

**Středoškolská odborná činnost 2004/2005**

Obor 03 - Chemie

**STANOVENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ V PLODECH  
LÍSKY TURECKÉ POMOCÍ ATOMOVÉ  
ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE**

AUTOŘI:

**Klára Veselská, Jiřina Procházková,  
Petra Drozdová**

SZŠ a VZŠ E. Pöttinga. Pöttingova 2,  
Olomouc 772 00,

4. ročník oboru zdravotní laborant

ZADAVATEL PRÁCE:

**RNDr. Jiří Stranyánek**  
(SZŠ a VZŠ E. Pöttinga)

KONZULTANT PRÁCE:

**Ing. David Milde, PhD.**  
(Ústav analytické chemie Univerzity  
Palackého, Olomouc)

**Olomouc, 2005**  
Olomoucký kraj

Prohlašujeme tímto, že jsme soutěžní práci vypracovaly samostatně pod vedením ing. Davida Mildeho, PhD. a uvedly v seznamu literatury veškerou použitou literaturu.

V Olomouci dne 14. dubna 2005

Klára Veselská \_\_\_\_\_

Petra Drozdová \_\_\_\_\_

Jiřina Procházková \_\_\_\_\_

Chtěly bychom poděkovat RNDr. Jiřímu Stranyánkovi za vedení při SOČ. Dále pak pracovníkům katedry analytické chemie Přírodovědecké Fakulty Univerzity Palackého a zvláště ing. Davidu Mildemu, PhD. za odborné vedení během naší práce. Také děkujeme Mgr. Šárce Opravilové a Adamovi Šimáčkovi za pomoc s grafickou úpravou. V neposlední řadě bychom také rády poděkovaly nadačnímu fondu při SZŠ a VZŠ E. Pöttinga za potřebnou materiální výpomoc při kompletování naší práce.

# OBSAH

1. ÚVOD .....	5
2. TEORETICKÁ ČÁST	
2. 1. Líska turecká .....	6
2. 2. Biologický význam vybraných prvků .....	7
2. 3. Jednotlivé principy použitých metod	
2. 3. 1. Mikrovlnná mineralizace.....	8
2. 3. 2. AAS – Atomová absorpční spektrometrie .....	9
A. Plamenová AAS .....	12
B. Elektrotermická atomizace (ET AAS) .....	12
C. Grafitový atomizátor .....	13
D. AAS s hydridovou generací .....	14
2. 4. Přístrojové vybavení a použité chemikálie .....	15
3. PRAKTICKÁ ČÁST	
3. 1. Příprava vzorku k analýze.....	16
3. 2. Analýza vzorku .....	17
4. VÝSLEDKY	
4. 1. Srovnání obsahu prvků v jádru ořechu v lokalitě zatížené a lokalitách nezatížených .....	18
4. 2. Srovnání obsahu všech prvků v jádru a ve skořápce ve všech lokalitách.....	24
4. 3. Srovnání obsahu jednotlivých prvků v jádru a ve skořápce v lokalitě zatížené (Olomouc – tř. Svobody) .....	31
4. 4. Srovnání obsahu prvků v jádrech ořechů našich lokalit s hodnotami uváděnými v práci Alasarvara et al. ....	32
5. DISKUSE A ZÁVĚR .....	39
6. PŘÍLOHY .....	41
7. POUŽITÁ LITERATURA .....	46

# STANOVENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ V PLODECH LÍSKY TURECKÉ POMOCÍ ATOMOVÉ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE (AAS)

## 1. ÚVOD

V této práci byly stanovovány makroprvky – hořčík, vápník (Mg, Ca), mikroprvky – měď, železo, zinek (Cu, Fe, Zn,) a prvky toxické – olovo, kadmium (Pb, Cd) v plodech lísky turecké z různých lokalit. Před vlastním stanovením metodou atomové absorpční spektrometrie, byly vzorky rozloženy mikrovlnnou mineralizací za použití směsi konc. kyseliny dusičné a peroxidu vodíku. U Mg, Ca, Cu, Fe, Zn, bylo stanovení provedeno pomocí atomové absorpční spektrometrie plamenovou atomizační technikou v plameni acetylen-vzduch. Kadmium a olovo Cd a Pb byly stanoveny pomocí elektrotermické atomizace.

Plody lísek - ořechy byly sesbírány jednak z lokalit relativně neznečištěných - **nezatížených** (Náměšť na Hané, Bílé Karpaty – Lopeník, Olomouc – bazén, Šternberk) a jednak z lokality relativně znečištěné – **zatížené**, kde jsme předpokládali kontaminaci těžkými kovy (Olomouc-třída Svobody u hlavní silnice v centru města, kde denně projede spousta aut). Odtud lidé ořechy běžně trhají a konzumují je. Některými kolemjdoucími jsou upozorňováni na to, že ořechy jsou „jedovaté“. Proto jsme se rozhodli zjistit, zdali skutečně jsou v plodech lísky těžké kovy přítomny.

Naše práce má několik cílů:

1. Srovnat obsah prvků v lokalitě nezatížené a zatížené a to především srovnat obsah prvků toxických (Pb, Cd).
2. Zjistit, zda v zatížené lokalitě se škodliviny zachytí ve skořápce a jádro je tedy vhodné ke konzumaci nebo jestli škodliviny ze zevního prostředí přechází až do jádra a jejich konzumace tedy může způsobit zdravotní komplikace.
3. Sledování obsahu biologicky významných prvků a zhodnocení, je-li jejich koncentrace v ořeších natolik významná, že je můžeme označit přímo za přírodní zdroj některých prvků.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### **2. 1. Líška turecká (*Corylus colurna*)**

je strom pocházející z oblastí kolem Středozevního moře. Je vysazována v Evropě od poloviny 16. století. Tvoří dnes celá stromořadí ve městech a v parcích a také je vysazována jako solitér. Dnes roste v celém mírném pásu Evropy. Rodově stejná, druhově příbuzná, líška obecná (*Corylus avellana*) se jako keř vyskytuje často ve světlých listnatých i smíšených lesích a v křovinách nížin až po podhorské stupně. Hlavním producentem lískových ořechů jsou Itálie, Francie a Turecko.

Lískové ořechy vyrůstají na větévkách v malých shlucích, každý uložený zvlášť v zelené třepenité číšce. Patří k vysoce hodnotným potravinám. Jsou velice bohaté na nenasycené mastné kyseliny (olejová, linolová..) a bílkoviny. Obsahují všechny esenciální aminokyseliny v dostatečném množství a vhodném vzájemném poměru. Jsou též bohaté na minerální látky (vápník, hořčík, železo, měď, draslík) a na vitamíny. Zásobují naše tělo též vlákninou. Tyto důležité látky obsahuje i hnědá skořápka. Obsahují také hodně lipidů (kolem 60 %) a v některých zemích se z nich lisováním získává tzv. lískový olej. Ořechy výrazně pozitivně přispívají ke krvetvorbě v kostní dřeni a tím k léčbě anémie. Dále jsou velmi prospěšné při neurózách, nervovém a fyzickém vyčerpání, pro zlepšení paměti a k uklidnění. Jsou vhodné jako posilující prostředek pro nemocné, rekonvalescenty, studenty a sportovce. Nejběžnější metodou pro stanovení stopových koncentrací kovových prvků stále zůstává Atomová absorpční spektrometrie - AAS.

## **2. 2. Biologický význam vybraných prvků**

### **Vápník (Calcium – Ca)**

Je životně důležitý prvek, potřebný pro kontrakci svalů., srážení krve a mnoho dalších vitálních funkcí. Zúčastňuje se tvorby kostí a zubů, podporuje zdravý nervový systém a je mimo jiné velmi důležitý pro udržování funkce imunitního systému. Spolupůsobí s fosfáty a s hořčíkem. Slouží k prevenci a léčbě osteoporózy, pomáhá při prevenci srdečních chorob a také pomáhá tělu využívat železo.

### **Hořčík (Magnesium – Mg)**

Je nezbytný pro mnoho biochemických procesů v našem těle, včetně metabolismu nukleových kyselin a bílkovin. Podílí se na aktivitě více než 300 enzymů, u starých lidí zlepšuje paměť, úsudek a myšlení. Brání vzniku ledvinových a žlučových kamenů, pomáhá při regeneraci buněk těla, je vhodný při léčbě vysokého krevního tlaku.

### **Měď (Cuprum – Cu)**

Měď je důležitá pro tvorbu kolagenu, který je nezbytný pro tvorbu zdravých kostí, chrupavky, šlachy a kůži. Je též jedním z antioxidantů, které chrání proti poškození organismu tzv. volnými radikály. Může pomoci v prevenci nádorů, posiluje imunitní systém. Hlavním úkolem je však účast při tvorbě erytrocytů, kde pomáhá zabudovat železo do hemoglobinu. Působí úspěšně při hojení ran a rovněž zajišťuje optimální využití vit. C.

### **Železo (Ferrum – Fe)**

Je nejdůležitější složkou hemoglobinu, který přenáší vdechovaný kyslík k jednotlivým buňkám. Enzymy, obsahující železo, se účastní přeměny  $\beta$ -karotenu na aktivní formu vitamínu A (retinolu). Další enzymy, které vážou železo jsou nezbytně nutné pro syntézu DNA a RNA a kolagenu. Spolupůsobí s vit. C a stopami mědi. Nedostatek se projevuje anémií, nespavostí a bušením srdce.

### **Zinek (Zincum – Zn)**

Je nezbytnou součástí oční duhovky a účastní se fotochemických procesů vidění., zvyšuje stabilitu inzulínu, ovlivňuje metabolismus bílkovin, glycidů, hormonů a vitamínů. Zvyšuje rezistenci k volným radikálům. Je hlavním ochranným prvkem imunitního systému a je důležitý pro přenos genetické informace.

### **Olovo (Plumbum – Pb)**

Není biologicky významným prvkem, je toxické a může se vyskytovat ve zvýšeném množství v životním prostředí a z něho částečně přecházet i do potravy a pitné vody. Dlouhodobý příjem olova poškozuje ledviny, centrální nervový systém, periferní nervy a krevetvorbu. Při větším příjmu inhibuje, až zastavuje funkce jater, ledvin, mozku a svalovou činnost. Interferuje s metabolismem železa, a tím inhibuje tvorbu hemu., důležitého v dýchacím řetězci buněk a pr tvorbu hemoglobinu v červených krvinkách (vzniká anemie).

### **Kadmium (Cadmium – Cd)**

Také není biologicky významným prvkem, je rovněž toxický. Kumuluje se v tkáních, zejména v játrech a ledvinách. Je genotoxické a působí genové mutace. Větší příjem potravou působí odvápnování kostí. Může způsobit poruchu metabolismu mědi, zinku, železa a jejich zvýšené vylučování močí.

## **2. 3. Jednotlivé principy**

### **2. 3. 1. MIKROVLNNÁ MINERALIZACE**

Provádí se v otevřeném nebo uzavřeném systému. Rozklad v uzavřeném systému je obecně mnohem výhodnější než konvenční mokrý rozklad v otevřeném systému, neboť umožňuje zabránit ztrátám těkavých prvků, téměř zamezit kontaminaci z vnějších zdrojů (dosahuje se nízkých hodnot slepých vzorků) a v neposlední řadě se u těchto postupů snižuje spotřeba reakčních činidel. K dalším výhodám patří významné zkrácení času potřebného na rozklad vzorku a dosažení prakticky úplného rozrušení matrice vzorku.

Mikrovlnné elektromagnetické záření vyvolává vibraci molekul díky pohybu iontů a rotaci dipólů, ale beze změn struktury molekul. Mikrovlnné záření se generuje magnetronem a v analytické chemii se používá povolená frekvence 2450 MHz, což odpovídá délce vlny okolo 12 cm. Tento výběr pracovní frekvence se ukázal jako optimální z hlediska absorpce energie v materiálech o různém chemickém složení. Efektem absorpce mikrovlnné energie v objemu látky je především vzrůst teploty vzorku. Díky specifickým vlastnostem mikrovlnného záření dochází k ohřevu rozkladné směsi kyselin a vzorku mnohem rychleji a účinněji. Stěny nádobek se primárně nezahřívají, ale ohřev nastává přímo ve směsi



rozkladného materiálu interakcí mikrovlnného záření a absorbujícího prostředí (molekulami vzorku).

