

Gymnázium Přírodní škola, o.p.s.  
Profilová práce — třída Lambda  
Vyšší stupeň studia  
2017/2018

**Ema Dvořáková**

**Průzkum a měření  
chemicko- fyzikálních parametrů vody  
pramenů na území Městišťské rokle**

**Vedoucí práce: Mgr. Anežka Koutníková**

**Datum odevzdání: 23. listopadu 2017**

Autor: Ema Dvořáková

Vedoucí práce: Mgr. Anežka Koutníková

Odborný konzultant: Mgr. Karel Kudláček

Datum odevzdání: 23.11 2017

## Abstrakt

Práce se věnuje měření základních chemicko - fyzikálních parametrů (teplota, konduktivita, Ph a stanovení dusičnanů a tvrdosti vody) pramenů na území Městišské rokly na Šumavě.

V praktické části jsem zkoumala pět malých pramenů, měřila jejich již zmíněné parametry a následně stanovovala hodnoty některých parametrů na Přírodovědecké fakultě UK. Také jsem odebírala blešivce rodu *Gammarus* pro genetický výzkum blešivců prováděného na Hydrobiologickém ústavu v Praze. V teoretické části jsem tvořila informační brožurku pro místní obyvatelé na území zkoumané lokality a poté závěrečnou zprávu.

## **Poděkování**

Nejprve bych ráda poděkovala vedoucí práce paní učitelce Anežce Koutníkové za velkou podporu a konzultace. Karlovi Kudláčkovi za odbornou pomoc, konzultace a trpělivost. Ellen Pražákové za fotodokumentaci, Jirkovi Slapnickovi, panu učiteli Štěpánovi Macháčkovi za pomoc a v neposlední řadě bych moc poděkovala mému tátovi, který se mnou nachodil spoustu kilometrů a strávil spoustu času hledáním pramenů a dokumentací.

## Obsah

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Abstrakt .....                                            | 3  |
| Poděkování .....                                          | 4  |
| Úvod .....                                                | 6  |
| Cíle.....                                                 | 6  |
| Slovníček.....                                            | 7  |
| Základní rozdělení pramenů .....                          | 7  |
| Chemicko-fyzikální parametry .....                        | 7  |
| Postup práce .....                                        | 9  |
| Mapování.....                                             | 9  |
| Chemicko-fyzikální parametry .....                        | 9  |
| Statistické vyhodnocení.....                              | 10 |
| Odběr a zpracování vzorků vod .....                       | 10 |
| Odběr vzorku pro stanovení obsahu dusičnanů .....         | 10 |
| Odběr vzorku pro změření tvrdosti vody.....               | 10 |
| Blešivci .....                                            | 10 |
| Metodika stanovení dusičnanů a tvrdosti vody .....        | 11 |
| Obsah dusičnanů ve vodě .....                             | 11 |
| Tvrdost vody .....                                        | 12 |
| Městištská rokle.....                                     | 14 |
| Charakteristika zkoumaných pramenů a výsledky měření..... | 15 |
| Diskuse .....                                             | 20 |
| Závěr.....                                                | 23 |
| POUŽITÁ LITERATURA .....                                  | 24 |

Příloha 1: Záměr profilové práce 2016/17

Příloha 2: Vzorok tabulky na měření

Příloha 3: Mapy

Příloha 4: PRAKTIKA PASEKA 2017

Příloha 5: Fotografie pramenů

Příloha 6: Brožurka pro místní obyvatele

## Úvod

Voda. Diskutovaný pojem, který ovlivňuje vše živé na Zemi. Voda, díky které se žije nebo umírá. Voda, ke které nemá dostatečný přístup miliarda lidí. Obyvatelé třetího světa podnikají několikahodinové cesty za vodou, která má velmi špatnou kvalitu. Díky této problematice vzniká až 60% světového onemocnění. Je to, ale i náš problém? Česká republika má přece čisté vody podstatně více než třetí svět. Problémy jsou jiné, neumíme vodu skladovat a šetřit s ní. Celá republika je obklopena vodními toky, řekami, potůčky nebo jen malými pramínky schovanými v puklinách země. Měli bychom si však uvědomit, že to nemusí být napořád.

Proto jsem si také vybrala profilovou práci na téma voda. Skoro každý víkend trávím v šumavské přírodě obklopená prameny. Z jednoho pramene čerpá vodu naše rodina. A tak se má práce zabývá šumavskými prameny.

## Cíle

Jeden z mých hlavních cílů je zmapovat prameny, protože zdroje pitné vody nacházející se v přírodě jsou dnes velmi cenným bohatstvím. Prameny bývají často málo viditelné a jejich využití je ojedinělé, proto jsem si stanovila tyto cíle:

- Najít a zmapovat 5 pramenů
- Změřit chemicko- fyzikální parametry (K, T, Ph)
- Zjistit stanovení dusičnanů a tvrdost vody
- Podpořit genetický výzkum blešivců a v případě nalezení je poslat na Přírodovědeckou fakultu UK
- Získané informace zveřejnit na již existujících stránkách [www.estudanky.eu](http://www.estudanky.eu)
- Vytvořit informační brožurku pro místní obyvatelé

## Slovníček

### Pramen

Výtok vody vytékající na povrch, který je definován nízkou teplotou vody (nižší než 15°C) s absencí výskytu ve vyšších polohách

### Základní rozdělení pramenů

Způsob, jakým vyvěrá pramenitá voda ze země, je proměnnou, která velmi významně ovlivňuje jeho okolí.

### Limnokren

neboli pramen s prohlubeninou je specifický tím, že voda, která teče z podzemí, vytváří nejprve tůň, a až poté odtékají. Limnokren se napohled podobá malému jezírku. Obvykle má relativně nízkou a stálou teplotu vody, která záleží na hloubce, z níž voda vyvěrá.

### Reokren

neboli vývěr, ve kterém se voda nezadržuje, ale rovnou teče dál. Nejčastěji ho můžeme vidět v horských oblastech, například na Šumavě.

### Helokren

neboli mokřina. Vytváří se průsakem vody na větší ploše (zhruba na ploše jednotek až desítek m<sup>2</sup>). Jsou to prameniště mokřady, obvykle pokryté mechy, rákosy, ostřicí, atd.. Míst vývěru bývá na ploše helokrenu obvykle více. Helokren se vyskytuje převážně v nížinách, nebo v horách na místech, kde je spád svahu mírnější.<sup>1</sup>

## Chemicko-fyzikální parametry

### T-teplota

Měříme jí v °C. Teplá voda z kohoutku, by se měla pohybovat kolem 50°C podle norem. Měření teploty je velmi důležité při rozboru vody v přírodě, neboť teplota vody ovlivňuje čistotu pramenů a výskyt živých organismů.

