

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

**FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA CHEMIE**

**SLOŽENÍ MINERÁLNÍCH PRAMENŮ V MARIÁNSKÝCH
LÁZNÍCH A JEJICH ÚČINEK NA ZDRAVÍ JEDINCE**
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Petr Flosman

Vedoucí práce: Ing. Jan Hrdlička, Ph.D.

Plzeň, 2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne

.....

vlastnoruční podpis

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Janu Hrdličkovi, Ph.D, za vedení práce, poskytnuté rady a věnovaný čas a pomoc při konzultacích. Také bych rád poděkoval své rodině a přátelům za pomoc a podporu během studia.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LIDSKÉHO ORGANISMU	7
1.1 MAKROBIOGENNÍ PRVKY	7
1.1.1 Uhlík.....	7
1.1.2 Vodík.....	8
1.1.3 Kyslík	8
1.1.4 Dusík	9
1.1.5 Fosfor	9
1.1.6 Síra	10
1.1.7 Vápník.....	10
1.2 MIKROBIOGENNÍ PRVKY	10
1.2.1 Draslík.....	10
1.2.2 Sodík	11
1.2.3 Chlor.....	11
1.2.4 Hořčík.....	11
1.3 STOPOVÉ PRVKY.....	12
1.3.1 Železo.....	12
1.3.2 Zinek	12
1.3.4 Jod	12
1.3.5 Mangan.....	13
2 NEMOCI LÉČENÉ MINERÁLNÍMI PRAMENY V MARIÁNSKÝCH LÁZNÍCH	14
2.1 DÝCHACÍ SOUSTAVA A JEJÍ NEMOCI.....	14
2.1.1 Horní cesty dýchací.....	14
2.1.2 Dolní cesty dýchací	15
2.1.3 Plíce (Pulmo).....	15
2.1.4 Nemoci dýchacích cest léčené v Mariánských Lázních	16
2.2 VYLUČOVACÍ SOUSTAVA A JEJÍ NEMOCI.....	17
2.2.5 Nemoci vylučovací soustavy.....	18
2.3 TRÁVICÍ SOUSTAVA A JEJÍ NEMOCI	19
2.3.10 Nemoci trávicí soustavy léčené v Mariánských Lázních	21
2.4 METABOLISMUS A JEHO PORUCHY	23
2.4.1 Metabolismus sacharidů.....	23
2.4.2 Metabolismus tuků	23
2.4.3 Metabolismus bílkovin.....	24
2.4.4 Poruchy metabolismu.....	24
3 ANALYTICKÉ METODY PRAKTICKÉ ČÁSTI	25
3.1 TITRACE.....	25
3.1.1 Základní pojmy	25
3.1.2 Komplexotvorné titrace.....	27
3.2 STANOVENÍ KONCENTRACE SPEKTROFOTOMETREM.....	28
3.2.1 Spektrofotometr.....	28
3.2.2 Lambert-Beerův zákon.....	29
3.3 PH METR SE SKLENĚNOU ELEKTRODOU	29
4 PRAKTICKÁ ČÁST	30
4.1 POUŽITÉ METODY	30
4.2 SEZNAM POUŽITÝCH CHEMIKÁLIÍ	30

4.2.1 Metoda 1.....	30
4.2.2 Metoda 2.....	30
4.2.3 Metoda 3.....	31
4.2.4 Metoda 4.....	31
4.3 PRÁCE S ROZTOKY.....	31
4.3.1 Metoda 1.....	31
4.3.2 Metoda 2.....	32
4.3.3 Metoda 3.....	32
4.4 PŘÍSTROJE A POMŮCKY	33
4.4.1 Chemické sklo.....	33
4.4.2 Laboratorní pomůcky	33
4.4.3 Přístroje	33
4.5 POSTUP PRÁCE.....	34
4.5.1 Postup práce u metody 1	34
4.5.2 Postup práce u metody 2	35
4.5.3 Postup práce u metody 3	36
4.5.4 Postup práce u metody 4	36
4.6 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	36
4.6.1 Metoda 1.....	37
4.6.2 Metoda 2.....	37
4.6.3 Metoda 3.....	38
4.6.4 Metoda 4.....	39
ZÁVĚR	40
RESUMÉ.....	41
SEZNAM LITERATURY A OBRÁZKŮ.....	42

ÚVOD

Mariánské Lázně, město, na jehož území před více než 200 lety panovaly nehostinné podmínky, vzniklo právě díky přítomnosti zdejších minerálních pramenů, které mají pozitivní účinky na lidské zdraví. Minerální vody jsou přirozeně se vyskytující podzemní vody, které se od klasických podzemních vod liší, jak samotný název napovídá, například velkým množstvím rozpuštěných minerálních látek ve vodě. Dříve byly tyto vody definovány právě na základě množství rozpuštěných látek, dnes jsou minerální vody zakotveny v legislativě zákonem č. 164/2001 Sb. Právě minerální látky obsažené v těchto pramenech jsou jedním z důvodů léčivých účinků těchto vod. Prameny se využívají v rámci lázeňství například při pitné kúře či inhalaci při léčbě mnoha zdravotních komplikací.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí, z části teoretické a části praktické (experimentální). V rámci teoretické části jsou probrány důležité prvky a jejich ionty obsažené nejen v minerálních vodách, ale zároveň se vyskytující v lidském těle. Vysvětleno je zde jak jejich fungování a význam v lidském organismu, tak jejich výskyt a přírodní vlastnosti. Další částí je výběr orgánových soustav, jejichž nemoci jsou léčeny v rámci lázeňství v Mariánských Lázních. Bakalářská práce se zaměřuje na jednotlivé orgány, jejich stavbu a funkce v rámci organismu. Tento popis slouží k lepšímu pochopení nemocí a jejich léčby nejen pomocí pramenů v Mariánských Lázních. Poslední kapitolou teoretické části kvalifikační práce jsou přímo jednotlivé analytické metody využité pro stanovení vlastností minerální vody v rámci experimentální části.

Cílem praktické části bylo u konkrétního minerálního pramene sledovat vybrané parametry a jejich vývoj v určité časové periodě. Sledována byla koncentrace kationtů vápenatých, hořečnatých a manganatých, dále byla sledována hodnota pH. Cílem experimentu bylo zjistit, zda se během 8 týdnů výrazně změní sledované jevy, jestli dochází k vývoji složení pramene v průběhu vybrané časové periody, či zda je složení pramene konstantní bez ohledu na vnější vlivy, jako jsou např. srážky. Dalším cílem praktické části bylo zjistit, zda je pití minerálních pramenů a jejich účinek na zdraví jedince konzistentní bez ohledu na vnější vlivy (např. nadměrné srážky) či roční dobu právě v důsledku změn jejich složení.

1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LIDSKÉHO ORGANISMU

Živý organismus se skládá z biogenních prvků. Nejvýznamnější prvky tvořící lidský organismus jsou takzvané makrobiogenní prvky. Tyto prvky mají zastoupení v lidském organismu vyšší než 1 %. Řadíme sem uhlík, vodík, kyslík, dusík, fosfor, někdy se do této kategorie také řadí síra a vápník. Další kategorií jsou prvky mikrobiogenní, které mají zastoupení v organismu v rozmezí 0,01–0,1 %. Patří sem draslík, sodík, chlor a hořčík. Poslední kategorií jsou prvky stopové, ty se vyskytují v těle jedince pouze minimálně, ovšem i tak jsou pro lidský organismus nepostradatelné. Ke stopovým prvkům řadíme např. železo, zinek, měď, jod, mangan. Počet biogenních prvků se v různých publikacích liší, například v učebním textu *Přehled biochemie* ^[1] se uvádí 20 biogenních prvků, ale v publikaci *Základy lékařské chemie a biochemie* ^[2] se uvádí 28 biogenních prvků. Tyto nesrovnalosti v počtu biogenních prvků jsou zejména proto, že s vědeckým poznáním se stále objevují nové, zejména stopové prvky, které jsou nezbytné pro fungování lidského organismu.^[2]

Biogenní prvky se v lidském těle vyskytují zejména ve formě sloučenin, ať už anorganických, či organických. Mezi nejvýznamnější anorganické sloučeniny patří především voda, která tvoří většinu obsahu buněk. Další důležité anorganické látky jsou soli. Ty se uplatňují především v udržování acidobazické rovnováhy či v různých metabolických procesech. Mezi organické sloučeniny řadíme sacharidy, lipidy, bílkoviny a nukleové kyseliny. Některé prvky se ovšem vyskytují v těle ve formě iontů, např. ionty sodné a draselné, které jsou součástí sodno-draselné pumpy, která slouží jako aktivní přenašeč látek v cytoplazmatické membráně buněk.^[2]

1.1 Makrobiogenní prvky

1.1.1 Uhlík

Uhlík je nejrozšířenější prvek v živých organismech. Oproti tomu jeho výskyt v zemské kůře je velice malý, pouze 0,09 %. V přírodě se vyskytuje převážně ve formě sloučenin, objevuje se ovšem také volně, např. ve formě grafitu či diamantu.^[3]

Nejdůležitějšími anorganickými sloučeninami ve vztahu k lidskému organismu jsou jeho oxidy: oxid uhličitý a oxid uhelnatý. Oxid uhličitý je jedním z produktů dýchání. „*Uhlík ze substrátů je rovněž oxidován, spojuje se s kyslíkem na tzv. druhý dýchací plyn, tj. oxid uhličitý (CO₂), který je volně vylučován plicemi dýcháním.*“^[4] Oxid uhličitý je tedy důležitou součástí metabolismu živých organismů. Oproti tomu oxid uhelnatý je pro zdraví jedince

vysoce nebezpečný. Oxid uhelnatý se váže na červené krevní barvivo hemoglobin, dochází ke vzniku tzv. karbhemoglobinu, který zabraňuje navázání kyslíku. Při nadbytku oxidu uhelnatého může dojít až k otravě a následnému udušení, protože erythrocyty nebudou schopny navázat molekulu kyslíku.

Uhlík je základem každé organické sloučeniny. Vyskytuje se ve všech základních stavebních kamenech lidského organismu. Je součástí sacharidů, bílkovin a také tuků. Uhlík je v organických sloučeninách zpravidla čtyřvazný a je schopný tvořit nekonečně dlouhé řetězce. Uhlík je také důležitou součástí biopolymerů, jako jsou polysacharidy (např. zásobní polysacharid lidského organismu glykogen), bílkoviny a nukleové kyseliny. ^[2,5]

1.1.2 Vodík

Vodík je nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru, ovšem až devátým nejrozšířenějším prvkem na Zemi. Vyskytuje se zejména ve formě sloučenin, můžeme jej ovšem nalézt také ve formě molekuly H_2 , např. v horních vrstvách atmosféry. Vodík je bezbarvý plyn, lehčí než vzduch. Je hořlavý a s kyslíkem tvoří výbušnou směs. ^[3,6]

Stejně jako uhlík se vodík vyskytuje v základních sloučeninách tvořících lidský organismus. Je nedílnou součástí sacharidů, bílkovin a lipidů. Jednou z nejvýznamnějších sloučenin vodíku v lidském těle je voda.

