

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta pedagogická

Diplomová práce

**ROZBOR VODY Z DOLU SVATÉHO VÍTA JAKO TÉMA
PRO VÝUKU CHEMIE**

Bc. Tereza Blahetová

Plzeň 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vytvořila zcela samostatně s využitím literatury a zdrojů informací vyjmenovaných v níže uvedeném seznamu.

V Plzni dne března 2014

.....

Bc. Tereza Blahetová

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Ing. Janu Hrdličkovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a za poskytnuté rady a připomínky.

Také bych chtěla poděkovat Mgr. Petře Vithausové za konzultaci práce po stránce gramatické a za pomoc s překladem.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům, kteří mne podporovali v průběhu celého studia.

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	2
2.1	<i>Geologická charakteristika břidlic</i>	2
2.2	<i>Chemické složení břidlic</i>	3
2.3	<i>Historie výroby kamence</i>	4
2.4	<i>Technologie zpracování břidlic</i>	5
2.5	<i>Počátky výroby kamence v Čechách</i>	10
2.6	<i>Výroba kamence na Plzeňsku</i>	11
2.7	<i>Důl Svatého Víta</i>	13
3	PRAKTICKÁ ČÁST	21
3.1	<i>Laboratorní analýza</i>	21
3.1.1	Použité chemikálie	21
3.1.1.1	Měření pH	21
3.1.1.2	Stanovení železa	21
3.1.1.3	Stanovení zinku.....	21
3.1.2	Přístroje	22
3.1.2.1	Měření pH	22
3.1.2.2	Stanovení železa	22
3.1.2.3	Stanovení zinku.....	22
3.1.3	Přípravy, postupy, výsledky.....	22
3.1.3.1	Měření pH	22
3.1.3.2	Stanovení železa	23
3.1.3.2.1	Stanovení železitých kationtů pomocí hexakynoželednatanu draselného $K_4[Fe(CN)_6]$	24
3.1.3.2.2	Stanovení železitých kationtů pomocí sulfidu amonného $(NH_4)_2S$	25
3.1.3.2.3	Stanovení železitých kationtů pomocí thiokyanatanu draselného KSCN.....	27
3.1.3.2.4	Stanovení obsahu železa spektrofotometricky.....	28
3.1.3.2.5	Kolorimetrické stanovení železitého kationtu	29
3.1.3.3	Stanovení zinku.....	31
3.1.3.3.1	Stanovení zinečnatých kationtů pomocí sulfanu H_2S	32

3.1.3.3.2 Stanovení zinečnatých kationtů spektrofotometricky.....	33
4 DIDAKTICKÁ ČÁST	35
4.1 Pracovní list.....	38
4.2 Návody na laboratorní cvičení	40
4.2.1 Kvalitativní důkazy železitých kationtů	40
4.2.2 Kolorimetrie železa.....	41
4.2.3 Návod na demonstrační pokus	42
4.3 Řešení pracovního listu.....	43
5 ZÁVĚR	45
6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
7 SEZNAM OBRÁZKŮ	47
8 RESUMÉ	48
9 SEZNAM PŘÍLOH.....	49

1 ÚVOD

Tato práce je zaměřena na přiblížení historie těžby břidlice a její zpracování. Konkrétně se zaměřuje na zaniklý důl Svatého Víta, který se nachází v Chrástu u Plzně.

Tento důl spadá do oblasti horního toku řeky Berounky, kde se až do konce 19. století těžila a zpracovávala břidlice. Z břidlice byly vyráběny významné produkty jako kamenec, zelená skalice, síra nebo česká dýmavá kyselina sírová. V chrásteckém podniku se ale vyráběl pouze kamenec. Důl v Chrástu má celkem dobře zachované podzemní důlní dílo a patrné jsou i povrchové relikty.

Z hlavní štoly dolu, která je zavalená, vyvěrá pramen. Vzorky vody pro analýzu byly odebrány u ústí tohoto pramene.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Geologická charakteristika břidlic

Za nejstarší horniny plzeňského okolí jsou považovány sedimenty svrchního proterozoika prekambriického období. Sedimenty jsou staré asi 600 – 800 milionů let a vyskytují se v hloubce ca 5 – 8 km. Horniny, které se vyskytují v plzeňském okolí, tvoří klasické usazené horniny (břidlice, prachovce a droby) a vulkanické horniny označované jako „spility“. Dále se zde vyskytují buližníky.¹

Mezi nejvýznamnější usazené horniny patří černé pyritické břidlice, které se dělí na kamenečné (vitriolové) a kyzové břidlice. Kyzové břidlice obsahují o trochu víc pyritu než kamenečné. Dnes se však tento rozdíl nebere v potaz.

Předpokládá se, že kamenečné a kyzové břidlice vznikaly na dně moře, kde byly sulfidy z vulkanické činnosti vnášeny z termálních roztoků do jílovitých břidlic. Významné byly i organické látky v usazeninách, díky nimž některé břidlice vytvářejí tzv. litý kyz.

Proterozoické horniny v okolí Plzně vystupují velmi dobře na povrch v hodně členěných údolích řek a potoků. Nejvíce jsou zastoupeny na středním toku Mže, v údolí Sřely a podél toku Berounky od Chrástu k Liblínu.² Kamenečné břidlice se vyskytují jižně od Chrástu v úvalu od cihelny, která se nachází při silnici směrem na Dýšinu, až k řece Klabavě a dále mezi Dýšinou a Novou Hutí.

Břidlice obsahují velké množství grafitu, jsou tmavošedé nebo černé barvy, avšak větráním se na povrchu zbarvují hydroxidy a sírany železa žlutě.



Obr. 1 Geologické podloží na Plzeňsku (převzato z literatury³)

2.2 Chemické složení břidlic

První analýzy kamenečných břidlic byly provedeny již kolem roku 1842 E. F. Anthonem. V tomto roce vydal zprávu o 15 různých nalezištích (Kamenec, Řešihlav, Darová, Božkov, Hromnice, Dolní Bříza, Kozojedy, Lednice...)³ Konstatoval, že složení břidlic je velmi kolísavé. Zvláště proměnlivé je množství pyritu (0,39 – 31,53 %) a oxidu křemičitého (55,96 – 86,60 %). Železo vázané v kyslíkatých sloučeninách, oxid

hlinitý a vápenatý se vyskytují v malém množství. Dle Anthonových analýz je nejvíc zastoupen oxid křemičitý, pyrit a uhlík (dohromady 90 – 95 %). Uhlíku je obvykle 6 – 8 %. Pro břidlice je také charakteristické stopové množství arzenu a mědi.³

Nová analýza byla provedena J. Friedrichem v Praze. K rozboru zvolil břidlice z II. lože ve štole nad Kamencem. Výsledek analýzy je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1 **Analýza břidlic dle Friedricha** (převzato z literatury³)

SiO ₂	61,56 %
Al ₂ O ₃	16,15 %
Fe ₂ O ₃	0,83 %
FeO	4,81 %
CaO	0,84 %
MgO	1,46 %
Na ₂ O	2,12 %
K ₂ O	3,54 %
C	3,90 %
S	2,41 %
P ₂ O ₅	0,29 %
Cu	Stopy
H ₂ O vázaná chemicky	1,27 %
	99,18 %

Rozpočtením této analýzy vychází původní podíl pyritu 4,62 %.

2.3 Historie výroby kamence

Ve starověku byly minerální látky trpké a svíravé chuti označovány jako „alumen“. Toto označení, s menšími obměnami, přešlo ve známost do Evropy jako „kamenec“.

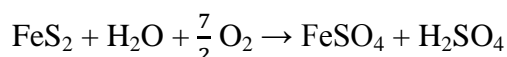
Ve starověkém Řecku byly tyto látky nazývány „stypteria“. Podle společné vlastnosti (barva, chuť) rozeznávali tři druhy, a to stypterii štípatelnou, hlízovitou a vlhkou. Všeobecně se stypteria užívala v lékařství při léčbě zánětu rohovky, při kožních onemocněních i k zabránění početí. Dále v barvířství a koželužství.

Alumen starověkých národů neodpovídal dnešním vlastnostem kamence. Chyběl zde alkalický síran, kterého je zapotřebí. Výroba skutečného kamence, síranu draselnohlinitého, začala kdesi v Malé Asii ve středověku. Kamenec se připravoval pálením nerostu alunitu.² Nejznámější byly kamence z Jemenu a ze syrského města Edessa. V roce 1295 získali Italové doly poblíž Izmiru.⁴ Po dobytí Cařihradu Turky v roce 1453 byla maloasijská naleziště ztracena, avšak jiná naleziště byla objevena v papežském státu u města Tolfa. Římský kamenec se vyznačoval načervenalou barvou a vysokou kvalitou. Tato znalost výroby kamence se rozšířila do okolních zemí.

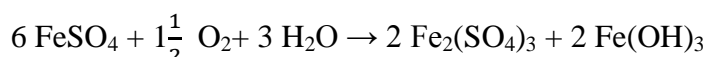
První anglický závod se nacházel v Gisborough v Yorkshire a byl založen Thomasem Chalonerem počátkem 17. století.² První kamencový důl v Německu byl založen v roce 1718.⁴ Kamencárny se nacházely u Lüneburgu, Plauen, Oberkaufungen a Saalfeldu.² První zmínky o výrobě kamence ve Francii pocházejí teprve z 18. století.⁴

2.4 Technologie zpracování břidlic

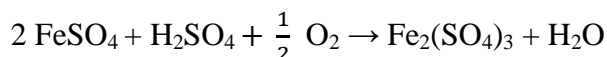
Větráním břidlic vznikají v přírodě sírany železa a hliníku. Tyto břidlice se nacházejí v nadloží hnědého i černého uhlí. Jsou to tedy horniny skládající se z uhlí, jílu a disulfidu železnatého krystalující v krychlové (pyrit) a kosočtverečné soustavě (markazit). Železné rudy mohou být v hornině vyloučeny v jemných krystalech, ale i v hrubých kusech. Pokud na břidlici s jemně rozptýleným pyritem působí vzduch, hornina větrá, a z rudy vzniká síran železnatý a kyselina sírová.



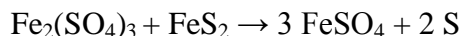
Pouze při zvětrávání pyritu dochází ke zvyšování kyselosti okolí v důsledku vlastní oxidace. Síran železnatý je nestálý, podléhá další oxidaci a vylučuje se hydroxid železitý.



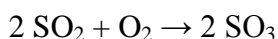
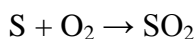
Vzniká tak minerál limonit. Pokud je nedostatek vzduchu, oxidace probíhá v meziproduktech.



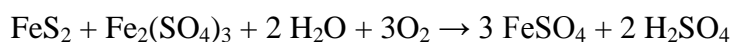
Síran železitý je účinné oxidační činidlo a působí též zpětně na pyrit za vyloučení síry.



Vyloučená síra se však ihned oxiduje vzdušným kyslíkem na oxid siřičitý a sírový.



Jelikož tyto pochody v přírodě probíhají současně, můžeme je vyjádřit sumární rovnicí:



Uvolněná kyselina dále napadá jiné minerály a můžou tak vzniknout sírany sodíku, draslíku, vápníku. Nejdůležitějšími sírany jsou však sírany hlinité a železité.²

Markazit se mnohem snadněji oxiduje než pyrit. Obě modifikace disulfidu železnatého jsou v sedimentech smíšený, proto dochází ke zvětrávání pyritu, který by byl jinak vůči atmosféře netečný. Oxidace pyritu je exotermický proces, při kterém dochází ke zvyšování teploty ve štolách a okolí. Toto může být příčina samovznícení uhlí.²

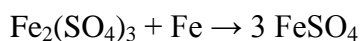
Kamenec byl vyráběn z břidlice bohaté na pyrit a markazit. Břidlice byla nakopána a navážena na haldy. Po půl roce mohla být halda loužena. Pokud břidlice obsahovala jemný disulfid železnatý, haldy byly pokrývány zemí a polévány vodou, aby nedošlo ke vzplanutí. Teplo vzniklé zvětráváním bylo velmi velké. Pokud břidlice obsahovala uhlí a hodně hrubých částic, hoření se nechával volný průběh. Prohořelé haldy také větraly 6 – 12 měsíců.²

Zvětralé haldy byly louhovány, a vznikaly tak sírany vápenaté, hořečnaté a draselné. Sodný výluh se skládal z proměnlivého množství síranu hlinitého,

železnatého a železitého. Při výrobě kamence bylo třeba odstranit železo a síran hlinitý převést alkalickým síranem v kamenec. Procesy podle výše uvedených rovnic probíhaly v haldách v různém poměru. V protiproudě uspořádaných nádržích se výluh obohatil na 1161 kg/m³. Stáním se síran železnatý oxidoval na síran železitý, který vypadává jako sedlina. Sedlině se také říkalo „vitriolový šmant“. Pokud byl vypálen, přeměnil svou původní barvu na červenou. V surovém louhu bylo téměř stejné množství síranu železnatého jako síranu hlinitého. Síran železnatý byl produkt, který se kamencárny snažily získat, protože zelená skalice byla mimo jiné součástí všech inkoustů. Na jejich výrobu se používaly háčky žlabatky dubové. Barvíři pak používali skalici jako mořidlo při barvení kůže, vlněných a lněných látek na černo pomocí olšové kůry nebo žaludů.

Výroba kamence byla velmi často spojena s výrobou zelené skalice (vitriolu). Vitriol se vyráběl třemi způsoby:

První: Výluh se odpařoval v pánvích, kam se naházelo staré železo. Soli železité se tím zredukovaly na železnaté.



Z koncentrovaného výluhu vykrytalizoval vitriol a matečný louh obsahoval veškerý síran hlinitý, který byl dále zpracováván na kamenec.

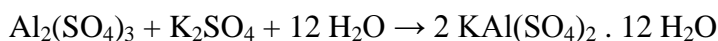
Druhý: Surové výluhy se po redukci svařovaly. Při hustotě 1384 kg/m³ byly nasycené a začal vypadávat monohydrát síranu železnatého. Vznikla tak usazenina z jemných krystalků. Vařič poté přidával další výluhy, dokud nezačala stoupat koncentrace výluhu. To bylo znamení, že i přidané výluhy jsou ostatními sírany nasyceny. Poté vařič přerušil var a oddělil filtrací sraženinu monohydrátu síranu železnatého. Usazenina se rozpustila ve vodě na roztok, ze kterého vykrytalizoval heptahydrát síranu železnatého – zelená skalice. Filtrát obsahoval síran hlinitý, který se dál zpracovával na kamenec.

