých druzích hub a lokalitách.



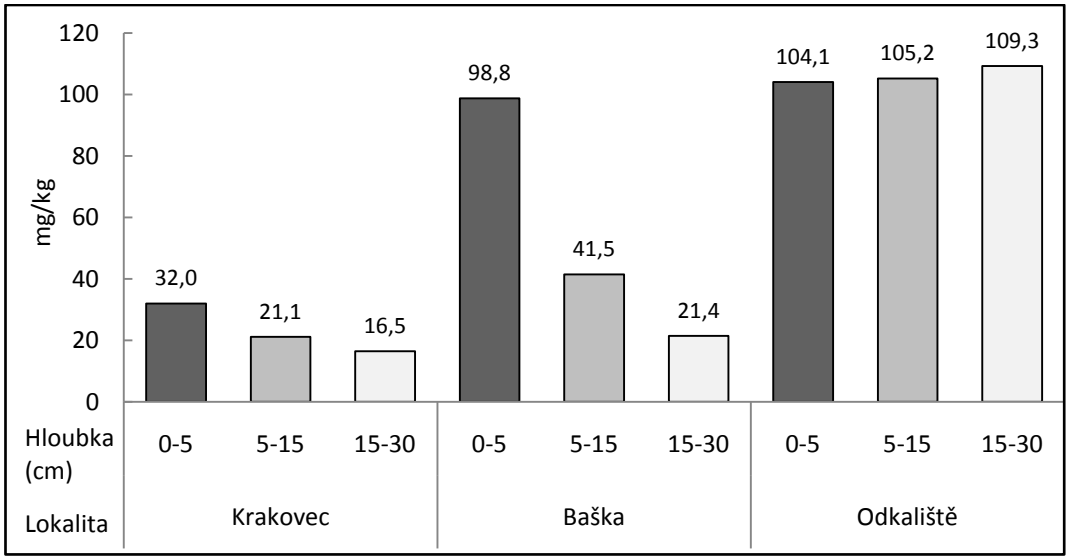
Obr. 5 Koncentrace zinku v lokalitách a hloubkách.

4.2 Měď

Na lokalitě **Krakovec** byla zaznamenána koncentrace mědi ve všech sledovaných houbách. Nejvyšší akumulace byla naměřena v lišce obecné (32,1 mg/kg) a klouzku sličném (31,8 mg/kg). Nejnižší obsah mědi (10,5 mg/kg) měl hřib žlutomasý (obr. 6). Naměřené hodnoty v půdách ukazují, že nejvyšší koncentrace byla v nejsvrchnější vrstvě (0–5 cm) a s postupnou hloubkou klesala (obr. 7). Na lokalitě **Baška** měly nejvyšší akumulaci mědi hřib žlutomasý a křemenáč osikový. Nejnižší obsah (37,2 mg/kg) byl změřen také v klouzku sličném. Nejsvrchnější hloubkový horizont (0–5 cm) obsahoval nejvyšší koncentraci mědi 98,8 mg/kg (obr. 7). Na **Odkališti** nejvíce akumulovaly měď hřib žlutomasý (194,7 mg/kg) a hřib smrkový (81,5 mg/kg), nejnižší obsah byl naměřen v muchomůrce růžovce (obr. 6). Vzorky půd zde vykazovaly stejné koncentrace mědi ve všech sledovaných hloubkách (obr. 7).



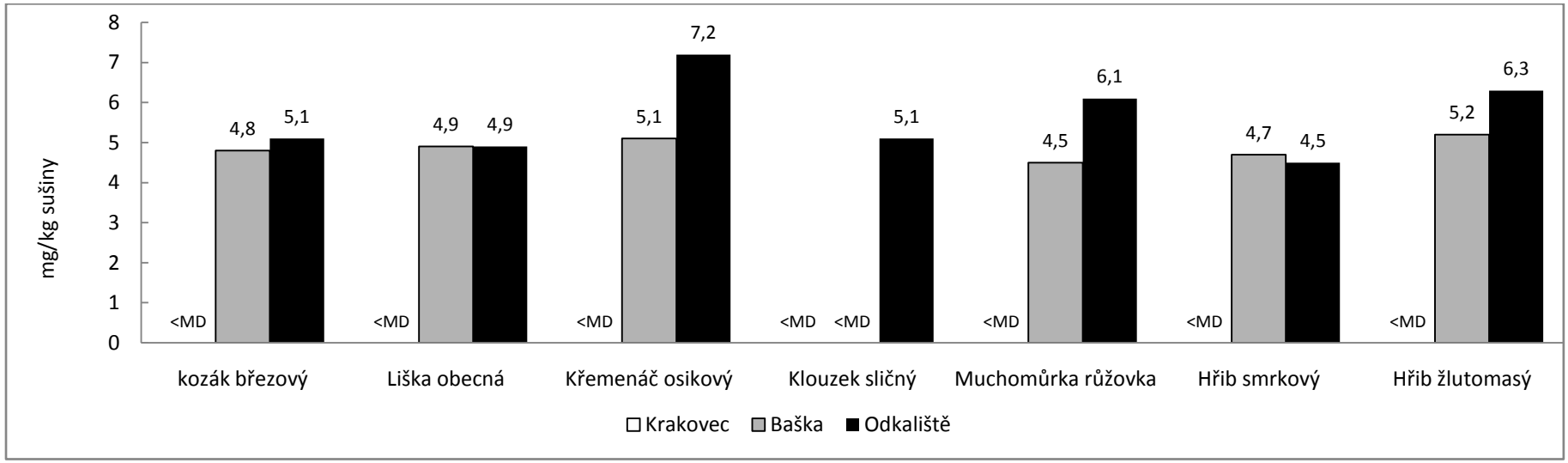
Obr. 6 Srovnání koncentrace mědi v jednotlivých druzích hub a lokalitách.