1.1.3 Kyslík

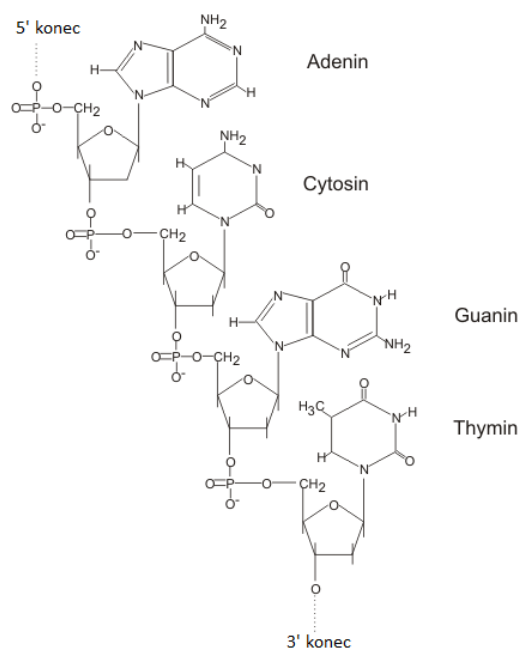
Kyslík je druhý nejrozšířenější plyn v zemské atmosféře. Obsah kyslíku je zde 21 %. V atmosféře se většinou vyskytuje ve formě molekuly O_2 . Jednotlivé atomy jsou spojeny dvojnou vazbou. Existuje ovšem také molekula O_3 , která se nazývá ozon. Ozon tvoří ve stratosféře tzv. ozonovou vrstvu, která zabraňuje pronikání UV záření na zemský povrch. Kyslík je do atmosféry produkován fotosyntetizujícími autotrofními organismy. Kyslík je zcela nezbytný pro heterotrofní organismy, které jej využívají k dýchání. ^[3,6]

Kyslík je velice reaktivní, tvoří oxidy téměř se všemi prvky, z tohoto důvodu je nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře. Nezanedbatelné je ovšem jeho zastoupení v organických sloučeninách, kde je spolu s uhlíkem a vodíkem základním stavebním kamenem sacharidů, lipidů a bílkovin. Stejně jako u vodíku nesmíme opomenout vodu.

1.1.4 Dusík

Dusík je nejrozšířenějším plynem v atmosféře. Stejně jako kyslík se vyskytuje ve formě molekuly N_2 , ale na rozdíl od reaktivního kyslíku je dusík plynem inertním. Nereaktivnost dusíku je způsobena zejména velice pevnou trojnou vazbou nacházející se mezi jednotlivými atomy. Tuto vazbu je schopno rozštěpit velice malé množství organismů, např. některé dusík fixující sinice či bakterie, většina organismů jej tedy musí přijímat v potravě. [3,6]

Pro lidský organismus je dusík významný zejména jako součást tzv. dusíkatých bází, které jsou součástí nukleových kyselin (viz Obrázek č. 1, převzato z cit⁸). Součástí nukleových kyselin jsou purinové báze adenin, guanin a pyrimidinové báze uracil, thymin, cytosin. Dusík je také součástí všech aminokyselin. Aminokyseliny jsou základní stavební kameny bílkovin. Bílkoviny se zpravidla skládají z více než 100 aminokyselin. Aminokyseliny jsou mezi sebou spojeny peptidickou vazbou, jejíž součástí je právě i atom dusíku. Každá aminokyselina obsahuje minimálně jednu aminoskupinu $-NH_2$, která se následně může být součástí peptidické vazby $-NH-CO-$. [2,5,7]



Obrázek č. 1 Struktura nukleové kyseliny

1.1.5 Fosfor

Fosfor je nekov pevného skupenství vyskytující se ve třech alotropických modifikacích: bílý, červený a černý fosfor. Bílý fosfor má formu molekul P_4 , je prudce jedovatý a samozápalný. Červený fosfor tvoří polymerní řetězce, na rozdíl od bílého fosforu je stálý, není jedovatý ani samozápalný. Černý fosfor může vznikat zahříváním bílého či červeného fosforu. Svými vlastnosti připomíná spíše kovy. [3,6]

Stejně jako dusík je fosfor nedílnou součástí nukleových kyselin (viz Obrázek č. 1). Fosfor je také součástí energetických makromolekul, jako jsou např. ATP, ADP či AMP. Fosfor můžeme také najít v některých hormonech nebo jako součást zubů a kostí. Fosfor je

těž součástí fosfolipidů, které tvoří fosfolipidovou dvojvrstvu, ta je součástí cytoplazmatické membrány každé živočišné buňky. ^[5]

1.1.6 Síra

Síra je žlutě zbarvený nekov. Vyskytuje se zejména ve formě molekuly S₈. Síra vytváří několik alotropických modifikací, např. kosočtverečnou či jednoklonnou. V přírodě se vyskytuje jak volná, vzniklá sopečnou činností, tak častěji vázaná ve formě sloučenin. Využití síry je zejména v chemickém průmyslu. Nejdůležitější sloučeninou síry je nepochybně kyselina sírová H₂SO₄. ^[3,6]

V živých organismech má význam zejména jako součást aminokyselin cysteinu a methioninu. Tyto aminokyseliny jsou významné primárně u terciální struktury bílkovin, kdy je tato struktura držena pohromadě disulfidickými můstky. Síra je také součástí koenzymu A. ^[5]

1.1.7 Vápník

Vápník se v přírodě vyskytuje pouze ve formě sloučenin. Vápník je stříbrolesklý kov patřící mezi kovy alkalických zemin. Mezi nejvýznamnější sloučeniny vápníku patří např. uhličitan vápenatý CaCO₃, který se používá např. ve stavebnictví k přípravě cementů či omítek. ^[3,6]

V lidském těle má vápník mnoho různých funkcí. Mezi nejdůležitější funkce vápníku, potažmo vápenatého iontu v organismu patří zejména fyziologie nervové a svalové tkáně, např. svalový stah, srážení krve, funguje také jako signální molekula (úloha II. posla) a podílí se na udržování pH krve. Je součástí také kostí a zubů. ^[2,10]

1.2 Mikrobiogenní prvky

1.2.1 Draslík

Draslík je prvek patřící mezi alkalické kovy. Draslík je měkký, na řezu stříbrolesklý a vysoce reaktivní, v přírodě se tedy vyskytuje pouze ve formě sloučenin. Mezi významné sloučeniny patří např. chlorid draselný, který se využívá jako hnojivo, nebo hydroxid draselný, který má silné alkalické vlastnosti. ^[3,6]

V lidském těle má draslík význam především jako kation K⁺. „Kationt draselný je hlavním kationtem intracelulární tekutiny (asi 98 % jeho celkového množství), kde je z velké

části vázán na bílkoviny nebo polysacharidy. Na extracelulární tekutinu připadají pouze 2 % K^+ .^[2]

1.2.2 Sodík

Sodík je nejrozšířenější alkalický kov. Svými vlastnostmi je velmi podobný draslíku. Stejně jako draslík patří mezi alkalické kovy, je stříbrolesklý, měkký a vysoce reaktivní, i když o něco méně než právě draslík. Vyskytuje se např. v chloridu sodném, který můžeme znát jako kuchyňskou sůl. NaCl je z velké části zodpovědný za slanost moří a oceánů. Při kontaktu s vodou dochází k velmi bouřlivé reakci až k hoření sodíku. Takto sodík reaguje i v přítomnosti vzdušné vlhkosti, z tohoto důvodu je nutné čistý sodík skladovat v petroleji.^[3,6]

Oproti draselnému kationtu je sodný kation součástí zejména extracelulární tekutiny. Sodný kation se také vyskytuje např. v kostní tkáni.^[5]

1.2.3 Chlor

Chlor je jedovatý plyn vyskytující se jako molekula Cl_2 nebo jako součást sloučenin, zejména chloridů. Chlor je velice reaktivní, má jednu z nejvyšších elektronegativit. Nejznámějším chloridem je chlorid sodný, který byl rozebrán v předchozím odstavci. Další významnou sloučeninou chloru je kyselina chlorovodíková. Tato kyselina patří mezi silné anorganické kyseliny. Kyselina chlorovodíková je ve slabé koncentraci také součástí lidského žaludku, kde slouží spolu s enzymy k úpravě přijaté potravy.^[3,6]

Pro lidské tělo je významný chloridový anion Cl^- , který tělo získává z již zmíněného chloridu sodného, který je součástí velké části přijímaných pokrmů. Stejně jako sodný kation je Cl^- významný především v extracelulární tekutině.^[2,5]

1.2.4 Hořčík

Hořčík je lehký, stříbrolesklý kov vyskytující se v přírodě ve formě sloučenin. Využívá se například v metalurgii, je součástí mnoha slitin, např. magnalia či duraluminia.^[3,6]

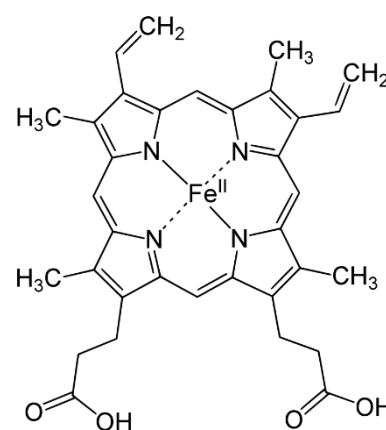
Hořečnatý kation má v lidském těle řadu funkcí. Hořečnatý kation má protisrážlivý účinek, je také součástí kofaktoru různých enzymů. Pomáhá také přenosu vzruchu na periferních nervech.^[5]

1.3 Stopové prvky

1.3.1 Železo

Železo je čtvrtým nejzastoupenějším prvkem v zemské kůře. Je součástí zemského jádra. V přírodě se vyskytuje většinou ve formě sloučenin, lze ovšem zřídka nalézt i ryzí železo. Železo je stříbrolesklý, kujný kov s využitím zejména ve formě slitin, jako jsou např. ocel či litina. Železo je značně reaktivní, po delším kontaktu s vodou za přístupu kyslíku dochází ke korozi. [3,6]

Existují dva významné kationty železa: Fe^{2+} a Fe^{3+} . Pro tělo je důležitý především kation železnatý, protože železitý kation není tělo schopné účinně vstřebat, pouze se v této formě přenáší krevním řečištěm. Fe^{2+} se v organismu vyskytuje především jako centrální atom molekuly hemoglobinu. Hemoglobin je červené krevní barvivo. Skládá se ze dvou částí: bílkovinná část globin a nebílkovinná část hem, jehož součástí je právě železnatý kation (viz Obrázek č. 2, převzato z cit⁹). [2,5]



Obrázek č. 2 Struktura hemoglobinu

1.3.2 Zinek

Zinek je křehký kov vyskytující se ve formě sloučenin. Na vzduchu se při kontaktu s kyslíkem pasivuje, na svém povrchu vytvoří malou vrstvu ZnO , která jej chrání před další oxidací. Tohoto jevu se využívá při ochraně např. železných slitin před zrezivěním. [3,6]

