



prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.  
děkan  
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
tř. 17. listopadu 1192/12  
771 46 Olomouc

8. března, 2017

## Oponentský posudek na doktorskou disertační práci

**Mgr. Moniky Jarošové**

### **Studium geochemických systémů metodou ICP-MS s laserovou ablací**

Disertační práce Mgr. Moniky Jarošové je věnována studiu geologických vzorků technikou laserové ablace spojené s hmotnostní spektrometrií v indukčně vázaném plazmatu (LA ICP-MS). Mgr. Jarošová zaměřila svůj výzkum na parametry ovlivňující přesnost a správnost výsledků analýz, charakterizaci referenčních materiálů a dále na studium dvou minerálů apatitu a allanitu, které se využívají ke zjištění původu a vývoje hornin, v nichž jsou přítomny.

Disertace je tvořena pěti kapitolami, které obsahují teorii a vlastní experimentální výsledky. První kapitola je věnována principu techniky laserové ablace a hmotnostní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu. Kapitola shrnuje dosavadní poznatky o instrumentaci a jejím vlivu na přesnost a správnost při analýze geologických materiálů. Druhá až pátá kapitola představují jednotlivé původní vědecké studie věnované aplikacím LA-ICP-MS při analýze geologických materiálů.

Kapitola druhá je věnována porovnání dvou pevnolátkových laserů o vlnových délkách 266 a 213 nm a studiu vlivu teploty na stabilitu měřeného signálu a prvkovou frakcionaci poměru U/Th při ablaci referenčních materiálů NIST 610 a PG-1. Výsledky vlivu teploty byly následně ověřeny na třech reálných archeologických vzorcích. Na základě výsledků prezentovaných v této kapitole byla publikována práce: Influence of temperature on laser ablation fractionation during ICP-MS analysis for 213 nm and 266 nm laser wavelength micro-sampling, *J. Anal. At. Spectrom.*, 2016, **31**, 2089-2093. Po formální stránce je škoda, že tato práce má chybnou citaci jak v seznamu literatury, tak i v CV. Další drobnou připomínkou je absence odkazů na tabulky a obrázky v textu kapitoly 4.2.1.

Kapitola třetí je zaměřena na analýzu apatitů Třebíčského masivu a jejich klasifikaci dle obsahu prvků vzácných zemin do jednotlivých genetických typů. Po formální stránce upozorňuji na rozdílné rozpětí osa v obrázcích 25 a 26. Stejná škála by čtenáři umožnila jednodušší porovnání dvou typů apatitů. Dále bych uvítala souhrnnou tabulku s výsledky měřených koncentrací a výsledky analýzy rozptylu. Z uvedených grafů není jasné, zda např. pro obrázek 29 tři linie označené číslem lokality 5 reprezentují tři různá zrna apatitu z dané lokality, nebo tři různá měření z jednoho zrna.

Kapitola čtvrtá se věnuje studiu distribuce vybraných prvků v zrnech allanitu z Třebíčského masivu pomocí LA ICP-MS a jejím srovnáním s rentgenfluorescenční spektrometrií. Po formální stránce upozorňuji opět na chybějící odkaz v textu na tabulku č.10. Pro snadnější porovnání výsledků LA ICP-MS a RFS by bylo vhodné přepočíst oxidy

uvedené v tabulce č. 10 na prvkové koncentrace, tak aby byla všechna měření uvedena ve stejných jednotkách.

Poslední kapitola se věnuje charakterizaci referenčních materiálů připravených synteticky. Výsledkem kombinovaných roztokových i ablačních analýz je ověření homogenity materiálů z hlediska U a Th a stanovení koncentrace, limitů detekce a stanovitelnosti pro jednotlivé materiály a způsoby instrumentace. V této kapitole postrádám pouze detailnější charakteristiku materiálů připravených RNDr. Petrem Sulovským, Ph.D.