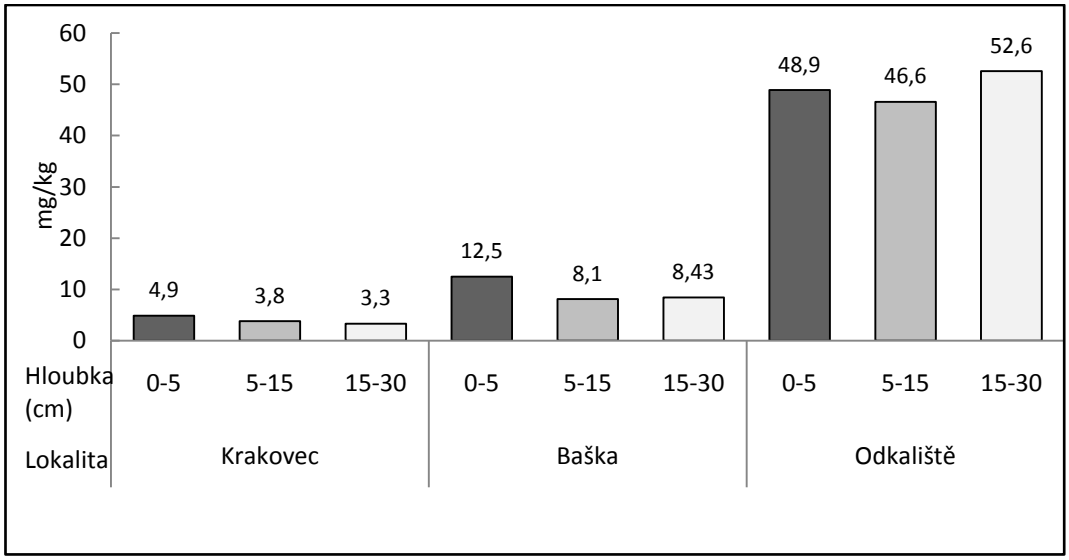
Obr. 7 Koncentrace mědi v lokalitách a hloubkách.

4.3 Nikl

Koncentrace niklu v houbách odebraných na lokalitě **Krakovec** byla pod mezí detekce přístroje (obr. 8). Koncentrace ve vzorcích půdy byla také velmi nízká. Nejvyšší koncentrace niklu byla zjištěná v hloubkové úrovni 0–5 cm (4,9 mg/kg) a s hloubkou dále klesala (obr. 9). U hub z lokality **Baška** byla analyzována nejvyšší koncentrace niklu v hřibu žlutomasém a křemenáči osikovém (obr. 8). Obsah niklu v klouzku sličném byl pod mezí detekce přístroje (obr. 8). Další nejnižší kumulaci vykazovala muchomůrka růžovka (obr. 8). V hloubce 0–5 cm byla naměřena nejvyšší hodnota niklu (12,5 mg/kg) a s postupnou hloubkou dále klesal (obr 9). Na **Odkališti** byla zaznamenána nejvyšší akumulace niklu v houbách, především u křemenáče osikového a hřibu žlutomasého (obr. 8). Nejnižší hodnota byla naměřena u hřibu smrkového (obr. 8). Koncentrace niklu v půdě setrvaly na podobných hodnotách ve všech sledovaných hloubkách (obr. 9).



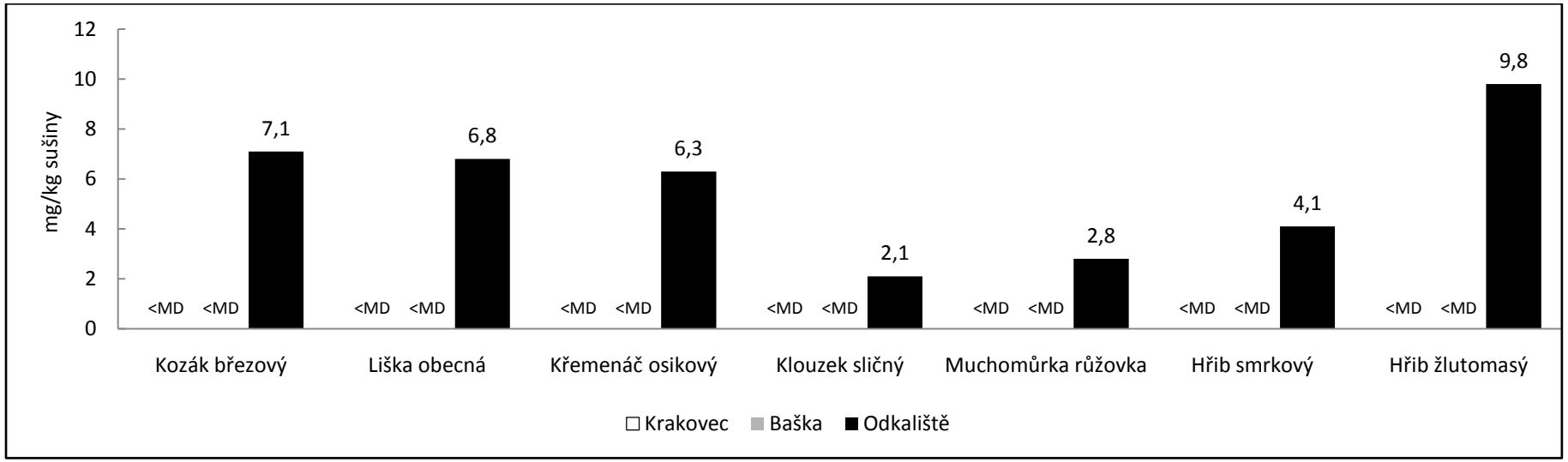
Obr. 8 Srovnání koncentrace niklu v jednotlivých druzích hub a lokalitách.



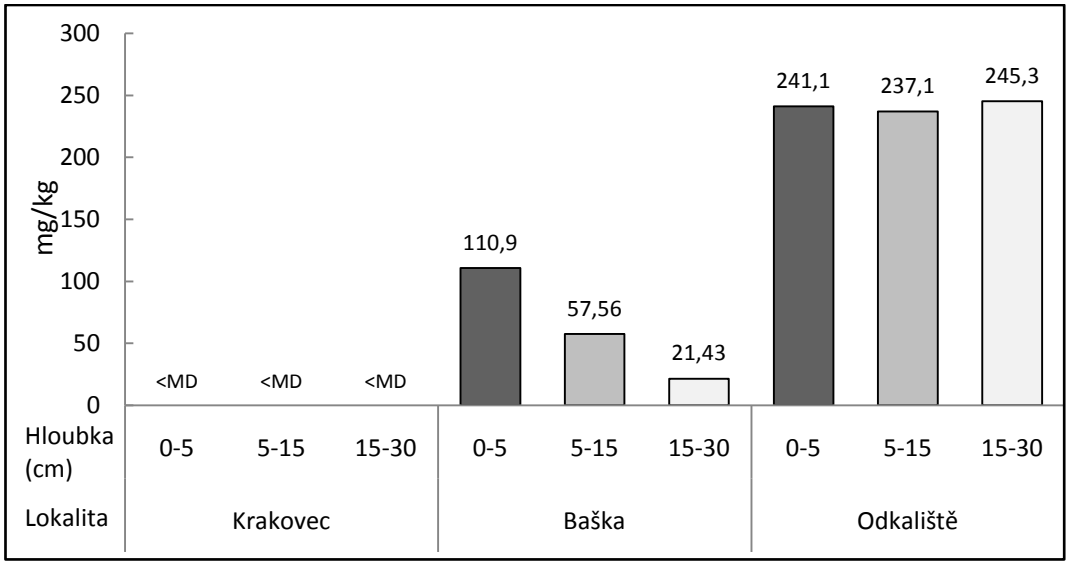
Obr. 9 Koncentrace niklu v lokalitách a hloubkách.