V lidském organismu je zinečnatý kation významný především jako součást více než 200 enzymů. [5]

1.3.4 Jod

Jod je pevná látka patřící mezi halogeny. V přírodě jej najdeme např. v mořské vodě ve formě jodidového aniontu. Na rozdíl od většiny pevných látek je schopen za atmosférického tlaku sublimovat neboli přejít z pevného skupenství do skupenství plynného. [3,6]

Jod je v lidském těle důležitý zejména pro fungování štítné žlázy. V minulosti při nedostatku jodu docházelo k poruchám funkce štítné žlázy, z tohoto důvodu se jod přidává ke kuchyňské soli. Jodové tablety mohou sloužit jako částečná ochrana organismu

při zvýšené radiační činnosti, protože tělo má dostatečnou zásobu neradioaktivního jodu, nemá tedy potřebu ukládat do štítné žlázy radioaktivní izotop jodu vzniklý právě při jaderných reakcích. [2,5]

1.3.5 Mangan

Mangan je křehký, neušlechtilý kov. Mangan se využívá především jako součást slitin. Mangan ve sloučeninách má různé oxidační stavy Mn^{7+} , Mn^{6+} , Mn^{4+} , nejstabilnější je ovšem Mn^{2+} . [3,6]

Mangan je stejně jako zinek důležitý pro organismus zejména jako součást různých enzymů. [5]

2 NEMOCI LÉČENÉ MINERÁLNÍMI PRAMENY V MARIÁNSKÝCH LÁZNÍCH

Prameny vyskytující se v Mariánských Lázních účinkují na různé druhy nemocí. Pomáhají zejména v léčbě nemocí:

- dýchacího ústrojí,
- ledvin a močových cest,
- trávicího ústrojí,
- metabolických onemocnění.

Tato kapitola je zaměřena na orgánové soustavy a nemoci, které se aktivně léčí pomocí minerálních pramenů vyskytujících se v Mariánských Lázních. Rozsah léčby nemoci je v lázeňství mnohem větší, pro účel této bakalářské práce byly vybrány ty nejvýznamnější, které mají zároveň významnou vazbu na minerální prameny jakožto téma této kvalifikační práce.

2.1 Dýchací soustava a její nemoci

Dýchací soustava zajišťuje výměnu dýchacích plynů s okolím. Zjednodušeně vdechujeme kyslík, který se v organismu zpracuje, a vydechujeme oxidy uhličitý jakožto odpadní produkt organismu. Realita je poněkud složitější, s nádechem přijímáme totiž nejen kyslík, ale také všechny ostatní plyny obsažené ve vzduchu, zejména tedy např. dusík. Ostatní plyny ovšem tělo není schopno zpracovat a jsou opět vydechnuty spolu s oxidem uhličitým a kyslíkem, který nebyl zpracován. Dýchací soustavu dělíme na část vodivou, kam řadíme horní a dolní cesty dýchací, a na část respirační, která se nachází v plicích.^[11]

2.1.1 Horní cesty dýchací

Funkcí horních cest dýchacích je především transport dýchacích plynů k dolním cestám dýchacím. Jejich funkcí je také zahřátí a zvlhčení vdechnutého vzduchu. Řadíme sem dutinu nosní a nosohltan.

Nosní dutina je rozdělená na dvě části. Tyto části jsou od sebe odděleny nosní přepážkou. Prostor nosní dutiny je vyplněn nosní sliznicí, která má na svém povrchu řasinkový epitel, který slouží především k ochraně před mikroorganismy, které se zachycují na hlen produkovaný právě řasinkovými buňkami.

V nosohltanu dochází ke spojení dýchací a trávicí soustavy. Díky tomuto spojení lze dýchat také pomocí úst. Dýchání pomocí úst je rizikovější oproti dýchání nosní dutinou z důvodu absence řasinkového epitelu. ^[11]

2.1.2 Dolní cesty dýchací

Hlavními funkcemi dolních cest dýchacích jsou doprava dýchacích plynů do plic, potažmo do plicních sklípků, a také zachycení možných patogenních látek. Orgány dolních cest dýchacích jsou tvořeny zejména chrupavkou. K dolním cestám dýchacím řadíme hrtan, průdušnice a průdušky.

Hrtan je orgán, který od sebe odděluje dýchací a trávicí soustavu pomocí tzv. hrtanové příklopky (*epiglottis*), která zakrývá dýchací část, pokud dochází k přesunu potravy či tekutin trávicí trubicí. Při příjmu potravy se *epiglottis* zavře, chrání tedy vstup do dýchací části, zároveň je znemožněno dýchání.

Průdušnice je trubicovitý orgán, který obsahuje řasinkový epitel. Řasinkový epitel slouží k zachycení patogenních látek. Průdušnice se větví na 2 průdušky.

Průdušky jsou trubice, které vstupují do plic, kde se následně dělí na průdušinky. ^[11]

2.1.3 Plíce (Pulmo)

Plíce jsou párový orgán, jež se nachází v hrudní dutině. Plíce dělíme na pravou a levou plíci. Na rozdíl od většiny párových orgánů však tyto dvě části nejsou stejně velké. Pravá plíce se skládá ze tří laloků, zatímco levá plíce je menší a skládá se pouze ze dvou laloků. Tato asymetrie je způsobena přítomností srdce, které zabírá část prostoru u levé plíce. Plíce jsou prokrveny krevními cévami.

Plíce řadíme do respirační části dýchací soustavy. Dochází zde k výměně dýchacích plynů v plicních sklípcích. Plicní sklípky jsou tenkostěnné váčky. Dýchací plyny se zde vyměňují pomocí difuze.^[12]

2.1.4 Nemoci dýchacích cest léčené v Mariánských Lázních

V Mariánských Lázních se léčí lidé převážně s chronickými onemocněními, jako jsou např. chronická bronchitida nebo průduškové astma, případně po lékařském zákroku v oblasti dolních cest dýchacích. Léčba zde může probíhat různými způsoby, pro obsah této bakalářské práce je ovšem nejvýznamnější metoda inhalování minerálních pramenů.

2.1.4.1 Chronická bronchitida

Chronická bronchitida neboli *Bronchitis chronica* je chronické onemocnění, které přetrvává minimálně po dobu tří měsíců v jednom kalendářním roce ve dvou po sobě jdoucích letech. Onemocnění se projevuje převážně chronickým kašlem, nadprodukcí hlenu a dušností.

Příčiny tohoto onemocnění mohou být různé, mohou být jak vnitřní (endogenní), tak vnější (exogenní). Mezi nejčastější endogenní příčiny patří:

- věk – s rostoucím věkem roste riziko výskytu onemocnění,
- pohlaví – pro muže je riziko výskytu onemocnění až dvakrát větší než pro ženy,
- individuální predispozice – jedná se např. o atopii neboli predispozici pro určité onemocnění, které může být vyvoláno vnějším faktorem, např. alergenem či kombinací s jinou nemocí.

Mezi nejčastější exogenní vlivy řadíme:

- kouření,
- opakované respirační infekce,
- znečištění ovzduší.^[10]

2.1.4.2 Průduškové astma

Průduškové astma odborně nazývané *Asthma bronchiale* je chronická zánětlivá choroba dýchacích cest. Pro toto onemocnění je charakteristická zvýšená reaktivita na různé pro tělo nežádoucí stimuly, které vedou k bronchiální obstrukci, která je reverzibilní, a to buď spontánně, nebo vlivem terapie. Nemoc nelze zcela vyléčit, nicméně jak vyplývá z předchozí věty, astma se dá dostat tzv. pod kontrolu neboli do stavu, kdy se neobjevují žádné chronické projevy, které by jedince omezovaly při běžných činnostech. Nemoc se projevuje např. ztíženým dýcháním, dušností nebo dráždivým kašlem.

Mezi příčiny onemocnění řadíme velice často genetické a vývojové vlivy spolu s exogenními vlivy, mezi které patří např. inhalace alergenů, jakou jsou pyly, prachy a různé roztoči, nebo znečištěné prostředí.^[10]

2.1.4.3 Inhalace minerálních vod

Inhalace minerálních vod je jednou z forem léčení pacientů s chronickými nemocemi dýchacích cest. Inhalace může probíhat různými způsoby, nejčastější je ovšem vdechování aerosolu (kapalných částic rozptýlených v plynu) minerální vody. Prameny vhodné pro tuto činnost jsou zpravidla alkalické s vysokým obsahem kationtů sodných a aniontů hydrogenuhličitanových a chloridových. Inhalování minerálních vod pomáhá zejména na snížení dráždivosti sliznic a snížení hustoty hlenu. V Mariánských Lázních se k tomuto účelu využívá například Mariin pramen, nejčastěji používanou minerální vodou je ovšem minerální voda Vincentka pocházející z Lázní Luhačovice.^[10]

2.2 Vylučovací soustava a její nemoci

Vylučovací soustava slouží k vylučování produktů metabolismu, zejména dusíkatých látek. Redukuje také množství vody a solí v lidském organismu. Dále se podílí na udržení homeostázy neboli stálosti vnitřního prostředí a udržení acidobazické rovnováhy. Vylučovány jsou také látky, které mohou být pro lidský organismus toxické. Mezi orgány vylučovací soustavy řadíme především ledviny, dále také močovody, močový měchýř a močovou trubici.

Ledviny jsou párovým orgánem fazolovitého tvaru. Jsou uloženy v zadní části těla a chrání je tukový polštář obalený kolem nich. Na vrchních pólech ledvin se nachází

nadledviny, které se ovšem svou funkcí řadí do soustavy endokrinní a s vylučovací funkcí organismu nesouvisí.^[13]

Ledvinu rozdělujeme na dvě základní části: kůru (*cortex*) a dřev (medulla). Kůra se nachází na povrchu ledvin a vyskytuje se v ní základní stavební jednotka ledvin nefron. Nefrony se podílejí zejména na tvorbě moči.

Močovod neboli *ureter* je stejně jako ledvina párovým orgánem. Močovod je trubice dlouhá 25–30 cm. Z každé ledviny vystupuje právě jeden močovod. *Ureter* je tvořen hladkou svalovinou, která pomocí peristaltických pohybů přesouvá moč z ledvin do močového měchýře.

Močový měchýř je na rozdíl od předchozích orgánů nepárový. Jeho funkcí je uložení moči vytvořené v ledvinách. Objem močové měchýře je přibližně 700 ml. Potřeba močení vzniká však již při zaplnění přibližně poloviny močového měchýře.

Močová trubice slouží k odstranění moči z těla. Délka močové trubice je rozdílná v závislosti na pohlaví. Délka u žen je 3–4 cm, zatímco u mužů 20–22 cm. Důležité uplatnění zde má vnější svěrač, který je tvořen příčně pruhovanou svalovinou, můžeme tedy jeho otevření ovládat vůlí.^[11]

2.2.5 Nemoci vylučovací soustavy

Nemoci vylučovací soustavy jsou v Mariánských Lázních léčeny zejména pitnou kúrou nebo minerální koupelí. K tomuto účelu slouží zejména prameny bohaté na rozpuštěný CO₂, Rudolfův pramen, Ambrožův pramen a Karolinin pramen. Nejčastěji se zde léčí pacienti s ledvinovými kameny, chronickými záněty močových cest, popřípadě po operaci močových cest.