Disertační práce je vypracována na dobré odborné úrovni. Časopis Journal of Analytical Atomic Spectrometry, v němž je část disertace publikována, má impaktní faktor od 3,5 do 4 a je nejprestižnějším časopisem v oboru atomové optické a anorganické hmotnostní spektrometrie. Mgr. Jarošová je první autorkou na publikovaném článku, který prošel náročným recenzním řízením na mezinárodní úrovni a je důkazem kvality odvedené vědecké práce. Kromě uvedených prací je Mgr. Monika Jarošová spoluautorkou tří dalších publikací v oboru analytické chemie. Její publikační aktivita jakožto studenta doktorského studijního programu je odpovídající aspiraci na další stupeň akademického vzdělání.

Otázky:

1. Na straně 50 v kapitole 5.1. je zmíněna ablace do bodu, případně rastr bodů. Na základě jakých parametrů byla volena strategie vzorkování a za jakým účelem? Proč nebylo využito například ablace po linii?
2. Mezi měřením s kvadrupólovým spektrometrem (Q) ICP-MS a průletovým hmotnostním analyzátozem (TOF) ICP-MS jsou rozdíly. Můžete na základě vlastních zkušeností charakterizovat spolehlivost dat z obou typů instrumentace?
3. Frakcionace prvkového a izotopového složení nastává ve všech fázích počínaje generováním aerosolu a konče jeho vypařováním ve zdroji ICP. Můžete se pokusit odhadnout, jakého zlepšení lze dosáhnout s použitím typu laseru s dobou trvání pulsu v řádu femtosekund?

Disertační práce Mgr. Moniky Jarošové splňuje po obsahové stránce a s drobnými výhradami i po formální stránce požadavky kladené na úroveň disertační práce pro obhájení vědecké hodnosti „doktor filosofie“. Práce přináší nové vědecké poznatky v oboru geologie a analytické chemie. Doporučuji proto disertační práci Mgr. Moniky Jarošové k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu doporučuji podat návrh děkanovi PŘF UP na udělení vědeckého titulu philosophiae doctor (Ph.D.) v programu Chemie.

Mgr. Jitka Míková, Ph.D.



Přírodovědecká  
fakulta

## OPONENTSKÝ POSUDOK doktorskej dizertačnej práce

Mgr. Moniky Jarošovej

Studium geochemických systémů metódou ICP-MS s laserovou ablaci

Oponovaná doktorská dizertačná práca je venovaná problematike štúdia vplyvu vybraných experimentálnych podmienok na veľkosť frakcionácie kovových prvkov pri ablačnom procese kovových materiálov a zavedeniu prvých LA-ICP-MS postupov a skúseností s analýzou reálnych geologických vzoriek na školiacom pracovisku pána docenta Davida Mildeho.

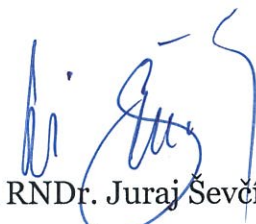
Vlastná dizertačná práca pozostáva z pekne a zrozumiteľne spracovaného krátkeho uvedenia do problematiky hmotnostnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou so zameraním na laserovú abláciu pevných vzorkov a predstaveniu dosiahnutých výsledkov, ktoré sú podľa svojho zamerania štruktúrované do štyroch kapitol. Mne osobne sa veľmi páči publikovaný prehľadný článok v Chemických Listoch o súčasnom stave a perspektívach spojenia laserovej ablácie s ICP-MS v geochemii, kde sa autorka prezentuje ako veci znalá a skúsená pracovníčka. Problematiku vplyvu chladenia ablatovanej vzorky na konečnú presnosť získaných výsledkov autorka publikovala v prestížnom spektroskopickom vedeckom časopise Journal of Analytical Atomic Spectrometry. Vtipné experimentálne usporiadanie chladiaceho systému vzorky umožňuje použitie laseru o  $\lambda=266$  nm k vlastnej ablácii kovového materiálu a jeho následnému ICP-MS meraniu s odpovedajúcou pravdivosťou získaných dát. Rozsiahla pionierska práca venovaná analýzam geologických vzoriek bola doposiaľ publikovaná formou plagátovej prezentácie na medzinárodnej konferencii v Münstere. Drobné nepresnosti a preklepy boli opravené priamo v práci.