Mikrovlnný mineralizátor UniClever generuje fokusované mikrovlnné pole, které je aplikováno na rozkládaný vzorek v teflonové mineralizační nádobce umístěné v ocelovém mineralizačním hnízdě. Jednotka je chlazená vodou. K mineralizovanému vzorku je nutno přidat rozkladné činidlo ( $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ ). Teplota mineralizace je omezena materiálem mineralizační nádoby, nesmí být vyšší než 240 °C. Mineralizace je řízena počítačem, softwarové vybavení umožňuje sledovat během mineralizace průběh teploty, tlaku a aplikované energie v závislosti na čase. Celý proces rozkladu je volen jako víceetapový se zřetelem na druh rozkládaného materiálu, velikost navážky, složení oxidační směsi, maximální hranice dosaženého tlaku, výkon mineralizátoru a doba trvání rozkladu.

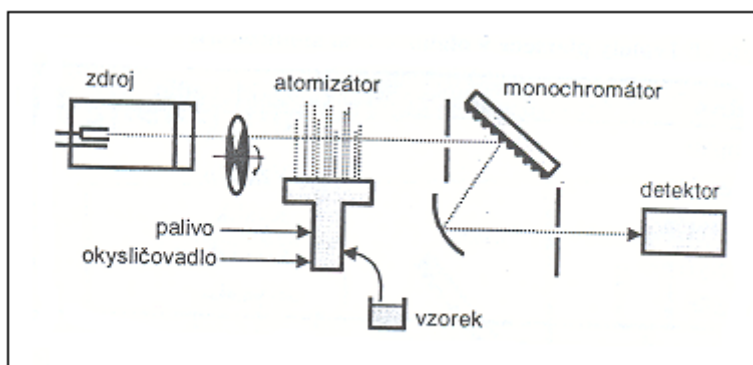
### 2. 3. 2. AAS – ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE

Principem AAS je absorpce záření volnými atomy v plynném stavu, které vznikají v atomizátorech. Volné atomy v plynném stavu absorbují fotony určité energie, záření určité vlnové délky. Energetická hodnota fotonů je charakteristická pro určitý druh atomu a počet absorbovaných fotonů je mírou množství stanovovaných atomů.

Štěrbina monochromátoru propouští interval vlnových délek o šířce 0,5 nm, zatímco absorpční čára je široká jen asi 0,002 nm. Znamená to, že kdyby se použil polychromatický zdroj, na detektor by procházelo ve značné míře neabsorbované záření blízké absorbované vlnové délce. Z těchto hodnot vyplývá, že při úplné absorpci sledované čáry by byl zářivý tok dopadající na detektor snížen o pouhých 0,4 %. Takový přístroj by byl málo citlivý. Proto je nutno jako zdroj záření použít stejný prvek, jaký chceme stanovovat. Ten nám bude poskytovat emisní záření požadované vlnové délky. Absorbovat se bude právě část záření, která svými vlnovými délkami odpovídá rezonančním čarám. Rezonančních čar je mnohem méně než emisních. Pro měření se vybere čára, pro kterou je splněna největší absorpce záření.

Běžný atomový spektrometr se skládá z následujících částí:

1. Zdroj záření
2. Atomizátor
3. Monochromátor
4. Detektor
5. Zpracování signálu, případně výpočetní systém



*Schéma jednopaprskového atomového absorpčního spektrometru*

Monochromatické záření vhodného zdroje je absorbováno volnými atomy stanovovaného prvku v základním stavu. Neabsorbované záření prochází monochromátorem, dopadá na detektor a vzniklý proudový signál je po zesílení indikován elektrickým indikátorem, digitálním záznamem nebo registrován jako absorpce nebo absorbance. Vhodným reservoárem atomů jsou plameny nebo elektrotermické atomizátory.

Zdroje primárního záření:

Čárovým zdrojem je výbojka s dutou katodou. Katodou je dutý váleček ze stejného kovu, který se stanovuje, anodou je wolframový nebo molybdenový drát. Lampa obsahuje argon (neon) tlaku do 1 kP. Vložení napětí vyvolá doutnavý výboj, při němž vznikají ionizované plyny, které bombardují kov. Uvolněné atomy kovů se srážkami excitují a při deexcitaci vysílají potřebné záření.

### Atomizátor

Atomizátor slouží k převedení vzorku do stavu volných atomů. Jeho teplota by měla být dostatečná k atomizaci, ale nižší než je třeba k výraznější excitaci atomů. Potřebná teplota je zpravidla 2000 až 3000 °C. Používáme plamenový nebo elektrotermický atomizátor. Podrobně bude o jednotlivých typech atomizátorů pojednáno dále.

### Monochromátor

Hlavním úkolem je separovat interval vlnových délek  $\Delta\lambda$  ze spektra.

### Detektor

V AAS se jako detektory záření používají výhradně fotonásobiče napojené na vyhodnocovací zařízení.

### Analytické využití

AAS slouží k elementární kvantitativní analýze kovových prvků nízkých koncentrací. *Lambertův – Beerův zákon* bývá dobře splněn pro koncentrace 0,1 – 100  $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$  u plamenové atomizace, v jednotkách  $\text{ng} \cdot \text{ml}^{-1}$  u elektrotermické atomizace. Pracuje se metodou kalibrační křivky nebo standardního přídávku. U elektrotermické atomizace je jako míra obsahu prvku vyhodnocována výška přechodného signálu nebo plocha uzavřená křivkou jeho závislosti na čase.

AAS lze použít pro 60 prvků periodické tabulky. Některé prvky (As, Sb, Bi, Ge, Sn, Pb atd.) se převádí s výhodou na těkavé hydridy v hydridovém generátoru. Na vzorek se v něm působí tetrahydridoboritanem sodným v kyselém prostředí. Při reakci se vyvíjí hydridy příslušných kovů (polokovů), které unášejí proud argonu do atomizátorů. Jedná se o nesmírně citlivou metodu dosahující citlivosti  $\text{ng}$  na  $\text{ml}$  vzorku a u elektrotermické atomizace lze detekovat až  $\text{pg}$  v dávce vzorku. Používá se například pro analýzy pitných a užitkových vod, v lékařství, v potravinářství, ke sledování obsahu těžkých kovů v životním prostředí.

## A. Plamenová AAS (FA AAS)

Pro vyšší obsahy se používá plamenová AAS. Její předností je vysoká rychlost měření vzorků a menší vliv matrice než s elektrotermickým atomizátorem. V naší práci jsme touto metodou měřili prvky – Zn (zinek), Fe (železo), Cu (měď), Mg (hořčík), Ca (vápník).

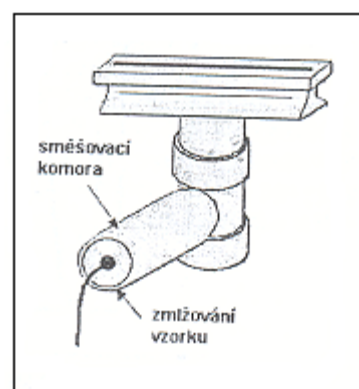
Principem je převedení roztoku na aerosol ve zmlžovači a zavádění tohoto aerosolu do laminárního předmíchávaného plamene. Jako palivo je nejčastěji používán acetylén, ve speciálních případech to může být propan/butan nebo vodík. Oxidovadlem je vzduch nebo oxid dusný.

Pro zavádění vzorku do plamene se používá téměř výhradně pneumatických zmlžovačů. Méně obvyklé je použití ultrazvukových, elektrostatických a dalších zmlžovačů.

Základní pochody při atomizaci v plameni

Celý proces atomizace vycházející z kapalného vzorku je možné popsat následujícími pochody:

- Zmlžování roztoku (vznik mokrého aerosolu)
- Odpaření rozpouštědla (vznik suchého aerosolu)
- Vypaření částic
- Chemické reakce se složkami přítomnými v plameni
- Vznik volných atomů (atomizace)
- Ionizace a rekombinace
- Termická excitace a deexcitace



*Plamenový atomizátor*

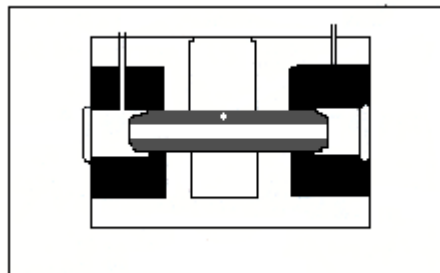
## B. Elektrotermická atomizace ( ET AAS)

Výhodou ET AAS je značné zvýšení citlivosti stanovení a až o 3 řády lepší meze detekce proti FA AAS. Zařízení je však složitější a nákladnější než u plamenové AAS a je nutná korekce pozadí. Nevýhodou FT AAS je delší doba analýzy, daná teplotním programem zpracování vzorků v ET atomizátoru, která není menší než 1 min. pro 1x nadávkovaný vzorek. Touto metodou jsme měřily prvky – Cd (kadmium), Pb (olovo).

Elektrotermický atomizátor je grafitová trubice vyhřívána elektrickým proudem. Trubicí prochází záření. Vzorek se vnáší pomocí automatického podavače vzorku (5 až 50  $\mu$ l) na vnitřní stěnu trubice nebo se umístí na nosnou podložku (platformu). Pracuje se v ochranné atmosféře tvořené proudem argonu.

Teplotní program má tyto fáze:

- sušení – odpaření rozpouštědla
- žhání – rozklad matrice
- atomizace
- čištění



*Elektrotermický atomizátor*

### C. Grafitový atomizátor

Základem grafitového atomizátoru je grafitová trubice oplachovaná zevnitř i vně argonem a umístěná v tělese systému. Tok ochranného plynu je rozdělen na vnější, který chrání atomizátor před oxidací kyslíkem z vnější atmosféry a vnitřní, který proudí většinou od okrajů trubice směrem doprostřed a odchází dávkovacím otvorem. Jeho hlavní úlohou je odnos zplodin mimo atomizátor. Volbou rychlosti proudění vnitřního plynu nebo jeho úplným zastavením ve fázi atomizace je možné významně ovlivnit citlivost stanovení. Grafitový atomizátor jsme používali při měření vzorků metodou ET AAS.

Po vnesení vzorku do atomizátoru (v případě roztoku 10 – 50  $\mu\text{l}$  dávkovacím otvorem) je tento vzorek teplotně zpracován. Tvar absorbančního pulsu, jeho výška a plocha závisí na kinetice atomizačního procesu, době pobytu analytu a jeho atomů v atomizátoru a druhu následných reakcí. Podobně jako v plameni je v elektrotermickém analyzátoru sůl analytu desolvatována, rozkládána a atomizována termickou disociací nebo redukcí. Na rozdíl od plamene v pevných atomizátorech průběh a teplota různých kroků, tj. sušení, rozklad (pyrolýza) a atomizace, mohou být naprogramovány a tvar i velikost absorpčního pulsu tímto způsobem ovlivněny. Každá fáze je charakterizována rychlostí nárůstu teploty, dobou trvání rozkladu při dosažené teplotě, touto teplotou a průtokem plynu.

První fází je sušení vzorku. Většinou se volí teploty mírně nad bodem varu rozpouštědla, příp. sušení ve více krocích. Při nárůstu teploty nesmí dojít k rozstříknutí vzorku varem roztoku. Doba trvání závisí na objemu vzorku. Vzorek musí být dokonale vysušen, aby nedocházelo k jeho ztrátám při nárůstu teploty v dalším kroku zpracování. Sušení vzorku, stejně jako jeho dávkování, je možné sledovat zrcátkem nebo pomocí kamery.

Další fází termické úpravy vzorku je pyrolýza, která slouží k přeměně formy analytu a matrice vzorku. Ideální je, jestliže v tomto kroku je odstranění matrice. Nesmí však dojít ke ztrátě analytu. Maximální teplota, kterou lze použít, se určuje z rozkladné křivky.

Ta se sestrojí z opakovaných měření stejného vzorku při konstantní teplotě atomizace, ale měnící se teplotě pyrolýzy. Jako optimální se volí teplotě o 50 – 100 °C vyšší než je zlom na křivce, při kterém dochází k poklesu absorpance. Pokles je způsoben ztrátami analytu při pyrolýze.

Ve fázi atomizace se zaznamenává analytický signál. Optimální teplota této fáze se určuje z atomizační křivky, sestrojené pro konstantní teplotu pyrolýzy. Jako optimální se volí teplota o 50 – 100 °C vyšší než teplota, od které se signál nemění. Doba atomizace se určuje tak, aby nedocházelo ke změnám plochy signálu. Důležité jsou též rychlost nárůstu teploty a průtok plynu při atomizaci. Z rozkladných a atomizačních křivek lze na základě studia teplot při zlomech odhadnout mechanismus atomizace. Na procesech vedoucích k atomizaci se podílí celé množství nadávkovaného vzorku. Tak lze v malém objemu atomizátoru dosáhnout relativně vysokou okamžitou koncentraci atomů a tím i vysokou citlivost stanovení.