2.2.5.1 Urolitiáza

Urolitiáza je přítomnost pevných částic, tzv. konkrementů, nazývaných také kameny, v močových cestách. Kameny se mohou nacházet nejen v ledvinách, ale také v močovodu, močovém měchýři nebo v močové trubici. Důvod vzniku kamenů může být různý, nejdůležitější jsou tyto dva faktory:

- změna pH moči, v kyselém a alkalickém prostředí dochází ke vzniku různých typů kamenů,
- přesycení moči tzv. kamenotvornými látkami.

Jedním z nejdůležitějších faktorů při léčbě urolitiázy je dodržování dostatečného pitného režimu, v případě lázeňského léčení pití vod minerálních. ^[10]

2.2.5.2 Chronická bakteriální intersticiální nefritida

Pro toto onemocnění je charakteristická destrukce parenchymu a také částečný zánik glomerulů v ledvinách. Mezi rizika vzniku choroby mohou patřit již zmíněné ledvinové kameny či diabetes mellitus. ^[10]

2.2.5.3 Pitná léčba

Pitná léčba je obecně pití určitého množství daného pramene po delší časový úsek. Minerální vody obsahují velké množství různých iontů, které v příliš vysokém nadbytku mohou být škodlivé, je tedy vhodné konzultovat příjem minerálních vod s lékařem.

Léčba funguje na principu zvýšení celkového příjmu tekutin a následného zvětšení objemu moči, kterou se vyplavují nadbytečné kamenotvorné soli. Další výhodou pitné léčby může být *„možnost posunout minerální vodou reakci moče – zvláště na stranu alkalickou. Tento efekt způsobují fixní alkálie a alkalické zeminy minerálních vod (Na, K, Li, Ca, Mg). Tyto soli se pak vylučují močí ve formě bikarbonátů a tím ji alkalizují.“* ^[10]

2.3 Trávicí soustava a její nemoci

Hlavní funkcí trávicí soustavy je příjem a zpracování potravy, zisk živin a následné vyloučení přebytečných, nestravitelných zbytků. Základem je dlouhá trávicí trubice. Ta se skládá z ústní dutiny, hltanu, jícnu, žaludku, tenkého a tlustého střeva. Součástí trávicího systému ovšem není pouze trávicí trubice, ale také velmi důležité orgány, tzv. žlázy, které produkují látky pomáhající s trávením, patří sem zejména slinivka břišní a játra.

Dutinou ústní začíná trávicí trakt. Je ohraničena patrem, rty a tvářemi. Její funkcí je zejména příjem potravy a její mechanické zpracování pomocí zubů. Již zde začíná trávení přijaté stravy, a to pomocí slin, které obsahují enzym ptyalin, ten je schopen štěpit složité sacharidy na jednoduché monosacharidy. Hlavní trávení ovšem probíhá až v tenkém střevě.

Důležitou součástí dutiny ústní je také jazyk, který slouží například i k mluvení. V rámci trávicí soustavy je jeho význam posunování potravy. Nachází se na něm také chuťové receptory – chuťové pohárky, pomocí kterých můžeme rozlišovat chutě.

Hltan je společný orgán pro dýchací a trávicí systém. Slouží k polykání, navazuje na něj jícen. Potrava hltanem prochází až po uzavření hrtanové příklopky, viz kapitola 2.1.

Jícen je trubicový orgán o velikosti 25–28 cm. Je tvořen hladkou svalovinou, potrava je posouvána pomocí peristaltických pohybů. Jícen vylučuje také hlen, který spolu se slinami nabalenými na sousto v ústní dutině pomáhá posouvat sousto do žaludku.

Žaludek je vakovitý orgán o obsahu přibližně 2–3 litry. Jeho funkce jsou dočasné uchování přijaté stravy a zejména úprava sousta před vstupem do tenkého střeva. Žaludek dělíme na tři části: česlo, kterým vstupuje potrava do žaludku, tělo žaludku a vrátník, který ústí do tenkého střeva. Na konci česla a vrátníku se nacházejí svěrače.

Zpracování potravy zde probíhá dvěma způsoby – mechanicky a chemicky. Mechanické zpracování je pomocí pohybu žaludku, který zapříčiní smíchání potravy se žaludečními šťávami, jejichž smícháním dojde k chemickému zpracování potravy. Žaludeční šťáva se skládá zejména z vody, ale také z několika enzymů a kyseliny chlorovodíkové. I zde dochází k částečnému trávení právě pomocí enzymů, zejména bílkovin, které štěpí enzym pepsin.

Tenké střevo se svou délkou 3–5 m tvoří 75 % délky trávicí trubice. Dělíme jej na dvanáctník, který navazuje na žaludek a zároveň sem ústí vývody ze slinivky břišní a jater, dále lačník a kyčelník, který vstupuje do tlustého střeva. Sliznice střeva je bohatě zrasena velkým počtem výběžků, které nazýváme klky. Klky zvyšují povrch střev a pomáhají v resorpci živin.

Funkcí tenkého střeva je enzymatické štěpení živin, probíhá zde trávení sacharidů, lipidů i bílkovin. Látky vstřebané ve střevě dále vstupují do krevního řečiště a do mízního systému. Stejně jako v žaludku i zde dochází k pohybu střev, které mají za úkol promíchání tráveniny. Trávenina je ve střevě posouvána pomocí peristaltických pohybů.

Tlusté střevo je výrazně kratší než střevo tenké, měří pouhých 1,5 m. Tlusté střevo se skládá ze slepého střeva s červovitým výběžkem, tračnicku a řitního otvoru. V tlustém střevě již nedochází k trávení, ale probíhá zde finální vstřebávání vody a důležitých látek. Dochází zde také k tvorbě exkrementu zahuštěním nestrávené tráveniny.

Játra jsou největší žlázou v lidském těle. Jsou složena ze dvou laloků. Základními stavebními složkami jater jsou jaterní buňky nazývané hepatocyty. Játra mají širokou řadu funkcí:

- metabolismus látek,
- přeměna a ukládání vitaminů rozpustných v tucích,
- tvorba tepla,
- tvorba žluči,
- účast na krvetvorbě,
- zásobárna krve,
- zásobárna živin,
- detoxikace látek,
- a další.

Žlučový měchýř slouží zejména k shromažďování a zhuštění žluči vzniklé v játrech. Žluč se uplatňuje primárně při trávení tuků. Žluč je ze žlučového měchýře vyvedena žlučovodem do dvanáctníku.

Slinivka břišní má jak endokrinní, tak exokrinní funkci. Tato kapitola je zaměřena pouze na její exokrinní část, která je významná právě pro trávicí soustavu. Slinivka produkuje pankreatickou šťávu, která se stejně jako žluč smíchá s tráveninou ve dvanáctníku. Pankreatická šťáva slouží k zneutralizování obsahu přicházejícího ze žaludku pomocí hydrogenuhličitanových aniontů. Dále pomáhá s trávením tuků a cukrů pomocí enzymů v ní obsažených.^[11]

2.3.10 Nemoci trávicí soustavy léčené v Mariánských Lázních

V Mariánských Lázních se léčí různé nemoci trávicího traktu. Nejčastěji se zde léčí pacienti s problémy se žaludkem, tenkým a tlustým střevem, slinivkou, žlučníkem a játry. Léčí se zde jak chronické choroby, tak problémy po operaci jednotlivých orgánů trávicí soustavy. Stejně jako u nemocí vylučovací soustavy i zde hraje významnou roli pitná léčba pomocí minerálních pramenů. Základy pitné léčby byly již popsány v kapitole 2.2.5.3.

2.3.10.1 Dyspepsie

Jako dyspepsie bývají obecně označovány různé trávicí obtíže. Nemoc se může projevovat například pocity nadýmání nebo pocity špatného trávení. Podle příčiny onemocnění dělíme dyspepsii na organickou, sekundární a funkční. Organická dyspepsie může být součástí jiného onemocnění trávicího traktu, jako jsou nádory či záněty. Sekundární dyspepsie je projevem při onemocnění jiných orgánů, popř. vzniká vlivem medikace. Poslední typ, funkční dyspepsie, je onemocnění, které nemá prokázanou příčinu vzniku. ^[10]

2.3.10.2 Žaludeční vředy

Žaludeční vředy jsou také odborně nazývané vředová choroba gastroduodenální, protože do této nemoci nespádají vředy pouze v oblasti žaludku. Vředy se také mohou nacházet ve dvanáctníku nebo jícnu. Ke vzniku onemocnění dochází v případě porušení rovnováhy v žaludku, kdy je narušen ochranný hlen na sliznici stěny žaludku, který chrání orgán před aciditou kyselých žaludečních šťáv. V místě, kde dojde k narušení ochranné vrstvy, způsobí kontakt se žaludeční šťávou vznik vředu. Vznik tohoto onemocnění může být způsoben např. infekcí bakterie *Helicobacter pylori* nebo dlouhodobým užíváním některým léčiv. ^[10]

2.3.10.3 Žlučové kameny

Žlučové kameny, odborně nazývané cholelitiáza, jsou pevné částice nacházející se buď přímo ve žlučníku, nebo ve žlučových cestách. Při průběhu tohoto onemocnění záleží na velikosti žlučových kamenů. V případě malých velikostí projdou tyto kameny žlučovými cestami až do střeva, kde jsou spolu s nestravitelnými zbytky odstraněny z těla v rámci exkrementu. Problém nastává v případě kamenů větších velikostí, které nejsou schopny projít žlučovody. V tomto případě může dojít až ke žlučníkovému záchvatu. Ten se projevuje zpravidla po požití tučného jídla, k jehož trávení je potřeba právě žluč. Ke vzniku žlučových kamenů dochází zejména při obezitě, a to kvůli vysokému množství tuků obsažených ve stravě nebo při špatném pitném režimu. ^[10]

2.3.10.4 Jaterní cirhóza

Při jaterní cirhóze dochází k přestavbě jaterního parenchymu z lalůčkovité struktury na strukturu uzlovitou. Dochází k zániku hepatocytů, které jsou nahrazovány vazivovou

tkání. Hlavními příčinami vzniku onemocnění mohou být virové hepatitidy, poškození jater nadměrným užíváním alkoholu, popřípadě různé metabolické poruchy. ^[10]

2.3.10.5 Chronický zánět slinivky

Chronický zánět slinivky neboli chronická pankreatitida je dlouhodobý zánět slinivky břišní. Stejně jako v případě jaterní cirhózy je i zde nahrazována tkáň vazivem. Při dlouhodobých problémech dochází k narušení endokrinních i exokrinních funkcí slinivky. Nemoc se zpravidla projevuje trvalými bolestmi břicha. ^[10]

2.4 Metabolismus a jeho poruchy

Metabolismus je děj, při kterém dochází k přeměně látek a energií v buňkách, ale i v celém organismu. Metabolismus dělíme na dvě základní složky – anabolismus a katabolismus. Anabolismus neboli syntéza je proces, kdy z jednodušších látek vznikají látky složitější, během procesu dochází ke spotřebě energie. Katabolismus je opak anabolismu, dochází zde k rozkladu látek složitějších na látky jednodušší, energie je během tohoto procesu uvolňována. Metabolismus lidského těla je úzce spjat s trávicí soustavou, která byla popsána v kapitole 2.3.