Třetí: Výluh z haldy se odpařoval v gradovně¹. Přebytkem vzduchu se na trní vyloučil nerozpustný síran železitý s hemihydrátem síranu vápenatého. Zbytek výluhu

¹ Gradovna – několikapatrová stavba ze dřeva a trnkových větví o délce až několik set metrů. Původně sloužila k získávání kuchyňské soli z pramenů bohatých na sůl.

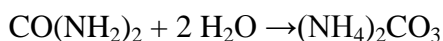
se zahustil a nechal se krystalizovat na pánvi. Vykristalovala zelená skalice. Matečný louh obsahující síran hlinitý se používal k výrobě kamence.

Žádný popsaný způsob však neoddelil zelenou skalici úplně. Menší množství obsahoval vždy matečný výluh. Stáním se zelná skalice oxidovala na síran železitý, a vznikl tak výluh chudý na vitriol. K zavařování těchto výluhů sloužily zděné nádrže, kde se vedl plamen po hladině louhu. Odpařovalo se do hustoty 1,40 g/m³. Z výluhu se vylučovala usazenina, která obsahovala hemihydrát síranu vápenatého, monohydrát síranu železnatého a síran železitý. Svařený výluh se vyčeřil usazením. Po vychladnutí a usazení se přemístil do srážecích nádrží, ve kterých se srazil kamenec srážedlem, např. horkým roztokem síranu draselného či amonného.

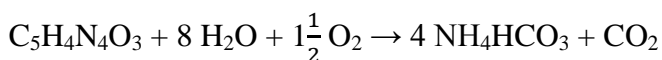


Tyto chemikálie nebyly před začátkem 19. století připravovány v čisté formě, a proto se jako srážedlo používala shnilá moč. V Čechách tomu tak bylo asi do roku 1780.² Obyvatelé přilehlých obcí byli povinni ji sbírat a uchovávat v sudech před svým obydlím.⁴

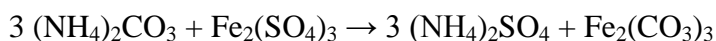
Lidská moč obsahuje močovinu, které člověk vyloučí asi 30 g denně. Dále vylučuje 0,5 g kyseliny močové. Močovina rychle podléhá rozkladu za vzniku uhličitanu amonného.²

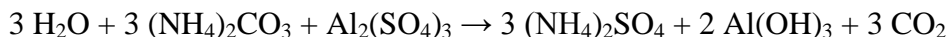
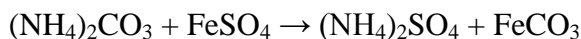


Kyselina močová se rozkládá podobným způsobem.



Pokud se použije shnilá moč, síran amonný se vytvoří na úkor síranů železa i síranu hlinitého.

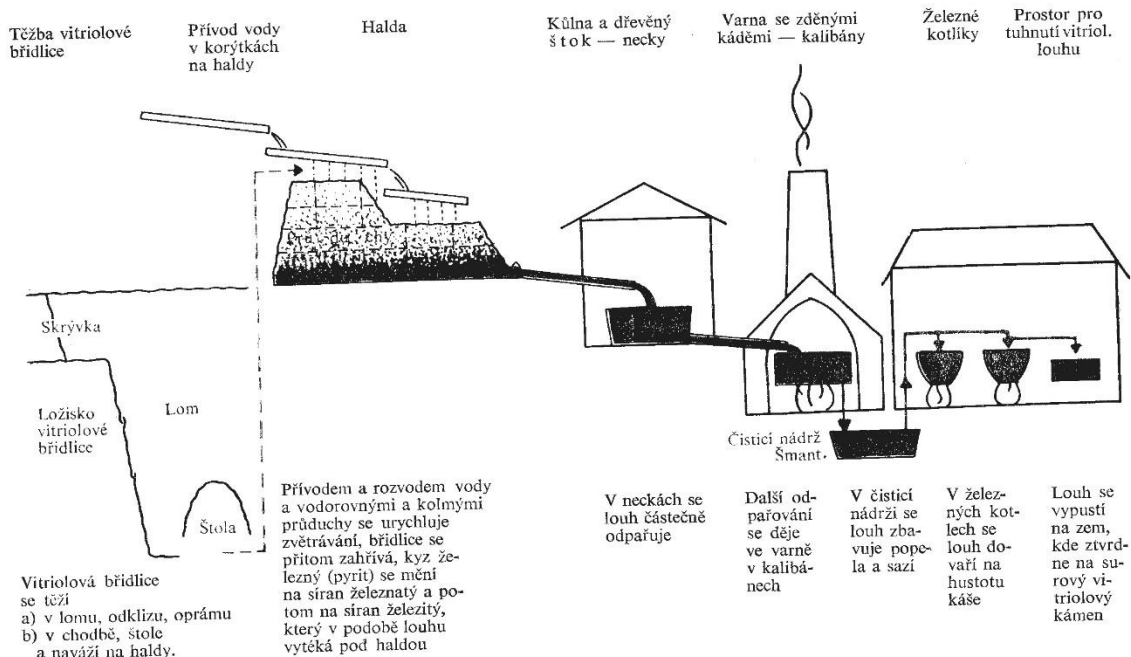




Při tomto způsobu se tvořily nerozpustné sraženiny alkalických uhličitánů a hydroxidů, a bylo třeba přidávat moč k surovým výluhům, anebo současně louhovat s močí. Svařením čirých výluhů vypadl kamenec amonno-hlinitý.

Koncem 18. století se jako srážedlo začala používat potaš – výluh z dřevěného popelu, což je uhličitán draselný s příměsí síranu a chloridu draselného. Použitím tohoto srážedla vznikala kamenec draselno-hlinitý $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$.

Větráním hornin obsahujících chalkopyrit vznikala modrá skalice. Tyto rudy často obsahovaly i pyrit, a proto vznikala jak modrá, tak zelená skalice. U nás se výroba pentahydrátu síranu měďnatého neprovozovala. V sousedních zemích ano, a tak k nám byl dovážěn salzburský vitriol obsahující i 50 % pentahydrátu síranu měďnatého.²



Obr. 2 Schématické znázornění louhování hald a výroba vitriolového kamene (převzato z literatury⁵)

Břidlice se těžila odklizem v lomech, chodbách a štolách. Vytěžená břidlice se v radvanci nebo v dřevěném vozíku dopravovaném po kolejkách (hunt) odvážela k drtiči.

Hornina se drtila na kousky o velikosti 5- 10 cm. Majzlíky ji roztloukali 13 – 17letí chlapci a staří dělníci. Rozdrcené kusy byly naváženy na haldy, aby zvětraly. Voda zkrápějící haldy se přiváděla korýtky z potoka a po haldě byla rozváděna žlábků, které měly vespod otvory pro odkapávání vody.

Podklad pro haldy, tzv. plac, byl vytvořen z jílu ve strmé poloze na svahu, aby výluh neprosakoval do země, ale stékal do nádrží. Břidlice se na plac navážela stupňovitě. V haldě byly vytvořeny průduchy, kterými proudil čerstvý vzduch a urychloval tak zvětrávání. Plac byl ohraničen valem (rentlem), aby výluh neunikal. Halda se nechala zvětrávat několik měsíců, než začalo louhování. Haldy se loužily od října do dubna, v zimě se získávalo jen malé množství výluhu.

Výluh se odváděl do nádrže (štoky), ze které byl dále převáděn do varny. V nich se výluh odpařoval plamenem šlehajícím nad povrchem do hustoty 1384 kg/m³. Zahuštěný výluh byl přepravován do čistých nádrží k sedimentaci. Zde se oddělil čistý výluh od šmantu. Čistý výluh byl převeden do železných kotlů, kde se odpařoval do hustoty kaše. Tato tekutina byla vylévána sběračkami (šoufy) na podlahu varny, kde ztuhla ve vitriolový kámen.

Po ztuhnutí se vitriolový kámen vykopával a páčil v kalcinovaných pecích. Přebytková voda se odpařila a síran železnatý se změnil v síran železitý. Kalcinovaný kámen se rozemlel mezi železnými válci na jemnou moučku.⁵

2.5 Počátky výroby kamence v Čechách

Do Čech se kamenec dovážel až do 16. století i přes to, že zde byly založeny vlastní výroby. Byl přechováván v pražském Týně, jak uvádí zápis v městské knize z roku 1344.²

První zmínka o těžbě kamence v Čechách se datuje do roku 1407, kdy se těžil jako roztok síranu hlinitého.⁴ První takový závod se nacházel v Přílepech u Berouna, kde je černouhelná pánev. Síran vznikaly ze zvětralých břidlic prorostlých disulfidem železnatým. Výluhy se hromadily ve studních a sestávaly ze síranu hlinitého. Síran železa tam byly ve velmi malém množství. Kamenec používali jircháři² pro bělení kůží. Není známo, kdy se začalo s výrobou kamence za přidávání shnilé moči.

² Jirchářství - řemeslný obor zabývající se zpracováním kůží. Jircháři, též zvaní bělokožešníci, vydělávali kůže pomocí roztoku kamence.

Velký význam nabývá zpracování břidlic v 16. století, kdy byl v Čechách založen kamenečný průmysl. Prvním závodem byl důl v Čachovicích, který vlastnil Kryštof Gendorf. Ten si u krále vymohl monopol na výrobu kamence. Po čtyři roky nesměl nikdo zřítit kamencárnu a byl zakázán dovoz cizího kamence. Tento zákaz byl vydán 25. 10. 1549.⁴ V průběhu let měnil čachovický důl majitele a ke konci století kvůli nepříznivým podmínkám zanikl. Výroba se ale rozšířila i do jiných oblastí, a tak vznikaly doly v Jirkově a Hrobech (1566), Měděnci (1572), Černicích u Jezeří (1579), Chomutově (1558) a v okolí Lokte. Dále v Hloubětíně u Prahy (1758).⁴

2.6 Výroba kamence na Plzeňsku

Již z roku 1526 pocházejí první zmínky o hledání břidlic na Plzeňsku.⁶ Nejstarší závody se nacházely v Robčicích (1543), Čivicích, Dolní Bělé, Chomli, Vranovicích a Kozojedech. Nejvýznamnější byl důl v Hromnici, založený před rokem 1578.

Během třicetileté války (1618 – 1648) bylo mnoho vesnic vypáleno. Poté hornictví zaniklo a začalo se obnovovat až v 18. století. V Hromnici byla kamencová huť obnovena v roce 1770 plaským lékárníkem páterem Lukášem.⁵

Archiv dějin a statistiky zejména Čech, II. díl, Drážďany 1793 uvádí, že koncem 18. století byly v provozu 3 závody zpracovávající břidlice. Byly to závody Kamenec nedaleko Svinné, cech Sv. Víta v Chrástu a podnik v Hromnici.⁵ Přehled produkce, ceny a spotřeby kamence uvádí tabulka 2.

Tabulka 2 **Plzeňské kamencárny v letech 1798 – 1800** (převzato z literatury²)

Závod	Majitel	Produkce za rok		Cena za cent		Spotřeba		
		ct.	lib.	zl.	kr.	doma		v cizině
						ct.	lib.	ct.
Chrást	plzeňští měšťané	98	29,5	25		48	29,5	50
Hromnice	Josef Brož	42	93	14	20	42	93	
Svinná	liblínská vrchnost	674	22,25	18		674	22,25	

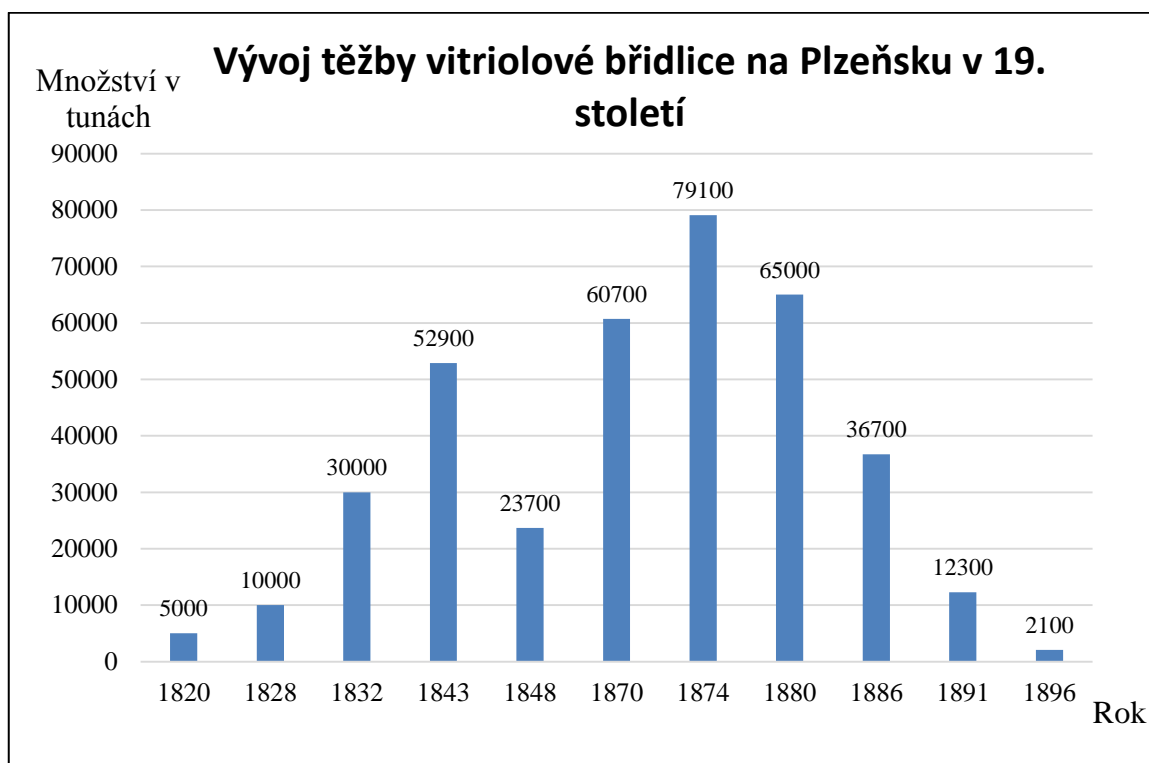
(vídeňský cent = 56 kg, vídeňský cent = 100 vídeňských liber, 1 rakouský zlatý = 100 krejcarů)

Vitriol se začal vyrábět na přelomu 18. a 19. století. Před tímto obdobím se v každém minerálním závodě vyráběl jen kamenec. Rozvoj výroby kyseliny sírové znamenal rozvoj těžby břidlic a jejich zpracování na vitriolový kámen, ze kterého se vyráběla česká dýmavá kyselina sírová.⁵ Z břidlic se také vyráběla síra, která byla záhy nahrazena levnou sírou za Sicílie.

