

# Fyzikálně – chemický srovnávací výzkum minerálních pramenů v okolí Mariánských Lázní

Závěrečná zpráva studentského projektu

(neucelená, první verze závěrečné zprávy)



Soukromé reálné gymnázium Přírodní škola, o. p. s.

Kolektiv autorů

Praha

2009

## **Poděkování**

Poděkování patří především RNDr. Markovi Maturovi, učiteli Přírodní Školy, který nás provázel po celou dobu našeho výzkumu, byl nám odborným konzultantem a zajistil nám spolupráci s přírodovědeckou fakultou, kde bychom jinak nemohli uskutečnit analýzy vybraných pramenů.

# Autoři

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Karel Kudláček</b> (6. ročník)    | vedení skupiny, chemická analýza          |
| <b>Veronika Šerksová</b> (3. ročník) | fyzikálně – chemická měření               |
| <b>Adam Drmota</b> (3. ročník)       | chemická analýza                          |
| <b>Jan Pokorný</b> (3. ročník)       | charakteristika nejbližšího okolí pramene |
| <b>David Kubec</b> (2. ročník)       | měření radioaktivity                      |

# **Obsah**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>PODĚKOVÁNÍ</b> .....  | <b>2</b>  |
| <b>AUTOŘI</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>OBSAH</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>ÚVOD</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>POPIS LOKALITY</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>METODIKA CHEMICKÝCH ROZBORŮ PRAMENŮ</b> .....                       | <b>10</b> |
| METODIKA ODBĚRU .....  | 10        |
| MĚŘENÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÝCH PARAMETRŮ .....                            | 10        |
| LABORATORNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA KATIONTŮ A ANIONTŮ .....                  | 10        |
| <b>VÝSLEDKY A DISKUSE</b> .....  | <b>12</b> |
| TEPLOTA .....  | 13        |
| EH .....   | 15        |
| PH .....   | 16        |
| KONDUKTIVITA .....   | 17        |
| RADIACE .....  | 19        |
| FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ PARAMETRY VYBRANÝCH BALENÝCH PITNÝCH VOD .....      | 20        |
| AAS (ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROFOTOMETRIE) .....                        | 22        |
| ICP – MS (HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM) ..... | 25        |
| HPLC (KAPALINOVÁ CHROMATOGRFIE) .....                                  | 28        |
| <b>ZÁVĚRY</b> .....  | <b>30</b> |
| FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ SROVNÁNÍ .....                                      | 30        |
| CHEMICKÁ ANALÝZA .....   | 30        |
| <b>PŘÍLOHY</b> .....   | <b>31</b> |
| <b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....  | <b>33</b> |

# Úvod

V horninovém nebo půdním prostředí vyplňuje voda společně se vzduchem, popřípadě i jinými plyny různé prostory. Téměř ve všech horninách jsou mikroskopické póry či mezery, které jsou schopny pojmout vodu. Právě voda, která se vyskytuje v takovýchto prostorách se nazývá vodou podzemní. Podzemní voda se v tekutém stavu vyskytuje i v poměrně velkých hloubkách v zemské kůře. Teoreticky je podmíněna spodní hranice propustnosti dosahem elastického pnutí v litosféře. Je omezena nejen hloubkou, do níž zasahují propustné horniny, ale i teplotou a tlakem. Kritickou pro výskyt podzemní vody je teplota 374 °C a tlak 218 Pa. Předpokládá se že podmínky pro výskyt podzemní vody jsou až asi do hloubek 10 km pod zemským povrchem. V přírodě se podzemní voda nevyskytuje nikdy úplně čistá, nýbrž vždy jako velmi zředěný roztok různých látek, do něhož jsou přimíšeny rozptýlené částice i dalších látek, které se ve vodě nerozpouštějí, jakož i mikroorganismy a bakterie. Minerální i organické látky se dostávají do podzemních vod během jejich oběhu v přírodě. Při prosakování povrchové a srážkové vody půdním profilem probíhá čistící proces, který se projevuje zadržováním anorganických i organických látek v těsných puklinách a průlinách. Důsledkem je postupná změna chemického složení vody a současně získávání nových vlastností tím, že voda působí jako rozpouštědlo na minerální látky obsažené v půdě, zejména v horninách.<sup>[1]</sup>

V podzemních vodách bývají obsaženy v relativně vyšších koncentracích kationty elektrolytů těchto látek: Ca, Mg, Na, K

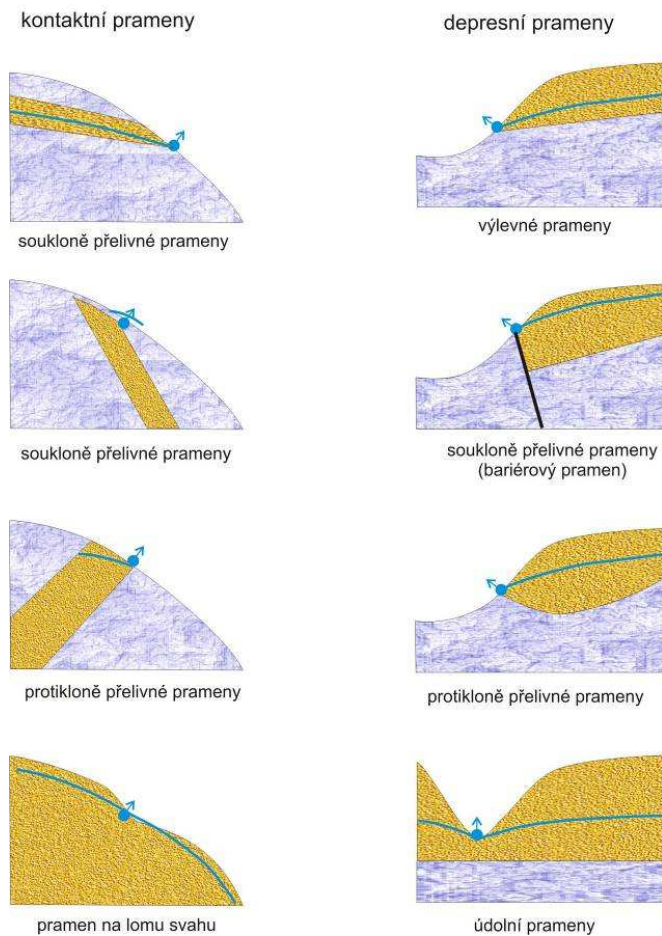
Méně pak: NH<sub>4</sub>, Mn, Fe, Al

Kromě toho mohou být v podzemních vodách obsaženy i kationty některých stopových látek, zejména: Ba, Li, As, Cu, Zn, Pb

Z často se vyskytujících aniontů elektrolytů tuhých látek jsou v podzemních vodách: sírany (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), chloridy (Cl<sup>-</sup>), dusičnany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), hydrogenuhličitan (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosforečnany (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), fluoridy (F<sup>-</sup>).<sup>[1]</sup>

V místě, kde hladina podzemní vody protíná zemský povrch, se nachází přírodní vývěr. Takováto místa se nazývají prameny.<sup>[2]</sup> Známe několik typů pramenů, které dělíme do dvou skupin: prameny kontaktní a prameny depresní. Podrobnější dělení zachycuje obrázek „základních typů pramenů podle klasifikace Schoellera“ (Obr. 1).