V rámci rozpravy k práci by som rád s autorkou vo všeobecnej rovine diskutoval o nasledujúcich otázkach:

- 34<sup>4</sup> Ako veľmi by sa líšili výsledky stanovenia Pb, ak by som v referenčnom materiáli mal obsah Pb 98,4127 namiesto 98,4000?
- 35 Merali ste teploty vstupného a výstupného nosného plynu a vzorky pri Vašich pokusoch s rôznymi pracovnými teplotami? Ako dlho ste tepelne kondiciovali vzorku pred vlastnou abláciou? Prečo ste k suchému ľadu pridávali izopropanol?
- 43<sup>16</sup> Čím si vysvetľujete, že pri použití laseru s  $\lambda=266$  nm ( $E=4,66$  mJ) dochádza k vyššiemu prenosu tepla do vzorky, než pri použití laseru o  $\lambda=213$  nm ( $E=5,2$  mJ)?
- 44<sup>4</sup> Pokiaľ použitie laseru o  $\lambda=266$  nm k ablácii vzorky pri laboratórnej teplote poskytuje tak strašne nepravdivé výsledky pri analýze referenčného kovového materiálu PG-1 (tab. 5), prečo sa doposiaľ používa k analýzám? Čím si vysvetľujete, že pri analýzách vzoriek sarkofágov došlo k „zmrazeniu“ tepelnej frakcionácie (obr. 22) pri použití laboratórnej teploty?
- 51 Nemala by byť do citačného prehľadu dizertačnej práce uvedená diplomová práca Pavly Žeravíkovej „Mikrochemismus apatitu z durbachitů Třebíčského masívu“ z PŘF UP v Olomouci z roku 2014?
- 51<sup>10</sup> Mohli by ste prezentovať spiderdiagramy pre apatity durbachitov Třebíčského masívu z lokalít 13, 14 a 15 a z lokalít 7, 8 a 11 a diskutovať zaradenie jednotlivých vzoriek z daných lokalít do mafických resp. felsických granitov I-typu?
- 54<sup>6</sup> Prečo sa používa normalizácia na obsah chondritických prvkov vzácnych zemín? Aké sú ich štandardné hodnoty, ako a z čoho boli namerané a aký bol použitý referenčný materiál?
- 62 Merali ste v zrnách allanitu-(Ce) priestorovú distribúciu uránu a ytria? Pokiaľ áno, aké ste dosiahli výsledky?

Záverom konštatujem, že vytýčené ciele práce, ktorými boli štúdium vybraných experimentálnych parametrov LA ICP-MS na pravdivosť získaných výsledkov, testovanie možností tejto techniky pre analýzu vybraných geologických vzoriek, vrátane mapovania ich povrchu a vykonanie vlastnej analýzy laboratórne pripravených referenčných materiálov, boli bezo zvyšku splnené. Rozsah vykonanej práce svedčí o doktorandkinej dlhodobej skúsenosti a orientácii v riešenej problematike. Práca svojim obsahom i formou vyhovuje podmienkam pre doktorskú dizertačnú prácu, odporúčam ju k obhajobe a na základe jej úspešnej obhajoby navrhujem udeliť Mgr. Monike Jarošovej vedecko-akademickú hodnosť „philosophiae doctor“ („PhD“).

V Olomouci 22. februára 2017

  
prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.