Výroba produktů z břidlic se v 19. století zmnohonásobila. Zejména výroba dýmavé kyseliny sírové nebývale vzrostla, neboť ji bylo zapotřebí pro bělení pláten.

Vhodnost břidlice pro výrobu dýmavé kyseliny sírové v povodí řeky Berounky rozpoznal J.D.Starck. Vývoj těžby břidlice v 19. století znázorňuje graf 1.

Graf 1 Vývoj těžby vitriolové břidlice na Plzeňsku v 19. století (převzato z literatury⁵)



Od roku 1875 dochází k poklesu těžby břidlice. Příčinou je levnější výroba kyseliny sírové katalytickou metodou. V hromnickém závodě, který měl největší podíl na těžbě břidlice, byly hornické práce zastaveny roce 1891. Dále těžba pokračovala jen v Kamenci u Radnic, a to do roku 1896.

2.7 Důl Svatého Víta

Chrástecký podnik na plzeňském panství se jmenoval Cech Sv. Víta a byl založen roku 1789 plzeňskými měšťany.⁶ Podle Fencla (1977) byl podnik založen Matyášem Cipernou, dýšinským obchodníkem.

Chrástecký důl byl založen pro výrobu kamence z vytěžené břidlice, a proto byl označován jako „Alaunwerk“ (alaun = kamenec).

Po 4 roky od dob vzniku podniku se množství vyrobeného kamence pohybovalo od 130 – 150 vídeňských centů za rok (cent = 56 kg).⁶ Pro svou vysokou kvalitu, kterou ocenili i znalci, byl velmi žádaný. Byl mléčně bílý a pevný. Z počátku jeho výroby byl cent prodáván za 15 zlatých městským kupcům a pláteníkům.

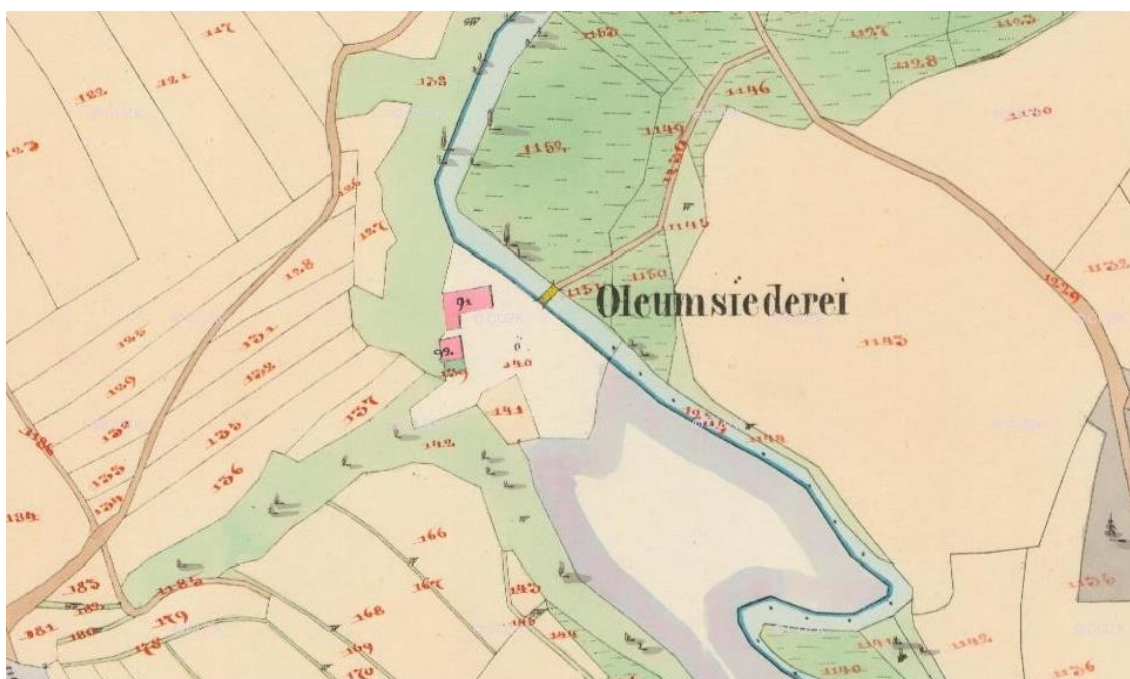
V letech 1798 až 1800 se zde vyrobilo 98 centů a 29,5 libry kamence za rok při ceně 25 zlatých za cent. 50 centů z tohoto množství se vyváželo do ciziny.⁶ Varna v té době spotřebovala ročně 300 dolno-rakouských sáhů dřeva (1 sáh je 3,41 m³), které vlastníci podniku těžko sháněli od majitelů okolních lesů.⁵ Podnik mohl mít široký věhlas, kdyby měli plzeňští měšťané dostatek kapitálu na modernizaci závodu.

Počátkem 19. století získal kamencárnu hrabě Eugen Vrbna, který byl i majitelem hořovského panství. Hrabě byl jako majitel závodu jmenován v listinách v letech 1824 až 1845. Po hořovském hraběti převzal podnik penzionovaný císařský fořt Jan Sandtner.

V rozmezí let 1846 – 1848 zde pracovalo 20 dělníků, kteří ročně z 1000 centů vitriolového kamene získali 70 centů síry a 30 centů zelené skalice.⁶ K tomu bylo třeba 6500 centů uhlí a 30 centů starého železa.⁵ Po smrti Jana Sandtnera v roce 1852 podnik provozovala jeho žena Terezie. Po její smrti v roce 1854 zdědil podnik jejich syn Václav Sandtner, který vlastnil spolu s Ignácem Fomanem také závod u Dýšiny.^{5,6}

V 60. a 70. letech 19. století se z vitriolové břidlice vyráběla česká dýmavá kyselina sírová. Pro její výrobu vedli po dřevěných korýtkách vodu, která protékala nakopanou břidlicí.⁶ Po roce 1860 zde probíhala výstavba železnice v úseku Plzeň - Praha. Trasa železnice vedla přes Sandtnerův důl. Stavební společnost chtěla podnik vykoupit, avšak pro její vysokou cenu, navrhovanou Sandtnerem, společnost odstoupila od koupě. Podnik zde zůstal. Rokle, ve které byly hloubeny štoly, byla překlenuta, zasypána a vznikl tunel. Hlavní štola procházející v úseku pod tratí byla vyzděna, aby pod tratí nedošlo k propadu podloží do štoly. V této době zde pracovali 3

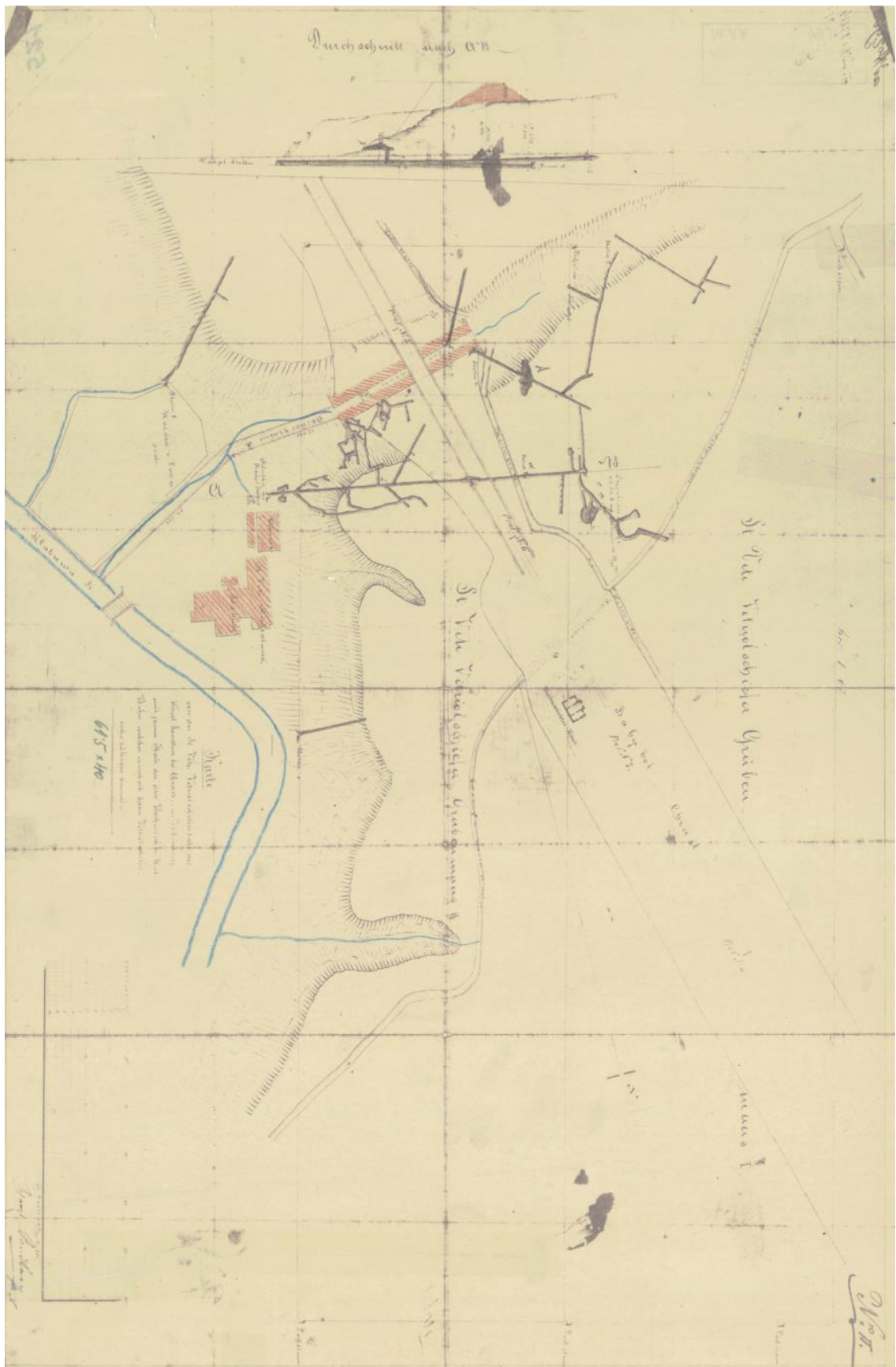
dělníci a jeden směnový mistr. Důlní míra byla 11924 sáhů, byly zde 2 šachty o hloubce 7 – 7,5 sáhů, 6 chodeb o délce 805 sáhů a ložiska mocná 1-3 sáhy.⁵ Plzeňské hejtmanství vydalo zákaz dobývání břidlice pod železniční dráhou. Omezení vedlo k úpadku dolování a Sandtner byl nucen v roce 1878 těžbu zastavit. Výrobu přeložil do Bukové u Božkova, kde měl podobný podnik.² Stavby v areálu dolu byly ještě dalších 11 let využívány. Pod svahem poblíž řeky Klabavy jsou ještě dnes dva dolové kameny s písmeny SB, které vytyčovaly pozemek dolu. V Příloze 1 a 2 se nachází náčrt situace dolu Sv. Víta a mapa reliktního chrásteckého dolu.



Obr. 3 Výřez mapy ze stabilního katastru, mapováno 1839

V mapě je závod označen jako Oleumsiederei, což v překladu znamená varna olea. Toto označení je nepřesné, neboť nejsou zprávy o výrobě olea v Chrástu. Může se např. jednat o nepřesné označení minerální hutě, ve které se vyráběl vitriolový kámen.

Na mapě jsou vyznačeny dvě budovy náležející závodu. Dále je v mapě vyznačen most přes řeku Klabavu.



Obr. 4 Historická báňská mapa dolu Sv. Vit z roku 1861

Autorem mapy je zeměměřič pražské železářské společnosti K.Rossipal. Mapa je popsána v němčině a celý její název v originálu zní: „Karte von St. Viti Vitriolschieferzeche des Wenzel Sandtner bei Chrast, in Verbindung mit Jenem Theile der priv. Bohmischer West Bahn welcher innerhalb dieser Vitriolschieferzeche zuliegen kommt“. Volně přeloženo: „Mapa svatovítského vitriolového dolu Václava Sandtnera v Chrástu, včetně části soukromé České západní dráhy, která tímto vitriolovým dolem prochází.“ Mapa obsahuje kromě půdorysu také příčný řez dolem.

V mapě je zakresleno šest štol. Pět z nich je označeno čísly 1 až 5. Hlavní štola je neočíslovaná a je označena jako „Mundloch des Haupt Stollns“. Dále jsou zakresleny tři šachty. Vyznačena je také železniční trať (v té době jednokolejná) včetně propustku pod tratí. Před ústím hlavní štoly jsou zakresleny tři objekty zpracovatelského provozu a zázemí dolu. Jako obytná je označená budova blíže ústí štoly. Budovy dále od ústí jsou popsány jako „St. Viti Mineralwerk“. Pod budovami je zakreslen most přes řeku Klabavu. Žádná z těchto staveb se do současnosti nedochovala. V mapě je také vyznačeno šest důlních kamenů.

Autorem mapy je také K. Rossipal. Originální název mapy je: „St. Viti Vitriolschiefer Zeche bei Chrast“.

V mapě je zakresleno celkem pět štol, které jsou označeny čísly 1 až 5. Hlavní štola je označena číslem 2. Dále je zakreslena jedna šachta a jeden důlní kámen. Zavalené štoly jsou vyznačeny tečkovaně, ostatní stará díla jsou označeny křížky. Vyznačena je také i vyzděná část hlavní štoly pod železniční tratí. Trať je v mapě vyznačena včetně propustku.



Obr. 6 Zavalené ústí hlavní štoly



Obr. 7 Dolové kameny s písmeny SB



Obr. 8 Propustek pod železniční tratí



Obr. 9 Interiér propustku, uprostřed vyústění štoly

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část diplomové práce se zabývá především kvalitativním rozborem složek vody vytékající ze zavalené štoly (hlavní štola) z dolu Sv. Víta. Pozornost je zde věnována důkazu železa a zinku. Cílem je seznámit se s vybranými metodami kvalitativní analýzy a vybrat nejvhodnější metody pro analýzu vzorku ve školním prostředí.