**Základní typy pramenů**  
podle klasifikace Schoellera (1955)



**(Obr. 1)** Vybrané základní typy pramenů<sup>[5]</sup>

(například německy psaná publikace „JUBILÄUMS-FESTSCHRIF DES MARIENBADER ÄRZTEVEREINS AUS ANLASS DER HUNDERT-JAHRFEIER MARIENBADS. 1808 – 1908, DRUCK VON CARL BELLMANN IN PRAG, ve které jsou zapsány chemické



**(Obr. 2)** Zachycení Obecního pramene blízko obce Čihaná

Prameny s minerálním charakterem musejí splňovat alespoň jedno z níže uvedených kritérií, aby bylo možné je opravdu považovat za minerální. Minerální vody se odlišují zvýšenými obsahy určitých rozpustných látek, zvýšenou radioaktivitou nebo zvýšenou teplotou. V ČR se tak označují vody, které obsahují v 1 litru nejméně 1 g rozpuštěných pevných látek, 1 g rozpuštěného plynného oxidu uhličitého, 10 mg železa, 5 mg jódu, 1 mg iontů aktivní síry, 0,7 mg arzenu, radioaktivita vyšší než 1,37 kBq dm<sup>3</sup>, teplota vyšší než 25°C.<sup>[2]</sup>

V kraji, kde leží města Mariánské Lázně, Teplá a Lázně Kynžvart, se nachází mnoho pramenů – minerálních i neminerálních. Některé jsou udržované (příklad udržovaného pramene – viz Obr.2) i často čištěné, ale také je zde mnoho pramenů, které brzy nebude možné dohledat ani podle mapy. Dříve se tyto minerálky hojně používaly k léčení, nebo i jen jakožto zdroj pitné vody. V době rozkvětu lázeňství existovalo také mnoho popisů pramenů, včetně jejich chemického složení (například německy psaná publikace „JUBILÄUMS-FESTSCHRIF DES MARIENBADER ÄRZTEVEREINS AUS ANLASS DER HUNDERT-JAHRFEIER MARIENBADS. 1808 – 1908, DRUCK VON CARL BELLMANN IN PRAG, ve které jsou zapsány chemické rozbory některých pramenů). Dnes je ale většina těchto dokumentů špatně dohledatelná. Doposud nebyla vytvořena práce zkoumající aktuální chemické složení zdejších pramenů, proto by měla tato práce srovnat přibližně dvacet minerálních pramenů (v okolí Mariánských Lázní) nejen mezi sebou, ale také srovnat tyto prameny s dnes stáčenými a prodávanými balenými minerálními vodami. Naměřená data by měla být jedním ze

zdrojů pro chystaného cyklistického průvodce a také by měla být poskytnuta v podobě této práce na mariánskolázeňský úřad.

V dnešní době, ačkoliv se to může zdát neuvěřitelné, když voda stále teče doma z kohoutku, ubývá pitné vody a to nejen ve světě, ale i v naší zemi. Je proto aktuální zdroje pitné vody udržovat a chránit. Je to jedna z nejdražších věcí, co můžeme mít.

Čím se tedy bude práce detailněji zabývat? Jaké jsou stanovené cíle?

- Vybrat podle mapy KČT cca 20 pramenů označených jako minerální
- Z každého vývěru odebrat vzorek pro naměření fyzikálně – chemických parametrů (K, pH, Eh, T)
- Vybrat max.10 pramenů pro podrobnější chemickou aniontovou a kationtovou analýzu
- Srovnat naměřené hodnoty mezi sebou a také s udávanými i naměřenými hodnotami balených prodáváných minerálek

## Popis lokality

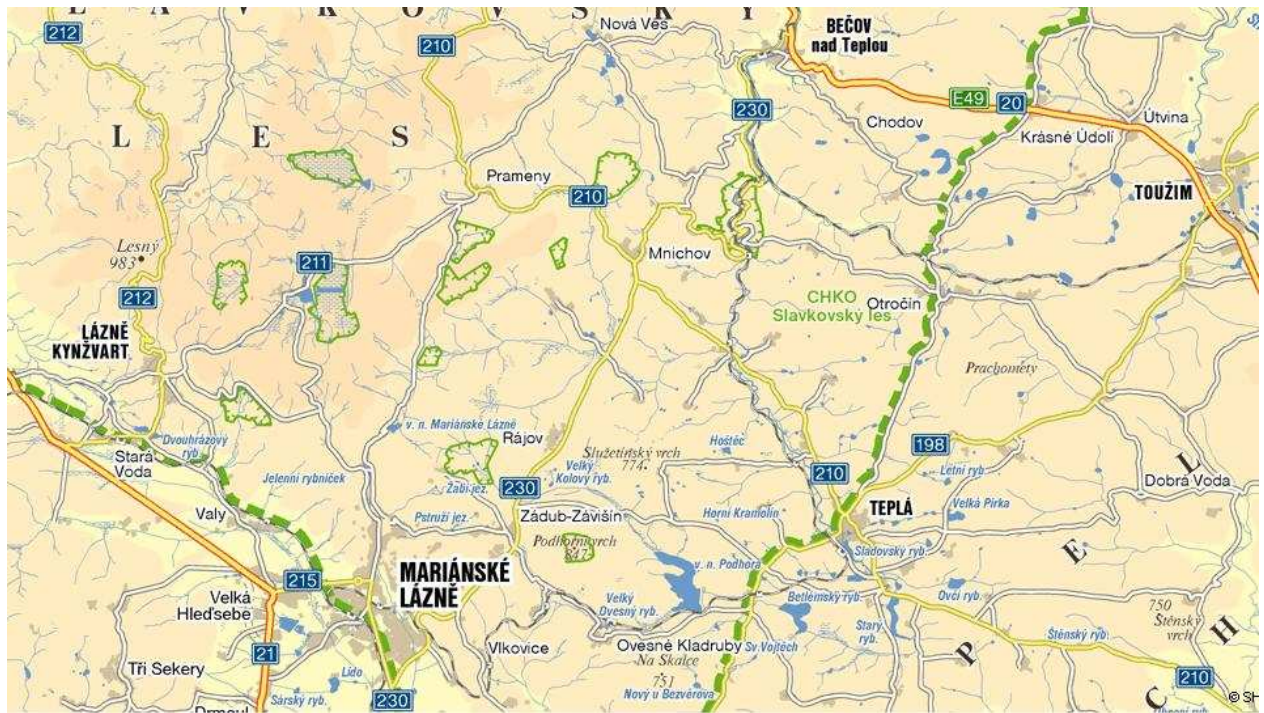
Zájmová oblast se nachází v západních Čechách, zhruba 40 km sz. od Plzně. Zahrnuje jižní část Slavkovského lesa (jižní polovina Hornoslavkovské vrchoviny), Tepelskou vrchovinu, západní část Bezdrůžické vrchoviny a Toužimské plošiny (KČT, 2002) (viz Obr. 3). Jedná se vesměs o dynamický terén. Nadmořské výšky se pohybují v rozmezí 520-980 m n.m. Nejvyšším bodem je vrch Lesný (982 m n.m.), 3 km severně od Lázní Kynžvart. Oblast je rozdělena řadou rozvodí. Podčeskoleská vrchovina (530 m n.m.) se nachází na jihu území, zatímco na sz. je nejnižší položené údolí Teplé (550-600 m n.m.).

Území je budováno dvěma geologickými jednotkami, které zhruba odpovídají geografickému členění. Na východě je to Tepelské krystalinikum, respektive jeho sz. část-mariánskolázeňský metabazitový komplex. Jsou zde zastoupeny dvojslídne biotitické ruly, migmatity svrchního proterozoika, tělesa hercynských granitoidů a třetihorní bazické vulkanity. Západní část zkoumané oblasti tvoří horniny Slavkovského krystalinika, zejména regionálně metamorfované granity svrchního proterozoika (slavkovské ortoruly) a amfibolity. Jižní část krystalinika je prorážena hercynskými granitoidy.

Jihozápadní část obou geologických jednotek je ohraničena mariánskolázeňským zlomem, který je hlavní tektonickou poruchou regionu. Vznikl pravděpodobně během alpínského horotvorného cyklu a hercynská kra Slavkovského lesa podle něj byla vyzdvižena asi o 200 m, což je dnes dobře patrné na strmých jz. svazích tohoto masivu. Další zlomy jsou víceméně kolmé na tuto strukturu, kterou kříží. Soustava tektonických poruch pak umožnila vznik menších neovulkanických těles v terciéru (Podhorní vrch) a kvartéru (Komorní hůrka). Také vývěry minerálních vod jsou vázány na systém zlomů a odrážejí někdejší vulkanickou činnost.