Univerzita  
Pardubice  
Fakulta  
chemicko-technologická

doc. Ing. Anna Krejčová, Ph.D  
Ústav environmentálního a chemického inženýrství  
Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice  
Studentská 573, 532 10 Pardubice  
anna.krejцова@upce.cz

**Posudek dizertační práce Mgr. Moniky Jarošové**

## **STUDIUM GEOCHEMICKÝCH SYSTÉMŮ METODOU ICP-MS S LASEROVOU ABLACÍ**

Dizertační práce se zaměřuje na téma, které je z vědeckého hlediska velice aktuální a potřebné. V průběhu posledních let je v oblasti hmotnostní spektrometrie s ionizací v indukčně vázaném plazmatu (ICP MS) ve spojení s laserovou ablací (LA) zaznamenán významný nárůst odborných publikací týkajících se samotné fyzikální podstaty techniky. Jak se technika dostává do povědomí odborné veřejnosti, rozšiřuje se i její využití v praxi, zejména v oborech, které mohou vytěžit informace z možnosti zobrazení 2D i 3D distribuce cílových analytů v pevném vzorku. Vysoká citlivost ICP MS ve spojení s analýzou i malých či těžko rozložitelných vzorků ji předurčuje pro obtížné analytické aplikace, např. v geochemických vědách pro účely geochronologie, sledování minerálních inkluzí či geologických procesů spojených s transportem hmoty.

Předložená disertační práce se zabývá výše zmíněným tématem a zahrnuje **několik jednotlivých cílů**. Prvním z nich je vliv klíčových fyzikálně-chemických parametrů, konkrétně teploty analyzovaného vzorku a vlnové délky použitého laseru, na výsledky analýzy. Dalšími jsou analýza apatitů z Třebíčského masivu a zobrazení prostorové distribuce vybraných prvků v zrnech allanitu. Posledním cílem je ověření homogenity a indikativních hodnot laboratorních skleněných referenčních materiálů. Cíle práce jsou definovány jednoduše bodově bez dalšího podrobnějšího rozvedení.

Autorka předloženou práci prokazuje schopnost provádět výzkum, psát odborný text, publikovat své **výsledky v časopisech s impakt faktorem** (2 prvoautorské články s IF 0,3<sup>1</sup> a 3,4<sup>2</sup> k tématu, jeden s IF 0,7<sup>3</sup> mimo téma dizertační práce) a prezentovat je na konferencích a jiných odborných akcích.

**Teoretická část** je věnována základním principům a instrumentaci ICP MS v rozsahu 10 stran s citací 9 literárních zdrojů. Kapitola věnovaná laserové ablací na 11 stranách shrnuje poznatky pocházející z více než 80 citovaných prací. Volba vhodné kalibrační strategie a použití referenčních materiálů pro účely kalibrace v LA ICP MS jsou zpracovány na 3 stránkách, je citováno 17 publikací, referenčním materiálům je věnována menší část. Na dalších 4 stranách je představeno 36 publikací zaměřených na aplikace LA ICP MS v geologii pro potřeby geochronologických studií, sledování minerálních inkluzí a geologických procesů spojených s transportem hmoty.

Připomínky:

- Zejména kapitola věnovaná ICP MS je psána jednoduchým, až školsky popisným způsobem bez vlastní invence autorky. Citace literárních zdrojů se v textu objevují spíše sporadicky a není příliš

patrné, co je vlastní text autorky a co je převzato z literatury. Část věnovaná laserové ablaci je psána srozumitelně, přehledně a umožňuje čtenáři si udělat představu o současném stavu a výhodách i problémech techniky.

- Část věnovaná aplikacím LA ICP MS v geologii je velmi zhuštěná, v některých pasážích působí útržkovitě a jakoby vytržená z kontextu. Ke zvýšení kvality této rešeršní části by přispělo detailnější rozvedení problematiky a rozhodně i pečlivější práce s jazykem. Zvláště zde je patrný jasný vliv použitých anglických zdrojů, který ústí v používání počestlé anglické terminologie a anglického slovosledu, což činí text místy obtížně srozumitelným a málo čtivým.
- Geologických aplikací LA ICP MS jsou ročně publikovány desítky. Textu by prospělo přehledné, tabulkové zpracování základních informací z publikací. Podle mého názoru by bylo možné a vhodné sestavit přehledovou tabulku, shrnující analytické aspekty práce včetně použití referenčních materiálů s poukazem na to, do jaké míry složení materiálu odpovídá analyzovanému vzorku.