3.1 Laboratorní analýza

3.1.1 Použité chemikálie

3.1.1.1 Měření pH

- 1) Dekahydrát tetraboritanudisodného $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ – 3,80 g na 1 litr roztoku, při 25°C pH = 9,21
- 2) Vinan sodno-draselný $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ – nasycený roztok při 25°C, při 25°C pH = 3,56

3.1.1.2 Stanovení železa

- 1) Kyselina chlorovodíková HCl koncentrovaná, 1:1, 10% a 25% roztok
- 2) Hexakynoželeznatan draselný $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, 10% roztok
- 3) Thiokyanatan draselný KSCN, 10% a 20% roztok
- 4) Sulfid amonný $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, nasycený roztok v NH_3
- 5) Nonahydrát síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ - obsah Fe 100 mg/dm³

3.1.1.3 Stanovení zinku

- 1) Sulfan H_2S , nasycený roztok v acetonu
- 2) Granulovaný zinek Zn
- 3) Kyselina sírová H_2SO_4 , 25% roztok
- 4) Fenolová červeň $\text{C}_{19}\text{H}_{14}\text{O}_5\text{S}$; 1% roztok
- 5) Hydroxid sodný NaOH; 0,4% a koncentrovaný roztok
- 6) Trihydrát octanu sodného $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, 6% roztok
- 7) Thiosíran sodný $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 25% roztok

- 8) Tetrachlormethan CCl_4
- 9) Pevný Dithizon $\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{N}_4\text{S}$

3.1.2 Přístroje

3.1.2.1 Měření pH

- 1) pH-metr pH/ion analyser OP 271/1, Radelkis Maďarsko, s vícebodovou kalibrací, skleněnou elektrodou (Radelkis) a referentní kalomelovou elektrodou (Crytur Turnov)

3.1.2.2 Stanovení železa

- 1) Analytické váhy
- 2) Spektrofotometr U-2010, Hitachi, Japonsko, s deuteriovou výbojkou a wolframovou žárovkou, dvoupaprskový, s polovodičovým detektorem

3.1.2.3 Stanovení zinku

- 1) Analytické váhy
- 2) Spektrofotometr U-2010, Hitachi, Japonsko, s deuteriovou výbojkou a wolframovou žárovkou, dvoupaprskový, s polovodičovým detektorem

3.1.3 Přípravy, postupy, výsledky

3.1.3.1 Měření pH

Měření bylo provedeno pH-metrem pH/ion analyser OP 271/1, Radelkis Maďarsko, s vícebodovou kalibrací, skleněnou elektrodou (Radelkis) a referentní kalomelovou elektrodou (Crytur Turnov). Kalibrace byla provedena vinanem sodno-draselným a dekahydrátem boritanu disodného při 25°C.

Měření bylo provedeno v původním vzorku.

Tabulka 3 **Hodnoty pH vody ze zavalené štoly**

Datum odběru vzorku	Výsledné pH
14.6.2013	6,71
17.6..2013	6,61

Hodnota pH vody ze zavalené štoly je téměř neměnná. Vzhledem k tomu, že pH je téměř neutrální, lze očekávat výskyt bakterií, řas a nižších živočichů. Přítomnost jakýchkoliv organismů ale nebyla potvrzena. Voda i po půlročním stání v PET lahvi nevykazovala žádnou změnu.

3.1.3.2 Stanovení železa

První analýzy byly nejprve prováděny v původním vzorku. Tento vzorek měl téměř neutrální pH, díky kterému se velmi rychle vylučoval zákal hydratovaných oxidů železa (hydroxidu železitého). Bylo zjištěno, že takový vzorek vody obsahuje pouze malé množství železa. Srážení skupinovými činidly nevedlo k žádné reakci.

Dále byl nefiltrovaný vzorek okyselen HCl, až do rozpuštění usazenin. Roztok získal nažloutlou barvu. Reakce se skupinovými činidly přesto nebyla zcela zřejmá.

Další analýza byla prováděna se vzorkem, který byl zakoncentrován odpařením do sucha a rozpuštěním v malém množství vody okyselené HCl. Reakce se skupinovými činidly pak byly velmi prokazatelné.



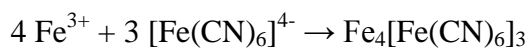
Obr. 10: **Původní vzorek**

3.1.3.2.1 Stanovení železitých kationtů pomocí hexakynoželednatanu draselného $K_4[Fe(CN)_6]$

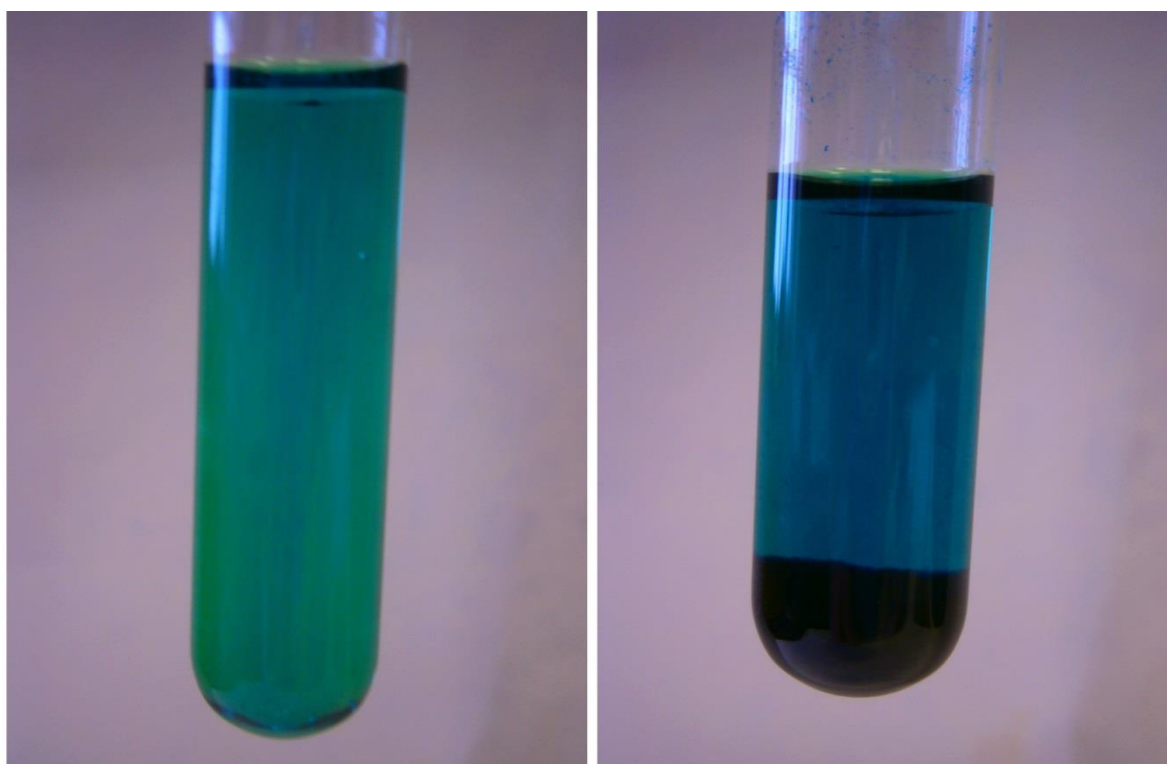
Chemikálie:

- 1) Kyselina chlorovodíková HCl 1:1
- 2) Hexakynoželednatan draselný $K_4[Fe(CN)_6]$, 10% roztok

Důkaz železitých kationtů byl proveden reakcí zahuštěného okyseleného vzorku s přidavkem malého množství hexakynoželednatanu draselného $K_4[Fe(CN)_6]$. Reakcí žluté krevní soli s železitým kationtem vzniká tmavě modrá sraženina berlínské modři.



Analýza byla provedena celkem třikrát se shodnými výsledky.



Obr. 11 Porovnání reakce nezahuštěného okyseleného vzorku (vlevo) a zahuštěného okyseleného vzorku (vpravo) s hexakynoželednatanem draselným $K_4[Fe(CN)_6]$

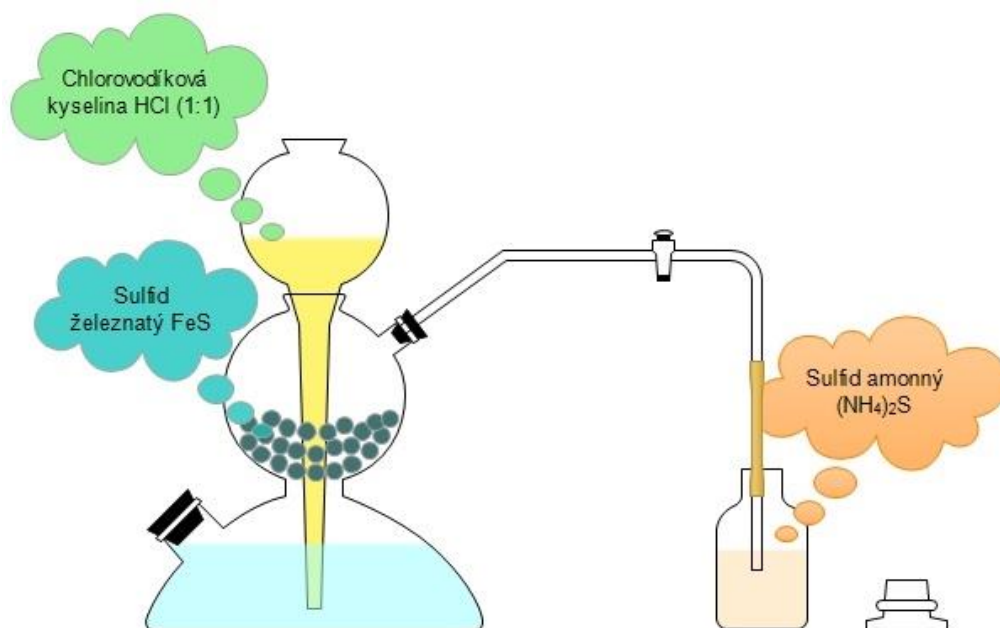
3.1.3.2.2 Stanovení železitých kationtů pomocí sulfidu amonného $(\text{NH}_4)_2\text{S}$

Chemikálie:

- 1) Kyselina chlorovodíková HCl 1:1
- 2) Sulfid amonný $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, nasycený roztok v amoniaku NH_3

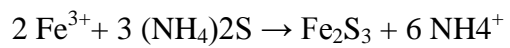
Při této analýze se vyskytl problém s čerstvostí sulfidu amonného. Sulfid amonný byl po delším stání vyčpělý a neposkytoval předpokládanou reakci ani s nezahuštěným okyseleným vzorkem, ani se zahuštěným okyseleným vzorkem. Bylo třeba vyrobit čerstvý sulfid amonný. Ten byl vyroben jímáním sulfanu H_2S do roztoku amoniaku. Sulfan H_2S byl vyroben v Kippově přístroji reakcí sulfidu železnatého FeS s chlorovodíkovou kyselinou HCl v poměru 1:1.

Na obrázku číslo 11 je vyfocen produkt reakce vzorku s vyčpělým sulfidem amonným $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Tento bílý zákal byl jeden z důvodů, proč se dále zabývat důkazem zinku.

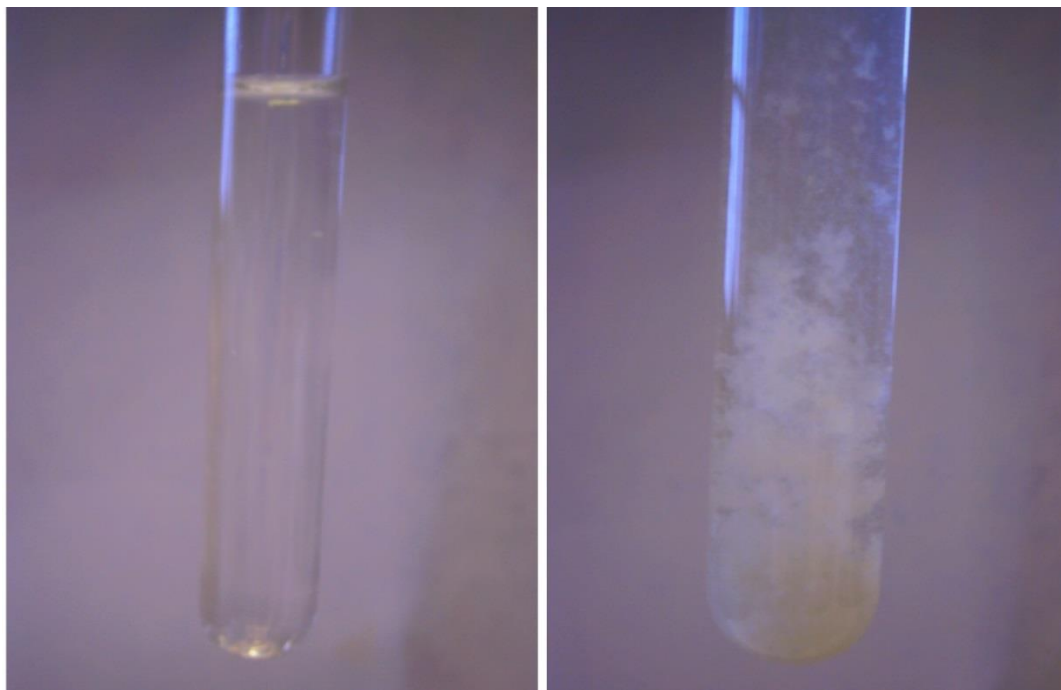


Obr. 12 Aparatura na vývoj sulfanu H_2S

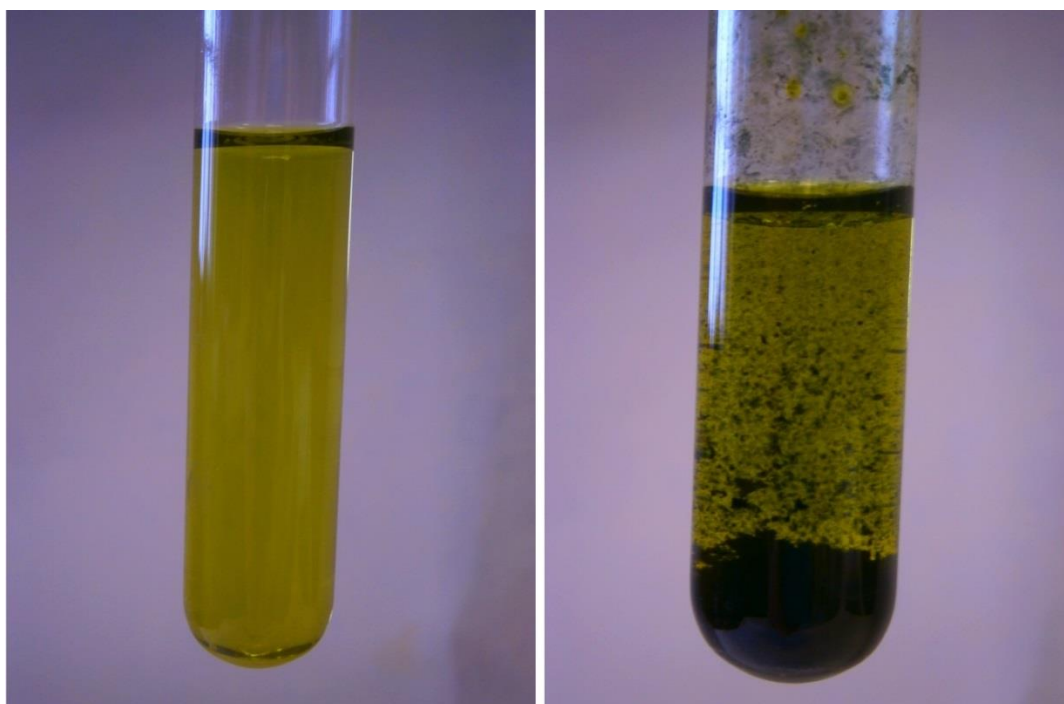
Důkaz železitých kationtů byl proveden reakcí zahuštěného a okyseleného vzorku s přidávkou přebytku čerstvého sulfidu amonného. Reakcí sulfidu amonného s železitým kationtem se vylučuje černá sraženina sulfidu železnatého.