Z hydrologického hlediska je většina hornin v oblasti typická slabou, puklinovou propustností. Výjimku tvoří polohy kvartérních hlín a spraší a terciérní štěrkopísky s polohami jílu. Ty jsou vesměs nepropustné nebo jen slabě propustné. Vody minerálních pramenů patří svým složením mezi hydrogenuhlíčanové, sírano-sodné, železnaté minerálky. Celkové množství rozpuštěných látek (mineralizace) se u jednotlivých pramenů výrazně liší. Prameny jsou charakteristické vysokými obsahy oxidu uhličitého a nízkou vydatností (až na některé výjimky v Mariánských lázních). Jen vyjíměčně obsahují vody zdejších pramenů rozpuštěný sirovodík.<sup>[3], [4]</sup>





**(Obr. 3)** Zájmová oblast s prameny je ohraničena pěti obcemi: Mariánské Lázně, Lázně Kynžvart, Teplá, Mnichov, Prameny

# Metodika chemických rozborů pramenů

## Metodika odběru

Odebíráno bylo do plastových (PE) 100ml lahvíček z místa, kde byl evidentní výron minerální vody na povrch. Odebíráno bylo pokud možno pod hladinou. Fyzikálně-chemické parametry byly měřeny ihned po odebrání vzorku. Odběry pro podrobnější chemická měření byly odebrány pro každý pramen vždy dvakrát – jednou konzervovány 2 ml kyseliny dusičné konc. a do druhé nekonzervovány.

## Měření fyzikálně-chemických parametrů

Měření probíhalo ihned na místě. Místa odběru byla vybrána předem. Jednalo se o prameny minerální i neminerální. Odběry vzorků probíhaly odebráním do plastové (PE) lahvičky o objemu 100 ml a následným proměřením. Odběry byly prováděny ručně, cca 10 cm pod vodní hladinou. Lahvičky byly vždy před odběrem propláchnuty vodou (roztokem) z místa odběru. Do terénního denníku byly zaznamenávány aktuální klimatické podmínky, vzhled a charakter těsného okolí pramene, šířka odtoku. U všech vzorků byly měřeny následující parametry:

**pH** - měření bylo prováděno pomocí přenosného přístroje Greisinger GMH3530 s elektrodou Greisinger GE105

**Eh** - měření bylo prováděno pomocí přístroje Greisinger GMH3530 za použití elektrody GE014

**K** - konduktivita byla měřena pomocí stroje Greisinger 3410 s vestavěnou elektrodou.

**T** - u každého vzorku byla měřena teplota. Teplota byla měřena pomocí kovové elektrody připevněné k přístroji Greisinger GMH3530, tedy souběžně s měřením Eh nebo pH. Při měření teploty bylo nutné držet lahvičku za hrdlo.

V průběhu všech odběrů byla pomocí stroje GAMMA SCOUT kontinuálně měřena úhrnná radioaktivita  $\gamma+\beta+\alpha$ . Přístroj pracuje na principu Geiger-Mullerovy trubice, která je při měření celkové úhrnné radioaktivity zcela nezakrytá. Měření radioaktivity na dvou místech: v blízkosti zachyceného pramene (nebo prameniště) a cca 50 m libovolným směrem od pramene. Probíhalo celkem pět minut. Na konci každé minuty byla zaznamenána aktuální hodnota na displeji přístroje. Všechny hodnoty na konci měření byly zprůměrovány. Do terénního deníku byla z takto získaných údajů pro daný bod vypočtena a zapsána průměrná hodnota.

## Laboratorní chemická analýza kationtů a aniontů

Na základě nejvyšších i nejnižších hodnot konduktivity a pramenů určených pro propagaci pomocí geocachingu bylo vybráno celkem 9 pramenů pro chemickou analýzu kationtů a

aniontů. Nejvyšší hodnoty konduktivity vybraných pramenů se pohybují od 800 do 2850 uS.cm-1. Byl vybrán jeden pramen s výrazně nízkou hodnotou konduktivity (151 uS.cm-1). Odběry pro tuto analýzu byly prováděny v jeden den. U každého vybraného pramene byly odebrány vzorky do dvou 100 ml (PE) lahvíček. Jeden ze vzorků byl zakonzervován 1 ml 65% kyseliny dusičné pro stanovení kationtů. Druhý vzorek nebyl ničím konzervován. Byly odebrány i tři vzorky sedimentů: I) u pramene s nejvyšší konduktivitou, II) v prameništi, které nebylo pozměněno lidskou činností, III) u záchytu pramene, kde byl pramen sveden do dutého kmene a zastřešen. Paralelně s každým odběrem byly změřeny fyzikálně – chemické parametry (pH, Eh, K a T), které byly zaneseny do grafů, jako druhé měření. Vzorky byly analyzovány na přírodovědecké fakultě v Praze na Albertově v laboratoři.

Vzorky byly analyzovány pomocí AAS (atomová absorpční spektrofotometre) pro určení hlavních kationtů (sodík, vápník, hořčík, draslík, železo, mangan, křemík), metodou ICP (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem) pro stanovení stopových kationtů (Li, Zn, Al, Pb, atd.) a chromatografickou metodou HPLC (kapalinová chromatografie) pro určení aniontů.

## **Výsledky a diskuse**

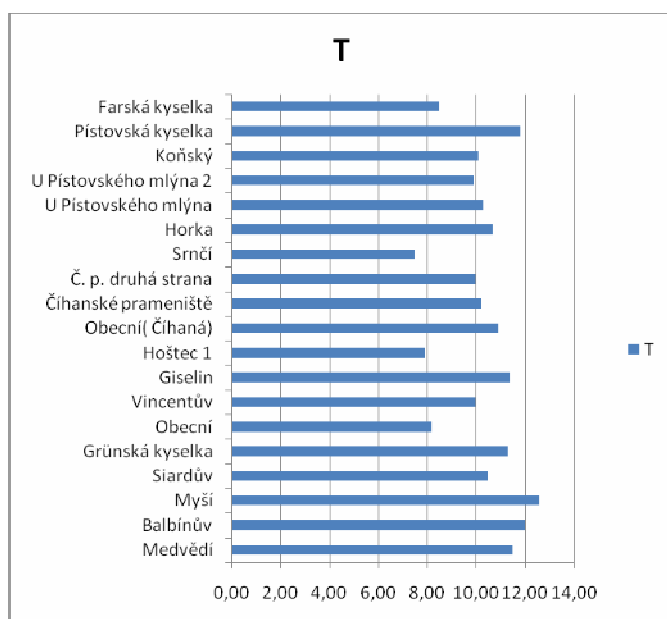
Výsledky shrnují níže uvedené grafy rozdělené podle měřeného parametru. U každého parametru (mimo měření radiace) jsou dva grafy, přičemž první zachycuje hodnoty všech měřených pramenů a druhý poukazuje na rozdíly hodnot u vybraných pramenů při prvním a druhém měření. Analytická měření aniontů a kationtů metodami AAS, ICP (kationty hlavní a stopové) a HPLC (anionty) jsou shrnuty také do grafů. Tyto grafy obsahují hodnoty získané z průměru tří, po sobě jdoucích měření a hodnoty procentuální odchylky jednotlivých měření od průměru. Pro jednodušší práci v laboratoři byly přiděleny jednotlivé kódy (P1 – P9) každému měřenému prameni: P1 – Obecní pramen u Čihané, P2 – Grünská kyselka, P3 – pramen u obce Hoštěc, P4 – Čihanské prameniště, P5 - Koňský pramen, P6 – Balbínův pramen, P7 – Siardův pramen, P8 – Pístovská kyselka, P9 – U Pístovského mlýna.

## Teplota

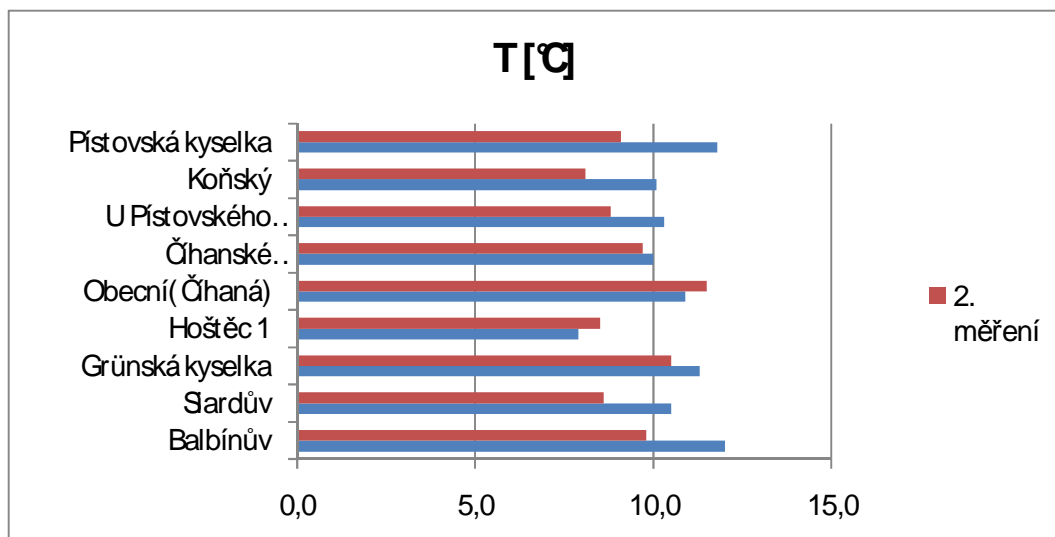
Průměrná teplota pramenů v oblasti je 10°C. Nejvyšší teplota nepřesáhla 13 °C (Myší pramen 12,6 °C) a nejnižší naměřená hodnota byla 7,5 °C (Srncí pramen) (viz Graf 1). Zajímavé je, že teplota vod se může výrazně lišit u pramenů, které se nacházejí v těsné blízkosti, jako je tomu v případě Myšího a Srncího pramene. Rozdíl může být způsoben tím, že teploty byly měřeny za odlišných klimatických podmínek.