**Kapitola 4** je věnována studiu vlivu teploty ablatovaného materiálu na kvalitu výsledků LA ICP MS. K tomu byly využity jednak certifikovaný referenční materiál NIST SRM 610 (stopové prvky ve skle) a referenční materiál s vysokým obsahem olova PG-1. Téma samotné je zajímavé a přínosné, výsledky byly publikovány v JAAS<sup>2</sup> a zpracovány do příspěvku zasláného do časopisu Archaeometry. Připomínky:

- V práci není příliš patrné myšlenkové schéma experimentu, tedy záměr, proč byly analyzovány právě tyto dva referenční materiály, k jakému účelu v práci sloužily a proč jsou zde uvedena právě tato data. Získaná data jsou zde prezentována pouze jako holé konstatování faktů bez jakéhokoliv srovnání s literárními údaji.
- Výsledky analýzy obou referenčních materiálů jsou prezentovány graficky, nejsou uváděny ve stejné podobě a nejsou diskutovány srovnatelným způsobem, tedy ve formě tabulek s dostupnými informacemi o složení materiálu a s nalezenými výsledky, nejsou využity jednoduché statistické metody (t-test, analýza rozptylu apod.).
- Výsledky analýzy historických objektů (str. 45) jsou prezentovány opět pouze v grafické podobě. Jsou hodnoceny na základě „pravdivosti“, což je v textu prezentováno relativními směrodatnými odchylkami. Velmi pravděpodobně došlo k promíchání pojmů „pravdivost“, „preciznost“ a „přesnost“ (viz Mezinárodní metrologický slovník VIM3). Hodnocení vlivu teploty ablatovaného vzorku na získané LA ICP MS výsledky lze provést vhodným statistickým postupem, např. faktorovou analýzou.

Dotazy:

- Tato část práce věnovaná vlivu teploty vzorku na ablační proces patrně vznikla v průběhu stáže na Univerzitě ve Varšavě, kde byly k dispozici dva pevnolátkové ablační systémy LSX-200+ a LSX-213 využívajících lasery o vlnových délkách 266 a 213 nm ve spojení s ICP-MS spektrometrem NexIon 300 D. Projeví se vliv teploty ablatovaného vzorku také při použití excimerového laseru Analyte G2 s laserovým paprskem o vlnové délce 193 nm (ve spojení s ICP-MS analyzátozem OptiMass 9500), kterým je vybaveno mateřské pracoviště autorky?
- Proč byly zvoleny ve studii právě tyto dva typy materiálů – tedy sklo a slitina s vysokým obsahem olova? Uplatní se vliv teploty vzorku i při ablaci geologických materiálů? Zajišťuje parafilm

překrývající nádobu s ledem či suchým ledem stabilní polohu vzorku bez naklonění, které by mohlo ovlivnit výsledky ablačního procesu?

- Výsledky analýzy kovového materiálu PG-1 (tabulka 5, str. 43) nejsou v souladu s referenčními hodnotami ani v případě použití laseru s vlnovou délkou 213 nm. Výsledky analýzy tímto systémem přitom jsou považovány za správné (2. odstavec, str. 43). Proč? RSD pro analyzované vzorky jsou nejčastěji uváděny v jednotkách %, pro optimalizované podmínky v desítkách %. Jak vysvětlíte tyto řádově rozdílné hodnoty RSD?

**Kapitoly č. 5** se zabývá analýzou apatitů Třebíčského masivu. Ve studii byly použity certifikovaný referenční materiál NIST SRM 610 (stopové prvky ve skle) a vzorky horninových výbrusů a epoxidových tablet se zalitými apatity. Jsou prezentovány jednak obsahy prvků vzácných zemin (REE) normalizované na složení chondritu, jednak závislosti vybraných diskriminačních kritérií, zde poměrů vybraných REE. Na jejich základě je provedena klasifikace celkem 15 zde analyzovaných apatitů do variety mafické a felsické. Minerály jsou porovnávány podle obsahů lehkých a těžkých REE v různých lokalitách Třebíčského masivu. Tato část práce není publikována.