Předposlední fází je čištění atomizátoru od zbytků vzorku. Doba trvání a teplota fáze se volí také s ohledem na životnost atomizátoru při použití vysokých teplot. Potom následuje chlazení atomizátoru.

#### **D. HG AAS = AAS s hydridovou generací**

(Anglický název: H = hydride, G= generation).

AAS s generováním těkavých sloučenin využívá oddělení těkavého analytu od matrice vzorku a tím snižuje možné interference. Dosažené meze detekce jsou srovnatelné nebo lepší než u ET AAS.

#### **Atomizace těkavých sloučenin**

Ve stopové analýze se často využívá tvorby těkavých sloučenin a jejich následné separace do plynné fáze. Takovými sloučeninami jsou např. některé hydridy, halogenidy a další a z prvků rtuť. Pro stanovení AAS je třeba analyt přeměnit na některou z těchto těkavých forem prvku. Potom následuje její uvolnění ze vzorku, vedení do atomizátoru a atomizace.

## **Generování hydridů**

Generování těkavých hydridů je nejrozšířenější metodou. Přeměnu na těkavé hydridy lze využít u As, Bi, Ge, Pb, Sb, Se, Sn, Te, In a Tl.

Hydridy se tvoří redukcí analytu tetrahydridoboritanem sodným ( $\text{NaBH}_4$ ). Redukční činidlo se přidává ve formě pelet nebo roztoku v 0,1 – 1 mol/l NaOH, příp. KOH. Hydroxid se přidává ke stabilizaci roztoku činidla. Vlastní redukce probíhá ve slabě kyselém prostředí až v prostředí 9 mol/l HCl. Účinnost tvorby hydridů je téměř 100%.

### **2. 4. Přístrojové vybavení a použité chemikálie**

- Mikrovlnný mineralizátor UniClever
- Atomový absorpční spektrometr GBC Avanta
- Analytické váhy KERN 770

Chemikálie: Kyselina dusičná 65% Analpure SD, (Analytika s.r.o.)

Peroxid vodíku 30%, pro stopovou analýzu, (Analytika s.r.o.)

Standardy: Kalibrační roztoky Cu, Fe, Mg, Pb, Zn o koncentraci  $1.000 \pm 0,002$  g/l (Analytika s.r.o.)

Kalibrační roztok Ca o koncentraci  $1,000 \pm 0,005$  g/l (Analytika s.r.o.)

Kalibrační roztok Cd o koncentraci  $1.000 \pm 0,003$  g/l (CPI International, USA)

Dusičnan lanthanitý p.a. (Lachema Brno)

### 3. PRAKTICKÁ ČÁST

#### 3. 1. Příprava vzorku k analýze

Vysoká selektivita metody AAS podstatně zjednodušuje úpravu vzorků, většinou není nutná předběžná separace nebo izolace složek.

Plody lísky turecké jsme sbíraly již ve zralém stádiu. Skladovaly jsme je při pokojové teplotě asi jeden měsíc, aby došlo k úplnému vysušení vzorků a tím jsme získaly stejné podmínky u všech lokalit. Z každé lokality jsme měly 12 kusů plodů lísky.

Každý plod lísky byl očištěn deionizovanou vodou a rozdělen na 3 části, vše jsme prováděly v rukavicích, aby nedošlo ke kontaminaci vzorku. Poté jsme plod ořechu vložily mezi dva filtrační papíry a rozbily kladívkem a pomocí pinzety a skalpelu rozdělily na **jádro**, **skořápku** a slupku - **osemení**. Z jednotlivých částí jsme provedly navážku. Každá část byla mineralizována samostatně za použití **mikrovlnné mineralizace**:

#### **Jádro**

Do PTFE (polytetrafluorethylen - teflonové) rozkladné nádoby bylo naváženo 0,2 – 0,7 g (podle velikosti) a rozpuštěno v mineralizační směsi 3 ml 65% HNO<sub>3</sub> a 1 ml 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Byla provedena mineralizace. Rozkladný program měl 3 kroky: 60 s 60% výkon mikrovlnného pole, 120 s 80% výkon a 240 s 100% výkon. Mineralizát byl převeden do 10 nebo 25 ml odměrné baňky a doplněn deionizovanou vodou.

#### **Skořápka**

U skořápek činila navážka 0,7 – 1,3 g (podle velikosti). Byla rozpuštěna ve 4 ml 65% HNO<sub>3</sub> a 1 ml 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Rozkladný program mineralizace měl 3 kroky: 60 s 60% výkon, 120 s 80% výkon, 360 s 100% výkon. Mineralizát byl převeden do 10 nebo 25 ml odměrné baňky a doplněn deionizovanou vodou.

#### **Osemení - slupka**

Navážka na jeden vzorek byla shromážděna z více plodů lísky turecké ze stejné lokality a činila 0,03 – 0,06 g. K rozkladu byla použita mineralizační směs 2 ml 65% HNO<sub>3</sub> a 1 ml 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Byla provedena mineralizace. Rozkladný program byl totožný



s rozkladným programem jader. Mineralizát byl převeden do 10 nebo 25 ml odměrné baňky a doplněn deionizovanou vodou.

### 3. 2. Analýza vzorku

Na AAS jsme stanovovaly u jednotlivých vzorků absorbance. K statistickému vyhodnocení měření byl použit program QC EXPERT 2.5. Pomocí tohoto programu jsme získaly průměry hodnot a z nich pomocí programu EXCEL jsme vytvořily sloupkové grafy. Tento program také zpracoval a vyhodnotil i meze detekce jednotlivých prvků.

#### Meze detekce jednotlivých prvků

<b>Ca</b>	<b>0,183 mg/100 g</b>
<b>Cd</b>	<b>2,72 µg/100 g</b>
<b>Cu</b>	<b>0,078 mg/100 g</b>
<b>Fe</b>	<b>0,022 mg/100 g</b>
<b>Mg</b>	<b>0,034 mg/100 g</b>
<b>Pb</b>	<b>1,72 µg/100 g</b>
<b>Zn</b>	<b>0,019 mg/100 g</b>

Všechny námi naměřené hodnoty obsahů jednotlivých prvků jsou větší než jejich meze detekce.

## 4. VÝSLEDKY

### **4. 1. SROVNÁNÍ OBSAHU PRVKŮ V JÁDRU OŘECHU V LOKALITĚ ZATÍŽENÉ A V LOKALITÁCH NEZATÍŽENÝCH**

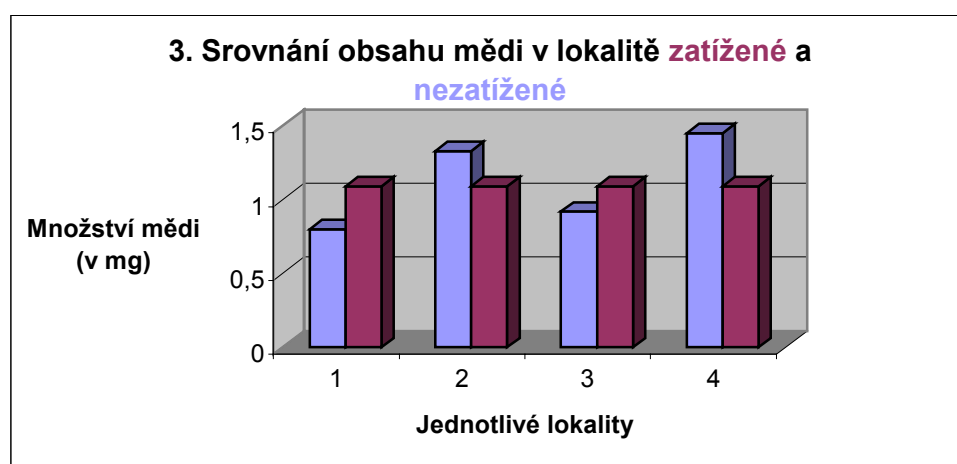
Zatížená lokalita: Olomouc - třída Svobody

Nezatížené lokality: Všechny ostatní

#### *1. Srovnání obsahu mědi v lokalitě nezatížené a zatížené*

Lokalita	Místo	Množství mědi(mg)
Lokalita č.1	Šternberk	0,8
Lokalita č.2	Lopeník	1,33
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	0,92
Lokalita č.4	Náměšť na Hané	1,45

**Obsah mědi v lokalitě zatížené: 1,09 mg**

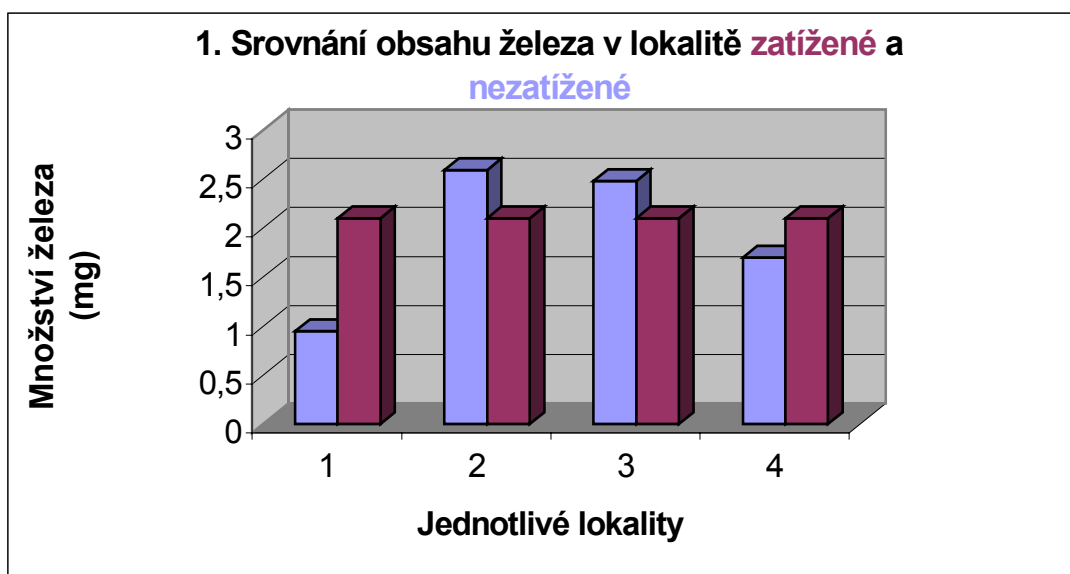


Vyhodnocení: Všech 5 lokalit obsahuje v jádrech prakticky totéž množství Cu.

## 2. Srovnání obsahu železa v lokalitě nezatížené a zatížené

Lokalita	Místo	Množství železa(mg)
Lokalita č.1	Šternberk	0,95
Lokalita č.2	Lopeník	2,59
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	2,48
Lokalita č.4	Náměšť na Hané	1,7

**Obsah železa v lokalitě zatížené: 2,2 mg**

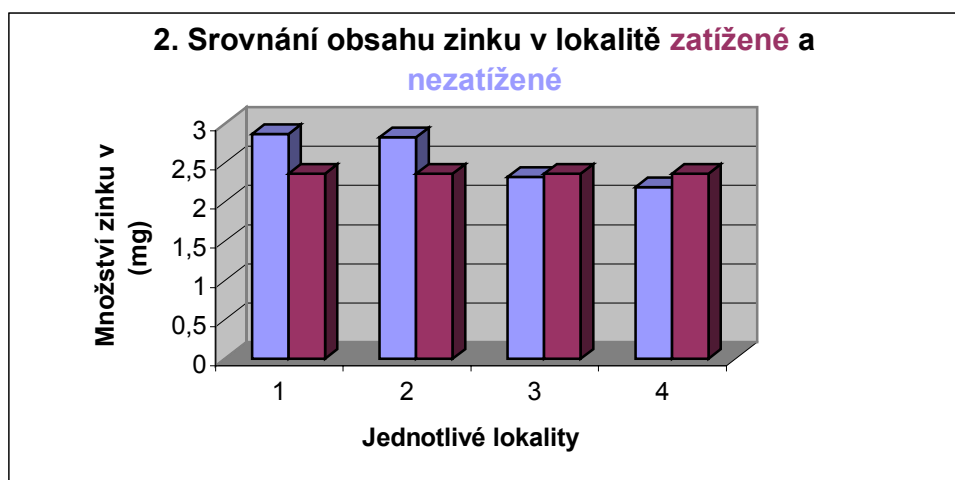


Vyhodnocení: 4 lokality obsahují v jádrech prakticky totéž množství Fe. Jen lokalita č.1 - Šternberk má Fe poloviční množství.