„Teplota vod je také závislá na hloubce jeho napájení. Nejvíce kolísá teplota pramenů z malých hloubek; teplota pramenů z hloubek kolem 10 – 20 m je zpravidla stálá a odpovídá střední roční teplotě místa pramene.“<sup>[2]</sup>

Na základě těchto naměřených údajů se lze domnívat, že vody pramenů nepocházejí z hloubek přesahujících 10 m. Tomu by nasvědčovaly i rychlé změny teplot pramenů, které jsme zaznamenali při opakovaném měření (viz Graf 2). Přesto se u dvou pramenů i při opakovaném měření neprokázal příliš velký teplotní rozdíl (Hoštěc 1 a Obecní pramen - Číhaná). To ukazuje, že tyto dva prameny by mohly být napájeny z větší hloubky. Vzhledem k rozdílným teplotám pramenů v rámci dvou odběrových kampaní je možné se domnívat, že zdroj vody pro prameny není hlubinný. Je však možné že teplotu určuje povrchová voda, která se mísí s hlubinou, která přináší mnoho minerálů.



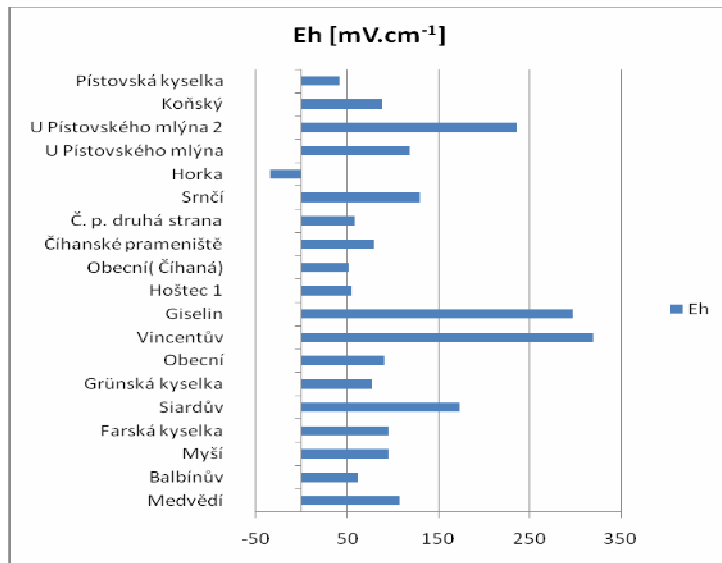
**(Graf 1)**, nejvyšší teplota nepřesáhla 13 °C (Myší pramen 12,6 °C) a nejnižší naměřená hodnota byla 7,5 °C (Srncí pramen)



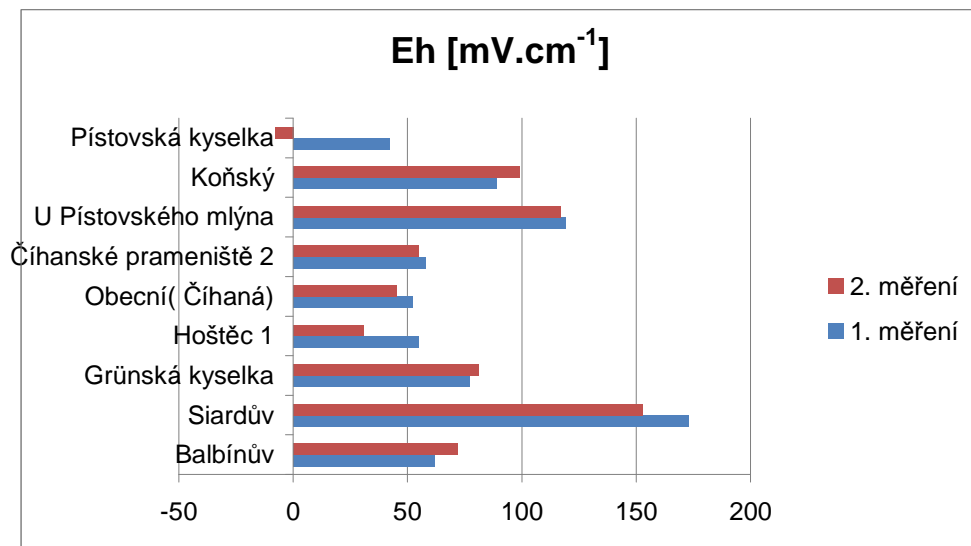
**(Graf 2)**, předpokládáme, že prameny pro velký teplotní výkyv nepocházejí z hloubek větších jak 10 m, je však možné že teplotu určuje povrchová voda, která se mísí s hlubinou, která přináší mnoho minerálů

## Eh

Vody navštívených pramenů měly převážně slabě oxidační vlastnosti. Vyšší hodnoty oxidačně-redukčního potenciálu měly: Vincentův pramen - 320 mV, Giselin pramen - 297 mV a Siardův pramen - 173 mV) a naopak nižší hodnoty (slabě redukční) měl pramen Horka - -34mV (viz Graf 3). Slabě redukční prostředí (viz Graf 3 a Graf 4) může být způsobeno vyšší koncentrací organických látek. Zdrojem těchto látek může být např. trus lesních zvířat. Vliv může mít i geologické podloží. Typicky vysoké koncentrace organického uhlíku jsou v rašeliništích (např. Smrad'och). Dalším faktorem, který přispívá ke snížení oxidačně-redukčního potenciálu je pravděpodobně přítomnost redukčních plynů jako je H<sub>2</sub>S.



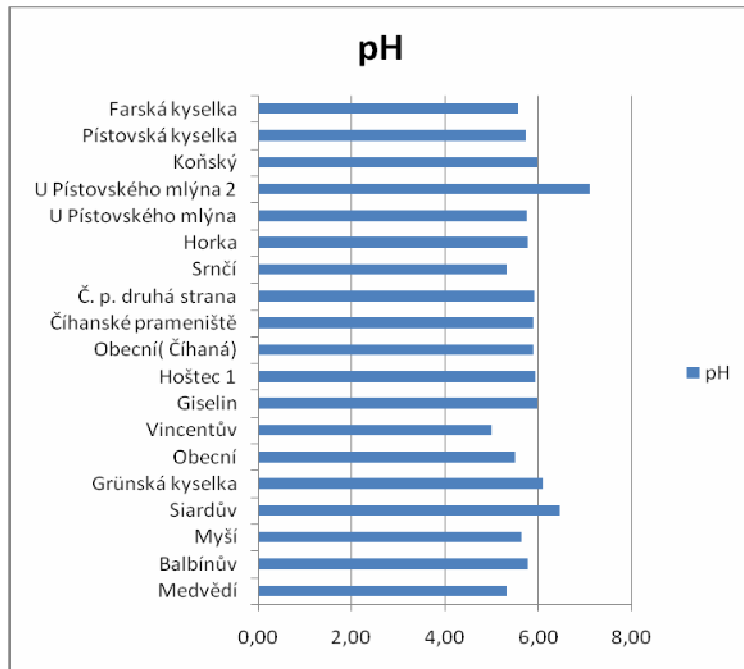
**(Graf 3)**, pramen Horka má spíše redukční vlastnosti, neštatní minerálky