4.4 Olovo

Koncentrace olova v houbách ze studovaného území **Krakovec** byla pod mezí detekce přístroje (obr. 10). Z půdních vzorků nelze prokázat, zda se v tomto zájmovém území olovo vyskytuje, Hodnoty byly ve všech hloubkových úrovních pod mezí detekce přístroje (obr. 11). Koncentrace olova v houbách z lokality **Baška** nelze u hub také jednoznačně prokázat (obr. 10). Naměřené hodnoty byly opět pod mezí detekce přístroje. Vzorky půd vykazovaly vysoké množství daného kovu, nejvíce však v nejsvrchnější části 0–5 cm. S rostoucí hloubkou pak jeho obsah klesal (obr. 11). Na **Odkališti** byla zaznamenána kumulace olova ve všech sledovaných houbách. Nejvyšší obsah byl naměřen u hřibu žlutomasého a kozáku březového (obr. 10) a nejnižší obsah v klouzku sličném (obr. 10). Půdní koncentrace olova se pohybovala okolo 240 mg/kg sušiny ve všech sledovaných horizontech (obr. 11).



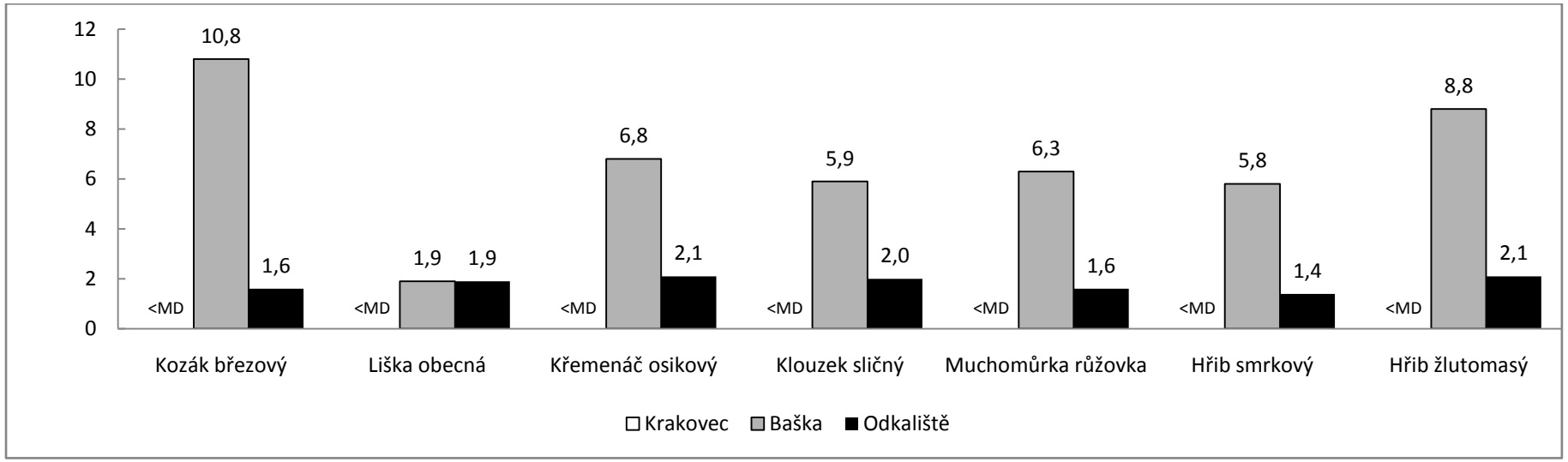
Obr. 10 Srovnání koncentrace olova v jednotlivých druzích hub a lokalitách.



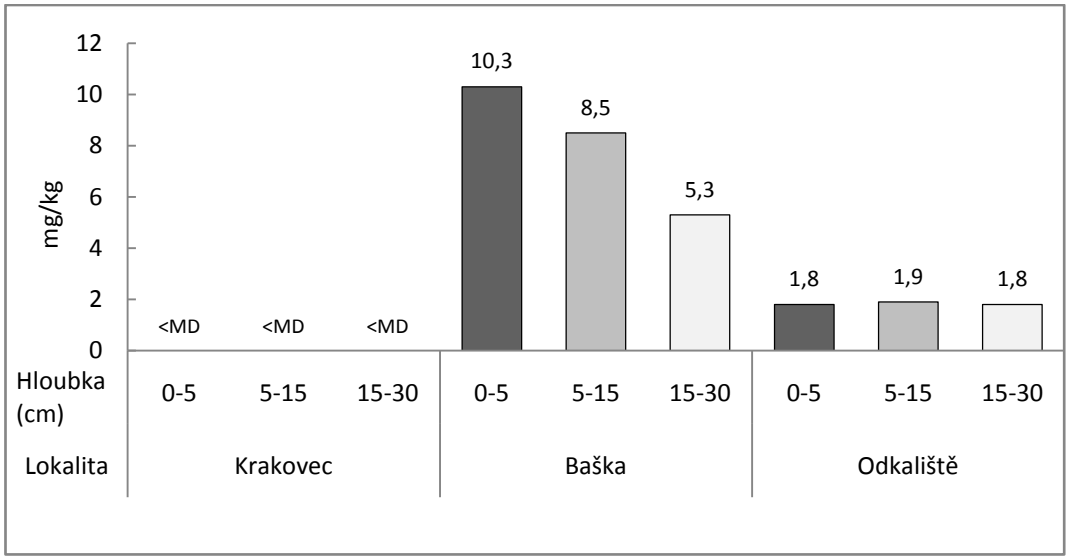
Obr. 11 Koncentrace olova v lokalitách a hloubkách.