### K- konduktivita

neboli elektrická vodivost. Měříme jí v µS a je to míra koncentrace rozpuštěných iontů ve vodě- tedy látek, které voda potká v podloží a rozpustí se v ní (kromě plynů). Můžeme tedy říct, že konduktivita ukazuje, kolik rozpuštěných solí ve vodě najdeme.

**Například:** limit pro pitnost vody: je 125µS - to odpovídá zhruba 1000 mg/l - optimálně by voda měla mít 300 mg/l a v případě, že voda obsahuje přes 1000 mg/l tak je velká pravděpodobnost, že bude měnit chuť a voda přestane být pitelná.

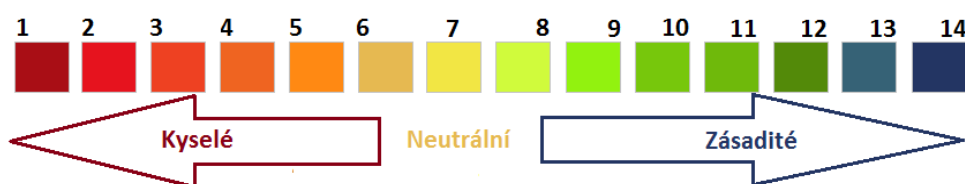
---

<sup>1</sup>: J. Slapnička, K. Semotánová, J. Simonová, S. Gambaccini, E. Dvořáková, E. Jančaříková, M. Halda, A. Borovková, D. Liška, M. Žatečka, F. Steklý, K. Alhariri, Hydrobiologický a chemicko- fyzikální průzkum pramenů v Českém středohoří. , Gymnázium Přírodní škola o.p.s, Expedice České středohoří 2016

destilovaná voda (tedy voda s nejnižším počtem rozpuštěných iontů) má od 0,05-0,3 μS  
 podzemní vody a povrchové 5-50 μS  
 průměr konduktivity v ČR je zhruba 40 μS  
 pro kojeneckou vodu platí mezní hodnota 50 μS<sup>2</sup>

## pH

Oxidačně redukční potenciál vodíku, tedy číslo, které nám určuje, zda je látka spíše kyselá nebo zásaditá. Podle toho je sestavená logaritmická stupnice od 1-14. 7 je neutrální voda, kyselé jsou například antibakteriální gely, citron a zásadité například chemické přípravky na mytí nebo mléko.



## Dusičnany ve vodě

jsou to látky bohaté na dusík, vyskytují se v mořské i sladké vodě. Jako laik můžeme zjistit, jestli je ve vodě dusičnanů více nebo méně podle výskytu sinic a zelených řas. V případě pramenů musíme vodu změřit v laboratoři. Ve veřejném vodovodu by mělo být 30-40 mg/l. Pro kojence je povolené množství dusičnanů 15 mg/l, proto se prodává kojenecká voda, která má malé množství dusičnanů.<sup>3</sup>

## Tvrdost vody

tedy kolik voda obsahuje hlavně Ca- vápníku a Mg- hořčíku. Ovlivňuje to chuť a podle tvrdosti může ovlivňovat růst vodního kamene. Čím více rozpuštěného Ca, Mg, tím tvrdší voda. Podle legislativy nesmí být obsah hořčíku nižší než 10 mg/l a obsah vápníku nižší než 30 mg/l<sup>4</sup>

| <i>Molární koncentrace<br/>c(Ca+Mg)<br/>mmol·l<sup>-1</sup></i> | <i>Německé stupně<br/>°dH</i> | <i>Hodnocení vody</i> |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Méně než 0,5                                                    | Méně než 2,8                  | Velmi měkká voda      |
| Od 0,51 do 1,25                                                 | Od 2,8 do 7,0                 | Měkká voda            |
| Od 1,26 do 2,5                                                  | Od 7,01 do 14,0               | Středně tvrdá voda    |
| Od 2,51 do 3,75                                                 | Od 14,01 do 21,0              | Tvrdá voda            |
| Více než 3,75                                                   | Více než 21,0                 | Velmi tvrdá voda      |

5

<sup>2</sup> (<http://www.analyzavody.cz/vlastnosti-vody/konduktivita/>)

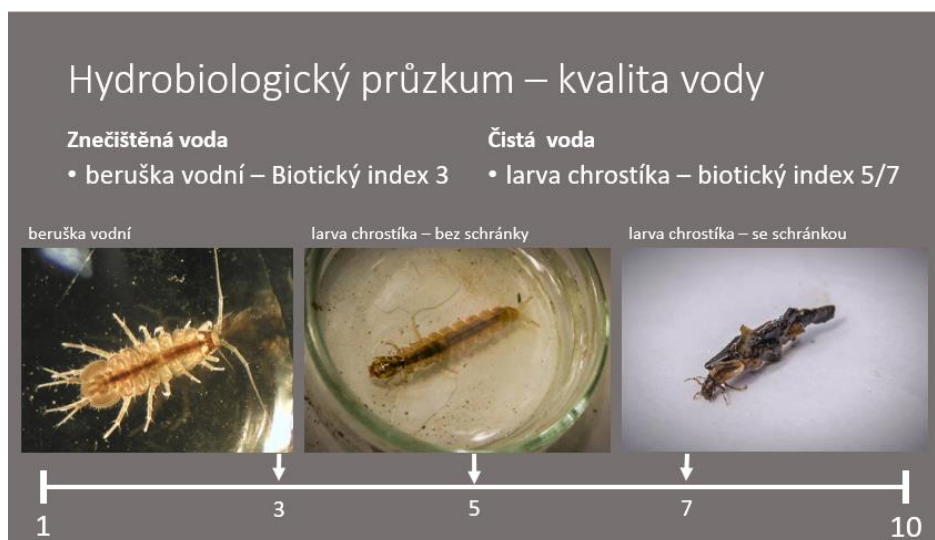
<sup>3</sup> (<https://euroclean.cz/slovník/dusičnany/>)

<sup>4</sup> (<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/100064945.html>)



## Biotický index

Hodnocení kvality vody podle výskytu druhů živých organismů.