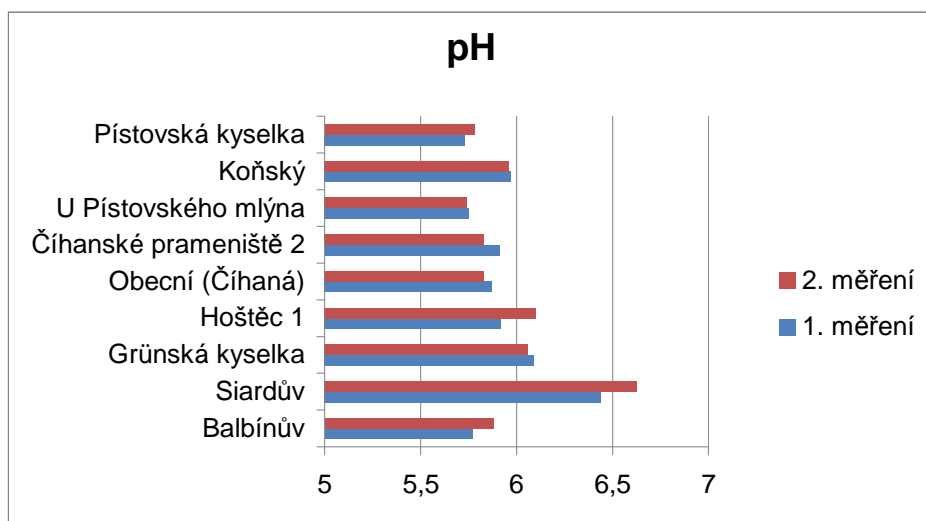
**(Graf 4)**, Pístovská kyselka má při druhém měření zjištěné slabě redukční vlastnosti, což může být spojeno s více organickými materiály z pastviny, která se nachází necelý metr od zachycení

## pH

Vody navštívených pramenů měly spíše kyselejší pH, jak je vidět na prvním grafu (viz Graf 5). Pohybovalo se okolo 5,8. Byl změřen i neminerální pramen; jeho pH bylo neutrální (U Pístovského mlýna II. - 7,09). Kyselejší hodnoty mohou být způsobeny vyšším obsahem kyselého plynného sirovodíku (tvoří kyselejší prostředí) a kyselého oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), z kterého může vzniknout kyselina uhličitá ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).



**(Graf 5),** prameny minerální jsou spíše kyselejší, naopak neminerální pramen (U Pístovského Mlýna II.) je spíše neutrální

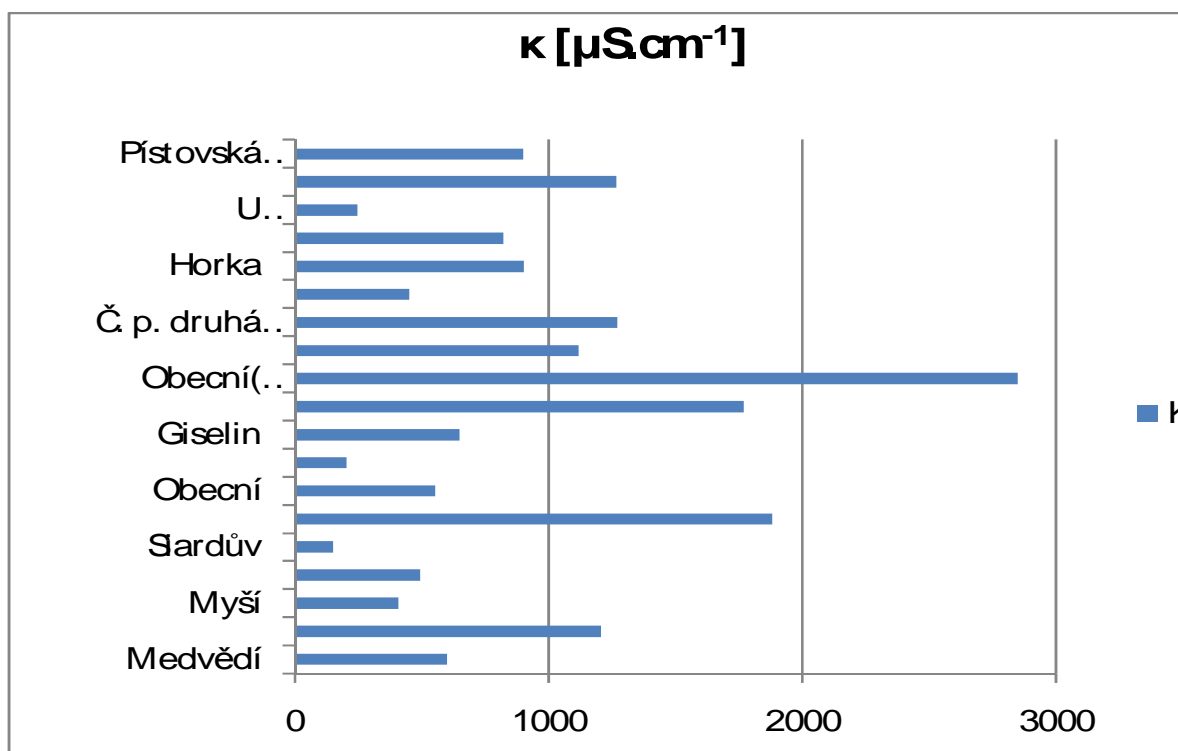


**(Graf 6),** pramen Siardův je méně kyselý než ostatní, což může být dáno jeho „minerální chudostí“

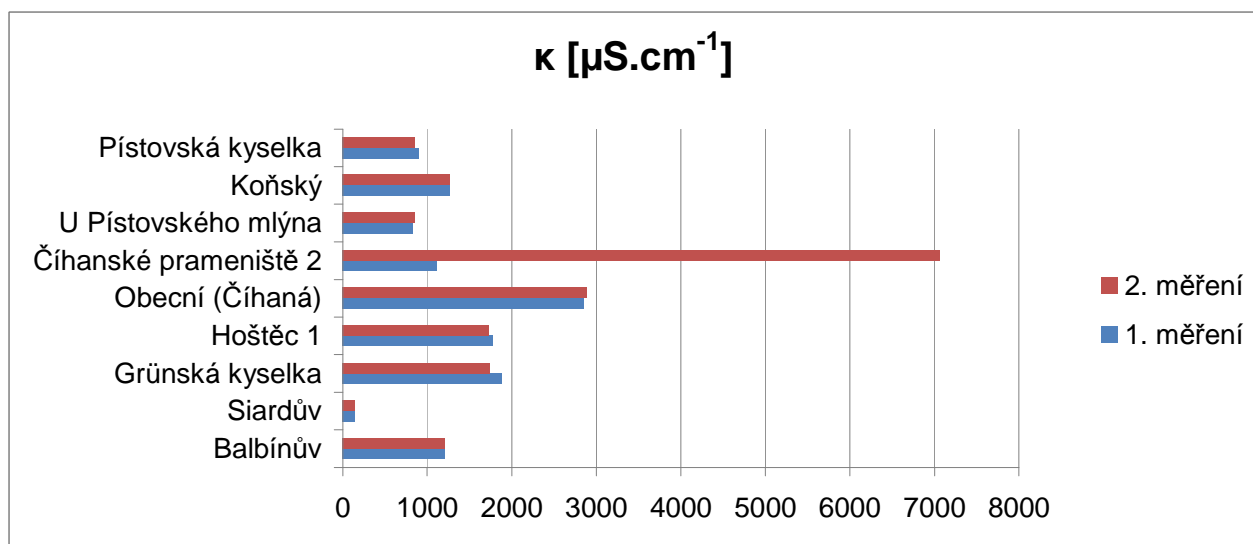


## Konduktivita

Nejnižší naměřená vodivost byla u Siardova pramene ( $151 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Naopak nejvyšší hodnota prvního měření byla naměřena u Obecního pramene (Číhaná) ( $2850 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (viz Graf 7). Příčinou vyšší hodnoty může být zvýšený obsah minerálů, jelikož se pramen nacházel uprostřed pastvin a byl volně přístupný zvěři. Je také možné, že pramen je hlubinný (podle naměřených hodnot teploty). Proto se povrchová a srážková voda nejen pročišťuje při vsakování půdním profilem, ale také rozpouští mnoho minerálních látek a odnáší je s sebou,<sup>[1]</sup> což pak vysvětluje tak vysokou vodivost. Vysoká vodivost také může souviset s geologickým podložím (například pokud by vody protékaly skrze zásadité podloží, spíše kyselý charakter vody by podloží více rozpouštěl, tudíž by byla konduktivita vyšší). Celkově byly hodnoty velmi proměnlivé. Nečekaně vysoká hodnota byla naměřena na Čihařském prameništi (Obr. 4) během druhého měření ( $7070 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (viz Graf 8). Takto velký nárůst může být způsoben nezachycováním do umělé jámky, protože v uměle zachycených vývěrech je minimální pravděpodobnost, že se uvolní látka, která by takto změnila parametry.