Analýza byla provedena celkem třikrát se shodnými výsledky.



Obr. 13 Porovnání reakce nezahuštěného okyseleného vzorku (vlevo) a zahuštěného okyseleného vzorku (vpravo) s vyčpělým sulfidem amonným



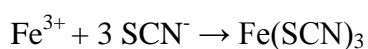
Obr. 14 Porovnání reakce nezahuštěného okyseleného vzorku (vlevo) a zahuštěného okyseleného vzorku (vpravo) s čerstvým sulfidem amonným

3.1.3.2.3 Stanovení železitých kationtů pomocí thiokyanatanu draselného KSCN

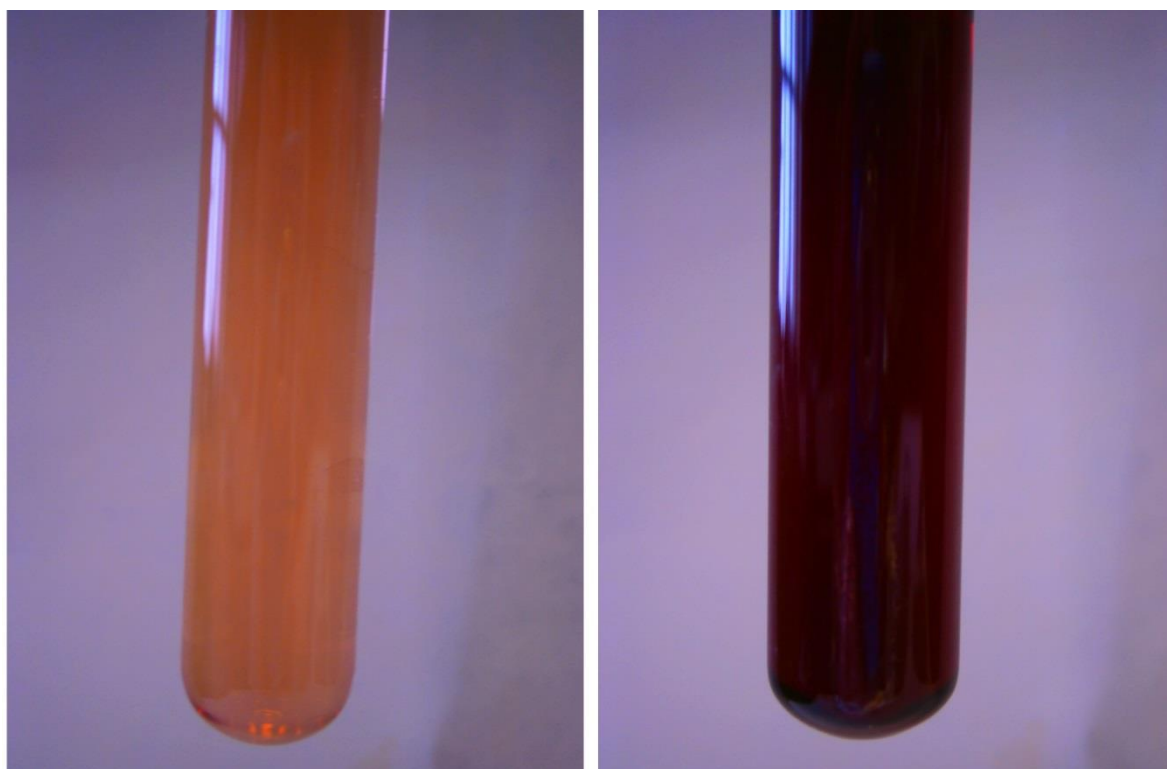
Chemikálie:

- 1) Kyselina chlorovodíková HCl 1:1
- 2) Thiokyanatan draselný KSCN, 10% roztok

Přítomnost železitých kationtů byla potvrzena reakcí zahuštěného okyseleného vzorku s thiokyanatem draselným. Reakcí vzorku s činidlem vznikl thiokyanatan železitý. Tato reakce je velmi citlivá a i velmi zředěné roztoky se zbarvují červeně.



Analýza byla provedena celkem třikrát se shodnými výsledky.



Obr. 15 Porovnání reakce nezahuštěného okyseleného vzorku (vlevo) a zahuštěného okyseleného vzorku (vpravo) s thiokyanatem draselným

3.1.3.2.4 Stanovení obsahu železa spektrofotometricky

Spektrofotometrie je instrumentální metoda založená na interakci mezi analytem a monochromatickým zářením, kdy je část záření pohlceno analytem a zbývající záření je detekováno detektorem.

Pracovní roztoky:

- 1) Zásobní roztok nonahydrátu síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ - obsah Fe 100 mg/dm^3
- 2) Kyselina chlorovodíková HCl - koncentrovaná, zředěná 1:1
- 3) Thiokyanatan draselný KSCN, 20% roztok

Kalibrace:

Nejprve byly připraveny čtyři kalibrační roztoky ze zásobního roztoku síranu železitého. Ve 100ml odměrné baňce bylo rozpuštěno 0,05 g $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ přídatkem 10 ml koncentrované HCl a doplněno destilovanou vodou po rysku. Zásobní roztok obsahoval v 1 ml 0,1 mg Fe, tj. v 1 dm^3 100 mg železa.

Podle koncentrace zásobního roztoku byl tento zředěn na čtyři kalibrační roztoky o hmotnostní koncentraci 5, 10, 15 a 20 mg/dm^3 . Pro kalibraci bylo do 50ml odměrných baněk postupně odměřeno 2,5; 5; 7,5 a 10 ml zásobního roztoku. Do každé odměrné baňky bylo přidáno 5 ml 20% roztoku KSCN. Odměrné baňky byly doplněny destilovanou vodou po rysku. Vzniklý roztok byl zamíchán a ponechán stát asi 10 minut. Poté se změřila absorbance při vlnové délce 500 nm.

Zpracování vzorku:

Do 100ml kádinky bylo odměřeno 50 ml zahuštěného a okyseleného vzorku chlorovodíkovou kyselinou HCl. Dále bylo přidáno 5 ml 20% roztoku KSCN. Po promíchání se výsledný roztok nechal stát 10 minut. Následně byla změřena absorbance vzorku při vlnové délce 500 nm proti vodě.

Vyhodnocení:

Získané hodnoty byly vyneseny do kalibračního grafu a byly proloženy kalibrační přímkou lineární regrese. Pomocí kalibrační křivky byla zjištěna hodnota hmotnostní koncentrace železitých kationtů ve vzorku.

Výsledky spektrofotometrického stanovení železitých kationtů:

Spektrofotometricky bylo zjištěno, že hmotnostní obsah železitých kationtů je přes 3 mg/dm³. I přes to, že lze takové množství železitých kationtů považovat za stopové, toto množství několikanásobně překračuje mezní hodnotu pro obsah železa v pitné vodě.

Kvalitu pitné vody v České republice stanovuje zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. a vyhlášky, které se vztahují k tomuto zákonu. Tyto předpisy vycházejí z požadavků evropských směrnic pro pitnou vodu.

3.1.3.2.5 *Kolorimetrické stanovení železitého kationtu*

Dalším cílem bylo připravit metodu, která bude použitelná i při výuce, tj. je dostatečně jednoduchá na provedení a nevyžaduje speciální vybavení (přístroj). K tomuto účelu je vhodnou metodou kolorimetrie, která je v podstatě předchůdcem spektrofotometrických metod.

Kolorimetrie je subjektivní optická metoda, která je založena na porovnávání intenzity zabarvení roztoku o neznámé koncentraci s roztokem téže látky o známé koncentraci.

Pracovní roztoky:

- 1) Zásobní roztok nonahydrátu síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ - obsah Fe 100 mg/dm³
- 2) Kyselina chlorovodíková HCl - koncentrovaná, zředěná 1:1
- 3) Thiokyanatan draselný KSCN, 20% roztok

Pracovní roztoky byly použity z předešlého stanovení. Nejprve byly připraveny standardy o koncentraci 0,1,2,3,4 a 5 mg/dm³. Ze zásobního roztoku nonahydrátu síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ bylo odpipetováno do 50ml odměrných baněk 0; 0,5; 1; 1,5; 2 a 2,5 ml. Do každé odměrné baňky bylo přidáno 5 ml 20% roztoku thiokyanatu draselného KSCN a baňky byly doplněny destilovanou vodou po rysku.

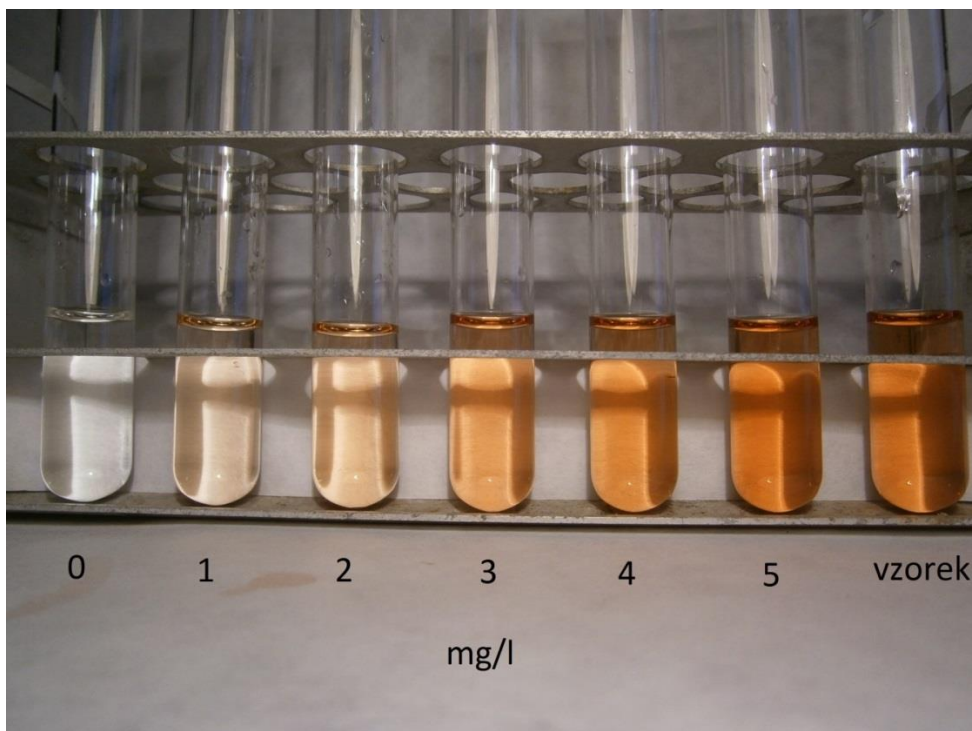
Pro toto stanovení byl použit původní vzorek vody. Do 50ml zkumavky bylo odměřeno 30 ml vzorku, ke kterému bylo přidáno 10 ml kyseliny chlorovodíkové HCl (1:1), aby vyloučené železo přešlo do roztoku. Dále bylo přidáno 5 ml 20% roztoku thiokyanatu draselného KSCN a baňka byla doplněna vzorkem vody po rysku.



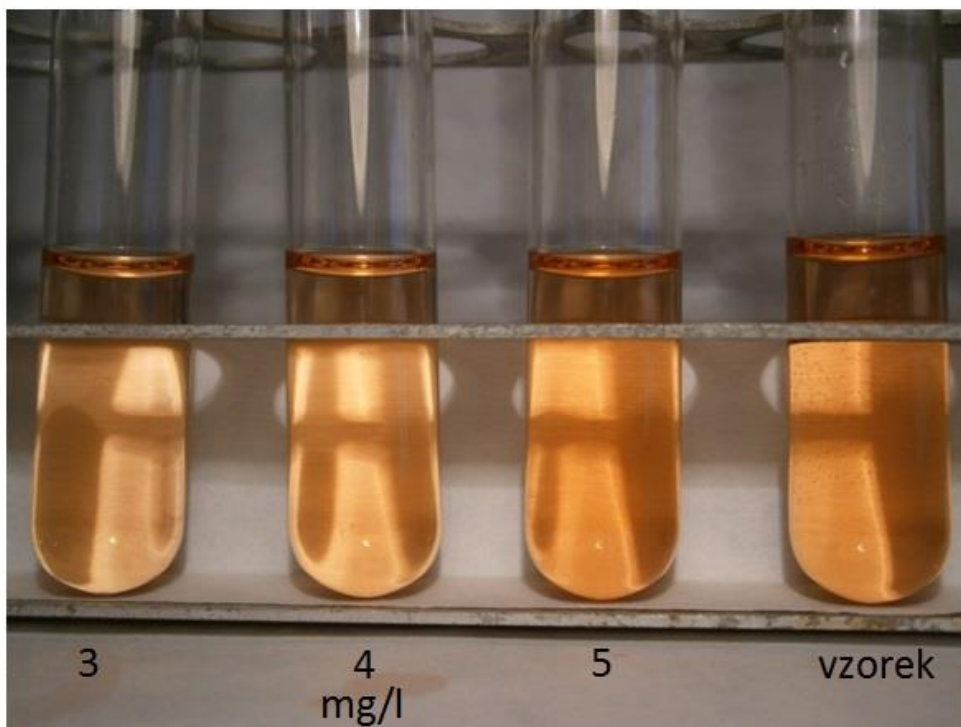
Obr. 16 Standardy o koncentraci 0 – 5 mg/dm³

Jednotlivá porovnání standardů 0 – 5 mg/dm³ se vzorkem – viz Příloha 3 - 8.