## Postup práce

### Mapování

Mapováno bylo 5 pramenů, které mají co nejvíce odlišné parametry, pomocí GPS souřadnic. Po následném zjištění lokace byly GPS zapsány do tabulky a později v Praze byla vytvořena mapa právě z těchto souřadnic.

### Chemicko-fyzikální parametry

Instrumentace: K- Greisinger 3410 s vestavěnou elektrodou

Ph- přenosný přístroj Greisinger GMH3530 s elektrodou

Chemikálie: destilovaná voda

Materiál: filtrační papír, 130ml skleněné lahvičky s plastovým šroubovacím uzávěrem, tabulky

Na lokalitě byly vždy odebrány tři vzorky, ve kterých byla nejprve změřena vodivost ( $[K]=\mu S/cm$ ) s teplotou ( $[T]=^{\circ}C$ ), následně i pH. Mezi jednotlivými měřeními byla elektroda umyta destilovanou vodou a osušena filtračním papírem.

Naměřené údaje byly zapsány do tabulky (Příloha 2: Tabulka na měření).

<sup>5</sup> <http://vmiksik.sweb.cz/tvrdost.html>

## Statistické vyhodnocení

Pro každou analytickou metodu bylo odebráno minimálně tolik vzorku, aby bylo možné provést tři stanovení z jednoho odběru. Z výsledků těchto tří stanovení byl vypočítán medián, relativní směrodatná odchylka a interval spolehlivosti. Pro výpočet byla použita metodika statistického zpracování katedry Analytické chemie University Karlovy (Katedra analytické chemie, 2004) <sup>6</sup>

## Odběr a zpracování vzorků vod <sup>7</sup>

Vzorky pro analýzu byly u všech pramenů odebrány do skleněných vzorkovnic o objemu 100 ml, které byly předem pečlivě vymyty koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou ředěnou vodou v poměru 1: 3 a vypláchnuty deionizovanou vodou. Odběry z vývěru byly prováděny tak, aby ve vzorku nebyly žádné pevné částice. Vzorkovnice se vzorkem zakonzervovaným příslušným činidlem pak byla nadepsána datem odběru a číslem označujícím pramen. Vzorky pak byly uchovány v chladicí tašce a druhý den analyzovány.

## Odběr vzorku pro stanovení obsahu dusičnanů

Pro potřeby stanovení bylo odebráno dvakrát po 100 ml vzorku. Vzorek byl zakonzervován přidávkem 0,30 ml chloroformu.

## Odběr vzorku pro změření tvrdosti vody

Byly odebrány tři vzorky po 100 ml pro přesnější měření. Vzorek byl konzervován 0,50 ml koncentrovanou kyselinou dusičnou.

## Blešivci

Pomůcky: Eppendorfova zkumavka, líh (>90%),

Během odebírání vzorků pro stanovení dusičnanů a tvrdosti byli odchyceni blešivci rodu Gammarus. Vzhledem k nízkému výskytu bylo vzato cca 4-7 blešivců, kteří byli vloženi do Eppendorfovy zkumavky s lihem. Zkumavka byla uzavřena a označená číslem podle pramenu výskytu.

---

<sup>6</sup> Metodika statistického zpracování katedry Analytické chemie University Karlovy (Katedra analytické chemie, 2004)

<sup>7</sup> RNDr. M. Matura, Mgr. K. Kudláček, D. Řehák, J. Slapnička, M. Eška, T. Kudláček, T. Jelšík, K. Zapletal, S. Chvosta. Základní chemický a fyzikální rozbor přírodních minerálních pramenů v okolí Mariánských Lázní, Gymnázium Přírodní škola o.p.s, Expedice Tepelsko 2017

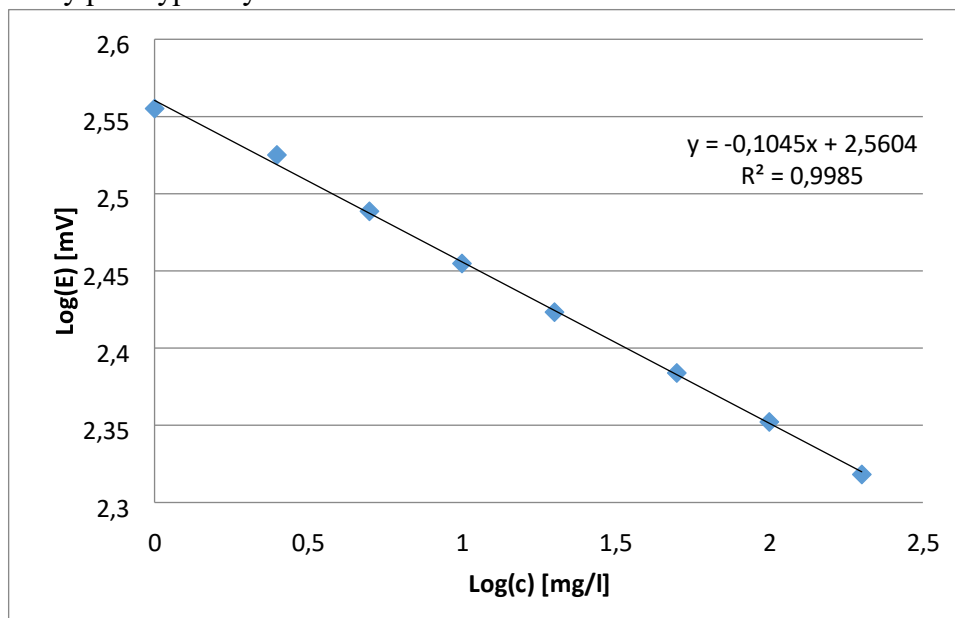
## Metodika stanovení dusičnanů a tvrdosti vody<sup>8</sup>

### Obsah dusičnanů ve vodě

8x 50ml baňka na roztoky, stínící roztok obsahující 6,7 g síranu hlinitého v 1 l roztoku, dusičnan draselný, deionizovaná voda, ISE (iontově selektivní elektroda) s přístrojem Greisinger GMH3530.