**(Graf 7)**, nejnížší naměřená vodivost byla u Siardova pramene ( $151 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Naopak nejvyšší hodnota prvního měření byla naměřena u Obecního pramene (Číhaná) ( $2850 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )



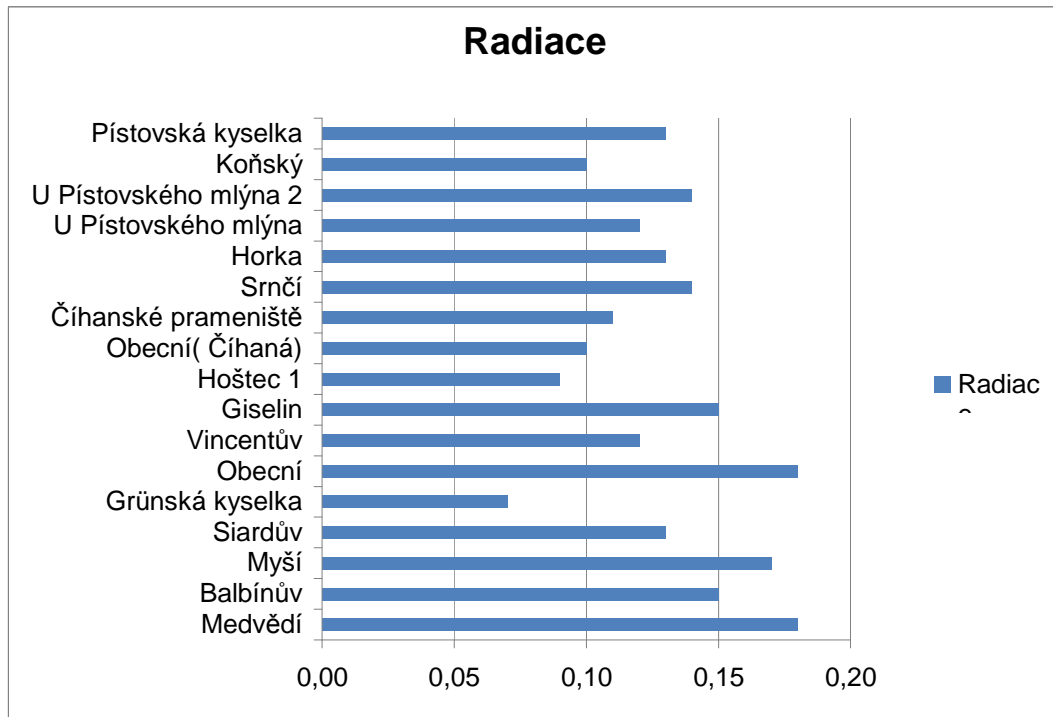
**(Graf 8)**, nečekaně vysoká hodnota byla naměřena na Čihařském prameništi během druhého měření ( $7070 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).



**(Obr. 4)**, Čihanské prameniště, místo s nejvyšší naměřenou hodnotou konduktivity ( $7070 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )

## Radiace

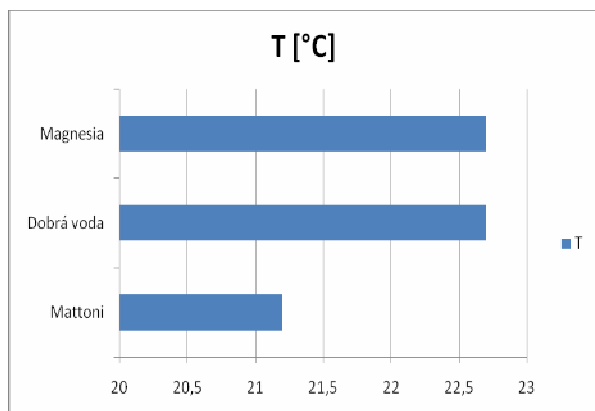
Naměřené hodnoty radiace se pohybovaly od  $0,07 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  (Grünská kyselka) do  $0,18 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  (Medvědí a Obecní pramen) (viz Graf 9). V celé oblasti nebyly naměřeny zvýšené hodnoty radioaktivity. Hodnoty se pohybují hluboko pod mezí, kterou stanovuje norma ( $0,4 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ )



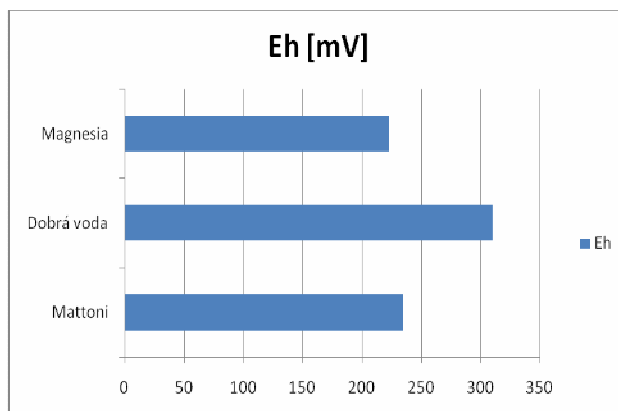
**(Graf 9)**, Všechny naměřené hodnoty radiace jsou hluboko pod hygienickou normou

## Fyzikálně chemické parametry vybraných balených pitných vod

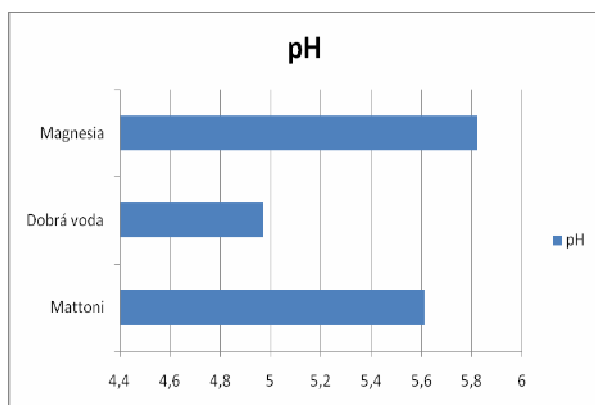
Pro srovnávání minerálních pramenů s balenými pitnými vodami byly vybrány dvě minerálky a jedna pramenitá voda (Magnesia, Mattoni, Dobrá voda).



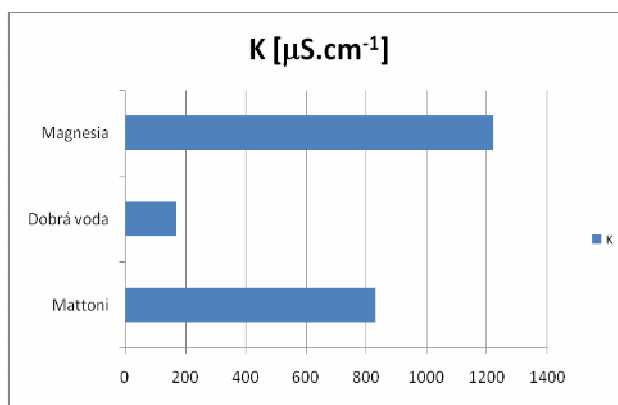
**(Graf 10)** teplota může ovlivňovat další měřené parametry



**(Graf 11)** Eh – nejvyšší hodnoty dosahuje Dobrá voda



**(Graf 12)** pH – relativně kyselé prostředí obsahuje Dobrá voda



**(Graf 13)** minerální vody mají vysoký obsah anorganických látek, což se ukazuje na konduktivitě

Teploty balených vod jsou dány okolní teplotou, kde se vody v době měření nacházely. Podle tohoto parametru je možné vyvodit případné odchylky v následujících měřeních. Na teplotě je závislé např. Eh, které se při změně teploty bude měnit také. (viz Graf 10)

Prameny, které se blíží svými vlastnostmi minerálnímu charakteru mají hodnoty podobné hodnotám balených minerálek. Důvodem je oblast, ze které balené minerálky pocházejí, totiž Karlovarský kraj. Dokonce minerální voda Magnesia je stáčená ve zkoumané lokalitě, poblíž obce Mnichov. Prameny mají tedy velmi podobné hodnoty fyzikálně – chemických parametrů.