4.5 Kadmium

V zájmovém území **Krakovec** nelze jednoznačně prokázat, zda houby obsahovaly kadmium. Naměřené koncentrace byly nižší, než je mez detekce přístroje (obr. 12). Zjištěné hodnoty kadmia v půdě byly taktéž pod mezí detekce přístroje (obr. 13). **Nejvyšší akumulační schopnost hub poutat kadmium byla vysledována v Bašce. Nejvyšší obsah byl změřen v kozáku březovém a hřibu žlutomasém (obr. 12)** a nejnižší obsah měla liška obecná (obr. 12). Koncentrace v půdním horizontu 0–5 cm zde byla více než 5 krát vyšší v porovnání s lokalitou Odkaliště. Nejvyšší zastoupení kovu měla sledovaná hloubka 0–5 cm a následně obsah kadmia s hloubkou klesal (obr. 13). **Odkaliště** vykazovalo nejvyšší obsah kadmia v hřibu žlutomasém a křemenáči osikovém, nejnižší v hřibu smrkovém (obr. 12). Výsledky analýz ukazují, že je zde kontaminace půdy ve všech třech zkoumaných hloubkách téměř totožná (obr. 13).



Obr. 12 Srovnání koncentrace kadmia v jednotlivých druzích hub a lokalitách.



Obr. 13 Koncentrace kadmia v lokalitách a hloubkách.

5. Diskuze

Vyhodnocení analýz těžkých kovů v houbách bylo srovnáno s dříve platnou legislativou (vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb.), která byla v roce 2004 zrušena vyhláškou č. 446/2004 Sb. Aktuální legislativa (platná ke dni 1. 8. 2004 však údaje o limitech těžkých kovů v houbách již neobsahuje. Proto výsledky srovnávám s přípustnými hodnotami platnými před rokem 2004. Hodnoty těžkých kovů v půdách jsou taktéž srovnány s legislativou, dle vyhlášky MŽP č. 13/1994 Sb. Překročení mezních hodnot se posuzuje jako znečištění, výjimkou jsou oblasti s přirozeným vyšším obsahem sledovaných kovů (Beneš 1993).

Houby z lokality Krakovec měly nejnižší koncentrace kumulovaných kovů. Největší schopnost kumulovat zinek měla houba klouzek sličný, u něhož byla zjištěna hodnota 96,3 mg/kg sušených hub. Naopak nejnižší kontaminace byla zaznamenána u hřibu žlutomasého s obsahem zinku 76 mg/kg sušiny. Hygienická norma dle vyhlášky č. 53/2002 Sb. Uvádí pro zinek hodnotu 80 mg/kg sušiny. V Polském národním parku Wolinský byly zaznamenány podobné koncentrace zinku a mědi u houby *Xerocomus badius* – hřib hnědý, který má totožné ekologické nároky jako hřib osikový (Malinowska et al. 2003). Údaje jsou podobné u druhů hub, patřících do čeledi *Boletaceae*, u kterých jsem v této práci sledoval obsah kovů.

Obsah niklu, olova a kadmia u všech hub byl pod mezí detekce spektrofotometru. Mez detekce niklu u použité metody analýzy je 3,0 mg/kg, pro olovo 2,0 mg/kg a pro kadmium 1,0 mg/kg sušiny. Dlouholetá krkonošská studie hub, která probíhala v letech 1998 až 2006, se zaměřovala na plodnice hřibovitých hub *Xerocomus badius* – hřib hnědý, *Boletus chrysenteron* – hřib žlutomasý a *Boletus edulis* – hřib smrkový. Tato studie ukázala, že koncentrace kadmia (Cd) a rtuti (Hg) byla v každém roce vyšší ve srovnání s rokem předchozím (Uhlířová, Hellebrandová 2006). Také Pacner (2005) hodnotil akumulaci kadmia na rozhraní ochranného pásma třetí zóny Krkonošského národního parku a zjistil, že hřib žlutomasý (*Boletus chrysenteron*) měl největší schopnost kumulovat kadmium s hodnotou 1,27 mg/kg. Cibulka et al. (1991) uvádí, že obsah kadmia v houbách

z lesů východně od Prahy je cca 2krát vyšší než u hub z oblasti Křivoklátska. Hodnoty však nepřekročily 1 mg/kg sušiny.

Měď byla přítomná ve všech zkoumaných druzích hub, ale hygienický limit 80 mg/kg sušených hub nebyl překročen v žádném vzorku. Hřib žlutomasý měl nejvyšší obsah tohoto kovu 34,5 mg/kg sušiny. Nejblíže této hodnotě se přiblížila liška obecná s 32,1 mg/kg sušiny. Lokalita Krakovec, kde byl uskutečněn výzkum kovů v houbách, se nachází mezi hlavním městem Praha a Národním parkem Šumava. Naměřené hodnoty mědi a olova ukazují, že ve městech a jejich blízkosti jsou hodnoty vyšší než u nezatížených oblastí jako je Národní park Šumava. Tento trend je demonstrován na příkladu třídy *Agaricomycetes* (Gabriel et al. 1997). Ve volně rostoucích houbách v Národním parku Soguksu se, také jeví všechny zkoumané kovy (Zn, Ni, Pb, Cd, Cu), jako podlimitní a nepřekračují tedy hygienické meze kovů v houbách (Sarikurkcu et al. 2011). Také vědci z Řecka, kteří analyzovali houby z oblasti západní Makedonie (Greneva, Kastoria) dokázali, že tamní houby jsou velmi bohaté na minerály. Koncentrace těžkých kovů je v nich velice zanedbatelná, tudíž doporučují sběr a konzumaci hub bez jakýchkoliv zdravotních rizik (Ouzounia et al. 2007).

U žádných vzorků půdy odebraných na lokalitě Krakovec, nebyl překročen maximální stanovený limit těžkých kovů v půdě. Vědecká práce z Polska uvádí, že nejvyšší kontaminace Cu, Pb, a Zn je u povrchu půdy (Kabala 2001). Podobná studie byla provedena v listnatých lesích státu Tennessee v USA, kde bylo prokázáno, že nejvyšší kontaminace těžkými kovy byla přítomna v povrchové části a také u drobných kořínků ve svrchní části půdy (Hook et al. 1977).