### Kalibrace

Před každou analýzou bylo třeba prvně vytvořit kalibrační přímku z 8 kalibračních roztoků o koncentraci dusičnanu draselného v rozmezí od 0 mg/l až 200 mg/l (0, 2,5, 5, 10, 20, 50, 100, 200 [mg/l]). Do kalibračního roztoku, byla přidávána tři činidla: stínící roztok, dusičnan draselný a deionizovaná voda jako rozpouštědlo. Prvně byl stanoven slepý vzorek, tedy roztok o koncentraci dusičnanů 0 mg/l. Slepý vzorek tedy neobsahuje dusičnan draselný. Tento roztok byl měřen kvůli pozdějšímu odečtení pozadí vzorku. Kalibrační přímky pak vypadaly takto:



Obrázek 1 - kalibrační přímka pro stanovení  $\text{NO}_3^-$

Aby byla chyba měření co nejnižší, měla by regresní závislost mít hodnotu korelačního koeficientu  $R \geq 0,99$ . Pokud je hodnota koeficientu dané kalibrace nižší, kalibrace se opakuje.

### Analýza vzorků

Každý vzorek byl analyzován třikrát. Do 50ml odměrné baňky bylo přidáno 10 ml stínícího roztoku, 10 ml vzorku a zbytkový objem byl doplněn deionizovanou vodou. Pro

<sup>8</sup> RNDr. M. Matura, Mgr. K. Kudláček, D. Řehák, J. Slapnička, M. Eška, T. Kudláček, T. Jelšík, K. Zapletal, S. Chvosta. Základní chemický a fyzikální rozbor přírodních minerálních pramenů v okolí Mariánských Lázní, Gymnázium Přírodní škola o.p.s, Expedice Tepelsko 2017

stanovení dusičnanů byla použita iontově selektivní elektroda. Jde o dvě elektrody uzavřené v jednom pouzdře. Jedna elektroda funguje jako měřicí a druhá jako porovnávací, referenční. Při každém měření se porovnává potenciál na měřicí a referenční elektrodě. Pokud potenciál převyšoval mezní hodnoty stanovené kalibrací (tedy potenciál kalibračního roztoku s koncentrací 200 mg/l a slepého roztoku), bylo nutno roztok vzorku více resp. méně ředit, aby změřená hodnota potenciálu ležela na kalibrační přímce. Po naměření všech vzorků se dále vypočítala výsledná koncentrace vzorku, a to za pomoci kalibrační rovnice:

$$y = ax + b$$

Kde  $x$  je koncentrace ředěného vzorku, kterou chceme zjistit a  $y$  je naměřený potenciál. Dále pak bylo třeba znovu přepočítat koncentraci podle toho, kolik předtím bylo přidáno vzorku, a to za pomoci rovnice:

$$c = \frac{m}{V}$$

kde do rovnice dosadíme tak, abychom z rovnice počítali hmotnost [ $m = c \times V$ ]. Za  $c$  dosadíme koncentraci z předchozí rovnice [ $y = ax + b$ ] a za „ $V$ “ dosadíme objem celku (0,05 l). Tímto zjistíme hmotnost dusičnanů ve vzorku a poté znovu dosadíme do rovnice pro výpočet koncentrace.  $c = \frac{m}{V}$  Za  $V$  dosadíme objem přidaného vzorku v litrech a za  $m$  hmotnost dusičnanů ve vzorku. Vyjde nám výsledná koncentrace.<sup>9</sup>

### Tvrdost vody

K analýze byly použity pomůcky: stojan, klema, křížová svorka, titrační baňka, byreta, odměrný 100ml válec, 10ml odměrný válec, 50ml nedělná pipeta, 5ml nedělná pipeta, 50ml baňka, balónek chemikálie: Chelaton 3, Schwarzwaldův pufr, 1M Hydroxid sodný, Murexid, Eriochromčern T.

Po sestavení titrační aparatury byla byreta naplněna odměrným roztokem Chelatonu 3. Do titrační baňky pak bylo odměřeno 50 ml vzorku. Dále byl stanoven buď obsah vápenatých kationtů, nebo součtu vápenatých a hořečnatých kationtů. Pro stanovení tvrdosti vody, tedy součtu vápenatých a hořečnatých kationtů byl nalit do titrační baňky k vodě z pramenu Schwarzwaldův pufr. Ke vzorku bylo přidáno 5 ml pufru v případě, že pH vzorku bylo neutrální, pokud bylo pH vzorku kyselé (pH <5), bylo ke vzorku přidáno 10 ml pufru. Směs byla zalita 50 ml deionizované vody. Poté byl přidán Eriochromčern T (jen na kraj špachtle) tak aby po zamíchání směs v baňce zrudověla. Baňka byla dána pod byretu a začalo se titrovat. Byl přikapáván Chelaton 3 z byrety do titrační baňky, která byla kroužením míchána. Chelaton 3 byl přikapáván do té doby, než se barva roztoku nezměnila na modro-šedou. Když roztok změnil barvu, tak byla zaznamenána spotřeba Chelatonu 3 (v ml). Poté byla vzorcem vypočítána celková tvrdost vody.

---

<sup>9</sup>RNDr. M. Matura, Mgr. K. Kudláček, D. Řehák, J. Slapnička, M. Eška, T. Kudláček, T. Jelšík, K. Zapletal, S. Chvosta. Základní chemický a fyzikální rozbor přírodních minerálních pramenů v okolí Mariánských Lázní, Gymnázium Přírodní Škola o.p.s Expedice Tepelsko 2017

Při stanovení vápníku byl použit stejný postup, až na to, že místo Schwarzwaldova pufru byl použit roztok 1M hydroxidu sodného a jako indikátor místo Eriochromčerni T byl použit murexid. Obojí ve stejném dávkování.

Každé stanovení vápenatých kationtů a součtu vápenatých a hořečnatých kationtů bylo opakováno třikrát.