Pro lepší přehlednost a minimalizaci subjektivity bylo z každé odměrné baňky odměřeno 5 ml do zkumavek.



Obr. 17 Porovnání standardů o koncentraci 0 – 5 mg/dm³ se vzorkem



Obr. 18 Porovnání standardu o koncentraci 3 – 5 mg/dm³ se vzorkem

Výsledky kolorimetrie:

Podle přiložených fotografií lze vyvodit, že zkoumaný vzorek obsahuje okolo 5 mg/dm³. Tento výsledek je v dobré shodě s výsledkem získaným metodou spektrofotometrie, protože vyhodnocení pomocí oka může být zatíženo chybou, a také je ovlivněno zkušeností pracovníka s danou metodou a individuálním rozpoznáváním intenzity zbarvení.

3.1.3.3 Stanovení zinku

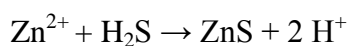
Důkaz zinečnatých kationtů byl prováděn současně a za shodných podmínek s důkazy železitých kationtů. Tedy první analýza byla provedena v původním vzorku. Další analýza byla provedena v nefiltrovaném okyseleném vzorku chlorovodíkovou kyselinou HCl. Poslední a nejprůkaznější analýza byla prováděna se vzorkem, který byl odpařen do sucha a rozpuštěn v malém množství vody okyselené HCl.

3.1.3.3.1 Stanovení zinečnatých kationtů pomocí sulfanu H_2S

Chemikálie:

- 1) Kyselina chlorovodíková HCl , 1:1
- 2) Sulfan H_2S , nasycený roztok v acetonu

Důkaz zinečnatých kationtů byl proveden reakcí zahuštěného okyseleného vzorku přidavkem sulfanu H_2S . Reakcí vzorku s činidlem se srazil sulfid zinečnatý.



Zinek se ve vzorku nachází ve stopovém množství a důkazové reakce s jinými činidly neposkytly pozitivní výsledek. Z toho lze usuzovat nízký obsah Zn^{2+} ve vzorku.

Analýza byla provedena celkem třikrát se shodnými výsledky.



Obr. 19 Důkaz zinečnatých kationtů pomocí sulfanu H_2S

3.1.3.3.2 Stanovení zinečnatých kationtů spektrofotometricky

Toto stanovení bylo uskutečněno podle ČSN 56 0074-2: Stanovení zinku v poživatinách (spektrofotometricky), která byla účinná od 1.7.1988 do 1.8.1998.

Pracovní roztoky:

- 1) Standard zinku o koncentraci 0,5 µg/ml
- 2) 25% roztok kyseliny sírové H₂SO₄
- 3) 1% roztok fenolové červeně C₁₉H₁₄O₅S – 0,1 g fenolsulfoftaleinu bylo rozpuštěno v 2,85 ml 0,4% roztoku NaOH a doplněno destilovanou vodou na 100 ml.
- 4) 0,4% a koncentrovaný roztok hydroxidu sodného NaOH
- 5) 6% roztok trihydrátu octanu sodného CH₃COONa . 3 H₂O
- 6) 25% roztok thiosíranu sodného Na₂S₂O₃
- 7) Tetrachlormethan CCl₄
- 8) Koncentrovaný roztok dithizonu C₁₃H₁₂N₄S – 0,2 g dithizonu bylo rozpuštěn ve 100 ml CCl₄. Roztok je třeba uchovávat v chladu a temnu.
- 9) Zředěný roztok dithizonu – koncentrovaný roztok se zředí CCl₄ v poměru 1:99. Tento roztok je třeba připravovat každý den čerstvý.

Kalibrace:

Nejprve bylo třeba připravit základní roztok zinku obsahující 0,5 mg Zn v 1 ml roztoku, tj. 0,5 g v dm³.

V 1000ml odměrné baňce bylo rozpuštěno 0,5 g granulovaného zinku přidavkem 20 ml koncentrované HCl. Odměrná baňka s chloridem zinečnatým byla doplněna destilovanou vodou po rysku. Tímto byl připraven základní roztok zinku.

Pracovní roztok zinku obsahující 0,5 µg v 1 ml (tj. 0,5 mg/dm³) roztoku se musel připravovat každý den čerstvý. Tento roztok byl připraven do 1000ml odměrné baňky, kam bylo odměřeno 10 ml základního roztoku zinku a přidáno 3 – 4 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové HCl. Roztok byl doplněn destilovanou vodou po rysku.

Pro kalibraci byly připraveny 3 kalibrační roztoky. Do třech dělicích nálevek bylo postupně odměřeno 0, 2 a 4 ml pracovního roztoku zinku. Každá nálevka byla doplněna do 20 ml 25% H₂SO₄. Dále bylo do každé nálevky přikápnuto po dvou kapkách roztoku fenolové červeně. Obsah dělicích nálevek bylo nutné zneutralizovat koncentrovaným NaOH. Experimentálně bylo zjištěno, že pro funkčnost následujícího postupu je třeba striktně dodržet pH 7 – 8. Přidáváním koncentrovaného NaOH se

uvolňovalo velké množství tepla a bylo nutné dělicí nálevky ochlazovat proudem tekoucí vody a také pravidelně otvírat zátku.

Do zchladlých roztoků bylo postupně přidáno po 1 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 15 ml $\text{CH}_3\text{COOH} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Obsah každé dělicí nálevky byl několikrát extrahován zředěným dithizonem. Po každé přidané dávce dithizonu se obsah třepal 1 minutu. Červená barva organické fáze ukazovala na přítomnost zinku. Tento extrakt se vypustil do zkumavky. Extrakt bylo nutné chránit před UV zářením, a proto bylo třeba zkumavku zabalit do alobalu. Extrakce a postup se opakoval přidáním další dávky dithizonu do té doby, než barva organické fáze po poslední přidané dávce dithizonu zůstala zelená. Zelený extrakt se také přidal k příslušným červeným extraktům. Extrakty ve zkumavce byly protřepávány asi 3 minuty.

Z každé zkumavky bylo odpipetováno do čisté zkumavky 5 ml extraktu. K odměřeným extraktům bylo přidáno 10 ml CCl_4 . Absorbance kalibračních roztoků se měřila při vlnové délce 538 nm proti CCl_4 .

Zpracování vzorku:

Vzorek vody byl zfiltrován, aby se oddělilo vyloučené železo. Z filtrátu bylo odměřeno 20 ml. Tento objem byl převeden do dělicí nálevky. Následující postup byl shodný s postupem uvedeným výše s tím, že ke vzorku bylo přidáno 5 ml 25% H_2SO_4 .

Vyhodnocení:

Získané hodnoty byly vyneseny do kalibračního grafu a byly proloženy kalibrační přímkou lineární regrese. Pomocí kalibrační křivky byla zjištěna hodnota hmotnostní koncentrace zinečnatých kationtů ve vzorku.

Výsledky spektrofotometrického stanovení zinečnatých kationtů:

Spektrofotometricky bylo zjištěno, že hmotnostní obsah zinečnatých kationtů je přes 1 mg/dm^3 . Toto množství lze považovat za stopové.

4 DIDAKTICKÁ ČÁST

Úkolem didaktické části je modifikace kvalitativních metod do podoby, která by byla použitelná ve výuce chemie na středních školách. Dále se zaměřuje na aplikaci získaných poznatků do výuky.

Jsou zde zařazeny návody na laboratorní cvičení a pracovní list. Ve vodě lze dokázat dva kationty – železitý a zinečnatý, který se zde nacházejí ve stopovém množství. Tyto návody lze využít při běžném laboratorním cvičení nebo semináři v rámci učiva anorganické či analytické chemie. Na vzorku vody ze zaplavené štoly lze studentům demonstrovat využitelnost kvalitativní analýzy v praxi.

Pracovní list lze využít při laboratorním cvičení před samotným započítím cvičení, jako teoretickou přípravu nebo v rámci opakovací hodiny po probrání příslušného učiva. Je koncipován jako teoretická příprava před laboratorním cvičením. Žáci mohou tento list vyplňovat během prvních 30 minut laboratorního cvičení.

Pracovní list je složen z různých forem didaktické hry. První formou je motivační osmisměrka, která bystří pozornost, rozvíjí představivost a logické myšlení. Úkolem a cílem studentů je vyškrtat dané pojmy a ze zbylých písmen sestavit tajenku, která bude hlavním tématem cvičení. Následuje fixační cvičení, které upevňuje již získané znalosti. Úkolem studentů je doplnit chemické vzorce k nejznámějším železným rudám. Další cvičení rozvíjí logické myšlení a také si klade za cíl fixaci učiva. Zaměřuje se na vyčíslení rovnic a pojmenování vybraných sloučenin. Poslední cvičení, ve kterém student rozhoduje, zda je uvedené tvrzení pravdivé či nikoliv, se zaměřuje na rozvoj myšlení, paměti, logiky a upevňování znalostí.

První návod na laboratorní cvičení se zaměřuje na kvalitativní analýzu železitých kationtů ve vzorku. Jsou zde popsány důkazové reakce železitého kationtu pomocí sulfidu amonného $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, hexakynoželezitanu draselného $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ a thiokyanatanu draselného KSCN . V návodu jsou zahrnuty 3 úkoly. Každý úkol se vztahuje k jednotlivému důkazu. V prvním úkolu má student zapsat chemickou rovnicí reakci železitého kationtu se sulfidem amonným. Ve druhém úkolu student doplňuje barvu sraženiny, která vznikla reakcí železitého kationtu a hexakynoželezitanu draselného. Student by měl být schopen výsledný komplex pojmenovat. Ve třetím úkolu student vyvodí závěr z reakce železitého kationtu a thiokyanatanu draselného.

Druhý návod se zaměřuje na kolorimetrické stanovení železitých kationtů pomocí thiokyanatanu draselného KSCN. Student si podle návodu připraví sadu standardních roztoků, které bude porovnávat se vzorkem.

Třetí návod je zaměřen na důkaz zinku. Návod je koncipován jako demonstrační pokus, který provádí učitel. Tento návod byl značně modifikován do jednodušší a dostupnější metody:

Primárním úkolem bylo nahradit tetrachlormethan CCl_4 méně toxickým rozpouštědlem, které by bylo dostupnější a poskytovalo by stejnou reakci. První byl vyzkoušen ethanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, který však nebyl dobrou volbou. Po čase zelený roztok dithizonu zřívověl a jeho barva byla neměnná. Navíc při reakci se vzorkem a s ostatními činidly začal z roztoku vypadávat pevný dithizon. I při extrakci dithizonem bylo zbarvení organické fáze u vzorku a standardu zinku rozdílné. Dalším vyzkoušeným rozpouštědlem byl toluen. Toluén bez problémů rozpustil dithizon. Po delším stání z roztoku pevný dithizon nevypadával a ani roztok neměnil barvu. Při reakci s ostatními látkami poskytoval dithizon rozpuštěný v toluenu stejné zbarvení organické fáze, jako kdyby byl použit tetrachlormethan. Zbarvení organické fáze po extrakci dithizonem mělo u vzorku i u standardu také stejnou barvu. Toluén byl tedy vhodnou náhradou za tetrachlormethan CCl_4 .

Dalším úkolem bylo minimalizovat potřebná činidla. Bylo jisté, že fenolovou červeně nelze nahradit jiným indikátorem. Tento acidobazický indikátor má přechodovou oblast mezi pH 6,8 – 8,4. Zbarvení fenolové červeně velmi citlivě odráží změny pH v neutrálním prostředí. Tento indikátor se také přidává např. do médií používaných pro kultivaci buněk. Z hlediska dostupnosti byla jako možná náhrada testována eriochromová čern T, protože má přechodovou oblast mezi pH 7,5 – 10,5, ale při tomto stanovení neposkytovala potřebný přechod mezi kyselým, neutrálním a alkalickým pH a nebyla tedy vhodným indikátorem pro daný účel. Svoji roli mohly sehrát i její komplexační schopnosti, kdy mohla reagovat s přítomnými kationty železa a zinku. Právě pro tyto schopnosti se tento indikátor používá obvykle v chelatometrii.

Dále bylo ověřeno, že matrice vzorku je velmi jednoduchá. Proto není nezbytně nutné do zchlazeného a zneutralizovaného roztoku přidávat thiosíran sodný $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a ani trihydrát octanu sodného $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Extrakce dithizonem poskytovala stejně zbarvenou organickou fázi, jako kdyby těchto látek bylo použito.

Následující metodický pokyn je pouze námětem na uskutečnění laboratorního cvičení. Učitel si cvičení může uskutečnit podle svých představ.

Metodické pokyny:

V závislosti na objemu analyzovaného vzorku učitel zahustí vzorek den před laboratorním cvičením. Když je vzorek zahuštěn, je třeba usazené železo kvantitativně převést pomocí chlorovodíkové kyseliny HCl v poměru 1:1 do kádinky. Dále učitel připraví všechna potřebná činidla:

1) Příprava roztoku sulfidu amonného:

Sulfid amonný vzniká zavedením sulfanu H_2S do roztoku amoniaku NH_3 . Sulfan se připravuje v Kippově přístroji reakcí sulfidu železnatého FeS s kyselinou chlorovodíkovou HCl (1:1).

2) Příprava 10% roztoků solí:

10 g příslušné soli se rozpustí v 90 ml destilované vody.

3) Zásobní roztok nonahydrátu síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ o koncentraci 0,1 mg/ml Fe, tj. 100 mg/dm³ - 0,05 g $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ g se ve 100 ml odměrné baňce rozpustí přidavkem 10 ml koncentrované HCl a doplní destilovanou vodou po rysku.

4) Zásobní roztok zinku:

V 1000ml odměrné baňce se rozpustí 0,5 g granulovaného zinku přidavkem 20 ml koncentrované HCl. Odměrná baňka s chloridem zinečnatým se doplní destilovanou vodou po rysku.

Pracovní roztok zinku obsahující 0,5 µg v 1 ml (tj. 0,5 mg/dm³) roztoku se musí na každý pokus připravovat čerstvý. Tento roztok se připraví do 1000 ml odměrné baňky, kam se odměří 10 ml základního roztoku zinku a přidají se 3 – 4 ml koncentrované HCl. Roztok se doplní destilovanou vodou po rysku.

Vzhledem k tomu, že ne všechny školní laboratoře jsou vybavené analytickými váhami, nebylo možné výsledný objem roztoku snížit např. na 100 ml.