2.4.1 Metabolismus sacharidů

Sacharidy slouží jako nejrychlejší zdroj energie. Tělo přijímá sacharidy zejména ve formě polysacharidů (škrob) a oligosacharidů (sacharosa, laktosa). Sacharidy se po přijetí štěpí na jednoduché cukry, nejčastěji na monosacharid glukosu. Glukosa slouží jako zdroj energie pro veškeré buňky v těle, zejména pro buňky nervové soustavy a svalů. Při nadbytku sacharidů ve stravě se přeměňuje v těle na tuk. Existují ovšem také sacharidy, které není lidské tělo schopné strávit, ty projdou trávicím traktem v nezměněné podobě a slouží zejména k vyčištění střev, tyto sacharidy nazýváme vláknina.

2.4.2 Metabolismus tuků

Tuky neboli lipidy slouží jako zásobárna energie. Kromě zásoby energie slouží také např. jako ochrana vnitřních orgánů. Lipidy jsou chemicky různorodé látky, nejčastěji jsou ovšem známy jako spojení trojsytného alkoholu glycerolu s vyššími mastnými kyselinami.

2.4.3 Metabolismus bílkovin

Bílkoviny neboli proteiny jsou makromolekuly tvořené aminokyselinami. Pro lidské tělo je důležitých zejména 20 tzv. proteinogenních aminokyselin. Tělo není schopno bílkoviny, potažmo aminokyseliny, na které jsou bílkoviny štěpeny, dlouhodobě skladovat. Některé aminokyseliny je tělo schopné vyrobit, ty nazýváme neesenciální. Existují také aminokyseliny, které si tělo nedokáže vyrobit, je tedy nutné je přijímat v rámci potravy, tyto aminokyseliny nazýváme esenciální.

2.4.4 Poruchy metabolismu

Hlavní poruchou metabolismu léčenou v Mariánských Lázních je diabetes mellitus neboli cukrovka. Mezi formami léčení se vyskytuje také pitná léčba minerálními prameny.

2.4.4.1 Diabetes mellitus 1. typu

Diabetes mellitus 1. typu je typ cukrovky, kdy tělo nemá k dispozici žádný inzulín, nebo pouze jeho velmi malé množství. Inzulín je hormon produkováný slinivkou břišní. Ve slinivce dochází k autoimunitní reakci a destrukci Langerhansových ostrůvků, které jsou zodpovědné právě za tvorbu inzulínu. Nemoc je geneticky podmíněna. ^[10]

2.4.4.2 Diabetes mellitus 2. typu

Nemoc se vyznačuje relativním nedostatkem inzulínu, kdy se u pacientů shledáváme současně s inzulínovou rezistencí a inzulínovou deficiencí. Rizikovými faktory pro vznik diabetu 2. typu jsou:

- obezita,
- genetická predispozice,
- věk nad 40 let,
- a mnohé další faktory. ^[10]

3 ANALYTICKÉ METODY PRAKTICKÉ ČÁSTI

V rámci experimentální části bakalářské práce bylo využito několik různých analytických postupů. Mezi ně patří komplexotvorná titrace, konkrétně chelatometrie, pro stanovení kationtů obsažených ve vzorku minerálního pramene, spektrofotometr pro stanovení manganatého kationtu ve vzorku a také potenciometrické měření se skleněnou elektrodou pro stanovení celkové hodnoty pH vzorku.

3.1 Titrace

Titrace patří mezi metody odměrné analýzy. Zkoumá množství analytu ve vzorku, patří tedy mezi kvantitativní analytické metody. Titrace probíhá zpravidla ve vodném prostředí, ve zvláštních případech lze ovšem titrovat také v prostředí bezvodém, např. při stanovení velice silných kyselin a zásad nebo u látek špatně rozpustných ve vodě.

Principem titrace je měření objemu roztoku, který je potřeba ke zreagování veškeré stanovované složky ve zkoumaném vzorku neboli k určení tzv. bodu ekvivalence.^[14]

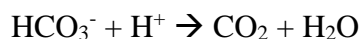
3.1.1 Základní pojmy

Odměrný roztok je označení pro roztok, u kterého známe jeho přesnou látkovou koncentraci neboli titr. Jako odměrné roztoky slouží zejména roztoky látek stabilních a čistých, u kterých nehrozí nebezpečí změny látkové koncentrace. Znalost titru slouží k vypočtení např. koncentrace stanovované složky na základě stechiometrických koeficientů vycházejících z chemické rovnice.

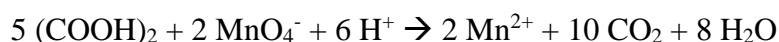
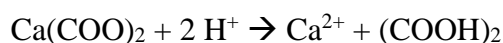
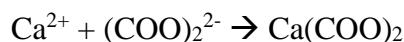
Základní látka musí splňovat několik kritérií, zejména musí být dostatečně čistá, rozpustná ve vodě či jiném rozpouštědle a musíme znát její stechiometrické složení. Při splnění těchto kritérií nám může základní látka sloužit k určení titru odměrného roztoku.

Na základě způsobu titrace rozlišujeme tři základní typy: titraci přímou, titraci nepřímou a titraci zpětnou.

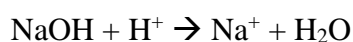
Přímá titrace je typ titrace, kdy se k roztoku stanovované látky postupně přidává odměrný roztok až do bodu ekvivalence. Příkladem přímé titrace je stanovení hydrogenuhličitanu.



Principem nepřímé titrace je přidávání nadbytku činidla k roztoku stanovované látky. Tím dojde ke vzniku produktu o stejném látkovém množství, jaké má zkoumaný vzorek. Následně vzniklý produkt se titruje titračním činidlem. Jedním z příkladů takové titrace je stanovení vápníku nepřímo po rozpuštění vysrážených šťavelanů.



Zpětná titrace se využívá zejména u stanovení, která mohou být z různých důvodů problematická. U titrace zpětné se využívají dvě odměrná činidla o známé koncentraci. Nejdříve se ke stanovované látce přidá jeden odměrný roztok v nadbytku, poté proběhne reakce. Následně se nezreagovaný zbytek prvního odměrného činidla ztitruje jiným odměrným činidlem. Příkladem zpětné titrace je stanovení nerozpustných uhličitánů reakcí s přesně odměřeným nadbytkem kyseliny.



Jako odměrná činidla zde slouží hydroxid sodný a kyselina chlorovodíková.

Indikátory jsou obecně chemické látky, které při změně podmínek v roztoku, při blížícím se bodu ekvivalence, pozorovatelně změní vlastnosti námi vybraného roztoku. Těmito změnami nejčastěji bývají barevné změny, ať už přechod z bezbarvého roztoku do barevného (nebo naopak), či barevný přechod (změna např. ze žluté do červené). Další možností indikace bodu ekvivalence je např. vznik sraženiny. Důležitým faktorem u indikátorů je právě jejich zřetelná změna při dosažení bodu ekvivalence. Na základě charakteru prováděné titrace jsou používány různé druhy indikátorů. Nejčastěji rozlišujeme indikátory acidobazické, metalochromní, srážecí a redoxní. Pro účely bakalářské práce budou přiblíženy pouze nejznámější acidobazické indikátory a indikátory metalochromní, které se využívají v rámci praktické části.

Mezi nejvyužívanější acidobazické indikátory patří fenolftalein a thymolftalein, které v roztoku přecházejí z bezbarvé do určité barvy. Přechod fenolftaleinu je bezbarvá → fialová, přechod thymolftaleinu je bezbarvá → modrá. Dále sem řadíme např. methylčerveně a methyloranž, které mají tzv. dvoubarevný přechod, kdy se červený roztok v bodě

ekvivalence přebarví na žlutou/oranžovou barvu. Rozdíly mezi těmito indikátory ovšem nejsou pouze v jejich barevné změně, ale také v hodnotě pH roztoku, při které jsou schopny změnu indikovat. Zatímco např. fenolftalein je aktivní spíše v zásaditém prostředí (rozmezí pH 8–10), methylčerven se naopak využívá v kyselém roztoku (rozmezí pH 4,5–6,5).

Metalochromní indikátory jsou zpravidla slabé protolyty, z tohoto důvodu je zde závislost zbarvení na pH analyzovaného roztoku. Indikátor zde tvoří komplex se stanovovaným iontem, zde je tedy indikátor přímo vázán na zkoumaný ion, např. hořečnatý kation tvoří komplex s erichromovou černí T (přechod fialová → modrá) a nikelnatý kation tvoří komplex s murexidem při pH 10 (přechod žlutá → fialová).^[14,15]

3.1.2 Komplexotvorné titrace

Jak název napovídá, dochází při titraci ke vzniku komplexní sloučeniny. Tento druh titrací je vhodný zejména pro stanovení kationtů různých kovů. Pro potřeby tohoto druhu titrací se využívají metalochromní indikátory, které byly popsány v předchozím odstavci. Jedním z typů komplexotvorných reakcí je chelatometrie.^[14,15]

3.1.2.1 Chelatometrie

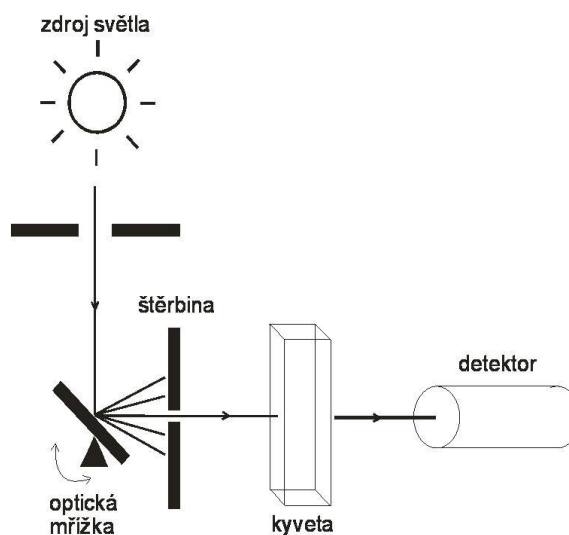
Chelatometrie je reakcí disodné soli kyseliny ethylendiamintetraoctové neboli chelatonu 3 (dále také jako Ch 3) s kovovým kationtem. Zjednodušeně chelaton 3 reaguje s kationtem kovu o libovolném náboji (nejčastěji +2, +3) za vzniku komplexu, který bývá někdy označován jako chelát. Tato reakce probíhá vždy ve stechiometrickém poměru 1 : 1 bez ohledu na náboj daného kovového iontu.