Připomínky:

- Z popisu experimentu vyplývá, že bylo sledováno 32 izotopů, které zahrnovaly REE, uran a thorium. V práci jsou viditelně zpracovány výsledky analýzy REE, yttria, thoria a uranu. Není zřejmé, k čemu a zda vůbec byly využity další vyjmenované izotopy. Stálo by za prostudování, zda pomocí výsledků prvkové LA ICP MS analýzy a statistických metod (např. PCA) lze klasifikovat minerály do obdobných skupin, jak je definují mineralogická diskriminační kritéria. To by posílilo i praktický význam této práce a její přínos pro geochemické vědy.
- Výsledky jsou prezentovány graficky. Na obrázku 27a se podle mého názoru část minerálů skupiny mafické a felsické překrývá v oblasti nízkých poměrů HREE+Y. Obrázek 27b, tedy poměr LREE/Y+HREE, je v tomto směru jasnější.

Dotazy:

- Na základě jakých poměrů jste zařadila minerály do skupiny mafické a felsické - všech poměrů, které uvádí Sha a Chapell (odkazovaná literatura č. 166), nebo podle nějakých vybraných? Započítávají Sha a Chapell do poměru LREE /HREE i yttrium?

**Cílem kapitoly č. 6** je 2D zobrazování. Ve studii byly použity certifikovaný referenční materiál NIST SRM 610 (stopové prvky ve skle) a jeden vzorek výbrusu horniny durbachit z lokality Kojatín. Výsledkem práce jsou 2D LA ICP MS mapy, které jsou porovnávány s mapami získanými rentgenfluorescenční spektrometrií a interpretovány z hlediska mineralogického. Výsledky této části práce nejsou publikovány.

Dotazy:

- Jaké jsou výhody a nevýhody zde porovnávaných LA ICP MS a RTG map z hlediska časové a materiálové náročnosti jejich získání? Existují specifické oblasti, kde je výhodné použití LA ICP MS map?

**Kapitola č. 7** je věnována analýze laboratorních skleněných referenčních materiálů. Cílem je ověření homogenity a indikativní hodnoty. Výsledky pro uran a thorium získané analýzou mineralizátů a LA ICP MS jsou ve velmi dobré shodě s výsledky publikovanými Sulovským (citace

173). Homogenita materiálů je prokázána 2D mapou. Výsledky této části práce nemají publikační výstup.

Připomínky:

- Z této části práce je možné si udělat představu i o dosahovaných detekčních limitech použité techniky pro uran a thorium, ne však pro širší škálu prvků, která je v popisu experimentu uváděna (14 prvků včetně uranu a thoria). Celou studii by bylo vhodné vzhledem k vynaloženému laboratornímu úsilí rozšířit i na další sledované prvky / izotopy, které jsou zmíněny v popisu experimentu. Umožnilo by to využívat laboratorní skleněné referenční materiály i při analýze dalších prvků, nejen uranu a thoria.

Dotazy:

- Jaký je autorčin názor na komerční nabídku referenčních materiálů z hlediska dostupnosti, chemického složení, koncentrace analytů, homogenity materiálů vzhledem k reálným požadavkům a potřebám v oblasti geochemických analýz? Jsou laboratorní skleněné certifikované materiály vhodné pro zajištění spolehlivosti prvkové analýzy hornin a minerálů?