5) 25% roztok kyseliny sírové H_2SO_4 :

Na přípravu 100 ml 25% roztoku je třeba 25,5 ml 96% kyseliny sírové H_2SO_4 a 74,5 ml destilované vody.

6) Koncentrovaný roztok dithizonu $\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{N}_4\text{S}$:

0,2 g dithizonu se rozpustí ve 100 ml CCl_4 . Roztok je třeba uchovávat v chladu a temnu.

7) Zředěný roztok dithizonu:

Koncentrovaný roztok dithizonu se zředí CCl_4 v poměru 1:99. Tento roztok je třeba připravovat na každý pokus čerstvý.

8) 1% roztok fenolové červeně $C_{19}H_{14}O_5S$:

0,1 g fenolsulfoftaleinu se rozpustí v 2,85 ml 0,4% roztoku NaOH a doplní destilovanou vodou na 100 ml

Na začátku laboratorního cvičení rozdává učitel každému studentovi pracovní list - viz kapitola 4.1. Jde tedy o samostatnou práci studenta. Na vyplnění pracovního listu mají studenti 30 minut. Mezitím učitel přidělí každé skupině (cca 15 studentů celkem, tj. 5 skupin po 3 studentech) cca 10 ml vzorku vody.

Po zkontrolování pracovního listu učitel rozdává každé skupině návod na laboratorní cvičení a související úkoly. Vyučující se studenty projde náplň cvičení a jednotlivé úkoly.

Před demonstračním pokusem je třeba žáky poučit o toxicitě používaných látek.

4.1 Pracovní list

1) Následující pojmy vyhledej v osmisměrce. Slova vyškrtej a ze zbylých písmen sestav tajenku: Kationt _____

Z	A	D	O	V	K	Z	B	Ž	R
Y	E	I	L	O	S	A	O	A	O
K	E	X	V	P	H	K	R	B	Ž
A	V	O	T	Y	P	Ů	O	Ž	T
P	L	A	Č	R	U	D	A	Ě	O
A	M	O	N	I	A	K	Ů	T	K
T	A	E	A	T	N	K	D	L	H
K	V	K	R	C	I	I	T	Z	Y
O	R	E	Í	I	T	T	D	Y	D
T	A	N	S	H	L	Ý	A	L	R
I	B	I	I	A	O	V	O	L	O
Z	E	R	K	E	R	O	Z	V	X
O	O	S	L	I	T	I	N	A	I
N	Ď	Ě	M	A	G	N	E	T	D

Amoniak, barva, bod, bor, cín, čínidlo, dithizon, důkaz, důl, extrakty, hydroxid, iron, kapátko, kov, kvantita, kyz, magnet, měď, olovo, oxid, pH, pyrit, rez, roztok, ruda, síran, slitina, soli, těžba, tlak, typ, voda, vzorek, zinek

2) Doplňte vzorce železných rud:

- a) magnetit (magnetovec)
- b) hematit (krevel)
- c) pyrit/markasit
- d) chalkopyrit
- e) siderit (ocelek)

3) Vyčíslete rovnice a pojmenujte podtržené sloučeniny:

- a) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \underline{\text{Na}_2\text{SO}_4} + \text{H}_2\text{O}$
- b) $\text{Fe} + \text{HNO}_3 \text{ zř.} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \underline{\text{NO}} + \text{H}_2\text{O}$
- c) $\text{FeSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \underline{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \underline{\text{SO}_2}$

4) Rozhodněte, zda uvedená tvrzení jsou pravdivá či nepravdivá:

- a) Ředění kyseliny sírové je endotermní proces.
- b) Kyselina dusičná rozpouští ušlechtilé kovy.
- c) Chlorid železitý má zelenou barvu.
- d) Kyselina dusičná má silné oxidační účinky.
- e) Rubín a safír jsou odrůdy korundu.
- f) Zředěná kyselina sírová nemá oxidační schopnosti.
- g) Oxid olovnato-olovičitý se jinak nazývá suřík.
- h) Zelená skalice má vzorec FeSO_4 .
- i) Dural je slitina Cu, Mg a Al.
- j) Tetraethylolovo se přidává do benzínu ke zvýšení oktanového čísla.

4.2 Návod y na laboratorní cvičení

4.2.1 Kvalitativní důkazy železitých kationtů

Chemikálie:

- 1) Sulfid amonný $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, nasycený roztok v amoniaku
- 2) 10% roztok hexakynoželeznanu draselného $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- 3) 10% roztok thiokyanatanu draselného KSCN

Pomůcky:

- 1) Kapátka
- 2) Zkumavky
- 3) Stojan na zkumavky

Pracovní postupy:

- 1) Reakce Fe^{3+} se sulfidem amonným:

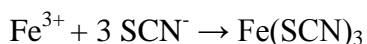
Kapátko ponořte do vzorku, nasajte a ulpělou kapku na kapátku otřete o okraj kádinky. Bez ukápnutí přeneste kapalinu a posléze ji z kapátka vypusťte do zkumavky. Kapátko nechte v kádince se vzorkem. Jiným kapátkem přidejte přebytek sulfidu amonného $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.

- 2) Reakce Fe^{3+} s hexakynoželeznanem draselným:

Kapátko ponořte do vzorku, nasajte a ulpělou kapku na kapátku otřete o okraj kádinky. Bez ukápnutí přeneste kapalinu a posléze ji z kapátka vypusťte do zkumavky. Kapátko nechte v kádince se vzorkem. Novým kapátkem přidejte několik kapek roztoku hexakynoželeznanu draselného $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

- 3) Reakce Fe^{3+} s thiokyanatanem draselným:

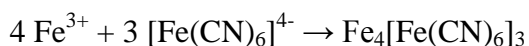
Kapátko ponořte do vzorku, nasajte a ulpělou kapku na kapátku otřete o okraj kádinky. Bez ukápnutí přeneste kapalinu a posléze ji z kapátka vypusťte do zkumavky. Kapátko nechte v kádince se vzorkem. Novým kapátkem přidejte několik kapek roztoku thiokyanatanu draselného KSCN .



Úkoly:

1) Zapište chemickou reakci železitého kationtu se sulfidem amonným. Popište i barvu vzniklé sloučeniny.

2) Reakcí hexakynoželeznanu draselného s železitým kationtem vypadává sraženina barvy, známá jako modř. Pojmenujte tuto komplexní sloučeninu.



3) K roztoku vzorku přidáme thiokyanatan draselný a roztok se zbarví temně červeně. Jaké závěry můžeme vyvodit?

4.2.2 Kolorimetrie železa

Chemikálie:

- 1) Kyselina chlorovodíková HCl koncentrovaná, 1:1
- 2) Zásobní roztok nonahydrátu síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ o koncentraci 0,1 mg/ml
- 3) 10% roztok thiokyanatanu draselného KSCN

Pomůcky:

- 1) Stojan na zkumavky
- 2) Zkumavky
- 3) Odměrné baňky 100ml, 50ml

Postup:

- 1) Příprava standardů: Zásobní roztok zřeďte na šest standardů o hmotnostní koncentraci 0,1,2,3,4 a 5 mg/dm³. Ze zásobního roztoku nonahydrátu síranu železitého $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ odpipetujte do 50 ml odměrných baněk 0; 0,5; 1; 1,5; 2 a 2,5 ml.
- 2) Do každé odměrné baňky přidejte 5 ml 10% roztoku KSCN.
- 3) Odměrné baňky doplňte destilovanou vodou po rysku.
- 4) Vzniklý roztok zamíchejte.
- 5) Do 50ml odměrné baňky odpipetujte 30 ml vzorku.

- 6) Přidejte 10 ml kyseliny chlorovodíkové HCl (1:1), aby vyloučené železo přešlo do roztoku.
- 7) Dále přidejte 5 ml 10% roztoku KSCN a baňku doplňte vzorkem vody po rysku.
- 8) Baňky uzavřete a roztoky promíchejte.
- 9) Po promíchání pozorováním určete hmotnostní koncentraci železitých kationtů.

4.2.3 Návod na demonstrační pokus

Chemikálie:

- 1) Standard zinku o koncentraci 0,5 µg/ml
- 2) 25% roztok kyseliny sírové H₂SO₄
- 3) 1% roztok fenolové červeně C₁₉H₁₄O₅S
- 4) koncentrovaný roztok hydroxidu sodného NaOH
- 5) pracovní roztok dithizonu

Pomůcky:

- 1) Odměrné baňky 1000ml
- 2) Zkumavky 20ml
- 3) Zátky
- 4) Pipety

Postup:

- 1) Do každé zkumavky odměřte 0,2, a 4 ml pracovního roztoku zinku.
- 2) Do každé zkumavky přidejte 1 ml kyseliny sírové H₂SO₄.
- 3) Přidejte 1 kapku fenolové červeně a promíchejte.
- 4) Roztok zneutralizujte koncentrovaným roztokem NaOH (cca o polovinu víc než bylo množství kyseliny) na pH 7. Je nutné dodržet stanovené pH. Při vyšším či nižším pH látky při extrakci neposkytují barevnou změnu.
- 5) Neutrální roztok extrahujte pracovním roztokem dithizonu.
- 6) Červená barva organické fáze ukazuje na přítomnost zinku.
- 7) Vzorek vody zfiltrujte, aby se oddělily hydratované oxidy železa – hydroxid železitý.
- 8) Z filtrátu odměřte 5 ml do zkumavky.

9) Postupujte shodně jako se standardy.

4.3 Řešení pracovního listu

1) Následující pojmy vyhledej v osmisměrce. Slova vyškrtej a ze zbylých písmen sestav tajenku: Kationt železitý

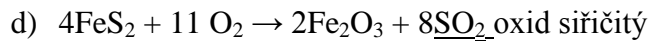
Z	A	D	O	V	K	Z	B	<u>Ž</u>	R
Y	E	I	L	O	S	A	O	A	O
K	<u>E</u>	X	V	P	H	K	R	B	Ž
A	V	O	T	Y	P	Ů	O	Ž	T
P	<u>L</u>	A	Č	R	U	D	A	Ě	O
A	M	O	N	I	A	K	Ů	T	K
T	A	<u>E</u>	A	T	N	K	D	L	H
K	V	K	R	C	I	I	T	<u>Z</u>	Y
O	R	E	Í	<u>I</u>	T	T	D	Y	D
<u>T</u>	A	N	S	H	L	<u>Ý</u>	A	L	R
I	B	I	I	A	O	V	O	L	O
R	E	R	K	E	R	O	Z	V	X
O	O	S	L	I	T	I	N	A	I
N	Ď	Ě	M	A	G	N	E	T	D

2) Doplňte vzorce železných rud:

- a) Fe_3O_4
- b) Fe_2O_3
- c) FeS_2
- d) CuFeS_2
- e) FeCO_3

3) Vyčíslete rovnice a pojmenujte podtržené sloučeniny:

- a) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \underline{\text{Na}_2\text{SO}_4} + 2\text{H}_2\text{O}$ síran sodný
- b) $\text{Fe} + 4\text{HNO}_3 \text{ zř.} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \underline{\text{NO}} + 2\text{H}_2\text{O}$ oxid dusnatý
- c) $\text{FeSO}_4 + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\underline{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{MnSO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O}$
síran železitý



4) Rozhodněte, zda uvedená tvrzení jsou pravdivá či nepravdivá :

- a) Ředění kyseliny sírové je endotermní proces. Ne
- b) Kyselina dusičná rozpouští ušlechtilé kovy. Ne
- c) Chlorid železitý má zelenou barvu. Ne
- d) Kyselina dusičná má silné oxidační účinky. Ano
- e) Rubín a safír jsou odrůdy korundu. Ano
- f) Zředěná kyselina sírová nemá oxidační schopnosti. Ano
- g) Oxid olovnato-olovičitý se jinak nazývá suřík. Ano
- h) Zelená skalice má vzorec FeSO_4 . Ne
- i) Dural je slitina Cu, Mg a Al. Ano
- j) Tetraethylolovo se přidává do benzínu ke zvýšení oktanového čísla. Ne

5 ZÁVĚR

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou, praktickou a didaktickou část. Teoretická část se zabývá chemickým složením břidlic, historií výroby kamence, technologií výroby kamence a výrobou kamence v Čechách a na Plzeňsku. Hlavní pozornost je věnována zaniklému dolu Svatého Víta v Chrástu. V místním dolu byl vyráběn velmi kvalitní a žádaný kamenec. Kvůli malému kapitálu majitelů nebylo možné podnik modernizovat, a tudíž podnik nedosáhl takového věhlasu jako jiné podniky v té době. Problém s těžbou nastal při výstavbě železniční trati z Prahy do Plzně, kdy těžba pod tratí musela být omezena. Toto omezení vedlo k postupnému úpadku dolu a k jeho uzavření v roce 1878.

V praktické části je popsána laboratorní analýza vzorku vody, která vytéká ze zaplavené štoly (hlavní štola). V rámci laboratorní analýzy byla vybranými metodami zjištěna přítomnost železitých a zinečnatých kationtů. Kolorimetricky a spektrofotometricky bylo zjištěno množství železitých a zinečnatých kationtů.

Didaktická část zahrnuje pracovní list pro studenty středních škol, který se skládá ze čtyř úkolů. Dále jsou zde laboratorní návody na důkazy železitých kationtů – zkumavkové reakce a návod na kolorimetrické stanovení železa. Také je zde návod na demonstrační pokus pro stanovení zinku. Učitel může libovolně kombinovat pracovní list s laboratorními návody.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knižní publikace

1. Mergl, M.; Vohradský, O. *Vycházky za geologickými zajímavostmi Plzně a okolí*, 1st ed.; KOURA publishing: Mariánské Lázně, 2000.
2. Flek, J. Česká kyselina sírová a vitriolový průmysl v Čechách. In *Sborník VŠCHT v Praze*; SPN: Praha, 1977; Vol. A 14.
3. Slavík, F. *O kamenečných a kyzových břidlicích západočeských*; Česká akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění: Praha, 1904.
4. Flek, J. *Z dějin kamence*; Praha, 1938.
5. Fencl, F. Z historie dolování vitriolové břidlice v povodí řeky Berounky a jejích přítoků. In *Sborník Muzea okresu Plzeň-sever*; Kralovice, 1977; pp 46–67.
6. Blaheta, Z.; Kotorová, H. *750 let obce Chrástu u Plzně (1242-1992)*, 1st ed.; Obecní úřad: Chrást u Plzně, 1992.