Použité vzorce:

1. celková tvrdost vody

$$c_{Ca+Mg} = \frac{c_{Ch3} \times VSp \times f}{1000}$$

2. koncentrace vápníku

$$c_{Ca} = \frac{c_{Ch3} \times VSp \times f}{1000}$$

3. koncentrace hořčíku

$$c_{Mg} = n_{Ca+Mg} - n_{Ca}$$

4. hmotnost vápníku a hořčíku

$$m_{Ca} = n_{Ca} \times Ar_{Ca}$$

$$m_{Mg} = n_{Mg} \times Ar_{Mg}$$

5. koncentrace obou prvků (kationtů) ve vodě.

$$c_{Ca} = \frac{m_{Ca}}{V_{vz}}$$

$$c_{Mg} = \frac{m_{Mg}}{V_{vz}}$$

## Městišská rokle

Zmapovala jsem tedy 5 pramenů v Městišské rokli. (viz Příloha 3: Mapy)

Přírodní rezervace Městišská rokle je součástí CHKO Šumava. Tvoří ji hluboce zaříznutá údolí potoka Jelenka a jeho přítoků. Svahy padají prudce do kotliny potoka pod úhlem až 40°. Smrkový a jedlový les zde má místy pralesovitý charakter s bohatým bylinným patrem s mnoha vzácnými rostlinami. Stromy jsou staré až 210 let. Na kamenném podloží suťového lesa se vyskytují další druhy rostlin. Na základě malakologického průzkumu tam bylo zjištěno až 48 druhů plžů.

Nad rokli je možné se projít po horských loukách, vystoupat ke kapličce na Suchých Studánkách a za dobré viditelnosti se otevírají neopakovatelné výhledy do českého vnitrozemí. Romantická představa o životě zde na náhorních plošinách zmizí, když si uvědomíme, jak těžce zde hospodařili naši předci, když se chtěli uživit. Zbytky starého hospodářského statku a hamru nám tuto kapitolu připomenou. Středověké dějiny ožijí připomínkou staré obchodní stezky přes Můstek ve 13. a 14. stol. Dějiny přírody a člověka zde splývají a doplňují se.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> <http://www.npsumava.cz/cz/5754/sekce/mestistske-rokle/>

## Charakteristika zkoumaných pramenů a výsledky měření

Fotografie pramenů jsou umístěny v příloze (Příloha 5: Fotografie pramenů).

### PRAMEN 1

GPS: N 49° 14,017' E 013° 15,081' (49N, 13°15'4.860"E)

POPIS: Helokrenní pramen nacházející nad loukou v lese. Je čistý a obklopuje ho mnoho mechů a vodních rostlin. Vyskytuje se zde blešivec i chrostík.

měření: 3.6. 2017

počasí: slunečno, teplo, cca 25°C, na pramen svítí sluníčko

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 13,5°C | 55μS | 6,21 |
| 2      | 13,4°C | 56μS | 6,18 |
| 3      | 12,3°C | 74μS | 6,45 |

měření: 12.9. 2017

počasí: zataženo, zima, cca 14°C, vítr, málo vody

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 11,2°C | 80μS | 6,37 |
| 2      | 11,1°C | 79μS | 6,45 |
| 3      | 11,3°C | 77μS | 6,47 |

### Stanovení dusičnanů

| 3 vzorky z pramene 1 | E (Mv) | c (mg/l) |
|----------------------|--------|----------|
| X1Da                 | 332,1  | 6,5      |
| X1Db                 | 311,9  | 8,5      |
| X1Dab                | 305,9  | 10,0     |

### Stanovení tvrdosti Ca+Mg

| Ca+Mg | V (l) | V spotřeba (ml) | c <sub>Mg</sub> (mg/l) |
|-------|-------|-----------------|------------------------|
| X1Da  | 0,05  | 1,05            | 27,03                  |
| X1Db  | 0,05  | 1,55            | 47,80                  |
| X1Dab | 0,05  | 0,6             | 8,33                   |

### Stanovení tvrdosti Ca

| Ca | V (l) | V spotřeba (ml) | c <sub>Ca</sub> (mg/l) |
|----|-------|-----------------|------------------------|
|----|-------|-----------------|------------------------|

|       |      |      |       |
|-------|------|------|-------|
| X1Da  | 0,05 | 0,35 | 20,49 |
| X1Db  | 0,05 | 0,45 | 26,35 |
| X1Dab | 0,05 | 0,4  | 23,42 |

## PRAMEN 2

GPS: N 49° 14,159' E 013° 15,640' (49°14'9.540"N, 13°15'38.400"E)

POPIS: Limnokrenní pramen se nachází na travnaté podmáčené louce, kde celkově svítí dostatečně sluníčka, proto je voda teplejší a znečištěnější. Najdeme zde například berušku vodní (Bi 3). Při druhém měření v září velmi znečištěná – bažina, proto nebylo možné odebrat vzorek.

měření: 3.6. 2017

počasí: dusno, teplo, 24°C

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 12,8°C | 77μS | 6,15 |
| 2      | 15,6°C | 91μS | 6,08 |
| 3      | 13,6°C | 78μS | 6,1  |

Vzorek byl měřen jen 3.6 2017, protože 12.9. byl vyschlý. Je to pravděpodobně způsobeno vysokými teplotami v létě a suchem.



### PRAMEN 3

GPS: N 49° 14,239' E 013° 15,660' (49°14'14.340"N, 13°15'39.600"E)

POPIS: Pramen můžeme nalézt ve smrkovém lese poblíž cesty, ke které stéká. Je to čirý reokrenní pramen typický pro horské prostředí. Můžeme zde vidět blešivce nebo také chrostíky se schránkou. V druhém měření vypadá velmi podobně, jen vytéká méně vody.

měření: 3.6. 2017

počasí: 24°C, slunečno, dusno

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 13,4°C | 79μS | 6,18 |
| 2      | 11,8°C | 82μS | 6,16 |
| 3      | 12,2°C | 81μS | 6,18 |

měření: 12.9 2017

počasí: větrno, zima, 14°C

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 10,2°C | 82μS | 6,29 |
| 2      | 10,2°C | 81μS | 6,32 |
| 3      | 10,3°C | 81μS | 6,3  |

### Stanovení dusičnanů

| 3 vzorky z pramene 1 | E (Mv) | C (mg/l) |
|----------------------|--------|----------|
| X2Da                 | 306,4  | 9,9      |
| X2Db                 | 305,9  | 10,0     |
| X2Dab                | 301    | 11,5     |

### Stanovení tvrdosti Ca+Mg

| Ca+Mg | V (l) | V spotřeba (ml) | c Mg (mg/l) |
|-------|-------|-----------------|-------------|
| X2Da  | 0,05  | 0,6             | 2,08        |
| X2Db  | 0,05  | 0,45            | -4,16       |
| X2Dab | 0,05  | 0,45            | -4,16       |

### Stanovení tvrdosti Ca

| Ca    | V (l) | V spotřeba (ml) | c Ca (mg/l) |
|-------|-------|-----------------|-------------|
| X2Da  | 0,05  | 0,55            | 32,21       |
| X2Db  | 0,05  | 0,4             | 23,42       |
| X2Dab | 0,05  | 0,55            | 32,21       |