Důležitým faktorem je při chelatometrii pH roztoku, ve kterém tvoří dané kovy stabilní cheláty. Z tohoto důvodu bývá pH roztoku upravováno tlumivými roztoky, viz kapitola č. 4.5.2.^[14,15]

3.2 Stanovení koncentrace spektrofotometrem

3.2.1 Spektrofotometr

Spektrofotometr je přístroj, který dokáže určit absorbanci roztoku na základě intenzity procházejícího světla. Přístroj využívá spektrálních metod neboli metod založených na interakci záření s hmotou. Tento přístroj dokáže měřit část monochromatického světla v určitém úseku vlnových délek. Každý spektrofotometr se skládá ze čtyř základních částí: zdroj



Obrázek č. 3 Uspořádání spektrofotometru

světla, monochromátor, prostor pro vzorek, detektor (viz Obrázek č. 3, převzato z cit¹⁶).

Zdrojem záření ve spektrofotometru bývá speciální žárovka pro ultrafialovou oblast, potom deuteriová výbojka.

Monochromátor slouží jako rozkladný prvek paprsku světla. Dříve se k tomuto účelu využíval hranol, dnes je prakticky výhradně využívána mřížka, kterou můžeme nastavit tak, aby jí na výstupní štěrbině bylo odráženo světlo o námi požadované vlnové délce. Součástí monochromátoru je vstupní štěrbinu, kterou vstupuje světelný paprsek, dále zrcadla, která slouží k zaostření paprsku, a výstupní štěrbinu, kterou paprsek prochází skrz vzorek až k detektoru.

Vzorek bývá uložen nejčastěji v kyvetách, skrz které může světelný paprsek procházet. Kyvety jsou většinou vytvořeny z optického skla. Obsah kyvety musí být kapalný. Důležitá je také tloušťka stěny kyvety, která následně slouží pro výpočet absorbance.

Detektor bývá zpravidla polovodič. Slouží k zachycení paprsku po průchodu vzorkem. Detektor je schopen zaznamenat intenzitu dopadajícího světla a následně z něj určit absorbanci dle Lambert-Beerova zákona.^[17]

3.2.2 Lambert-Beerův zákon

Lambert-Beerův zákon popisuje vztah mezi koncentrací analytu ve vzorku a absorbancí vzorku.

$$A = \varepsilon \times c \times L$$

kde:

A	absorbance
ε	molární absorpční koeficient
L	tloušťka vrstvy
c	molární koncentrace vzorku

Lambert-Beerův zákon platí pouze za určitých podmínek. Platí pouze pro přesné monochromatické záření, roztoky musí být velice zředěné (koncentrace musí být menší než 10^{-2} mol.dm³). Dále platí, že absorbující částice nesmí podléhat žádným interakcím a zároveň předmětem zkoumání musí být pouze jedna absorbující složka. ^[14,15]

3.3 pH metr se skleněnou elektrodou

Hodnotu pH můžeme získat několika způsoby. Nejznámějším způsobem je pravděpodobně indikátorový papírek, ten je ovšem pouze orientační a nezískáme z něj přesnou hodnotu pH. Pro zjištění přesné hodnoty pH lze využít např. pH metr se skleněnou elektrodou, který funguje na principu potenciometrického měření, ten byl využit v rámci praktické části této bakalářské práce.

Samotný pH metr je spojený s takzvanou kombinovanou skleněnou elektrodou. Jak samotný název elektrody napovídá, skládá se ze dvou částí, které jsou ovšem součástí společného obalu. Elektroda se skládá z elektrody měrné a elektrody srovnávací (referenční), která může být z různého materiálu, např. argentschloridová či kalomelová. U elektrody referenční známe její elektrodový potenciál, který je konstantní. Měrná elektroda je skleněná a její elektrodový potenciál závisí na aktivitě vodíkových iontů. Ačkoliv jsou elektrody ve společném obalu, vede z každé elektrody vlastní kabel přímo do pH metru. Měrná elektroda je naplněna roztokem o známé, konstantní hodnotě pH. Do tohoto roztoku je ponořena srovnávací elektroda. Mezi těmito dvěma elektrodami vzniká rozdíl potenciálů, pomocí kterého dokáže přístroj určit hodnotu pH.^[18]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem praktické části bylo sledovat vývoj obsahů vybraných iontů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}) a pH v čerstvém vzorku odebíraném z Ferdinandova pramene po dobu 8 týdnů, od 25. 1. 2023 do 15. 3. 2023. Každý týden byl nabrán čerstvý vzorek, který byl následující den analyzován v laboratoři za použití metod popsanych v této kapitole. Po získání dat sledování byly výsledky zhodnoceny.

4.1 Použité metody

1. Stanovení vápníku chelatometricky se směsí metalochromních indikátorů (dále jen „metoda 1“).
2. Stanovení vápníku a hořčíku chelatometricky s indikátorem eriochromčern T (dále jen „metoda 2“).
3. Stanovení manganu spektrofotometricky (dále jen „metoda 3“).
4. Stanovení hodnoty pH potenciometricky se skleněnou elektrodou (dále jen „metoda 4“).

4.2 Seznam použitých chemikálií

1. čerstvý vzorek Ferdinandova pramene

4.2.1 Metoda 1

1. hydroxid draselný ($c = 5 \text{ mol.l}^{-1}$)
2. chelaton 3 ($c = 5 \text{ mol.l}^{-1}$)
3. fluorexon
4. thymoftalexon
5. murexid
6. sulfid sodný ($c = 0,2 \text{ mol.l}^{-1}$)

4.2.2 Metoda 2

1. chlorid amonný p.a.
2. amoniak ($\rho = 0,91 \text{ g.ml}^{-1}$)
3. síran hořečnatý

4. chelaton 3 ($c = 0,05 \text{ mol.l}^{-1}$)
5. eriochromová čerň T
6. sulfid sodný ($c = 0,2 \text{ mol.l}^{-1}$)

4.2.3 Metoda 3

1. oxid rtuťnatý p.a.
2. kyselina dusičná ($\rho = 1,40 \text{ g.ml}^{-1}$)
3. kyselina trihydrogenfosforečná ($\rho = 1,70 \text{ g.ml}^{-1}$)
4. dusičnan stříbrný p.a.
5. manganistan draselný p.a. ($c = 0,002 \text{ mol.l}^{-1}$)
6. peroxodisíran draselný

4.2.4 Metoda 4

1. tlumivý roztok o $\text{pH} = 4,01 \pm 0,02$ (25 °C), výrobce XS Professional
2. tlumivý roztok o $\text{pH} = 7,00 \pm 0,02$ (25 °C), výrobce XS Professional

4.3 Práce s roztoky

4.3.1 Metoda 1

Příprava roztoku hydroxidu draselného

Příprava roztoku hydroxidu draselného o $c = 5 \text{ mol.l}^{-1}$. Bylo naváženo 28 g hydroxidu draselného, který byl rozpuštěn v destilované vodě, ochlazen pod tekoucí vodou a doplněn na objem 100 ml.

Příprava odměrného roztoku chelatonu 3

Příprava roztoku chelatonu 3 o koncentraci $c = 0,05 \text{ mol.l}^{-1}$. Množství 4,65 g chelatonu 3 bylo převedeno kvantitativně do odměrné baňky o objemu 250 ml a následně rozpuštěno v destilované vodě. Po rozpuštění byla baňka doplněna destilovanou vodou až po rysku.

Příprava indikátorové směsi

Indikátorová směs byla připravena smícháním tří různých indikátorů a dusičnanu draselného. K 0,06 g fluorexonu bylo přidáno 0,01 g thymolftalexonu a 0,001 g murexidu. Pevná směs byla důkladně promíchána a následně bylo přidáno 2,5 g dusičnanu draselného.

Příprava sulfidu sodného

Bylo naváženo 5 g nonahydrátu sulfidu sodného, který byl rozpuštěn ve 100 ml destilované vody.

4.3.2 Metoda 2

Příprava tlumivého roztoku o pH 10

Tlumivý roztok o pH 10 se skládá z roztoku I. a roztoku II.

Roztok I. byl připraven rozpuštěním 10,8 g chloridu amonného ve 100 ml destilované vody. K roztoku bylo přidáno 350 ml vodného roztoku amoniaku o hustotě $0,91 \text{ g.ml}^{-1}$. Vzniklý roztok byl destilovanou vodou doplněn na objem 500 ml.

Roztok II. byl získán rozpuštěním 0,62 g síranu hořečnatého ve 200 ml destilované vody.

Výsledný tlumivý roztok vznikl smícháním 100 ml roztoku I. se 100 ml tlumivého roztoku II.

Příprava odměrného roztoku chelatonu 3

Viz kapitola 4.3.1.

Příprava odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové

Množství 8,6 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové bylo doplněno destilovanou vodou na objem 1 l. Vznikl odměrný roztok o koncentraci $0,10 \text{ mol.l}^{-1}$.

4.3.3 Metoda 3

Příprava směsného činidla

Směsné činidlo bylo získáno rozpuštěním 5,5 g oxidu rtuťnatého ve 40 ml koncentrované kyseliny dusičné a 20 ml destilované vody. K roztoku bylo přidáno 20 ml koncentrované kyseliny trihydrogenfosforečné a přibližně 2 krystalky dusičnanu stříbrného. Po úplném rozpuštění byl roztok doplněn na objem 100 ml.

Příprava činidel

Byl navážen 1 g manganistanu draselného p.a., který byl kvantitativně převeden do odměrné baňky o objemu 100 ml a doplněn vodou po rysku. Následně byl z odměrné baňky odpipetován 1 ml, který byl přelit do jiné odměrné baňky o objemu 100 ml a opět doplněn až po rysku. Z této baňky bylo následně připraveno 5 činidel o různé koncentraci manganatého kationtu (viz Tabulka č. 1).

Koncentrace (mg.l ⁻¹)	Napipetováno (ml)
2	10
1,5	7,5
1	5
0,5	2,5
0,1	0,5

Tabulka č. 1 Koncentrace směsných činidel

Napipetovaný roztok byl vždy převeden do odměrné baňky o objemu 50 ml a doplněn destilovanou vodou.

4.4 Přístroje a pomůcky

4.4.1 Chemické sklo

odměrné baňky (50, 100, 250 ml), pipety dělené (1, 10 ml), kádinky (100, 250 ml), lodička, tyčinky, byreta (10 ml), nálevka, titrační baňka

4.4.2 Laboratorní pomůcky

sříčka, kyvety (PMMA = polymethylmethakrylát), gumové zátky, křížová svorka, stojan, plastová lžička, balónek

4.4.3 Přístroje

- vaříč
- digestoř

- pH metr – Laboratory digital pH meter OP-211/1 – Radelkis – Budapest + kombinovaná skleněná elektroda
- spektrofotometr Hitachi U-2001 – Hitachi High Technologies America, Inc., ovládací software: UV – Solutions

4.5 Postup práce

4.5.1 Postup práce u metody 1

Princip

„Pro stanovení vápenatého kationtu se využívá vlastností komplexu vápenatého kationtu s ethylendiamintetraoctovou kyselinou v silně zásaditém prostředí, zpravidla o pH v rozmezí 12–13. Za těchto podmínek dochází ke vzniku komplexu hydroxidu hořečnatého, jež je mnohem stabilnější než komplex vápníku s metalochromním indikátorem“.^[19] Bodu ekvivalence je dosaženo při prvním uvolnění aniontu z indikátoru.