Z mého pohledu mohu oblast Krakovce označit za relativně velmi málo **kontaminovanou** těžkými kovy.

Houby z lokality **Baška** obsahovaly kumulovaný zinek ve velmi vysoké míře, žádný analyzovaný vzorek neodpovídá hygienickému limitu. Limitní hodnota pro zinek byla stanovena na 80 mg/kg suchých hub. **Nejvyšší akumulace zinku byla zaznamenána u hřibu žlutomasého, u kterého dosáhly hodnoty**

hranice 196,5 mg/kg sušiny. Tento druh nekumuluje nejvíce jen zinku, ale také niklu, kadmia a mědi. Akumulační schopnost toho druhu poutat cizorodé látky byla doložena ve východním Slovensku, kde taktéž vykazoval velkou schopnost akumulace, především však Cd, Pb a Cu (Svoboda et al. 2000). **Další houbou s velmi výraznou akumulací zinku byla muchomůrka růžovka s hodnotou 109,2 mg/kg sušiny, dále pak v malém rozdílu následovaly houby z čeledi *Boletaceae*.** Někteří autoři řadí tuto čeleď do dobře akumulujících, jako např. Maja et al. (2001). **Hřib smrkový akumuloval v lokalitě Baška 98,6 mg/kg sušiny.** Pacner (2005) zjistil v hřibu dutonohém 20 km severovýchodně hodnotu 77,5 mg/kg.

Hygienický limit niklu je stanoven na 6 mg/kg sušených hub. Ten nebyl u žádného sledovaného vzorku překročen. Nejbližší hodnota k maximálně přípustné hranici byla stanovena v hřibu žlutomasém 5,2 mg/kg a kozáku březovém 5,1 mg/kg sušiny. Zatížení tímto kovem, bych hodnotil jako ne zcela zásadní. Studie z oblasti Kastamonu (Turecko) zjistila daleko významnější zatížení tímto kovem. Průměrná hodnota v houbách se pohybovala okolo 16 mg/kg sušiny (Mendila et al. 2004). Podobné i vyšší hodnoty byly změřeny v Řecku v oblasti Epirus, kde se hodnoty pohybovaly v rozmezí 7,38 až 75,06 mg/kg sušiny (Paraskevi 2009).

Významná akumulace olova v houbách nebyla prokázána. Všechna měření byla pod mezí detekce přístroje tj. < 3,0 mg/kg sušiny.

Přípustný limit pro kadmium byl stanoven na 2 mg/kg. Ze sedmi hub byla pouze jedna, ač velmi těsně pod hranicí tohoto limitu. Největší akumulaci kadmia 10,8 mg/kg jsem naměřil v kozáku březovém o 2 mg/kg méně u hřibu žlutomasého. Zbylé houby a jejich hodnoty se pohybovaly okolo 6 mg/kg sušiny. Výzkum rekreačních oblastí na obsahy těžkých kovů v ČR byl proveden i v severní části Moravskoslezského kraje. Kontaminace v hřibovitých druzích hub se pohybovala nad 1 mg/kg a byla zaznamenána i místa s koncentrací nad 10 mg/kg sušiny (Uhlířová, Hejdová 1999). Průměrné hodnoty v hřibu smrkovém a muchomůrce růžovce v oblasti středních Čech dosáhly hranic 15,2 a 12,3 mg/kg sušených hub (Kalač et al. 1991).

U mědi byl stanoven hygienický limit 80 mg/kg sušiny. Z hygienického pohledu nebyl překročen limit v pěti sledovaných vzorcích hub, zbylé dva jsou nadlimitní. Nejvyšší hodnotu jsem naměřil v hřibu žlutomasém 85,6 mg/kg a křemenáči osikovém 82,6 mg/kg sušiny. Za průměrné hodnoty mědi v lesních

ekosystémech ČR jsou považovány hodnoty okolo 40 mg/kg u hřibu žlutomasého, 20 mg/kg u kozáka březového a 60 mg/kg u klouzka (Uhlířová, Hejdová 1999).

Ve vzorcích půd z **lokality Baška** byly analyzovány všechny sledované kovy. Nejvyšší koncentrace kovů byla zjištěna ve vzorcích odebraných z hloubky 0–5 cm, ale pouze u kadmia byl překročen limit 1 mg/kg sušiny dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. Hodnota 10,3 mg/kg sušiny byla nejvyšší v nejsvrchnější hloubce (0–5 cm) a s přibývající hloubkou kontaminace klesala. Tento kumulační trend je také publikován Richtrem (2004), který uvádí, že kadmium v půdě s přirozenými podmínkami (mimo zdroje kontaminace) se pohybuje v rozmezí 0,01-1,1 mg/kg sušiny a s hloubkou jeho obsah klesá. Starší publikace uvádí horní hranici až 15 mg/kg Cibulka (1991). Distribuce kadmia v humusovém horizontu jehličnatých lesů byla doložena od Suchary (2001), který uvádí, že v roce 1995 byla nejrozsáhlejší znečištění zaznamenána ve výběžku Severní Moravy. Mnou zjištěnou vysokou hodnotu kadmia v půdě na zkoumané lokalitě Baška přisuzuji místním podmínkám, kde byla v provozu slévárna kovů od roku 1953 a již nefunkční cihelna. Také je to možno přičíst tomu, že lokalita se nachází v oblasti s nejvíce znečištěným ovzduším v České republice a v blízkosti velkých hutních podniků (např. podnik Arcelor Mittal Frýdek-Místek a.s. se nachází ve vzdálenosti cca 8 km a podnik Arcelor Mittal Ostrava a.s. se nachází ve vzdálenosti 17 km). Ve světě se vyskytují oblasti, kde jsou zaznamenány přirozeně vyšší obsahy těžkých kovů. Například obsah kadmia v půdách Kalifornie, které vznikaly na břidlicích, byl 7,5 mg/kg a nejvyšší hodnoty dosáhly až k 22 mg/kg (Lund et al. 1982).