#### PRAMEN 4

GPS: N 49° 14,540' E 013° 15,073' (49°14'32.400"N, 13°15'4.380"E)

POPIS: Podobné reokrenní prameny jako pramen 3 je v okolí hned několik, vybrala jsem si takový, aby měl co největší vydatnost. Také se nachází ve smrkovém lese nad naším domem a vyskytují se zde opět blešivci i chrostíci se schránkou.

měření: 3.6 2017

počasí: teplo, 24°C, dusno

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 10,4°C | 85μS | 6,36 |
| 2      | 10,7°C | 92μS | 6,35 |
| 3      | 10,6°C | 89μS | 6,37 |

měření: 12.9 2017

počasí: zima, 14°C, vítr

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 10,2°C | 90μS | 6,39 |
| 2      | 10,1°C | 96μS | 6,36 |
| 3      | 10,1°C | 99μS | 6,4  |

#### Stanovení dusičnanů

| 3 vzorky z pramene 1 | E (Mv) | C (mg/l) |
|----------------------|--------|----------|
| X3Da                 | 291,3  | 15,2     |
| X3Db                 | 290,1  | 15,7     |
| X3Dab                | 288,5  | 16,4     |

#### Stanovení tvrdosti Ca+Mg

| Ca+Mg | V (l) | V spotřeba (ml) | c Mg (mg/l) |
|-------|-------|-----------------|-------------|
| X3Da  | 0,05  | 0,55            | -2,10       |
| X3Db  | 0,05  | 0,45            | -6,25       |
| X3Dab | 0,05  | 0,55            | -2,10       |

#### Stanovení tvrdosti Ca

| Ca    | V (l) | V spotřeba (ml) | c Ca (mg/l) |
|-------|-------|-----------------|-------------|
| X3Da  | 0,05  | 0,55            | 32,21       |
| X3Db  | 0,05  | 0,6             | 35,13       |
| X3Dab | 0,05  | 0,6             | 35,13       |

## PRAMEN 5

GPS: N 49° 14,437' E 013° 14,740' (49°14'26.220"N, 13°14'44.400"E)

POPIS: Tento pramen je výjimečný od všech ostatních tím, že se nachází u našeho domu a slouží nám tedy jako zdroj vody. Je mnohem vydatnější než ostatní a vytéká trubkou přímo na zahradu. Je také průzračný s mnoha blešivci a chrostíky. Voda je mnohem sladší než v ostatních pramenech.

měření: 3.6 2017 (pramen u stavení)

počasí: teplo, dusno, 24°C

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 10,7°C | 50μS | 6,18 |
| 2      | 10,8°C | 53μS | 6,18 |
| 3      | 10,6°C | 52μS | 6,16 |

měření: 12.9 2017

počasí: zima, větrno, 14°C

| VZOREK | T      | K    | pH   |
|--------|--------|------|------|
| 1      | 10,9°C | 52μS | 6,23 |
| 2      | 10,8°C | 53μS | 6,19 |
| 3      | 10,9°C | 55μS | 6,3  |

### Stanovení dusičnanů

| 3 vzorky z pramene 1 | E (Mv) | C (mg/l) |
|----------------------|--------|----------|
| X4Da                 | 299,2  | 12,1     |
| X4Db                 | 297,2  | 12,8     |
| X4Dab                | 300,5  | 11,6     |

### Stanovení tvrdosti Ca+Mg

| Ca+Mg | V (l) | V spotřeba (ml) | c Mg (mg/l) |
|-------|-------|-----------------|-------------|
| X4Da  | 0,05  | 0,55            | -18,70      |
| X4Db  | 0,05  | 0,6             | -16,63      |
| X4Dab | 0,05  | 0,5             | -20,78      |

### Stanovení tvrdosti Ca

| Ca    | V (l) | V spotřeba (ml) | c Ca (mg/l) |
|-------|-------|-----------------|-------------|
| X4Da  | 0,05  | 0,35            | 20,49       |
| X4Db  | 0,05  | 0,45            | 65,87       |
| X4Dab | 0,05  | 0,4             | 58,56       |

## Diskuse

### Porovnání chemicko-fyzikálních parametrů pramenů

Byly měřeny následující parametry: T, K, Ph. Tyto parametry jsem měřila, protože jsou to jedny ze základních ukazatelů pro odvozování toho, jaké vlastnosti daná voda má.

#### pH

Naměřené hodnoty Ph jednotlivých pramenů byly velmi podobné. V prvním měření měl nejvyšší Ph pramen 4 a to 6,37. V druhém měření byl nejkyselější pramen 1 s Ph 6,47. Ostatní prameny se pohybovaly okolo 6,2- 6,3. Celkově můžeme potvrdit, že jsou prameny prakticky neutrální nebo jen mírně kyselé.

#### Teplota

Nejvyšší teplotu měl pramen 2 s 13,6°C což je velmi vysoká teplota na pramen. Můžeme to, ale objasnit tím, že se pramen nacházel na louce, a v čase měření do něj svítilo slunce.

Naopak nejnižší teplotu měly prameny 4 a 5, které se nachází spíše v lese ve stínu a pramen 5 je podle výsledků nejhlubší, čili nejstudenější.

Podle druhého měření měl nejvyšší teplotu pramen 1 a to 11,3°C. Je to veliký rozdíl oproti prvnímu měření kvůli počasí a době, kdy jsem parametry měřila. Nejnižší hodnoty měl pramen 3 a 4 s teplotami 10,1°C.

#### Konduktivita

Přesnost měření konduktivity byla problematická díky horšímu stavu elektrody, některé hodnoty byly měřeny několikrát za sebou, ale i přes to jsou tyto hodnoty spíše orientační. Při prvním měření byla nejvyšší hodnota 92  $\mu\text{S}$  a to pramen 4, nejnižší konduktivitu měl pramen 5 a to 50  $\mu\text{S}$ .

Druhé měření. Nejvyšší naměřená konduktivita zde byla 99  $\mu\text{S}$  a to u pramene 4, který je v lese a nejnižší byla 50  $\mu\text{S}$  v pramenu 5, který se nachází před naším domem. Můžeme si povšimnout, že pramen 5 má opět nejnižší konduktivitu.