Postup

Bylo napipetováno 7 ml čerstvého vzorku Rudolfova pramene. Následně byl vzorek doplněn na 100 ml destilovanou vodou. Dále bylo třeba odstranit rušivé vlivy, které by mohly ovlivnit měření. Rušivé elementy byly odstraněny pomocí 2 ml sulfidu sodného. Následně byly k roztoku přidány 2 ml hydroxidu draselného o $c = 5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Roztok byl důkladně promíchán v titrační baňce a bylo k němu následně přidáno malé množství indikátorové směsi až do vzniku zřetelně zeleného zbarvení. Roztok byl titrován odměrným roztokem chelatonu 3 až do vzniku fialovorůžového zbarvení. Titrace byla vždy provedena celkem třikrát. Výsledná spotřeba byla vždy zprůměrována a výsledná koncentrace byla vypočtena pomocí vzorce:

$$c(\text{Ca}) = \frac{c(\text{Ch } 3) \times V_t \times 10^3}{V_v}$$

kde:

$c(\text{Ca})$ látková koncentrace vápníku v $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$

$c(\text{Ch } 3)$ látková koncentrace odměrného roztoku chelatonu 3 v $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$

V_t objem roztoku chelatonu 3, spotřebovaný do konce titrace

v ml

V_v objem vzorku vzatý k analýze v ml

Výsledná koncentrace byla přepočtena na hmotnostní koncentraci vynásobením výsledné koncentrace molární hmotností vápníku ($M = 40,08 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$).^[19]

4.5.2 Postup práce u metody 2

Princip

Určení hořečnatého a vápenatého kationtu funguje na podobném principu jako určení samostatného vápenatého kationtu popsané v kapitole 4.5.1. Rozdílem zde je indikátor, kdy se místo směsi 3 indikátorů využívá eriochromová čern T. Při reakci totiž nejdříve dochází k zreagování veškerých Ca^{2+} iontů a až poté se ze vzorku vytěšňují kationty hořečnaté, které jsou indikovány právě eriochromovou černí T. Důležitým faktorem probíhající reakce je také pH vzorku, které se upravuje tlumivým roztokem na požadovanou hodnotu přibližně $\text{pH} \cong 10$.^[19]

Postup

Do titrační baňky bylo odměřeno 50 ml čerstvého vzorku pramene, které byly doplněny 50 ml destilované vody. Bylo třeba zredukovat rušivé jevy přidáním 2 ml roztoku sulfidu sodného. Ke vzorku bylo přidáno 10 ml kyseliny chlorovodíkové a 10 ml tlumivého roztoku. Následně byl přidán indikátor až do tmavě vínového zbarvení. Následovala samotná titrace až do vzniku zřetelně tmavě modrého zbarvení roztoku. Titrace byla provedena vždy třikrát. Výsledná spotřeba byla vždy zprůměrována a výsledná koncentrace byla vypočtena pomocí vzorce:

$$c(\text{Ca} + \text{Mg}) = \frac{c(\text{Ch 3}) \times V_t \times 10^3}{V_v}$$

kde:

$c(\text{Ca} + \text{Mg})$ látková koncentrace vápníku v $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$

$c(\text{Ch 3})$ látková koncentrace odměrného roztoku chelatonu 3 v $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$

V_t objem roztoku chelatonu 3 spotřebovaný do konce titrace v ml

V_v objem vzorku vzatý k analýze v ml

Výsledná koncentrace byla přepočtena na hmotnostní koncentraci vynásobením výsledné koncentrace molární hmotností vápníku ($M = 40,08 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Koncentrace hořčíku byla získána odečtením koncentrace vápníku od koncentrace vápníku + hořčíku.^[19]

4.5.3 Postup práce u metody 3

Princip

Stanovení je založeno na kvantitativní oxidaci manganatých iontů na ionty manganistanové. Vzniklé zbarvení způsobené vzniklými manganistanovými ionty se stanoví spektrofotometricky.

Postup

V kádince bylo v 50 ml čerstvého vzorku pramene rozpuštěno 0,5 g peroxidisíranu draselného. Roztok byl následně přiveden k varu a ohříván na vařiči po dobu 10 min. Následně byl roztok ochlazen ledem až do přibližně pokojové teploty. Poté byl roztok přelit do plastové kyvety a vložen do spektrofotometru společně s 5 činidly o různé koncentraci, s každým v jiné kyvetě. V rámci spektrofotometru byly nejdříve naměřeny hodnoty absorbance standardních roztoků a poté absorbance samotného vzorku. Ze získaných dat byla automaticky vypočtena koncentrace manganatých iontů ve vzorku.

4.5.4 Postup práce u metody 4

Princip

Jedná se o přímé potenciometrické stanovení hodnoty pH neznámého vzorku. pH-metr byl před měřením zkalibrován s využitím dvou standardních roztoků o definované hodnotě pH.

Postup

Při práci s pH metrem se skleněnou elektrodou bylo vždy nejdříve potřeba pH metr zkalibrovat pomocí tlumivých roztoků. Nejdříve byla elektroda ponořena do kyselého tlumivého roztoku a hodnota na pH metru nastavena na přibližnou hodnotu odpovídající danému pH. Po nastavení byla elektroda opláchnuta destilovanou vodou a postup byl zopakován s neutrálním tlumivým roztokem. Tento postup byl opakován až do nastavení pH metru. Po nastavení byla elektroda ponořena do čerstvého vzorku minerálního pramene. Hodnota na displeji byla následně zaznamenána a měření bylo ukončeno.

4.6 Výsledky a diskuse

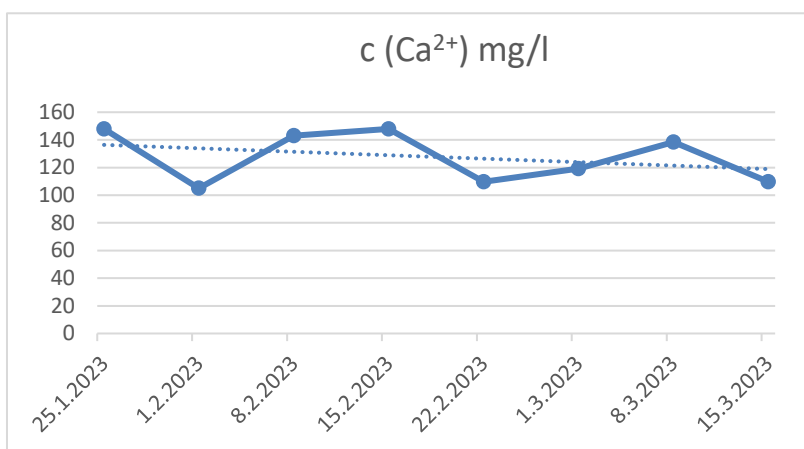
Uváděná koncentrace u konkrétního data je vždy průměrem výsledků u tří provedených titrací zaokrouhlených na 3 platné číslice. V grafu nejsou pro přehlednost

na jednotlivých bodech uvedeny konkrétní hodnoty, ty lze ovšem vyčíst z tabulky nacházející se vedle grafu. Tečkovaná čára v grafu značí spojnici trendu.

4.6.1 Metoda 1

Datum	$c \text{Ca}^{2+} (\text{mg/l})$
25. 1. 2023	147,9143
1. 2. 2023	104,9714
8. 2. 2023	143,1429
15. 2. 2023	147,9143
22. 2. 2023	109,7429
1. 3. 2023	119,2857
8. 3. 2023	138,3714
15. 3. 2023	109,7429

Tabulka č. 2 Změna koncentrace vápenatých kationtů v čase



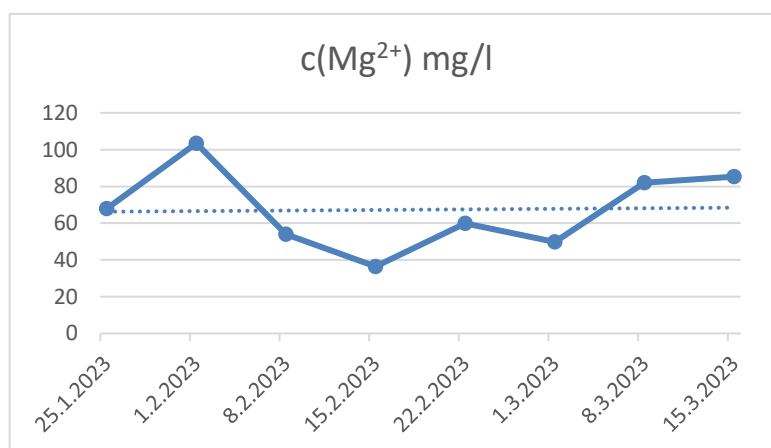
Graf č. 1 Změna koncentrace vápenatých iontů v čase

Z výsledků měření koncentrace vápenatých kationtů nelze určit žádný výrazný trend odchylek, protože když grafem proložíme spojnici trendu, vyjde nám přímka pohybující se v rozmezí 120–140 mg/l (viz Graf č. 1). Z dat lze vyčíst, že koncentrace těchto iontů je v pramenu víceméně konstantní a nedochází zde k výrazným výkyvům od střední hodnoty. Nejvyšší naměřená koncentrace byla 147,91 mg/l, nejnižší naměřená koncentrace byla 104,97 mg/l (viz Tabulka č. 2).

4.6.2 Metoda 2

Datum	$c \text{Mg}^{2+} (\text{mg/l})$
25. 1. 2023	67,84971
1. 2. 2023	103,4446
8. 2. 2023	53,91714
15. 2. 2023	36,45371
22. 2. 2023	59,92914
1. 3. 2023	49,71829
8. 3. 2023	82,06857
15. 3. 2023	85,31314

Tabulka č. 3 Změna koncentrace hořečnatých kationtů v čase



Graf č. 2 Změna koncentrace hořečnatých kationtů v čase

Metodou 2 byly získány souhrnné výsledky pro koncentraci vápenatých a hořečnatých iontů. Koncentrace pouze iontů hořečnatých byla získána odečtením koncentrace vápenatých iontů od celkové koncentrace obou kationtů. V tabulce a grafu jsou uvedeny již pouze koncentrace hořečnatých kationtů.

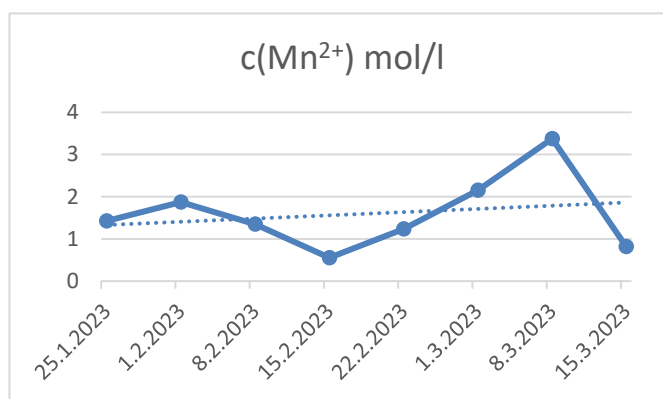
Z hlediska trendů zde vidíme podobné výsledky, jako u koncentrace Ca^{2+} , opět jsou zde velice malé výchylky mezi měřeními v jednotlivých týdnech, stejně tak spojnicí trendu je přímka pohybující se přibližně u hodnoty 70 mg/l. Nejnižší koncentrace hořečnatých iontů byla 36,45 mg/l, zatímco nejvyšší koncentrace byla 103,44 mg/l (viz Tabulka č. 3).