### 3. Srovnání obsahu zinku v lokalitě nezatížené a zatížené

Lokalita	Místo	Množství zinku(mg)
Lokalita č.1	Šternberk	2,87
Lokalita č.2	Lopeník	2,83
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	2,32
Lokalita č.4	Náměšť na Hané	2,19

**Obsah zinku v lokalitě zatížené: 2,36 mg**

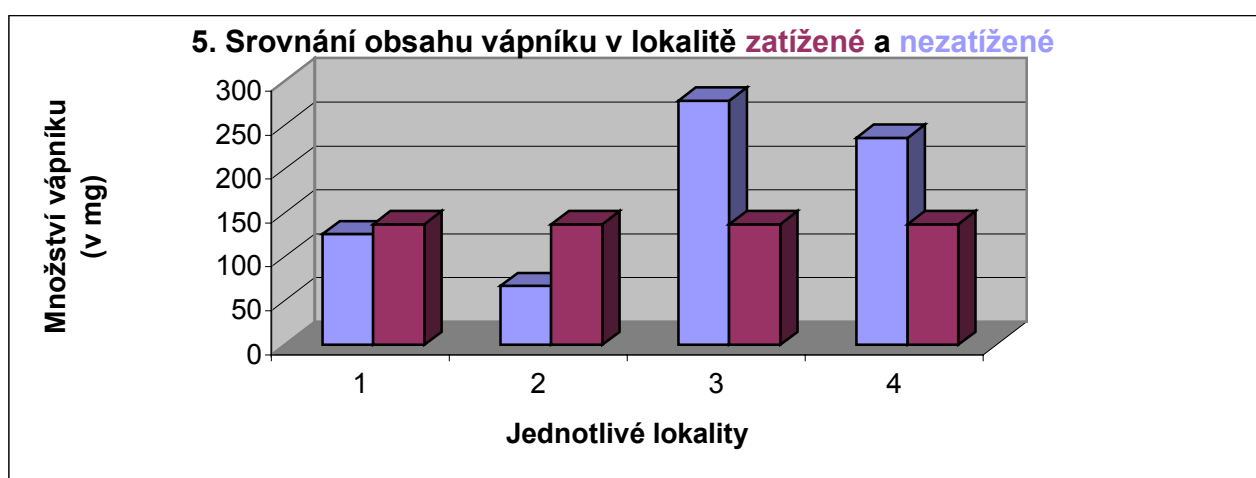


Vyhodnocení: Všech 5 lokalit obsahuje v jádrech prakticky totéž množství Zn

#### 4. Srovnání obsahu vápníku v lokalitě nezatížené a zatížené

Lokalita	Místo	Množství vápníku (mg)
Lokalita č.1	Šternberk	125,87
Lokalita č.2	Lopeník	67,03
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	278,09
Lokalita č.4	Náměšť na Hané	235,66

#### Obsah vápníku v lokalitě zatížené: 137,39 mg

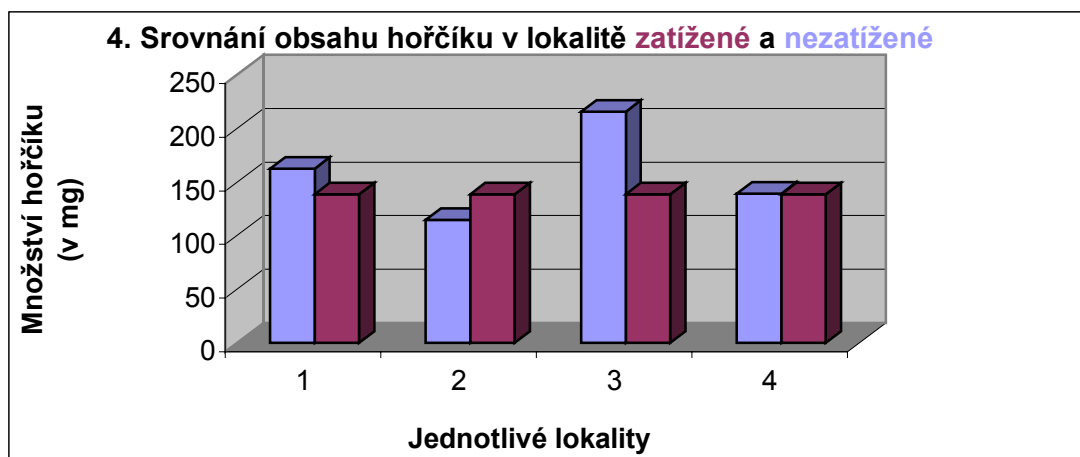


Vyhodnocení: Vápník patří mezi makroprvky, obecně s velkou koncentrací v jádrech. Jeho množství však může kolísat podle geologického složení půdy. Lokality č. 3 a č. 4, jsou asi bohatší na minerály s větším obsahem vápníku. Jádra lísek můžeme považovat za přírodní zdroje tohoto prvku.

### 5. Srovnání obsahu hořčiku v lokalitě nezatížené a zatížené

Lokalita	Místo	Množství hořčiku(mg)
Lokalita č.1	Šternberk	162,68
Lokalita č.2	Lopeník	114,95
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	216,04
Lokalita č.4	Náměšť na Hané	139,22

#### Obsah hořčiku v lokalitě zatížené: 138,67 mg

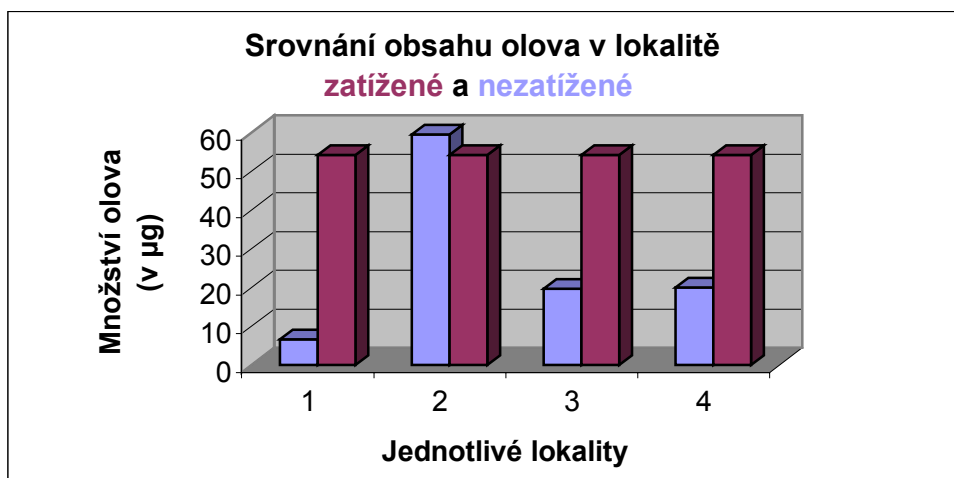


Vyhodnocení: Hořčík se vyskytuje v jádrech lísky jako makroprvek. Ve všech pěti lokalitách se jeho množství v jádrech prakticky neliší. Lísku můžeme považovat za přírodní zdroj tohoto prvku.

## 6. Srovnání obsahu olova v lokalitě nezatížené a zatížené

Lokalita	Místo	Množství olova ( $\mu\text{g}$ )
Lokalita č.1	Šternberk	6,63
Lokalita č.2	Lopeník	59,55
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	19,62
Lokalita č.4	Náměšť na Hané	19,99

Obsah olova v lokalitě zatížené: 54,23  $\mu\text{g}$ .



Vyhodnocení: a/ Více Pb v jádrech je 1) v lokalitě tř.Svobody (červený sloupec )  
 2) v lokalitě Lopeník ( č.2 )  
 b/ Méně Pb je v nezatížených lokalitách ( č.1, 3, 4 )

### Závěr:

Obsahy makro i mikroprvků, které rostlina potřebuje ke svému vývoji (Mg, Ca, Zn, Fe, Cu) a které si bere především z půdy, jsou v zatížených i nezatížených lokalitách přibližně stejné. Menší rozdíly jsou patrně způsobeny odlišným složením půdy.

Toxické prvky v jádře (Pb, Cd) nepochází ve větší míře z půdy. Rostlina se škodlivým prvkům, které nepotřebuje ke svému vývoji, „brání“. Olovo i kadmium se pravděpodobně dostává do jádra v době květu, z okolního kontaminovaného vzduchu. (Jurčák a Bičík, osobní sdělení).

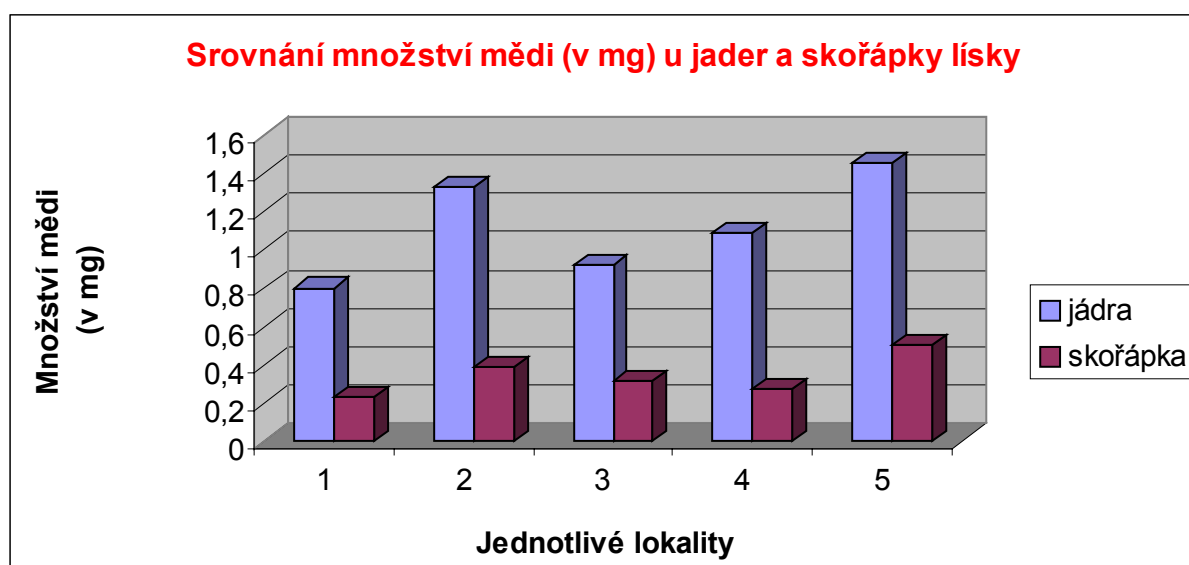
Zvýšený obsah Pb je v lokalitě tř. Svobody a Lopeník. Potvrdilo se tak, že tř. Svobody je lokalitou zatíženou. Lokalita Lopeník se jeví rovněž jako zatížená. Kontaminace má asi příčinu v nedaleké železniční trati a nádraží ČD.

## 4. 2. SROVNÁNÍ OBSAHU PRVKŮ V JÁDRU A VE SKOŘÁPCE VE VŠECH LOKALITÁCH

### 1. Srovnání množství mědi v jádrech a skořápkách lísky turecké

Stanovovali jsme množství mědi v mg na 100g použitého materiálu (tedy jader nebo skořápky). Přitom jsem se snažili nasbírat ořechy z lokalit relativně nezatížených a v Olomouci z třídy Svobody - tedy lokality, kterou považujeme za relativně zatíženou, zvláště pak těžkými kovy.

Lokalita	Místo	Množství Cu v jádře (mg)	Množství Cu ve skořápce (mg)
Lokalita č.1	Šternberk	0,8	0,23
Lokalita č.2	Lopeník	1,33	0,39
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	0,92	0,31
Lokalita č.4	Olomouc-třída Svobody	1,09	0,27
Lokalita č.5	Náměšť na Hané	1,45	0,5



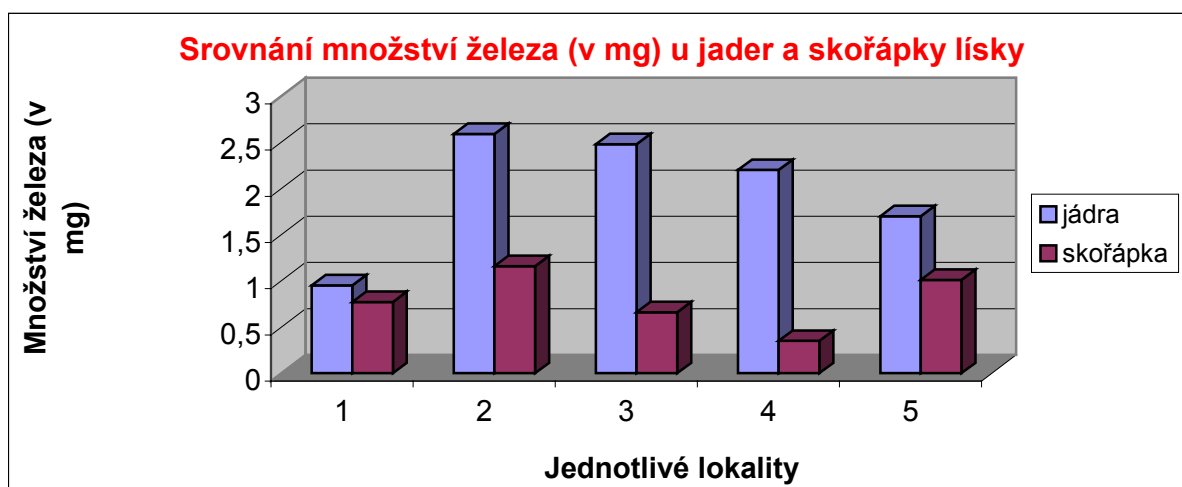
**Vyhodnocení:** U všech pěti lokalit obsahují skořápky vždy méně Cu než jádra.