## Dusičnany

Dusičnany jsem stanovovala v laboratoři poprvé. Na obrázku je zřejmé, že nejvíce dusičnanů bylo nalezeno v pramenu 3 a to 16,4 mg/l (třetí vzorek). A naopak nejméně v pramenu 1 a to pouhých 6,4 mg/l. Z toho vyplývá, že prameny jsou kojenecké (15 mg/l ).

| c (mg/l) | V (l) | c, std (mg/l) | V, pipet (ul) | V, pipetováno (ul) | c, p (mg/l) | E (mV) | log E    | log c    |
|----------|-------|---------------|---------------|--------------------|-------------|--------|----------|----------|
| 0        | 0,1   | 600           | 0,0           | 0                  | 0           | 336,3  | 2,526727 | 0        |
| 1        | 0,1   |               | 166,7         | 200                | 1,2         | 331    | 2,519828 | 0,079181 |
| 2        | 0,1   |               | 333,3         | 300                | 1,8         | 330,5  | 2,519171 | 0,255273 |
| 5        | 0,1   |               | 833,3         | 800                | 4,8         | 325,8  | 2,512951 | 0,681241 |
| 10       | 0,05  |               | 833,3         | 800                | 9,6         | 298,4  | 2,474799 | 0,982271 |
| 20       | 0,05  |               | 1666,7        | 1700               | 20,4        | 274,3  | 2,438226 | 1,30963  |
| 50       | 0,05  |               | 4166,7        | 4100               | 49,2        | 246,6  | 2,391993 | 1,691965 |
| 100      | 0,05  |               | 8333,3        | 8300               | 99,6        | 227,7  | 2,357363 | 1,998259 |

tabulka 1 kalibrace pro stanovení dusičnanů

| kalibrační rovnice<br>$y = 2,592 - 0,11781x$<br>$R = -0,99984$<br>$Err(\text{úsek}) = 0,00172$<br>$Err(\text{směrnice}) = 0,00121$<br>počet standardů: 5 |        |          |          |            |          |   |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|----------|------------|----------|---|--|
|                                                                                                                                                          |        | ↓        |          |            |          | ↓ |  |
| název                                                                                                                                                    | E (mV) | log E    | log c    | c řed mg/l | c (mg/l) |   |  |
| x1Da                                                                                                                                                     | 322,1  | 2,507991 | 0,713091 | 5,2        | 6,5      |   |  |
| x1Db                                                                                                                                                     | 311,9  | 2,494015 | 0,831717 | 6,8        | 8,5      |   |  |
| x1Dab                                                                                                                                                    | 305,9  | 2,485579 | 0,903323 | 8,0        | 10,0     |   |  |
| x2Da                                                                                                                                                     | 306,4  | 2,486289 | 0,897303 | 7,9        | 9,9      |   |  |
| x2Db                                                                                                                                                     | 305,9  | 2,485579 | 0,903323 | 8,0        | 10,0     |   |  |
| x2Dab                                                                                                                                                    | 301    | 2,478566 | 0,962851 | 9,2        | 11,5     |   |  |
| x3Da                                                                                                                                                     | 291,3  | 2,46434  | 1,083605 | 12,1       | 15,2     |   |  |
| x3Db                                                                                                                                                     | 290,1  | 2,462548 | 1,098822 | 12,6       | 15,7     |   |  |
| x3Dab                                                                                                                                                    | 288,5  | 2,460146 | 1,11921  | 13,2       | 16,4     |   |  |
| x4Da                                                                                                                                                     | 299,2  | 2,475962 | 0,984962 | 9,7        | 12,1     |   |  |
| x4Db                                                                                                                                                     | 297,2  | 2,473049 | 1,009687 | 10,2       | 12,8     |   |  |
| x4Dab                                                                                                                                                    | 300,5  | 2,477844 | 0,96898  | 9,3        | 11,6     |   |  |

tabulka 2 stanovení dusičnanů

## Tvrdość vody

Tvrdość vody se lišila rozdělením na Mg a Ca a pak jen Ca. Podle tabulky si můžeme povšimnout, že Mg šlo naopak do mínusu, můžeme tím potvrdit, že naměřené hodnoty vznikají díky Ca.

## Ca, Mg

Nejvyšší koncentrace Mg byla v prameni 1, dále už šly hodnoty do záporného čísla, tedy nulové procento Mg.

| Tvrdość<br>Ca+Mg | V (l) | c chelaton M | f      | V spotřeba (ml) | V spotřeba (l) | c (mol/l) | Mr (MgO) | Mr (CaO) | c, Mg (mg/l) |
|------------------|-------|--------------|--------|-----------------|----------------|-----------|----------|----------|--------------|
|                  |       | 0,05         | 1,0309 |                 |                |           | 40,31    | 56,8     |              |
| x1Ta             | 0,05  |              |        | 1,05            | 0,00105        | 0,001082  |          |          | 27,03        |
| x1Tb             | 0,05  |              |        | 1,55            | 0,00155        | 0,001598  |          |          | 47,80        |
| x1Tab            | 0,05  |              |        | 0,6             | 0,0006         | 0,000619  |          |          | 8,33         |
| x2Ta             | 0,05  |              |        | 0,6             | 0,0006         | 0,000619  |          |          | 2,08         |
| x2Tb             | 0,05  |              |        | 0,45            | 0,00045        | 0,000464  |          |          | -4,16        |
| x2Tab            | 0,05  |              |        | 0,45            | 0,00045        | 0,000464  |          |          | -4,16        |
| x3Ta             | 0,05  |              |        | 0,55            | 0,00055        | 0,000567  |          |          | -2,10        |
| x3Tb             | 0,05  |              |        | 0,45            | 0,00045        | 0,000464  |          |          | -6,25        |
| x3Tab            | 0,05  |              |        | 0,55            | 0,00055        | 0,000567  |          |          | -2,10        |
| x4Ta             | 0,05  |              |        | 0,55            | 0,00055        | 0,000567  |          |          | -18,70       |
| x4Tb             | 0,05  |              |        | 0,6             | 0,0006         | 0,000619  |          |          | -16,63       |
| x4Tab            | 0,05  |              |        | 0,5             | 0,0005         | 0,000515  |          |          | -20,78       |

horečku  
nizku

|       | c, Ca (mg/l) | tvrdost Ca+Mg (mmol/l) |
|-------|--------------|------------------------|
| x1Ta  | 20,49429     | 1,08                   |
| x1Tb  | 26,3498      | 1,60                   |
| x1Tab | 23,42205     | 0,62                   |
| x2Ta  | 32,20532     | 0,62                   |
| x2Tb  | 23,42205     | 0,46                   |
| x2Tab | 32,20532     | 0,46                   |
| x3Ta  | 32,20532     | 0,57                   |
| x3Tb  | 35,13307     | 0,46                   |
| x3Tab | 35,13307     | 0,57                   |
| x4Ta  | 20,49429     | 0,57                   |
| x4Tb  | 65,87451     | 0,62                   |
| x4Tab | 58,55512     | 0,52                   |