Provedení analýzy půdy z lokality Baška jsem zjistil, že v nejsvrchnějším horizontu půdy byla hodnota olova 110,9 mg/kg. Richtr (2004) publikuje, že se tento kov kumuluje v humusovém horizontu, kde jeho hodnoty bývají v nejvyšším zastoupení. Cibulka et al. (1991) ve své publikaci uvádí, že průměrný obsah v různých půdách ve světě je 29,2 mg/kg sušiny. Naměřený obsah olova v půdě je dle mého názoru antropogenního původu, vzhledem k tomu, že se nedaleko lokality Baška nacházely a stále přetrvávají průmyslové a hutnické aglomerace (Ostrava, Třinec).

Koncentrace mědi ve vzorcích půdy na lokalitě Baška nebyla překročena nad limitní hodnoty. Zjištěná hodnota 98,3 mg/kg se blíží horní hranici

hygienického limitu, který byl stanoven na 100 mg/kg. Příčiny kontaminace pokládám také za antropogenně vzniklý jako u výše uvedených kovů. Měď se koncentruje v horních vrstvách půdy, které potvrzují výzkumy z Velké Británie (Lepp et al. 1997). Obsahy zbylých dvou měřených kovů zinku a niklu byly hluboko pod hygienickým limitem.

Lokalitu Baška hodnotím z pohledu akumulace těžkých kovů v houbách jako znečištěnou. Souhlasím s citací Segerorá (1982) v publikaci Cibulka et al. (1991), že kadmium v houbách je považováno za rizikový faktor pro konzumenty. Nejen kadmium, ale také i zinek, měď, nikl a olovo jsou rizikovými prvky (Demirbas 2002).

Sledované těžké kovy v houbách rostoucích na Odkališti překračovaly u všech vzorků hub hygienické limity. Limit pro zinek je 80 mg/kg sušených hub. Nejvyšší akumulaci zinku jsem analyzoval v hřibu žlutomasém 248,7 mg/kg a kozáku březovém 246,3 mg/kg sušiny. Norská studie, která byla provedena ve znečištěných oblastech (Odda a Sulitjelma), zjistila, že kontaminace je mnohem vyšší. Hřib smrkový akumuloval 396 mg/kg sušiny (Hansen et al. 2002). Vysoká akumulace zinku byla pozorována také v houbách rostoucích v blízkosti hutních společností Dambovita Rumunsko (Radulescu et al. 2010).

U niklu byl stanoven hygienický limit 6 mg/kg sušiny hub. Naměřené hodnoty převyšovaly tuto hodnotu jen mírně. Nejvyšší akumulaci jsem zjistil v sušině křemenáče osikového 7,2 mg/kg a hřibu žlutomasého 6,3 mg/kg. Nejnižší hodnota niklu byla u hřibu smrkového 4,5 mg/kg sušiny. Pacner (2005) na Odkališti zjistil podobné koncentrace. Nejvyšší koncentraci, která překročila hygienický limit o 0,4 mg/kg naměřil v hřibu dutonohém.

Vysoký obsah olova v houbách jsem zjistil pouze v lokalitě Odkaliště. Hygienický limit olova byl stanoven na 10 mg/kg sušiny. Hřib žlutomasý měl nejvyšší koncentraci 9,8 mg/kg sušiny, zbylé druhy hub nepřekročily tuto hodnotu

Hygienický limit obsahu kadmia byl stanoven na 2 mg/kg. Zvýšenou koncentraci jsem zjistil v hřibu žlutomasém a kozáku březovém a to shodně 2,1 mg/kg. Nejvyšší koncentrace Pacner (2005) naměřil ve *Xerocomus badius* –

suchohřibu hnědém s hodnotou (8,5 mg/kg). Ostatní vzorky hub jsou na maximálně přípustné hranici (2 mg/kg) či pod ní.

Maximální hygienický limit u mědi 80 mg/kg v sušených houbách byl překročen u hřibu žlutomasého 194,7 mg/kg a hřibu smrkového 81,5 mg/kg sušených hub. Hodnotu 216,7 mg/kg sušiny naměřil Pacner (2005) v pýchavce obecné. V Literatuře se uvádí, že pýchavka obecná je nejlepší bioakumulátor (Cibulka et al. 1991). Cocchia (2006) publikoval, že akumulace konkrétních těžkých kovů může být druhově specifické.

Vzorky půd z lokality Odkaliště vykazovala velmi vysokou koncentraci těžkých kovů v půdě. Čtyři z pěti sledovaných kovů měly vyšší koncentraci v půdě, než stanovuje povolená hranice. Pouze u niklu nebyla hranice překročena v žádné hloubce.

Zinek má určen hygienický limit v půdě 100 mg/kg. Všechny analýzami zjištěné hodnoty se pohybovaly okolo 300 mg/kg sušiny. Tři změřené hloubky (0-5, 5-15, 15-30) vykazovaly koncentraci 241,1 mg/kg sušiny. Cibulka et al. (1991) uvádí, že extrémně vysoké obsahy olova v půdách kontaminovaných odpadem z kovohutí mohou dosahovat až tisíce mg/kg. Podobné hodnoty byly změřeny v okolí dálnic (ibid.)

Hygienická hranice stanovena u kadmia je 1 mg/kg. Kontaminace kadmiem byla překročena ve všech třech měřených hloubkách o 0,8 mg/kg. Srovnatelné hodnoty uvádí Pacner (2005).

Hygienický limit pro měď v půdě byl stanoven na 100 mg/kg. Lokalita Odkaliště překračuje tento limit více než o 4 mg/kg v první měřené hloubce a s hloubkou roste jeho obsah.

Nikl má hygienický limit stanovený ve vyhlášce č. 13/1994 Sb. 80 mg/kg sušiny. Koncentrace na Odkališti dosáhla ve všech třech sledovaných hloubkách hodnot okolo 49 mg/kg sušiny.

Všechny výsledky analýz vzorků půd zjistily téměř shodné koncentrace. Domnívám se, že tento trend je zapříčiněn dovozem materiálu z hutí, který se pouze rozhrnul na požadovanou plochu a takto se ponechal. Proto mohou být všechny sledované hodnoty v různých hloubkách téměř totožné.

Lokalitu Odkaliště, na základě provedených analýz, z mého pohledu hodnotím jako velmi kontaminovanou těžkými kovy. A to, jak půdní složení tak těžké kovy akumulující houby rostoucí na ní.

6. Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit obsahy pěti vybraných těžký kovů (Zn, Ni, Pb, Cd, Cu) v jedlých volně rostoucích houbách. Zjistit zatížení půdy těmito kovy v lokalitách odběrů vzorků hub ve třech půdních hloubkách. Vybrané houby se vyskytovaly na lokalitách Krakovec, Baška a Odkaliště. Sledovanými druhy hub byly: kozák březový, liška obecná, křemenáč osikový, klouzek sličný, muchomůrka růžovka, hřib smrkový a hřib žlutomasý. Odběr vzorků probíhal jednorázovým sběrem hub a půd na daných lokalitách a jejich následná analýza v laboratoři metodou atomové spektrofotometrie. Rozdíly byly zjištěny, jak mezi lokalitami, tak v odlišné kumulaci těžkých kovů houbami.

Antropogenní znečištění lokality Krakovce je velice zanedbatelné, proto ho lze prohlásit za lokalitu neznečištěnou těžkými kovy. Vzorky z lokality Baška vykazovaly významně překročenou hygienickou normu zinku a kadmia. Srovnáním lokality Odkaliště s předchozími dvěma lokalitami bylo zjištěno, že tato lokalita je nejvíce zatížena sledovanými těžkými kovy, což se projevilo na jejich vysokých koncentracích v houbách i v půdě.

Zaznamenané hodnoty výrazně převyšovaly povolené normy z hlediska hygienických limitů. Z mé práce vyplynulo, že hřib žlutomasý – *Boletus chrysenteron* je nejvhodnější pro biomonitoring vybraných těžkých kovů, ne tak pro konzumaci.

Nejvyšší kontaminace půdy byla prokázána v nejsvrchnější hloubce (0–5 cm), což indikuje povrchovou kontaminaci atmosférickými depozicemi. Tento trend vyplývá z většiny studií zabývající se podobným tématem.

Houby, které překročily maximálně stanovené hygienické hodnoty, bych z potravinářského pohledu konzumentům nedoporučoval sbírat a konzumovat. Především na lokalitě Odkaliště - Dolní Lištná, jsou velice nadlimitní hodnoty sledovaných těžkých kovů. Houby hrají i přes svá negativa významnou roli v ekosystému z důvodu biologické rozmanitosti, která je v současné době na ústupu.

7. Reference

Antonín, V., Bieberobová, Z. (1995): Chráněné houby ČR. Ministerstvo životního prostředí České republiky. Praha. p. 88.

Benecko, V., Cikrt, M., Lener, J. (1955): Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. Avicenum. p. 282.

Beneš, S. (1993): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 1. Obsahy, akumulace a kritéria hodnocení prvků v zemědělských půdách. Ministerstvo zemědělství. p. 88.

Bíba, M., Uhlířová, H. (2004): Monitoring lesních ekosystémů s vazbou na potravní řetězec, Zpráva o řešení úkolu v roce 2004. Dostupný z http://90.181.191.228/index.html?did=247&lang=czp. 18.

Bobková, M. (2010): Antropogenní tvary reliéfu na území města Třinec. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. p. 56.

Böhm, S., Gregor, P., Hajšlová, J., Kocourek, V., Pavelka, J., Schultzová, V., Skácel, F., Suchánek, M., Tomaniová, M., Volka, K. (1996): Hodnocení stavu životního prostředí. – Monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích v roce 1995. VŠCHT Praha. p. 171.

[Cenia] Česká informační agentura životního prostředí, 2007. Stav životního prostředí v jednotlivých krajích České republiky v roce 2006.

Cibulka, J. (1996): Cizorodé prvky v houbách. Vesmír. 1996/7. Dostupný z http://www.vesmir.cz/clanek/cizorode-prvky-v-houbach.

Cibulka, J., Domažlická, E., Kozák, J., Machálek, E., Kubizňáková, J., Svobodová, Z. (1991): Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Academia. p. 427.

Cocchia, L., Vescovia, L., Petrinid, L., Petrini, O. (2006): Heavy metals in edible mushrooms in Italy. Food Chemistry. 98: 277-284.

Demek, J., Mackovčin, P., Blatka, B., Buček, A., Czudek, T., Dědečková, M., Hrádek, M. (2006): Hory a nížiny zeměpisný lexikon ČR. AOPK ČR, p. 580.

Demirbas, A. (2002): Metal ion uptake by mushrooms from natural and artificially enriched soils. Food chemistry. 78: 89-93.

Holec, J., Beran, M. (2006): Červený seznam hub (makromycetů) České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 24: 1–282.

Malinowska, E., Szefera, P., Falandyszb, J. (2003): Metals bioaccumulation by bay bolete Xerocomus badius from selected sites in Poland. Food Chemistry. 84: 405–416.

Erhart, J., Erhartová, M. (1994): Houbařský atlas. Finidr. Český Těšín. p. 380.

Fikar, J. (2009): Těžké kovy v houbách. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. p 45.

Gabriel, J., Baldrian, P., Rychlovský, P., Krenzelok, M. (1997): Heavy Metal Content in Wood-Decaying Fungi Collected in Prague and in the National Park Šumava in the Czech Republic. Springer. 59: 595-602.

Garnweidner, E. (1995): Kapesní atlas houby. Slovart. Praha. p. 254.

Hajn, V. (1999): Ekologie člověka. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc. p. 235.

Hansen, C., Yttri, K. E., Andersen, R. A. (2002): Mushrooms from two metal-contaminated areas in Norway: occurrence of metals and metallothionein-like proteins. Exploration Environment Analysis. 2: 121-130.

Hook, V., Harris, W. F., Henderson, G. S. (1977): Cadmium, Lead, and Zinc Distributions and Cycling in a Mixed Deciduous Forest. Springer. 47: 281-286.

Kabala, C., Singh, R. (2001): Fractionation and Mobility of Copper, Lead, and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter. Journal of Environmental Quality. 30: 485-492.

Kalač, P., Burda, J., Stašková, I. (1991): Concentrations of lead, cadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of a lead smelter. Science of The Total Environment. 115: 109-119.

Kotlaba, F. (2004): Naše houby. Albatros. Praha. p. 335.

Lepp, N. W., Hartleyb, J., Totia, M., Dickinsona N. M. (1997): Patterns of soil copper contamination and temporal changes in vegetation in the victinity of a copper rod rolling faktory. Environmental Pollution. 95: 363-369.