## 2. Srovnání množství železa v jádrech a skořápkách lísky turecké

Stanovovali jsme množství železa v mg na 100g použitého materiálu (tedy jader nebo skořápky). Přitom jsem se snažili nasbírat ořechy z lokalit nezatížených a v Olomouci z třídy Svobody - tedy lokality, kterou považujeme za zatíženou, zvláště pak těžkými kovy.

Lokalita	Místo	Množství Fe v jádře (mg)	Množství Fe ve skořápce (mg)
Lokalita č.1	Šternberk	0,95	0,77
Lokalita č.2	Lopeník	2,59	1,16
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	2,48	0,66
Lokalita č.4	Olomouc-třída Svobody	2,2	0,35
Lokalita č.5	Náměšť na Hané	1,7	1,01

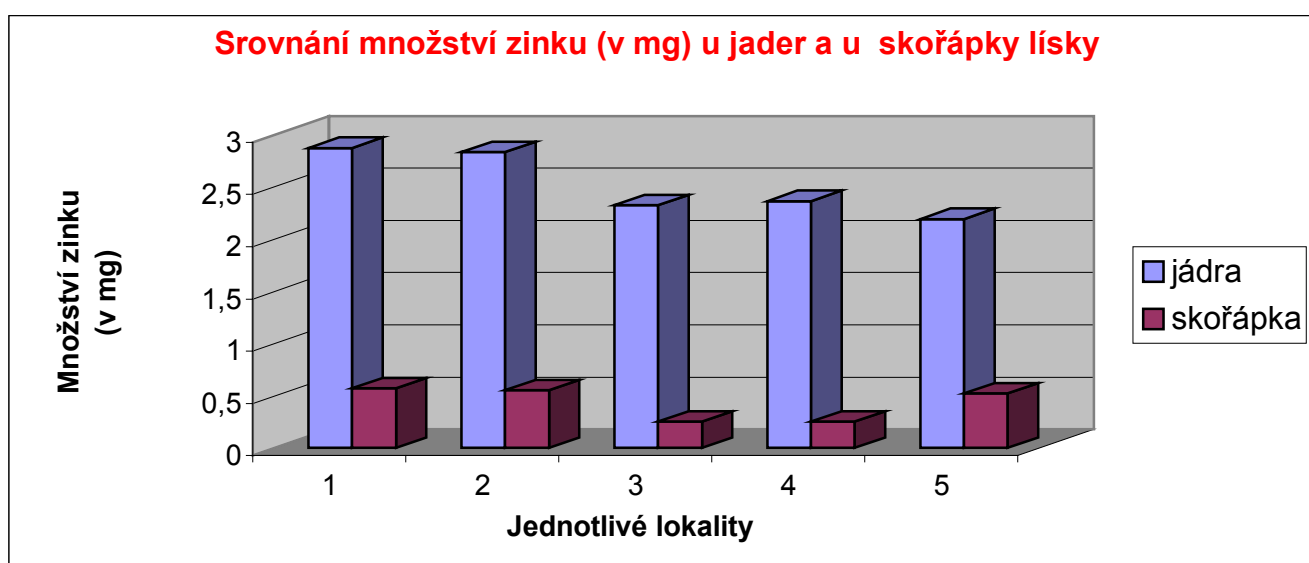


**Vyhodnocení:** U všech pěti lokalit obsahují skořápky vždy méně Fe než jádro, avšak jeho podíl ve skořápce je zřetelně vyšší než u Zn.

### 3. Srovnání množství zinku v jádrech a skořápkách lísky turecké

Stanovovali jsme množství zinku v mg na 100g použitého materiálu (tedy jader nebo skořápky). Přitom jsem se snažili nasbírat ořechy z lokalit nezatížených a v Olomouci z třídy Svobody - tedy lokality, kterou považujeme za zatíženou, zvláště pak těžkými kovy.

Lokalita	Místo	Množství Zn v jádře (mg)	Množství Zn ve skořápce (mg)
Lokalita č.1	Šternberk	2,87	0,57
Lokalita č.2	Lopeník	2,83	0,55
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	2,32	0,25
Lokalita č.4	Olomouc-třída Svobody	2,36	0,25
Lokalita č.5	Náměšť na Hané	2,19	0,52

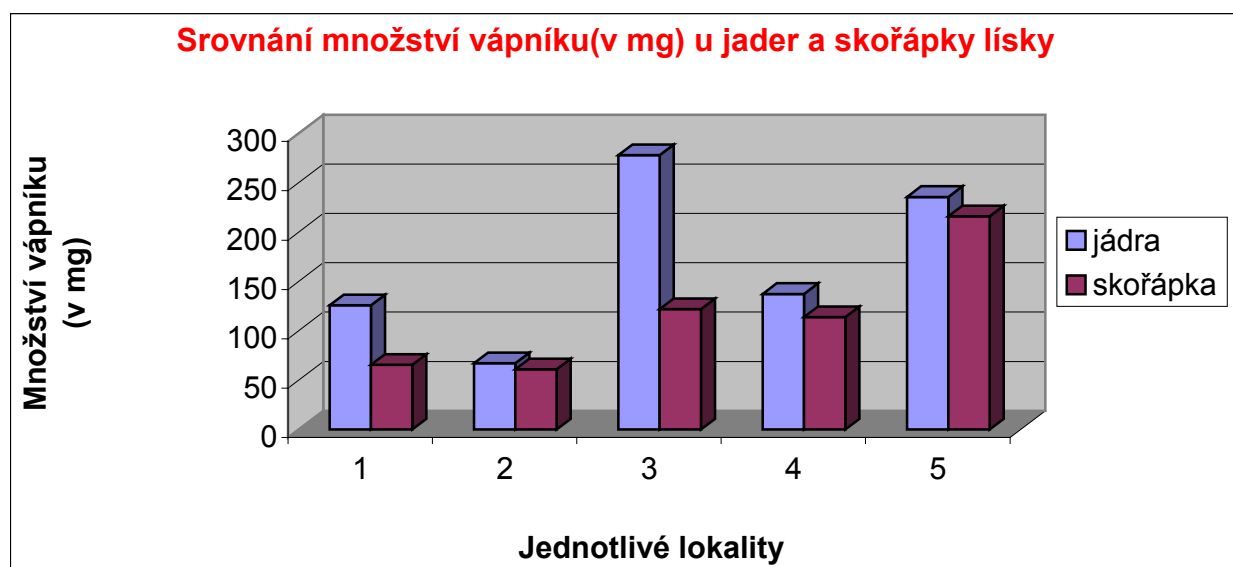


**Vyhodnocení:** U všech pěti lokalit obsahují skořápky jen zlomek množství Zn v jádrech.

#### 4. Srovnání množství vápníku v jádrech a skořápkách lísky turecké

Stanovovali jsme množství vápníku v mg na 100g použitého materiálu (tedy jader nebo skořápky). Přitom jsem se snažili nasbírat ořechy z lokalit nezatížených a v Olomouci z třídy Svobody - tedy lokality, kterou považujeme za zatíženou, zvláště pak těžkými kovy.

Lokalita	Místo	Množství Ca v jádře (mg)	Množství Ca ve skořápce (mg)
Lokalita č.1	Šternberk	125,87	65,54
Lokalita č.2	Lopeník	67,03	60,87
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	278,09	121,95
Lokalita č.4	Olomouc-třída Svobody	137,39	113,88
Lokalita č.5	Náměšť na Hané	235,66	215,96

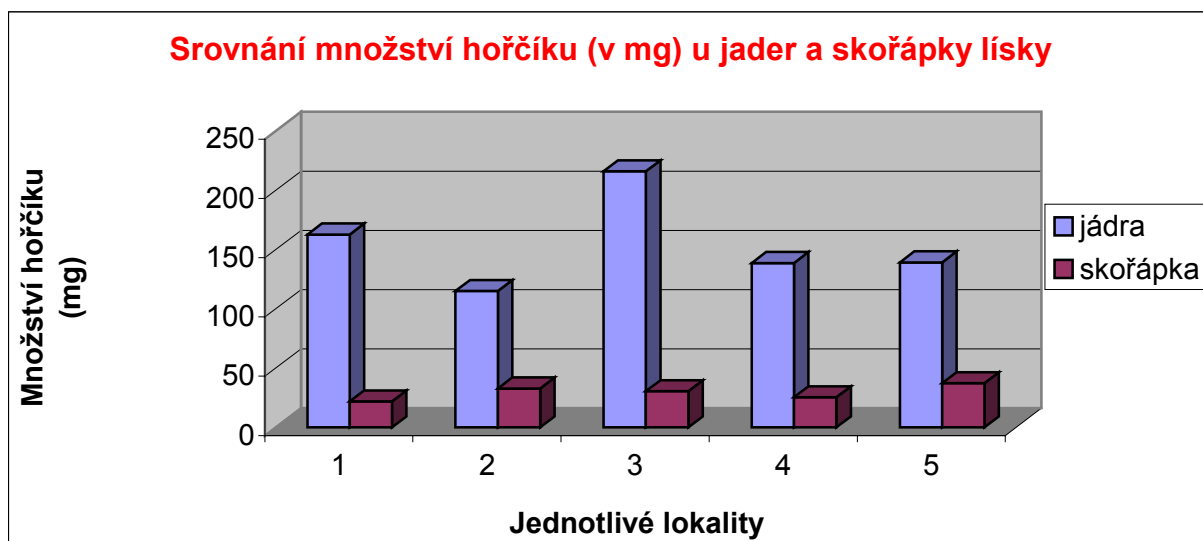


**Vyhodnocení:** U všech pěti lokalit obsahují skořápky vždy méně Ca než jádro, avšak jeho podíl ve skořápce je ze všech kovů nejvyšší.

## 5. Srovnání množství hořčíku v jádrech a skořápkách lísky turecké

Stanovovali jsme množství hořčíku v mg na 100g použitého materiálu (tedy jader nebo skořápky). Přitom jsem se snažili nasbírat ořechy z lokalit nezatížených a v Olomouci z třídy Svobody - tedy lokality, kterou považujeme za zatíženou, zvláště pak těžkými kovy.

Lokalita	Místo	Množství Mg v jádře (mg)	Množství Mg ve skořápce (mg)
Lokalita č.1	Šternberk	162,68	21,85
Lokalita č.2	Lopeník	114,95	32,74
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	216,04	30,46
Lokalita č.4	Olomouc-třída Svobody	138,67	25,26
Lokalita č.5	Náměšť na Hané	139,22	37,17

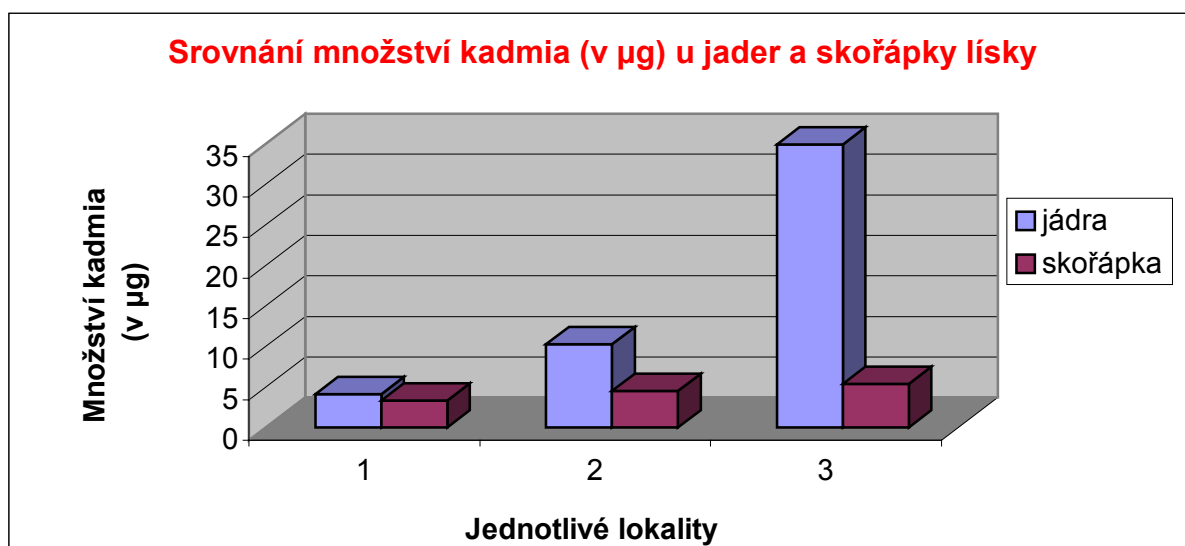


**Vyhodnocení:** U všech pěti lokalit obsahují skořápky jen zlomek množství Mg v jádrech.

## 6. Srovnání množství kadmia v jádrech a skořápkách lísky turecké

Stanovovali jsme množství kadmia v  $\mu\text{g}$  na 100g použitého materiálu (tedy jader nebo skořápky). Přitom jsme se snažili nasbírat ořechy z lokalit nezatížených a v Olomouci z třídy Svobody-tedy lokality, kterou považujeme za zatíženou, zvláště pak těžkými kovy.