Tabulka 3 Kalibrace pro stanovení tvrdosti vody, stanovení celkové tvrdosti vody

## Ca

| Ca    | V (l) | c chelaton | f      | V spotřeba (ml) | V spotřeba c (mol/l) | Mr (CaO) | c (mg/l) | med c, Ca (mol/l) |
|-------|-------|------------|--------|-----------------|----------------------|----------|----------|-------------------|
|       |       | 0,05       | 1,0309 |                 |                      | 56,8     |          |                   |
| x1Ta  | 0,05  |            |        | 0,35            | 0,00035              | 0,000361 | 20,49    | 0,000412          |
| x1Tb  | 0,05  |            |        | 0,45            | 0,00045              | 0,000464 | 26,35    | 0,000412          |
| x1Tab | 0,05  |            |        | 0,4             | 0,0004               | 0,000412 | 23,42    | 0,000412          |
| x2Ta  | 0,05  |            |        | 0,55            | 0,00055              | 0,000567 | 32,21    | 0,000567          |
| x2Tb  | 0,05  |            |        | 0,4             | 0,0004               | 0,000412 | 23,42    | 0,000567          |
| x2ab  | 0,05  |            |        | 0,55            | 0,00055              | 0,000567 | 32,21    | 0,000567          |
| x3Ta  | 0,05  |            |        | 0,55            | 0,00055              | 0,000567 | 32,21    | 0,000619          |
| x3Tb  | 0,05  |            |        | 0,6             | 0,0006               | 0,000619 | 35,13    | 0,000619          |
| x3Tab | 0,05  |            |        | 0,6             | 0,0006               | 0,000619 | 35,13    | 0,000619          |
| x4Ta  | 0,05  |            |        | 0,35            | 0,00035              | 0,000361 | 20,49    | 0,001031          |
| x4Tb  | 0,02  |            |        | 0,45            | 0,00045              | 0,00116  | 65,87    | 0,001031          |
| x4Tab | 0,02  |            |        | 0,4             | 0,0004               | 0,001031 | 58,56    | 0,001031          |

Tabulka 4 stanovení Ca

## Závěr

Ve své profilové práci jsem se věnovala základnímu měření chemicko-fyzikálních parametrů, stanovování dusičnanů a tvrdosti vody, sběru blešivců a vytvoření informační brožurky pro místní obyvatele.

Našla jsem tedy a změřila parametry 5 pramenů na území Městišťské rokle. Snažila jsem se, aby byly prameny na co nejrozličnějších místech s odlišnými parametry, ale vzhledem k tomu, že jsem prameny zkoumala v jednom území, byly parametry samozřejmě velice podobné.

U každého pramenu jsem tedy změřila Ph, K, T a úspěšně odebrala vzorky na stanovení dusičnanů a tvrdosti. Vzorky jsem pak dále zkoumala v laboratoři na katedře analytické chemie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Protože jsem tuto práci dělala poprvé, musela jsem počítat s odchylkami, které také vznikly.

Odebrala jsem blešivce rodu Gammarus pro genetický výzkum, informace o pramenech poskytla na [www.estudanky.eu](http://www.estudanky.eu). Byla jsem moc ráda, že tyto prameny ještě nejsou v databázi zaznamenány a já mohu tímto přispět. Také jsem vytvořila brožurku pro místní obyvatele, aby si mohli získané informace přečíst.

Tato práce byla svým způsobem pro mne výzva, sice jsem některé parametry měřila již na Expedici 2016, ale i tak to bylo z velké části nové a o to víc jsem se toho naučila a беру to jako přínosné.

Během měření nebo při stanovování dusičnanů a tvrdosti vody jsem se postupně učila, jak látky fungují a co se stane, když zapomenou některý vzorek zakonzervovat nebo jak musím být po sedmi hodinách v laboratoři přesná, protože jinak to budu dělat znovu.

V dnešní době můžeme počítat s dobrou a chemicky upravenou vodou, která nám umožňuje vodu pít bez jakýchkoliv dalších úprav. Proto tedy není nutné umět zjistit si dusičnany ve vodě, ale myslím, že to byla velmi obohacující práce spjatá jak s chemií, tak ale i s biologií. Vodu bereme jako samozřejmost, ale jak už jsem se zmiňovala, stále je problém vodu nějakým způsobem skladovat, a pokud na to nevymyslíme nějaký systém, tak i v České republice nebo obecně v Evropě by to mohl být velmi náročný a diskutovaný problém.

## POUŽITÁ LITERATURA

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 3. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. ISBN 80-03-00525-6.

Zákon č. 164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon). In: *Sbírka zákonů*. 18. 5. 2001.

DRMOTA, Adam. *Vlastnosti minerálních vod lesních a neudržovaných pramenů v okolí Mariánských Lázní* [online]. 2007 [cit. 22. 6. 2017]. Dostupné z:

[http://archiv.prirodniskola.cz/profilove-prace/20122013/maturita\\_drmota\\_prameny\\_130701.pdf](http://archiv.prirodniskola.cz/profilove-prace/20122013/maturita_drmota_prameny_130701.pdf)

*ZÁKLADNÍ PRAKTIKUM Z ANALYTICKÉ CHEMIE* [online]. Praha, Katedra analytické chemie, Univerzita Karlova. 2004 [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~pcoufal/praktikum.pdf>.

RNDr. M. Matura, Mgr. K. Kudláček, D. Řehák, J. Slapnička, M. Eška, T.Kudláček, T. Jelšík, K. Zapletal, S. Chvosta. Základní chemický a fyzikální rozbor přírodních minerálních pramenů v okolí Mariánských Lázní, Gymnázium Přírodní Škola o.p.s, Expedice Tepelsko 2017