Při srovnání naměřených hodnot koncentrací Mg^{2+} a Ca^{2+} vidíme, že vápenaté ionty se ve Ferdinandově prameni vyskytují ve větší koncentraci než ionty hořečnaté. Můžeme vyzorovat, že když dojde k nárůstu koncentrace iontů hořečnatých, dojde k poklesu koncentrace vápenatých kationtů a naopak. Tento vývoj platí po celou pozorovanou dobu až na měření 8. 3. 2023, kdy stoupá koncentrace obou kationtů (viz Graf č. 2).

4.6.3 Metoda 3

Datum	$c(\text{Mn}^{2+})$ mg/l
25. 1. 2023	1,423
1. 2. 2023	1,871
8. 2. 2023	1,348
15. 2. 2023	0,555
22. 2. 2023	1,237
1. 3. 2023	2,15
8. 3. 2023	3,377
15. 3. 2023	0,82

Tabulka č. 4 Změna koncentrace manganatých kationtů v čase



Graf č. 3 Změna koncentrace manganatých kationtů v čase

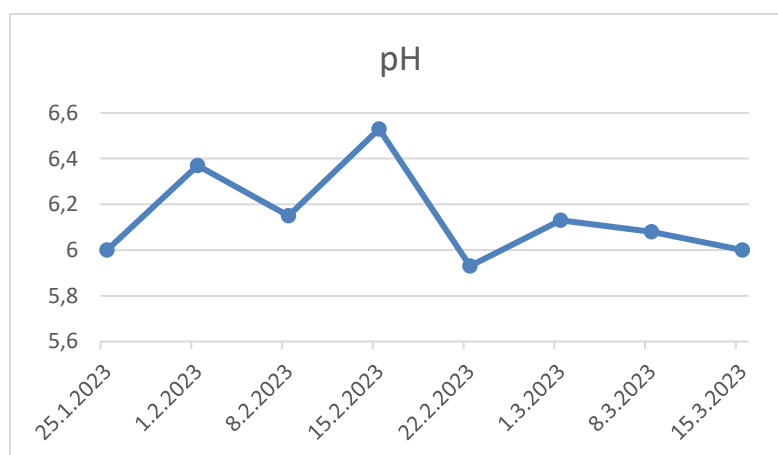
V případě stanovení koncentrace manganatých iontů se stejně jako v předchozích případech nepodařilo odhalit určitý trend. Z grafu lze vyčíst jedno výrazné vychýlení koncentrace v datu 8. 3. 2023, které ovšem může být spíše způsobeno chybou v měření než přímo vychýlením koncentrace manganatých kationtů (viz Graf č. 3).

Mezi daty 25. 1. 2023 a 22. 2. 2023 můžeme pozorovat změny koncentrace podobným způsobem jako v případě hořečnatých iontů. Tato podobnost ovšem v následujících třech týdnech již neplatí, nemůžeme tedy tvrdit, že by koncentrace těchto dvou kationtů na sobě byla nějakým způsobem závislá. Nejnižší naměřená koncentrace byla 0,82 mg/l, nejvyšší 3,377 mg/l (viz Tabulka č. 4).

4.6.4 Metoda 4

Datum	pH
25. 1. 2023	6
1. 2. 2023	6,37
8. 2. 2023	6,15
15. 2. 2023	6,53
22. 2. 2023	5,93
1. 3. 2023	6,13
8. 3. 2023	6,08
15. 3. 2023	6

Tabulka č. 5 Změna pH v čase



Graf č. 4 Změna pH v čase

U hodnoty pH jsem předpokládal, že by mohla být ovlivněna naměřenými kationty, které jsou spíše bazické. Z grafu č. 4 ovšem vyplývá, že žádný takový trend zde není. Vidíme, že hodnota pH ve sledovaném intervalu nezávisí na koncentraci hořečnatých, vápenatých ani manganatých kationtů. Na základě grafů můžeme tedy soudit, že pH nemusí být přímo závislé na rozpuštěných iontech nebo je ovlivňováno koncentrací iontů, které tato bakalářská práce nesledovala.

Pro ověření tohoto pozorování byl vypočítán korelační koeficient, kdy byly porovnávány výsledky jednotlivých měření s výsledky hodnoty pH. Korelační koeficienty jsou $R_1 = -0,198$, $R_2 = 0,216$ a $R_3 = -0,180$. Pomocí korelačního koeficientu byla následně vypočtena tzv. kritická hodnota, která musela dosahovat určitých hodnot v tabulce kritických hodnot Studentova rozdělení na základě celkového počtu měření. Výsledná hodnota kritické hodnoty nebyla dostatečná ani v jednom případě, lze tedy na základě této statistiky tvrdit, že hodnota pH není ovlivňována ani jedním ze zkoumaných kationtů.

ZÁVĚR

V rámci praktické části byly provedeny měření v průběhu 8 po sobě jdoucích týdnů. Z naměřených výsledků se nepodařilo ve vybraném časovém úseku prokázat jakýkoliv trend změn jednotlivých koncentrací či hodnoty pH. Z naměřených dat vyplývá, že jak koncentrace jednotlivých kationtů, tak hodnota pH jen mírně oscilují kolem středních hodnot. Nebyla nalezena ani souvislost mezi koncentrací kationtů vápenatých, hořečnatých a manganatých či vztah těchto koncentrací k hodnotě pH pramene jako celku. Dané výsledky ovšem nevylučují jakoukoliv výraznou změnu ve složení pramene či jeho určitý trend v delším časovém horizontu. Výzkum pokrýl pouze časové období osmi týdnů, tato perioda nemusí být pro nalezení trendů dostačující, trendy změn složení mohou být dlouhodobého rázu. Je možné, že kdyby pozorování probíhalo celý kalendářní rok, popřípadě po dobu několika let, bylo by možné určit některé periodické změny ať už v rámci jednoho roku, či případně v průběhu několika let. Tento výzkum ovšem přesahuje možnosti této bakalářské práce.

Na základě naměřených dat bylo dokázáno, že na složení minerálních pramenů nemají v pozorovaném období význam vnější faktory, jako jsou např. větší úhrn srážek, teplota a jiné. Z tohoto pozorování vyplývá, že účinek Ferdinandova pramene na zdraví pacienta je konstantní po celý rok a nedochází k výrazným změnám. Na základě výzkumu lze předpokládat, že podobným způsobem se chovají ostatní minerální prameny v oblasti Mariánských Lázní.

RESUMÉ

The theoretical part of the bachelor thesis was divided into three main chapters. In the first chapter, all macro biogenic and some micro biogenic, and trace elements were described. These elements were described both from the point of view of inorganic chemistry, and biochemistry. In the second chapter, some selected organ systems were described, specifically the respiratory system, excretory system, digestive system, and metabolism. The structures and functions of individual organs, the diseases associated with the selected systems, and the options for their treatment within the spa were also partially explained. The last chapter of the theoretical part dealt with the analytical methods that were used for research in the practical part. In the next part, the basic methods of titration were explained, specifically complexation titrations, the principle of a spectrophotometer, and the basic functioning of a pH meter with a glass electrode.

In the practical part, a sample of the Ferdinand spring was monitored for 8 weeks. The research was focused on observing changes in the occurrence of calcium, magnesium, and manganese cations and pH values. The practical part was supposed to verify whether these ions are influenced by each other and whether this affects the overall healing effects of the spring.

Keywords: Mariánské Lázně, Ferdinand's spring, health, spa

SEZNAM LITERATURY A OBRÁZKŮ

1. POHANKA, Miroslav. *Přehled biochemie: učební text pro vysokoškolskou výuku*. [V Hradci Králové]: [Fakulta vojenského zdravotnictví Univerzity obrany], 2015. ISBN 978-80-7231-358-7.
2. MATOUŠ, Bohuslav; et al. *Základy lékařské chemie a biochemie*. Praha: Galén, c2010. ISBN 978-80-7262-702-8.
3. KULVEITOVÁ, Hana. *Chemie II: (chemie prvků)*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1322-6.
4. MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3918-2.
5. KODÍČEK, Milan, Olga VALENTOVÁ a Radovan HYNEK. *Biochemie: chemický pohled na biologický svět*. 2. přepracované vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2018. ISBN 978-80-7592-013-3.
6. STREBLOVÁ, Eva. *Souhrnné texty z chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství) I. díl*. 4. vydání. Praha: Karolinum, 2017. ISBN 978-80-246-3340-4.
7. STREBLOVÁ, Eva. *Souhrnné texty z chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství) II. díl*. 4. vydání. Praha: Karolinum, 2017. ISBN 978-80-246-3480-7.
8. DNA. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. [staženo 2023-05-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/DNA>
9. Hemoglobin. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. [staženo 2023-04-05]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin>
10. TRÍSKALA, Zdeněk a Dobroslava JANDOVÁ. *Medicína přírodních léčivých zdrojů: minerální vody*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-2297-4.
11. KOČÁREK, Eduard. *Biologie člověka*. Praha: Scientia, 2010. *Biologie pro gymnázia*. ISBN 978-80-86960-47-0.
12. BENEŠOVÁ, Marik; et al. *Odmaturuj! z biologie*. 2., přeprac. vyd. Brno: Didaktis, c2013. *Odmaturuj!*. ISBN 978-80-7358-231-9.
13. MACHOVÁ, Jitka. *Biologie člověka pro učitele*. Druhé vydání. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3357-2.

14. ZÁRUBA, Kamil; et al. *Analytická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-950-1.
15. KRÍŽEK, Martin a Jan ŠÍMA. *Analytická chemie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2015. ISBN 978-80-7394-486-5.
16. Spektrofotometr. In: WikiSkripta [online]. [staženo 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Spektrofotometr>
17. ZÁRUBA, Kamil; et al. *Analytická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-951-8.
18. VINŠOVÁ H.; ZACHAŘ, P.; ZÁRUBA, K. POTENCIOMETRICKÉ MĚŘENÍ pH. [Online].
https://uanlch.vscht.cz/files/uzel/0012437/0007~~M44PyC_RLfbQ0FUwMjC0AA
A.pdf?redirected (accessed June 01, 2023).
19. HORÁKOVÁ, Marta. *Analytika vody*. Vyd. 2., opr. a rozš. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2003. ISBN 978-80-7080-520-6.
20. OPEKAR, František. *Základní analytická chemie pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 9788024617756.
21. ZÁVODSKÁ, Radka. *Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie*. Praha: Scientia, 2006. Biologie pro gymnázia. ISBN 80-86960-15-3.