Lokalita	Místo	Množství Cd v jádře ( $\mu\text{g}$ )	Množství Cd ve skořápce ( $\mu\text{g}$ )
Lokalita č.1	Šternberk	4,13	3,35
Lokalita č.2	Lopeník	10,3	4,52
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	34,93	5,38

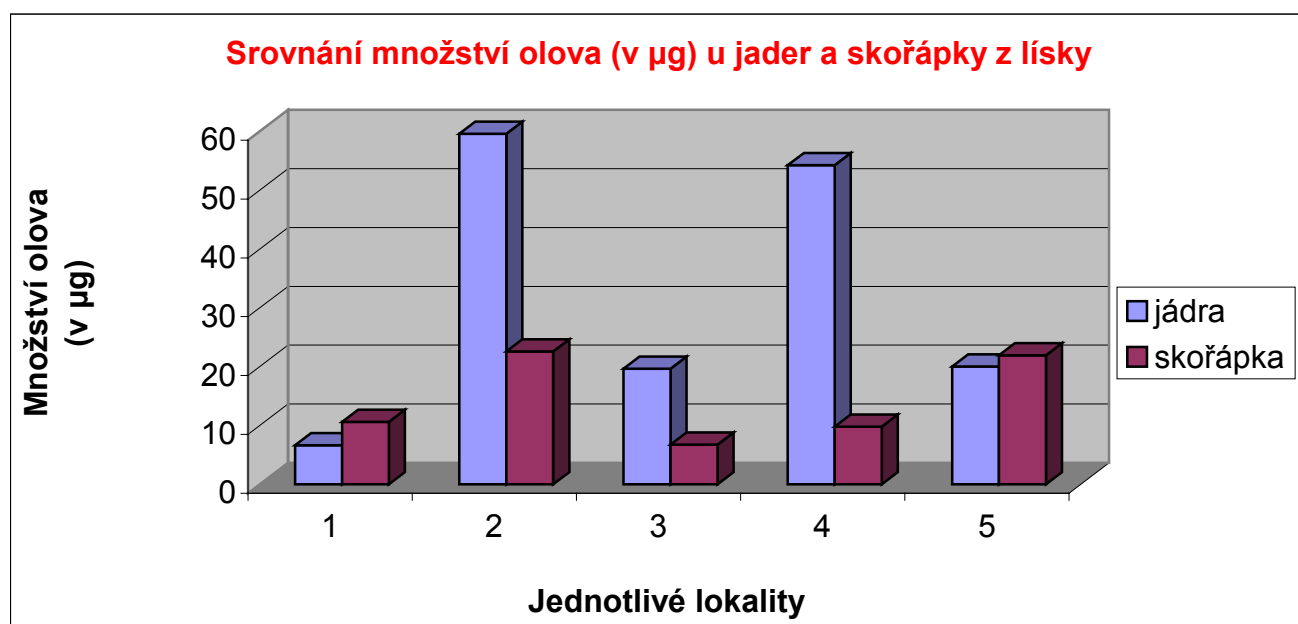


**Vyhodnocení:** U tří měřených lokalit obsahují skořápky vždy méně Cd než jádra. Lokalita č.1 (Šternberk) má prakticky stejné množství Cd v jádře jako ve skořápce. Výsledky z ostatních 2 lokalit byly nepoužitelné, neboť v době jejich skladování v plastových nádobách došlo k jejich kontaminaci kadmiiem z materiálu nádob.

## 7. Srovnání množství olova v jádrech a skořápkách lísky turecké

Stanovovali jsme množství olova v  $\mu\text{g}$  na 100g použitého materiálu (tedy jader nebo skořápky). Přitom jsem se snažili nasbírat ořechy z lokalit nezatížených a v Olomouci z třídy Svobody-tedy lokality, kterou považujeme za zatíženou, zvláště pak těžkými kovy.

Lokalita	Místo	Množství Pb v jádře ( $\mu\text{g}$ )	Množství Pb ve skořápce ( $\mu\text{g}$ )
Lokalita č.1	Šternberk	6,63	10,59
Lokalita č.2	Lopeník	59,55	22,54
Lokalita č.3	Olomouc-bazén	19,62	6,71
Lokalita č.4	Olomouc-třída Svobody	54,23	9,79
Lokalita č.5	Náměšť na Hané	19,99	21,92



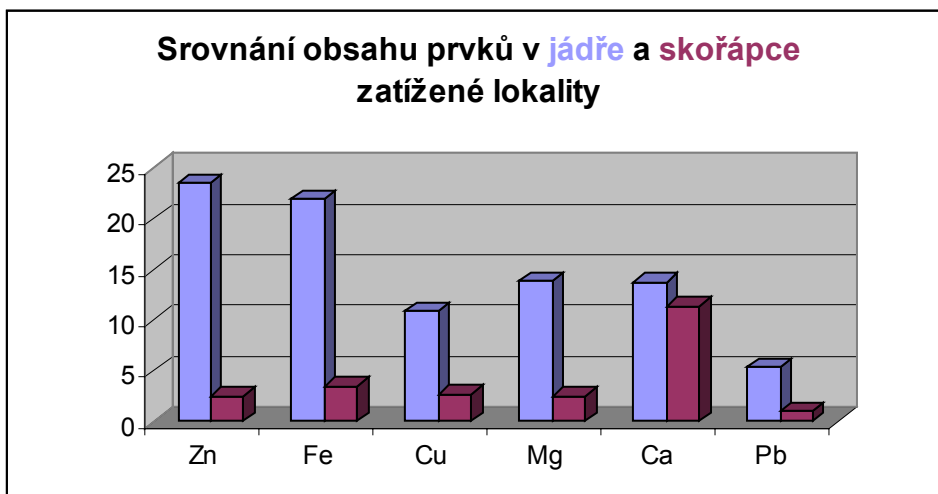
**Vyhodnocení:** a/ jako doposud více Pb v jádrech vykazují 3 lokality (2 zatížené: tř.Svobody a Lopeník) a 1 nezatížená: Olomouc - bazén. (č. 3)

b/ ale méně Pb v jádrech, čili **překvapivě více ve skořápce** mají 2 nezatížené lok. č. 1 a 5 (Šternberk a Náměšť)

Z toho by se dalo zjednodušeně usuzovat, že skořápka v sobě více kumuluje Pb a tak „chrání“ před jeho toxicitou jádro. Avšak jakým způsobem se toxické prvky, pravděpodobně v době květu, dostávají do jádra, osetení a skořápky, si žádá odborného posouzení renomovaného botanika – morfologa.

#### 4. 3. SROVNÁNÍ OBSAHU JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V JÁDRU A VE SKOŘÁPCE V ZATÍŽENÉ LOKALITĚ (Olomouc - třída Svobody)

Prvek	Obsah v jádře (mg)	Obsah ve skořápce (mg)
Prvek č.1 Zn	2,36	0,25
Prvek č.2 Fe	2,2	0,35
Prvek č.3 Cu	1,09	0,27
Prvek č.4 Mg	138,67	25,26
Prvek č.5 Ca	137,39	113,88
Prvek č.6 Pb	54,23 $\mu\text{g}$	9,79 $\mu\text{g}$



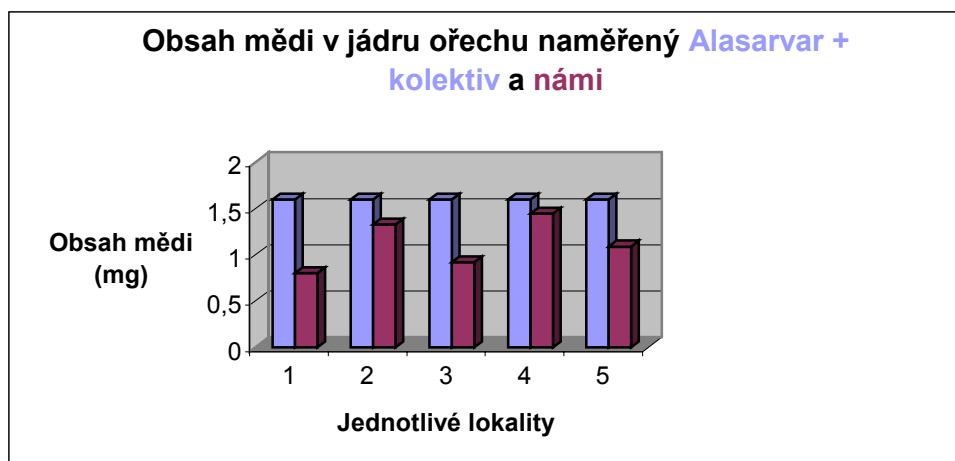
**Vyhodnocení:** Všech šest prvků má ve skořápkách vždy menší koncentraci než v jádrech. Tím se zatížená lokalita neliší od nezatížených (viz předchozí). Výrazně vyšší zastoupení ve skořápce má vápník – Ca, což rovněž koresponduje s hodnotami nezatížených lokalit. Srovnání s jinde prováděnými analýzami skořápek jsme nemohli provést. Vědecké práce<sup>5,6</sup> se zabývají jen stanovením kovů v jádrech.

#### 4. 4. SROVNÁNÍ OBSAHU PRVKŮ V JÁDRECH OŘECHŮ NAŠICH LOKALIT S HODNOTAMI UVÁDĚNÝMI V PRÁCI ALASARVARA et al.

Poznámka: V tabulkách a grafech jsou hodnoty čerpané z práce Alasarvara et al.<sup>5</sup>

##### 1. Měření mědi v jádru:

Hodnoty Alasarvar (mg)	Lokalita	Místo	Naše hodnoty vztažené k dané lokalitě (mg)
1,6	Lokalita č.1	Šternberk	0,8
1,6	Lokalita č.2	Lopeník	1,33
1,6	Lokalita č.3	Olomouc-bazén	0,92
1,6	Lokalita č.4	Náměšť na Hané	1,45
1,6	Lokalita č.5	Olomouc-tř. Svobody	1,09