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Slavík, F. *O kamenečných a kyzových břidlicích západočeských*; Česká akademie císaře Františka Josefa pro vědy, slovesnost a umění: Praha, 1904.
- Obr. 2: Fencel, F. Z historie dolování vitriolové břidlice v povodí řeky Berounky a jejích přítoků. In *Sborník Muzea okresu Plzeň-sever*; Kralovice, 1977; pp 46–67.
- Obr. 3: Ústřední archiv zeměměřičství a katastru, http://archivnimapy.cuzk.cz/coc/2632-1/2632-1-005_index.html , staženo 24.1.2014
- Obr. 4: Česká geologická služba – GEOFOND, http://mapmaker.geofond.cz/bmview/dokument.php?mapy_id=4728, staženo 25.2.2014
- Obr. 5: Česká geologická služba – GEOFOND, http://mapmaker.geofond.cz/bmview/dokument.php?mapy_id=4729 , staženo 25.2.2014
- Obr. 6: Foto Zbyněk Blaheta, 14.6.2013
- Obr. 7: Foto Zbyněk Blaheta, 14.6.2013
- Obr. 8: Foto Zbyněk Blaheta, 14.12.2012
- Obr. 9: Foto Zbyněk Blaheta, 14.12.2012
- Obr. 10: Foto Tereza Blahetová, 20.3.2014
- Obr. 11: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013
- Obr. 12: Tereza Blahetová - nákres aparatury byl zhotoven v programu Edraw Max verze 6.8
- Obr. 13: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013
- Obr. 14: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013
- Obr. 15: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013
- Obr. 16: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013
- Obr. 17: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013
- Obr. 18: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013
- Obr. 19: Foto Tereza Blahetová, 18.12.2013

8 RESUMÉ

Diese Diplomarbeit konzentriert sich auf die Geschichte der Schieferförderung und seine Verarbeitung. Sie konzentriert sich konkret auf den untergegangenen St.-Veits-Schacht, der sich in Chrast bei Pilsen befindet.

Die Arbeit ist in den theoretischen, praktischen und didaktischen Teil verteilt. Der theoretische Teil beschäftigt sich mit dem chemischen Aufbau der Schiefer, mit der Geschichte der Alaunsteinerzeugung, mit der Technologie der Alaunsteinerzeugung und die Erzeugung in Böhmen und im Pilsner-Region. Die Hauptaufmerksamkeit wird dem schon erwähnten, untergegangenen St.-Veits-Schacht gewidmet. Dieser Schacht gehört ins Gebiet des Oberstroms, wo der Schiefer bis Ende 19. Jahrhunderts gefördert und verarbeitet wurde. Aus Schiefer wurden bedeutende Produkte hergestellt, wie Alaunstein, Eisenvitriol, Schwefel oder rauchende Schwefelsäure. Im Chraster Betrieb wurde aber nur Alaunstein erzeugt. Es wäre wegen dem kleinen Kapital nicht möglich, den Betrieb zu modernisieren, darum hat er nicht so großen Ruhm erlangt, wie andere Betriebe derzeit. Ein Problem mit der Förderung ist bei dem Aufbau der Eisenbahn von Prag bis Pilsen entstanden, die Förderung unter der Bahn musste deswegen reduziert werden. Diese Reduzierung hat zum allmählichen Verfall des Schachts und endlich auch zu seinem Schließen im 1878 geführt. Der Schacht in Chrast hat ganz gut erhaltene unterirdische Räume und es sind auch die oberirdische Relikte ersichtlich.

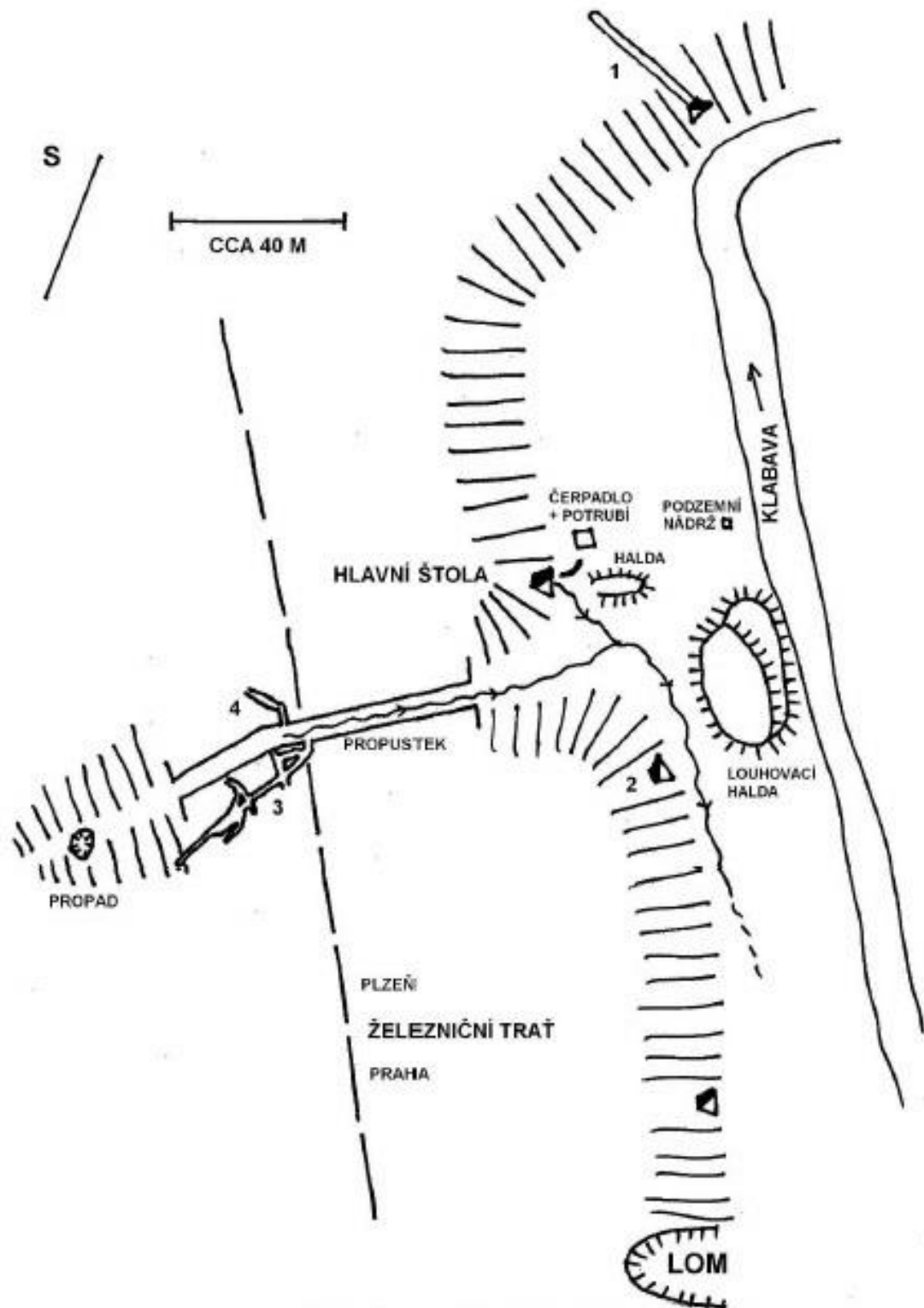
Im praktischen Teil ist die Laboranalyse der Wasserprobe beschrieben, die aus dem überfluteten Schacht (Hauptschacht) fließt. Im Rahmen der Laboranalyse wurde die Anwesenheit der Eisen - und Zinkkationen ermittelt. Es wurde kolorimetrisch und spektrofotometrisch auch die Menge der beiden Kationen festgestellt.

Der Didaktische Teil umfasst den Arbeitsblatt für Studenten der Mittelschulen, der aus vier Aufgaben besteht. Weiter sind dabei die Laboranleitungen zum Beweisen der Eisenkationen – Reaktionen im Reagenzglas, und die Anleitung zur kolorimetrischen Zinkfestlegung. Der Lehrer kann den Arbeitsblatt mit den Laboranleitungen beliebig verwenden.

9 SEZNAM PŘÍLOH

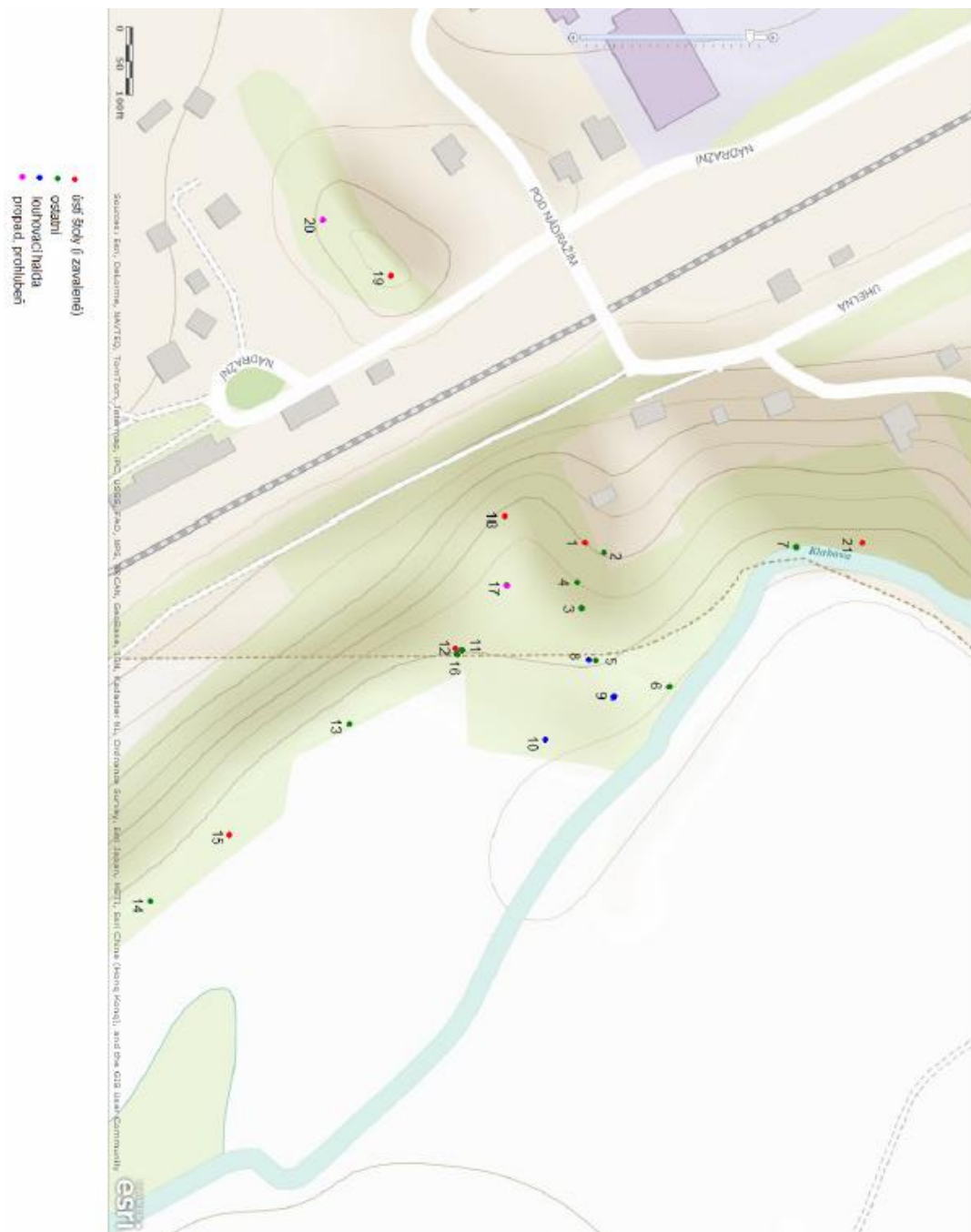
- Příloha 1 - Náčrt situace dolu Svatého Víta - štoly číslovány podle mapy z roku 1861
- Příloha 2 - Mapa reliktního dolu Svatého Víta
- Příloha 3 - Porovnání standardu (0 mg/dm^3) se vzorkem
- Příloha 4 - Porovnání standardu (1 mg/dm^3) se vzorkem
- Příloha 5 - Porovnání standardu (2 mg/dm^3) se vzorkem
- Příloha 6 - Porovnání standardu (3 mg/dm^3) se vzorkem
- Příloha 7 - Porovnání standardu (4 mg/dm^3) se vzorkem
- Příloha 8 - Porovnání standardu (5 mg/dm^3) se vzorkem

Příloha 1: Náčrt situace dolu Svatého Víta - štoly číslovány podle mapy z roku 1861



BAUER, P. *Doly Kristiánov v Plzni-Božkově a Svatý Vít v Chrástu u Plzně: Archeologický příspěvek k počátkům chemického průmyslu v západních Čechách: Bakalářská práce*. Západočeská univerzita v Plzni, 2012.

Příloha 2: Mapa reliktvů dolu Svatého Víta



Legenda:

- 1 – hlavní štola
- 2 – stavba pro čerpadlo
- 3 – halda hlušiny – východní konec
- 4 – halda hlušiny – západní konec
- 5 – halda hlušiny
- 6 – podzemní nádrž
- 7 – studna a čerpadlo

- 8 – louhovací halda – západní roh vrcholu
- 9 – louhovací halda – severní roh vrcholu
- 10 – louhovací halda – jižní roh vrcholu
- 11 – důlní kámen s písmeny SB
- 12 – štola
- 13 – důlní kámen s písmeny SB
- 14 – lom na kámen
- 15 - štola
- 16 – halda
- 17 – prohlubeň
- 18 – dolní portál propustku
- 19 – horní portál propustku
- 20 – propad
- 21 - štola

BAUER, P. *Doly Kristiánov v Plzni-Božkově a Svatý Vít v Chrástu u Plzně: Archeologický příspěvek k počátkům chemického průmyslu v západních Čechách: Bakalářská práce.* Západočeská univerzita v Plzni, 2012.

Příloha 3: Porovnání standardu 0 mg/dm³ (vlevo) se vzorkem (vpravo)



Příloha 4: Porovnání standardu 1 mg/dm³ (vlevo) se vzorkem (vpravo)



Příloha 5: Porovnání standardu 2 mg/dm^3 (vlevo) se vzorkem (vpravo)



Příloha 6: Porovnání standardu 3 mg/dm^3 (vlevo) se vzorkem (vpravo)



Příloha 7: Porovnání standardu 4 mg/dm^3 (vlevo) se vzorkem (vpravo)



Příloha 8: Porovnání standardu 5 mg/dm^3 (vlevo) se vzorkem (vpravo)



Přílohy 3 – 8: autorské foto