**Závěr práce je velmi stručný, omezuje se pouze na konstatování faktů, co bylo uděláno.**

### **Hodnocení**

**Dílčí cíle a koncepce celé práce:** jednotlivé vytčené cíle práce byly naplněny, výsledky jednoho z cílů (kapitola 4) byly publikovány v odborné literatuře. Bohužel mám dojem, že chybí rámcový cíl. Cíle práce byly definovány izolovaně, samonosně. Jejich naplnění v jednotlivých kapitolách práce potvrzuje nesourodost témat analyticko-aplikačního charakteru, jejichž společným pojítkem je pouze LA ICP MS ablace. V první části práce není zřejmá ani souvislost s geochemickými systémy, jak je v názvu dizertační práce uváděno. Jednotlivým prvkem, který dizertační práce postrádá, mohlo být použití přístrojového vybavení mateřského pracoviště v jednotlivých aplikačních částech. To by umožnilo posoudit vlastnosti, výhody a nevýhody všech laserových systémů, se kterými autorka měla možnost pracovat. Pro práci mohla být jednotlivým prvkem i osa geochemických aplikací, která by hodnotila možnosti, případně analytické charakteristiky použitých laserových systémů, právě v této velmi zajímavé a publikačně živé oblasti.

**Literární, experimentální a výsledkové části, závěr:** literární část do značné míry kopíruje text autorčiny přehledové práce v Chemických listech<sup>1</sup>. Celkem ji hodnotím jako nevyváženou, zpracovanou povrchně. Dělení na krátké kapitoly zahrnující několik krátkých odstavců působí nekompaktně, až roztříštěně.

Experimentální část je členěna dle cílů a v rámci každého je popsána metodika. Napříč prací není dodržováno klasické rozdělení na výsledky a diskuzi – toto je uvedeno pouze v částech věnovaných analýze apatitů a 2D zobrazování. Jednotlivé aplikační práce by měly obsahovat více postupů zajišťujících spolehlivost prezentovaných metod. Velmi stručné jsou informace o optimalizaci pracovních podmínek a použitých referenčních materiálech. Ověření spolehlivosti výsledků a validace metod jsou s výjimkou poslední kapitoly o analýze laboratorních skleněných referenčních materiálů nedostačující. Ve výsledkové části prakticky nejsou efektivně využívány statistické metody pro hodnocení vlivu studovaných jevů. Výsledky jsou prezentovány jako holá fakta a konstatování, že bylo „nalezeno“ a někde je „méně“, někde „více“. Kvalitní diskuze pracující s výsledky jiných studií

chybí. Závěr práce je psán velmi stručně, chybí podrobnější hodnocení toho, jak byly naplněny cíle práce.

**Formální stránky:** autorka se bohužel nevyhnula řadě drobných gramatických i formálních chyb, které zbytečně snižují úroveň práce. Seznam zkratk použitých v práci není kompletní. Textová část je doplněna celkem vhodně vybranými obrázky převzatými z literatury. Popisky obrázků jsou patrně převzaty z původního zdroje, nejsou jednotné, u některých obrázků jsou rozmazané. Zdroj obrázku 10, 12 a 13 není uveden. V textu místy chybí odkazy na tabulky i obrázky, některé z nich nejsou komentovány. V tabulce 10 (str. 69) není uvedena jednotka prezentovaných výsledků. Jednotka ppm není základní jednotkou SI, v odborném textu by se neměla používat, protože není jednoznačně definovaná.

### Shrnutí

Přes všechny výtky v posudku výše lze celkově práci považovat za přínosnou oboru. Výsledky byly publikovány ve dvou impaktovaných časopisech a prošly peer-review oponenturami. To vše ukazuje na schopnosti autora provádět vědeckou činnost.

Práci **doporučuji** přijmout k obhajobě.



doc. Ing. Anna Krejčová, Ph.D.

Pardubice, 20. ledna 2017

---

### Publikační výstup

1. M. Jarošová, D. Milde and P. Sulovský, *Chemické listy*, 2016, 110, 769-778.
2. M. Jarosova, D. Walaszek, B. Wagner, D. Milde and E. Bulska, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2016, 3, 2089-2093.
3. M. Jarošová, D. Milde, M. Kuba, *Czech Journal of Food Sciences*, 2014, 4, 354-359.