Lund, L. J., Betty, E. E., Page, A. L., Elliott, R. A. (1982): Occurrence of Naturally High Cadmium Levels in Soils and Its Accumulation by Vegetation. Journal of Environmental Quality. 4: 551-556.

Maja, B., Kučak, A., Veda, M., Sarić, V., Matek, M. (2001): Uptake of Cadmium, Copper, Iron, Manganese, and Zinc in Mushrooms (Boletaceae) from Croatian Forest Soil. AOAC International. 88:1964-1971.

Mendila, D., Doğan, Ö., Hasdemirb, E., Çağlarc, A., Hasdemir, E. (2004): Determination of trace elements on some wild edible mushroom samples from Kastamonu, Turkey. Food Chemistry. 88: 281-285.

Mulligan, C., Yong, R., Gibbs, B. (2001): Surfactant-enhanced remediation of contaminated soil. Engineering Geology. 60: 371-380.

Obata, H., Umebayashi, M. (1997): Effects of cadmium on mineral nutrient concentrations in of contaminated soil. Journal of Plant Nutrition. 20: 371-380.

Ouzounia, K., Veltsistasb, G., Paleologosa, K., Riganakosa, A. (2007): Determination of metal content in wild edible mushroom species from regions of Greece. Journal of Food Composition and Analysis. 20: 480-486.

Pacner, M. (2005): Vybrané těžké kovy v plodnicích stopkovýtrusých hub v Krkonoších a okolí Třince. Opera Corcontica. 42: 91-97.

Paraskevi, K., Petridisb, D., Koller, D., Kyriakos, A. (2009): Nutritional value and metal content of wild edible mushrooms collected from West Macedonia and Epirus, Greece. Food Chemistry. 115: 1575-1580.

Radulescu, C., Stihi, C., Busuioc, G., Popescu, V., Gheboianu, I. (2010): Studies Concerning Heavy Metals Bioaccumulation of Wild Edible Mushrooms from Industrial Area by Using Spectrometric Techniques. Environmental Contamination and Toxicology. 81: 641-646.

Richter, R. (2004): Živný režim půd. Dostupný z http://web2.mendelu.cz.

Rühling, A. (1994): Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe – estimations based on moss analysis. Nord. 9: 53.

Sarikurkcu, C., Copurb, M., Yildiza, D., Akatac, I. (2011): Metal concentration of wild edible mushrooms in Soguksu National Park in Turkey. Food Chemistry. 128: 731-734.

Shuman, L. M. (1985): Effect of tillage on the distribution of manganese, copper, iron, and zinc in soil fractions. Soil Science Society of America Journal. 49/5: 1117-1121.

Schramel, O., Michalke, B., Kettrup, A. (2000): Study of copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. The Science of the Total Environment. 263: 11-22.

Smotlacha, M. (1999): Smotlachův atlas hub. Ottovo nakladatelství. Praha. p. 271.

Smotlacha, M., Erhart, J., Erhatrová, M., Baibir, J., (2008): Kapesní atlas hub. Ottovo nakladatelství. Praha. p. 304.

Suchara, I., Sucharová, J. (2001): Distribution of sulphur and heavymetals in forest floor humus of the Czech republic. Water, Air, and Soil Pollution. 136: 289-316.

Svoboda, L., Zimmermannová, K., Kalač, P. (2000): Concentrations of mercury, cadmium, lead and copper in fruiting bodies of edible mushrooms in an emission area of a copper smelter and a mercury smelter. The Science of the Total Environment. 246: 61-67.

Šutara, J., Mikšík, M., Janda, V. (2009): Hřibovité houby. Academia. Praha. p. 294.

Uhlířová, H., Hejdová, J. (1999): Těžké kovy v lesních ekosystémech České republiky. Dostupný z: http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/6d13b004071d0140c12569e700154acb/12171da96085c116c12569a2002162db?OpenDocument.

Uhlířová, H., Hellebrandová, K. (2006): Biomonitoring of cadmium in the forest environment of the Krkonoše National Park in the connection to the food chain. Results from 1998–2005, Opera Corcontica. 44/2: 517-521.

Váňa, J. (1996): Systém a vývoj hub a houbových organizmů. Karolinum. Praha. p. 164.

Wyszkowska, J., Kucharski, J., Lajszner, W. (2005): The Effects of Copper on Soil Biochemical Properties and Its Interaction with Other Heavy Metals, plants differing in tolerance for cadmium. Journal of Plant Nutrition. 20: 97-105.

8. Obrazová příloha

Foto 1: Kozák březový

Foto 2: Hřib smrkový

Foto 3: Liška obecná
Zdroj www.biolib.cz

Foto 4: Hřib žlutomasý

Foto 5: Klouzek sličný

Foto 6: Muchomůrka růžovka

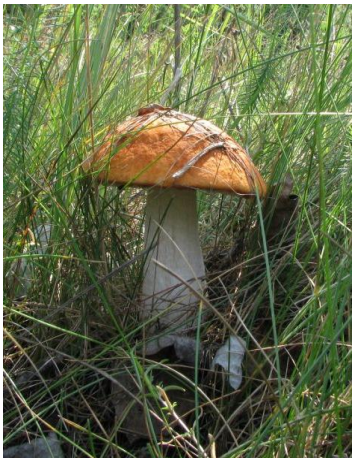


Foto 7: Křemenáč osikový
Zdroj www.biolib.cz

Foto 8: Kulový mlýnek

Foto 9: Profil půdního odběru

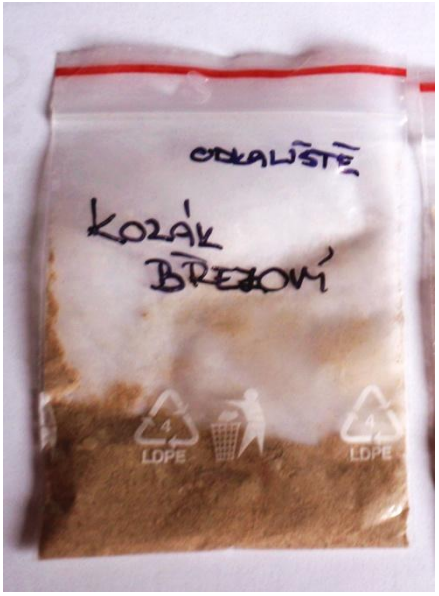


Foto 10: Vzorek hub rozemletý na prach