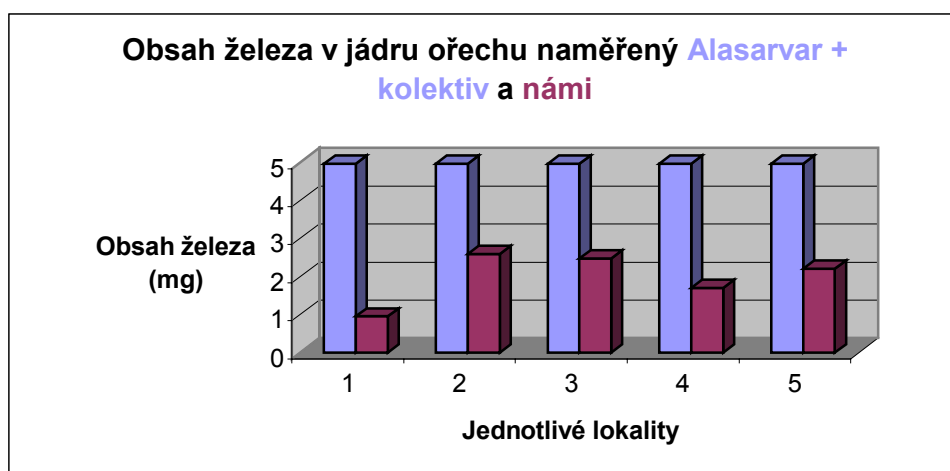


**Vyhodnocení:** Hodnoty Cu všech našich 5 lokalit jsou o něco nižší než v práci<sup>5</sup>.



## 2. Měření železa v jádru:

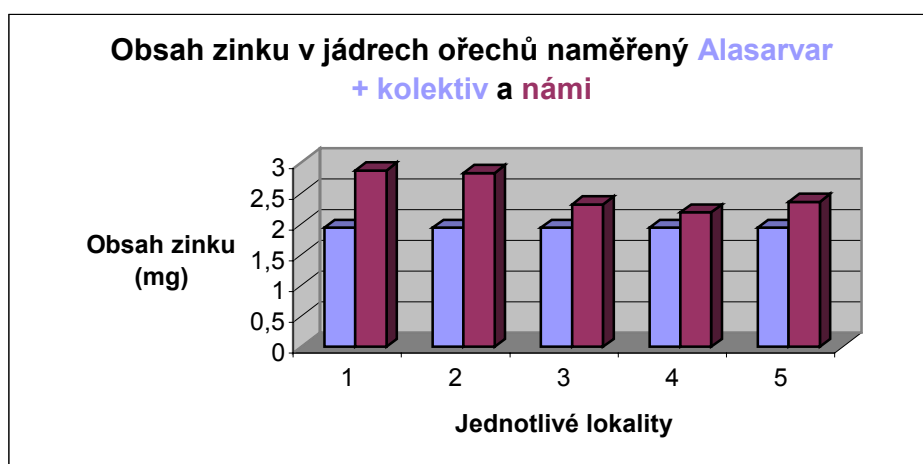
Hodnoty Alasarvar (mg)	Lokalita	Místo	Naše hodnoty vztažené k dané lokalitě (mg)
4,97	Lokalita č.1	Šternberk	0,95
4,97	Lokalita č.2	Lopeník	2,59
4,97	Lokalita č.3	Olomouc-bazén	2,48
4,97	Lokalita č.4	Náměšť na Hané	1,7
4,97	Lokalita č.5	Olomouc- tř. Svobody	2,2



**Vyhodnocení:** Hodnoty Fe všech našich 5 lokalit jsou poloviční než v práci<sup>5</sup>.

### 3. Měření zinku v jádru:

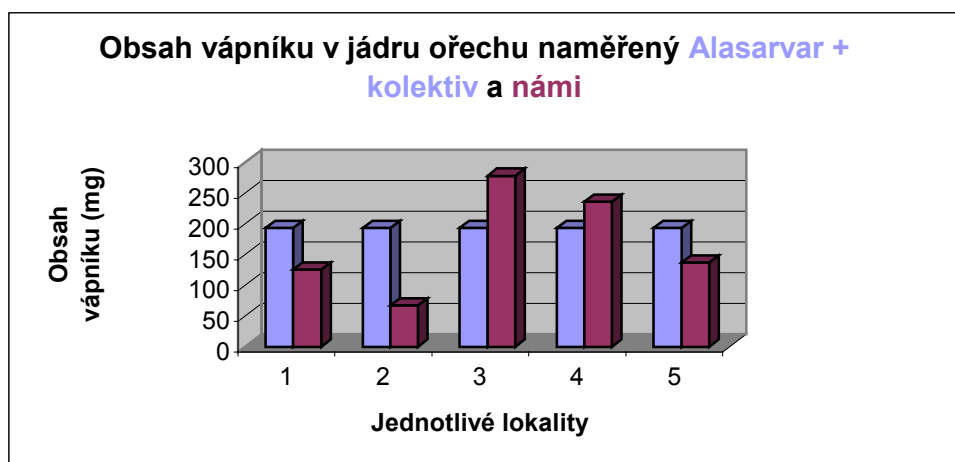
Hodnoty Alasarvar (mg)	Lokalita	Místo	Naše hodnoty vztažené k dané lokalitě (mg)
1,94	Lokalita č.1	Šternberk	2,87
1,94	Lokalita č.2	Lopeník	2,83
1,94	Lokalita č.3	Olomouc-bazén	2,32
1,94	Lokalita č.4	Náměšť na Hané	2,19
1,94	Lokalita č.5	Olomouc-tř. Svobody	2,36



**Vyhodnocení:** Hodnoty Zn všech našich 5 lokalit jsou vyšší než v práci<sup>5</sup>, což je vzhledem k významu Zn jako aktivátoru velmi dobré.

#### 4. Měření vápníku v jádru:

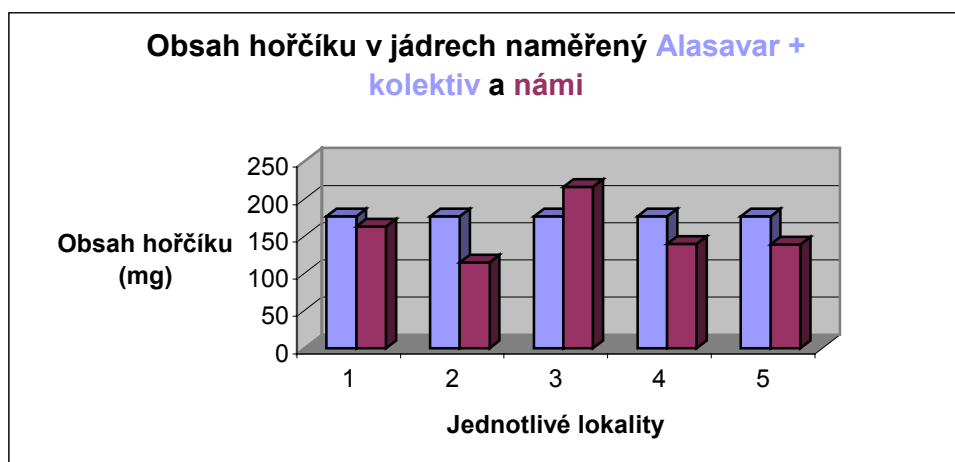
Hodnoty Alasarvar (mg)	Lokalita	Místo	Naše hodnoty vztažené k dané lokalitě (mg)
193,4	Lokalita č.1	Šternberk	125,87
193,4	Lokalita č.2	Lopeník	67,03
193,4	Lokalita č.3	Olomouc-bazén	278,09
193,4	Lokalita č.4	Náměšť na Hané	235,66
193,4	Lokalita č.5	Olomouc-tř. Svobody	137,39



**Vyhodnocení:** Vápník patří mezi makroprvky, obecně s velkou koncentrací v jádrech. Jeho množství však může kolísat podle geologického složení půdy. Lokality č. 3 a č.4, jsou asi bohatší na minerály s větším obsahem vápníku. Až na lok. č. 2 Lopeník, hodnoty Ca korespondují zhruba s prací<sup>5</sup>.

## 5. Měření hořčíku v jádru:

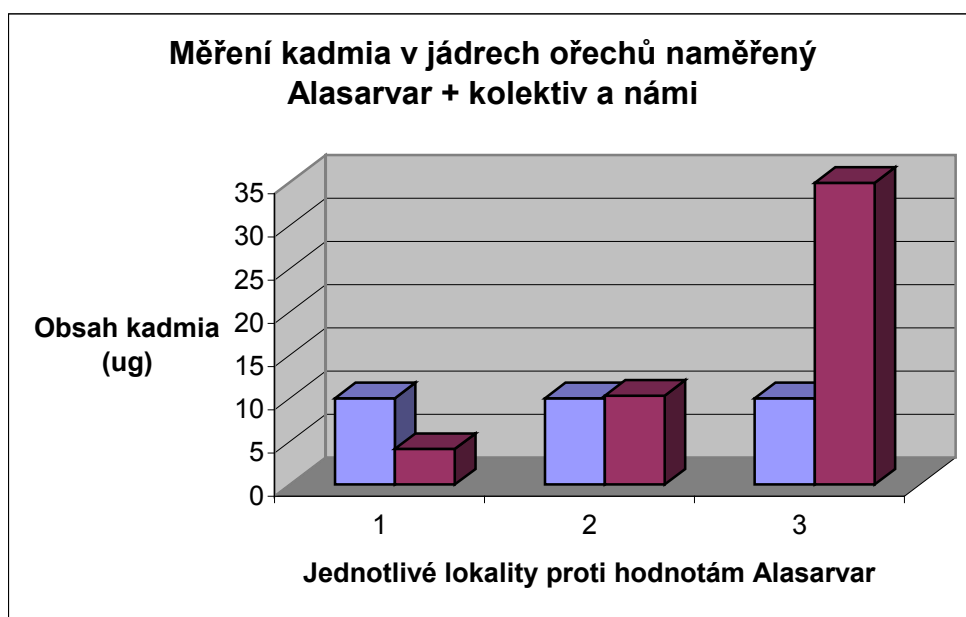
Hodnoty Alasarvar (mg)	Lokalita	Místo	Naše hodnoty vztažené k dané lokalitě (mg)
176,5	Lokalita č.1	Šternberk	162,68
176,5	Lokalita č.2	Lopeník	114,95
176,5	Lokalita č.3	Olomouc-bazén	216,04
176,5	Lokalita č.4	Náměšť na Hané	139,22
176,5	Lokalita č.5	Olomouc- tř. Svobody	138,67



**Vyhodnocení:** Hodnoty Mg našich 4 lokalit jsou menší než v práci<sup>5</sup>. Větší množství Mg v lokalitě 3 není na škodu. Mg je důležitý biogenní prvek.

## 6. Měření kadmia v jádru

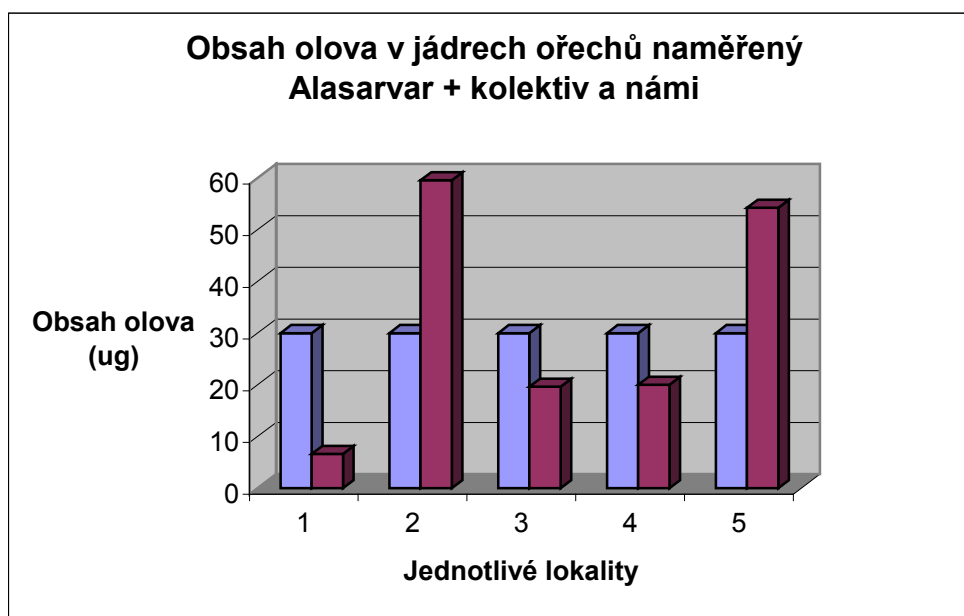
Hodnoty Alasarvar (μg)	Lokalita	Místo	Naše hodnoty vztažené k dané lokalitě (μg)
10,0	Lokalita č.1	Šternberk	4,13
10,0	Lokalita č.2	Lopeník	10,3
10,0	Lokalita č.3	Olomouc-bazén	34,93



**Vyhodnocení:** Hodnoty Cd jsou, až na lokalitu č.3 Olomouc - bazén, menší než v práci<sup>5</sup>. Příčinou může být blízkost velkého železářského podniku nebo hnojená půda superfosfátem. (Bičík, sdělení)

## 7. Měření olova v jádru:

Hodnoty Alasarvar (μg)	Lokalita	Místo	Naše hodnoty vztažené k dané lokalitě (μg)
30,0	Lokalita č.1	Šternberk	6,63
30,0	Lokalita č.2	Lopeník	59,55
30,0	Lokalita č.3	Olomouc-bazén	19,62
30,0	Lokalita č.4	Náměšť na Hané	19,99
30,0	Lokalita č.5	Olomouc- tř. Svobody	54,23



**Vyhodnocení:** Olova – Pb, je v našich nezatížených lokalitách mnohem méně než v práci<sup>5</sup>. Potvrzuje se však **značná zatíženost dvou lokalit** – tř. Svobody a Lopeník, takřka s dvojnásobným obsahem Pb.

## 5. DISKUSE A ZÁVĚR

Naši práci iniciovala připomínka o škodlivosti požívání jader lísky turecké, která roste v Olomouci na třídě Svobody. Položili jsme si tehdy **otázku č. 1: Jaký je obsah kovových prvků v této zřetelně zatížené lokalitě a v jiných lokalitách nezatížených?**

A/ Z grafů na str. 18 - 20 vyplývá, že obsah mikroprvků Cu, Fe, Zn je v obou typech lokalit přibližně stejný.

B/ Makroprvky Ca, Mg, str. 21 – 22, které si rostlina nabírá především z půdy, se nachází v plodech lísky v obou typech lokalit ve stejných koncentracích, především v případě Mg. Určité kolísání Ca souvisí asi s rozdílným minerálním složením půdy.

C/ **Podstatný rozdíl je v obsahu toxických prvků, především u Pb.**

Toxické prvky v jádru (Pb, Cd) nepochází ve větší míře z půdy. Rostlina se škodlivým prvkům, které nepotřebuje ke svému vývoji, „brání“. Pb i Cd se dostává do jádra pravděpodobně v době květu z okolního kontaminovaného vzduchu (Jurčák a Bičík, osobní sdělení). Avšak jakým způsobem a zdali se toxické prvky přes části květu mohou dostat do jádra, osemení a skořápky, musí odborně posoudit renomovaný botanik – morfolog.

Zvýšený obsah Pb je v lokalitě tř. Svobody a Lopeník. Potvrdilo se tak, že tř. Svobody je lokalitou zatíženou. Lokalita Lopeník, původně označena za nezatíženou, se jeví rovněž jako zatížená. Kontaminace má asi příčinu v nedaleké železniční trati a nádraží ČD.

Podrobnější analýzu obsahu Cd se nám nepodařilo uskutečnit pro nedostatek vhodných vzorků. U zbývajících vzorků ze 2 lokalit došlo totiž během jejich skladování v plastových nádobkách k jejich kontaminaci kadmii z materiálu těchto nádob. Pro další vyhodnocení se tak staly nepoužitelné.

**Otázka č. 2: Zachytí skořápka škodliviny nebo projdou toxické prvky až do jádra?** Provedli jsme analýzu těžkých kovů ve skořápkách i jádrech ve všech lokalitách, viz grafy str.24 – 30, a zvláště ještě jednou v lokalitě zatížené – str. 31.

A/ U všech 5 lokalit vykazují skořápky menší obsah mikroprvků Cu, Fe, Zn než jádra, viz str. 24 – 26. Velmi malý je obsah Zn, více je Cu, nejvíce obsahují skořápky Fe.

B/ I makroprvků Ca, Mg, str. 27 – 28, je méně ve skořápkách než v jádrech. Mg má velmi malou koncentraci, naopak Ca je vzhledem k jádru poměrně nejvíce.

C/ Toxické Pb má v nezatížených lokalitách, tj. Šternberku a Náměšti, **větší koncentraci ve skořápkách než v jádrech**, viz str. 30. Z toho by se dalo zjednodušeně usuzovat, že skořápka v sobě více kumuluje Pb a tak „chrání“ před jeho toxicitou jádro. Jakým způsobem se toxické prvky, pravděpodobně v době květu, dostávají do jádra a skořápky, musí opět odborně posoudit botanik – morfolog.

I v nezatížené lokalitě Olomouc – bazén je více Pb v jádru. Snad i zde působí nepříznivě větší kontaminace vzduchem ze vzdálenějších železářských závodů. Zde to platí i pro kontaminaci Cd, str. 29, kterého je v této lokalitě také v jádru větší množství.

Bohužel nemáme možnost své výsledky porovnat, neboť analýzy skořápek plodů lísky jsme nikde v dostupné literatuře nenalezly.

D/ Také jsme provedly srovnání obsahu všech prvků mezi jádrem a skořápkou jen v lokalitě zatížené, tj. Ol – tř. Svobody, viz str. 31, se závěrem, že všech šest prvků má ve skořápce vždy menší koncentraci než v jádru. Tím se zatížená lokalita neliší od nezatížených (viz předchozí). Výrazně vyšší zastoupení ve skořápce má Ca, což rovněž koresponduje s hodnotami nezatížených lokalit. Srovnání s jinde prováděnými analýzami jsme nemohli provést, neboť vědecké práce<sup>5,6</sup> se zabývají jen stanovením kovů v jádrech.

**Otázka č. 3: Jsou obsahy biologických prvků v jádrech lísky natolik významné, že je můžeme označit za přírodní zdroje těchto prvků?** A jsou naše výsledky srovnatelné s výsledky v zahraničí? Ke srovnání jsme použily výsledky v práci Alasarvar et al.<sup>5</sup>, viz str. 32 – 38.

Naše lokality vykazují v jádrech u všech sledovaných prvků menší koncentrace než jmenovaná práce<sup>5</sup>. Jen **Zn vykazuje vyšší hodnoty**, str. 34. Vzhledem k jeho významu to je příznivá zpráva. Také obsah Ca a Mg je v některých lokalitách vyšší, str. 35, 36.

Bohužel **máme ve 3 lokalitách větší koncentrace toxických prvků**, a to **Pb**, takřka dvojnásobně v lokalitě **Ol. – tř. Svobody a Lopeník v Bílých Karpatech!** (str. 38). **Cd** má vyšší hodnoty v lokalitě **Ol. – bazén**, str. 37.

Určitě **lze doporučit jádra lísky jako přírodní zdroj Ca**, str. 35 s hodnotami kolem 200 mg/100 g jader. V některých lokalitách je obsah Ca ještě větší!

Taktéž **lze doporučit jádra lísky jako přírodní zdroj Mg**, str. 36 s hodnotami kolem 150 mg/100 g. V lokalitě **Ol. – bazén** je koncentrace Mg dokonce přes 200 mg/100 g jader.

**Závěr:** Myslíme si, že výsledky naší práce jsou v mnohém překvapivé. Obecně se má za to, že toxické prvky v kontaminovaných lokalitách, např. v blízkosti veřejných komunikací, nepronikají až dovnitř plodů (jabloně, třešně při okrajích silnic). Naše práce prokázala, že v případě plodů lísky turecké **na tř. Svobody v Olomouci a Lopeníku** tomu tak není. Proto **jádra lísky turecké z těchto lokalit určitě ke konzumaci doporučovat nebudeme.**

Jádra lísky obsahují i další kovy, které by si zasloužily naši pozornost. Je to příznivě působící selén – Se a toxický chrom – Cr.

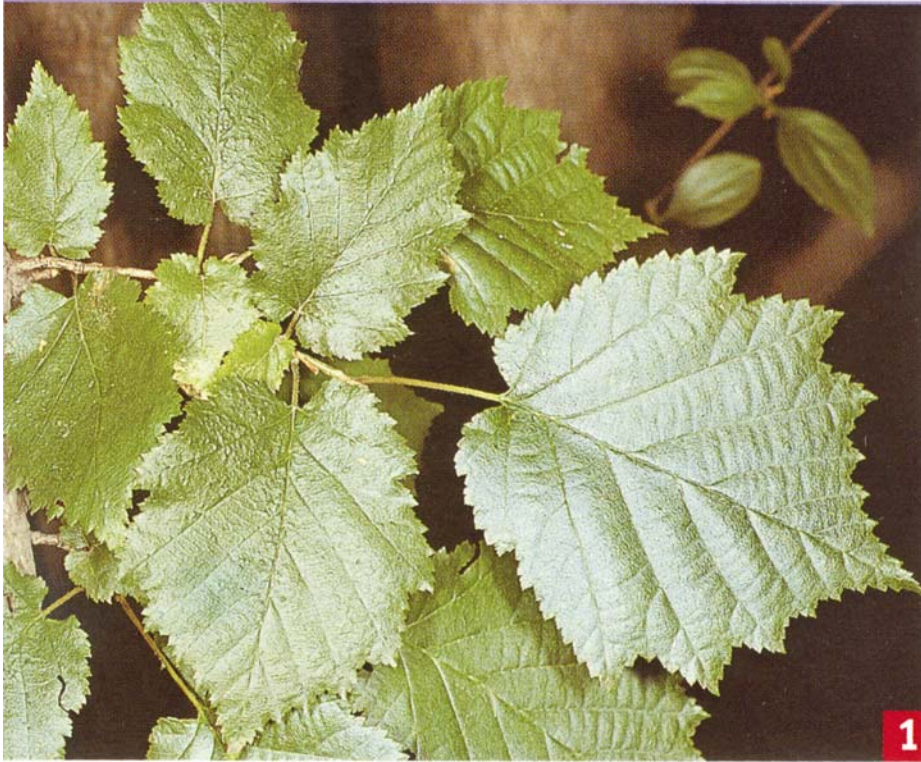
Rády bychom v této práci pokračovaly i při budoucím studiu a věnovaly se pak podrobnější analýze kadmia i dalších kovů.

Olomouc, říjen 2003 – duben 2005



## 6. PŘÍLOHY

### *Corylus colurna* **Líska turecká**



1



2

- 1** Listy široce vejčité, dvojitě pilovité.
- 2** Strom s jedním kmenem a se světle šedou šupinatou borkou.
- 3** Oříšky sedí v hluboce zařezávaném žláznatém obalu.

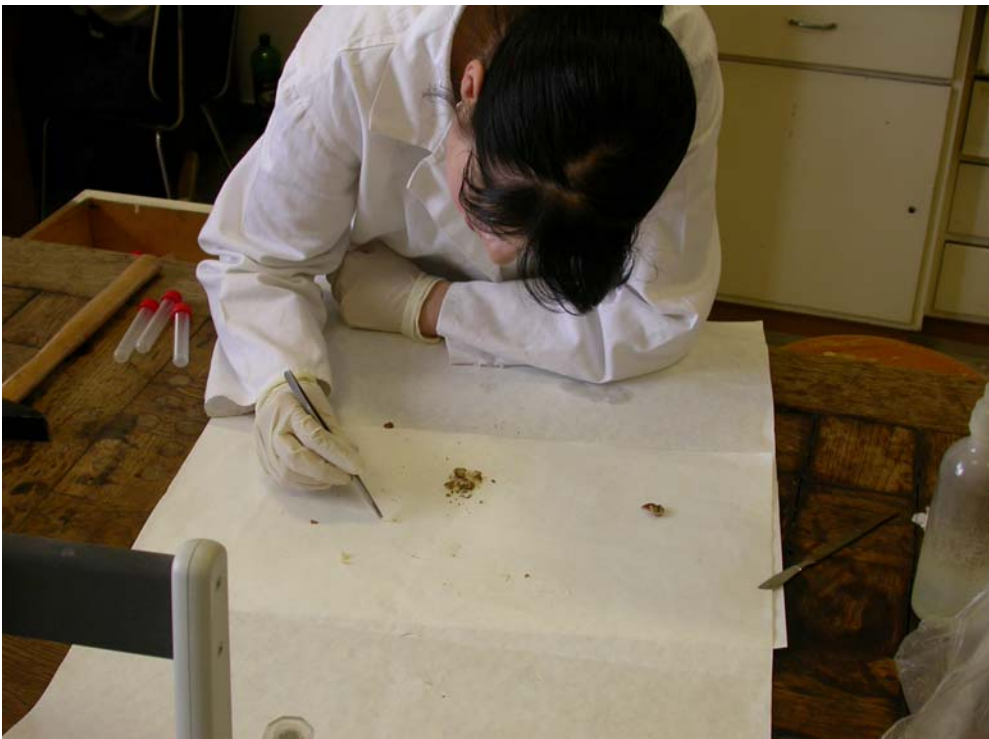
**3** znaky



3

## POSTUP PŘI ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ





## MIKROVLNNÝ MINERALIZÁTOR



## ATOMOVÝ ABSORBAČNÍ SPEKTROMETR



## **7. POUŽITÁ LITERATURA**

1. Haigh, R.: Zdravá kuchyně. Slovart 1998.
2. Rejnek, J.: Anorganická analýza v životním prostředí. 2 THETA 2001. S. 52.
3. Krakovská, E.: Rozklady v analytické chemii. Venola 2001.
4. Klouda, P.: Moderní analytické metody. Nakladatelství Pavel Klouda 2003.
5. Alasarvar, C., Shahidi, F., Liyanaanapathirana, M. Ch., and Ohshiana, T.: Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional Characteristics. J. Agric. Food Chem. 2003, 51, (3790 – 3796).
6. Ackurt, F., Özdemir, M., Biringen, G., Löker, M.: Effect of geographical orogin and variety on vitamin and mineral composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. Food Chemistry 65, 1999, (309 – 313).