Naopak prameny, které se blíží svými naměřenými hodnotami spíše „obyčejné“ pramenité vodě jsou blízké baleným pramenitým vodám (např. Siardův pramen je velice blízký svým charakterem prodávané Dobré vodě).

Konduktivita měřených balených minerálek je blízká hodnotám měřených minerálních pramenů v okolí Mariánských Lázní (viz Graf 13). Konkrétně konduktivita prodávané minerálky Mattoni a Magnesia dosahují hodnoty  $830 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a  $1220 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , což je blízké Balbínovu prameni ( $1207 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), Čihanskému prameništi ( $1120 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), Koňskému prameni ( $1269 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), prameni Horka ( $906 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), Pístovské kyselce ( $901 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) a prameni U Pístovského mlýna ( $825 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Daleko více „mineralizovanými“ prameny podle konduktivity jsou prameny: Obecní Čihanský pramen ( $2850 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), Grünská kyselka ( $1882 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) a pramen u obce Hoštěc ( $1772 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Naopak prameny, které se blíží konduktivitou balené Dobré Vodě ( $169,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) jsou: Siardův pramen ( $151 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), Vincentův pramen ( $205 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) a pramen U Pístovského mlýna II. ( $247 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (viz Graf 7).

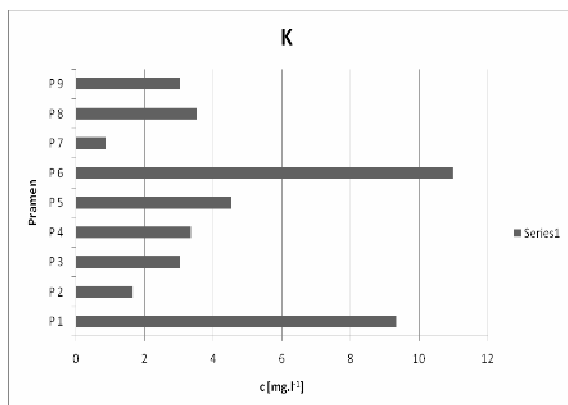
Mnohé ze zmíněných pramenů podobných svou hodnotou konduktivity Dobré Vodě mohou nabývat minerálního charakteru např. rozpuštěným obsahem oxidu uhličitého, jehož stanovení nebylo součástí výzkumu. Také Vincentův pramen může mít zkreslené hodnoty, poněvadž do nezakrytého bazénku s vyvěrající vodou může stékat okolní dešťová voda, která minerálku naředí, čímž klesne konduktivita pramene.

Hodnota pH obou balených minerálek (Mattoni pH 5,61, Magnesia pH 5,82) je velice blízká měřeným minerálním pramenům. Naopak pH hodnota pramenů, které se hodnotou konduktivity blíží spíše balené Dobré Vodě, je spíše neutrální až slabě zásadité, což se liší od hodnoty pH naměřené u Dobré Vody (4,97) (viz Graf 12).

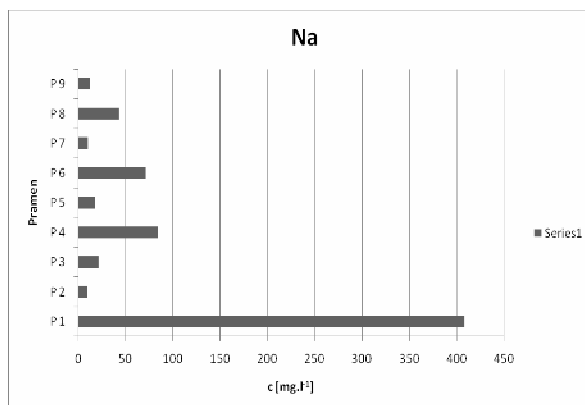
Měření Eh parametru je u měřených minerálních pramenů vyšší, než u minerálních balených vod. Existují zde ale tři výjimky pramenů, jejichž konduktivita se blíží „obyčejné“ pramenité balené vodě (viz Graf 3). Tyto mají pak hodnotu Eh spíše podobnou balené Dobré Vodě, narozdíl od minerálních pramenů v oblasti a balených minerálek Mattoni a Magnesia (viz Graf 11).

## AAS (atomová absorpční spektrofotometrie)

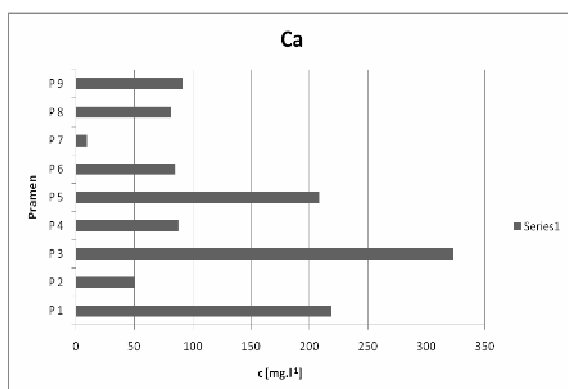
Chemická analýza pomocí atomové absorpční spektrofotometrie měřila kvalitu a kvantitu hlavních a některých stopových kationtů: K, Na, Ca, Mg, Mn, Fe, Al, Si. Všechny hodnoty jsou měřeny v  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .



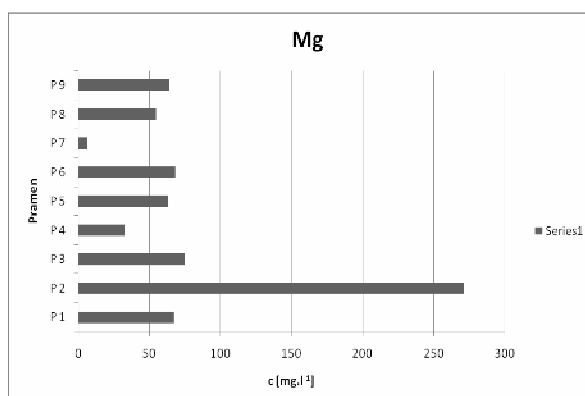
(Graf 14) draslík



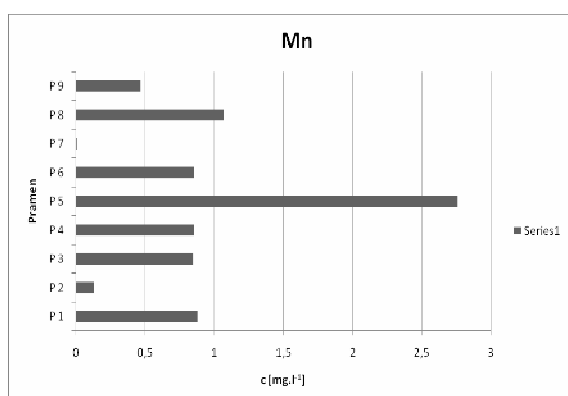
(Graf 15) sodík



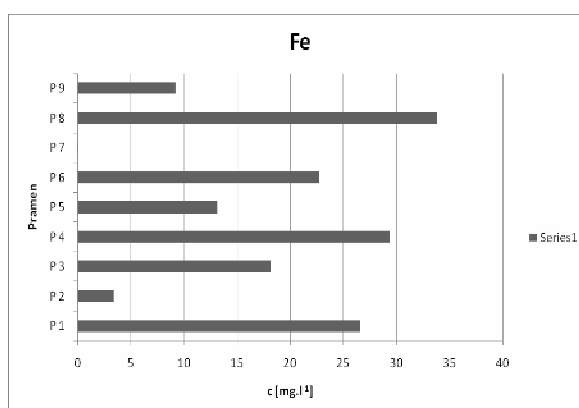
(Graf 16) vápník



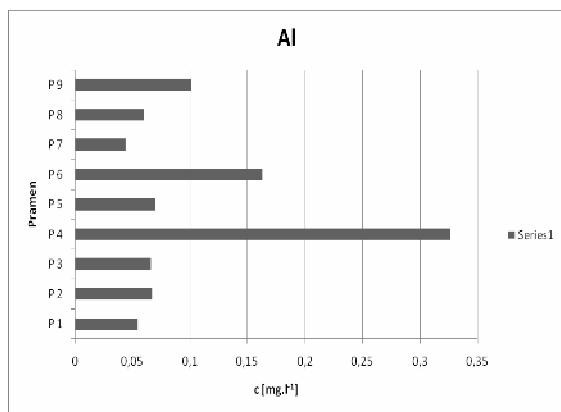
(Graf 17) hořčík



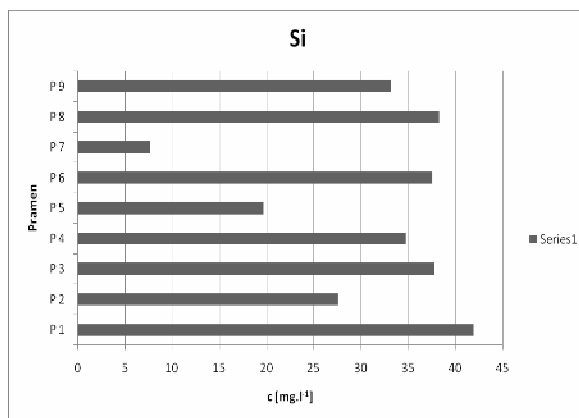
(Graf 18) mangan



(Graf 19) železo



**(Graf 20) hliník**



**(Graf 21) křemík**

Sodík a draslík jsou prvky velmi podobné, proto je pravděpodobný výskyt i draslíku, pokud je hojně zastoupen sodík.<sup>[6]</sup> Svoji železnatost a vápenatost může mít pramen ze svého hlubinného zdroje.

Měření konduktivity ukázalo pramen P1 (neboli Obecní pramen u Číhané) jako nejvíce mineralizovaný, čemuž také většina grafů obsahu kationtů odpovídá. Tento pramen obsahuje mnoho draslíku (9,334 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 14), nejvíce sodíku z naměřených hodnot (408,65 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 15), dále také mnoho vápníku (219 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 16) a železa (26,5 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 19) a nakonec i křemíku (41,903 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 21). Vysoký obsah sodíku může být způsoben vsakujícími se výkaly chované zvěře z blízké pastviny.

V malých koncentracích je železo běžnou součástí vod. Koncentrace železa obvykle převyšuje koncentraci manganu. V povrchových vodách se železo většinou vyskytuje v setinách až desetínách mg.l<sup>-1</sup>. Koncentrace železa ve vodách podzemního původu bývá asi 0,196 – 0,723 mg.l<sup>-1</sup>. U vod povrchového původu bývá koncentrace železa asi 0,036 – 0,453 mg.l<sup>-1</sup>. Minerální vody s obsahem železa větším než 10 mg.l<sup>-1</sup> se nazývají železnaté.<sup>[6]</sup>

Koncentrace hliníku v prostých podzemních a povrchových vodách se obvykle pohybují v setinách až desetínách mg.l<sup>-1</sup>. V minerálních vodách se vzhledem k jejich složení nacházejí koncentrace hliníku jen v setinách nebo desetínách mg.l<sup>-1</sup>. Zcela výjimečně jsou koncentrace vyšší než 1,0 mg.l<sup>-1</sup> (např. Křížový pramen v Mariánských Lázních má při hodnotě pH 6,1 koncentraci 2,5 mg.l<sup>-1</sup>).<sup>[6]</sup>

Dalším zajímavým pramenem je P6 (neboli Balbínův pramen). Pramen nese vysoké hodnoty draslíku (10,992 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 14) a naopak nižší koncentrace sodíku (71,74 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 15). Zde se vyvrací pravidlo o zastupování obou prvků pohromadě.

Nejvyšší koncentrace hořčíku (271,57 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 17) byla naměřena na prameni P2 (Grünská kyselka). Tento pramen má mj. také jedny z nejnižších obsahů železa (3,4 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 19) a manganu (0,13 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 18). Na prameni P4 (Číhanské prameniště) byla naměřena nejvyšší koncentrace hliníku (0,32 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 20).

V prostých podzemních a povrchových vodách je hmotnostní koncentrace vápníku obvykle několikanásobně vyšší než hmotnostní koncentrace hořčíku a někdy se poměr Ca:Mg blíží i 10. Běžné jsou hmotnostní poměry Ca:Mg kolem 4. U minerálních vod se hodnota poměru Ca:Mg zmenšuje.<sup>[6]</sup>



Koncentrace manganu ve vodách podzemního původu bývá asi  $0,041 - 0,209 \text{ mg.l}^{-1}$ . U vod povrchového původu bývá koncentrace manganu asi  $0,014 - 0,136 \text{ mg.l}^{-1}$ .<sup>[6]</sup>

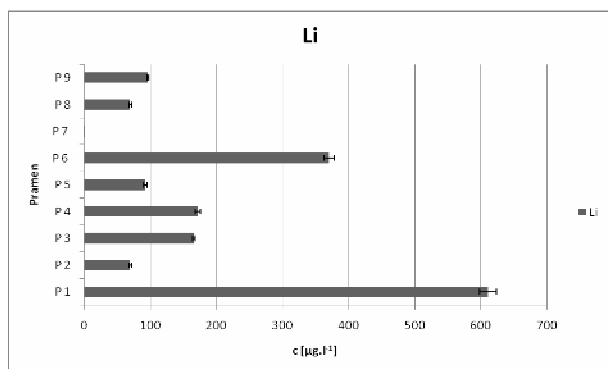


**(Obr. 5),** *Obecní pramen u obce Číhaná*

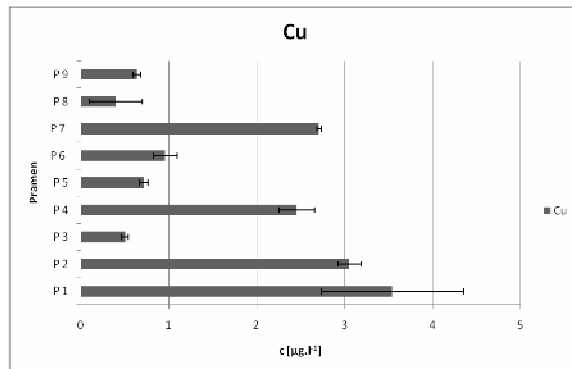


## ICP – MS (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem)

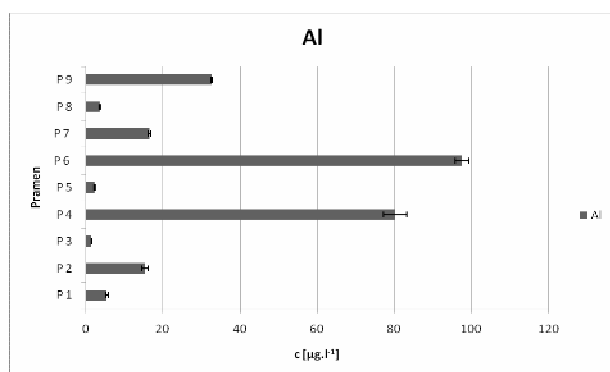
Pomocí tohoto přístroje byly měřeny především stopové kationty: Li, Al, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Ag, Pb, U. Všechny hodnoty jsou měřeny v „ppb jednoho gramu na jeden litr“, neboli též v  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Níže uvedené grafy kromě šedého sloupce, ukazujícího hodnotu, ukazují také procentuálně vyjádřenou možnou odchylku (%RSD), která je zobrazena černou úsečkou na konci každého sloupce.



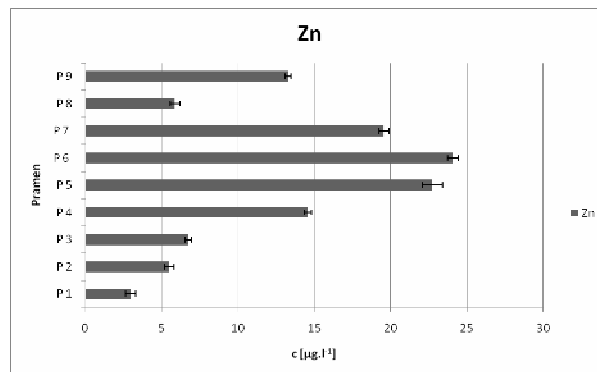
(Graf 22) *Lithium*



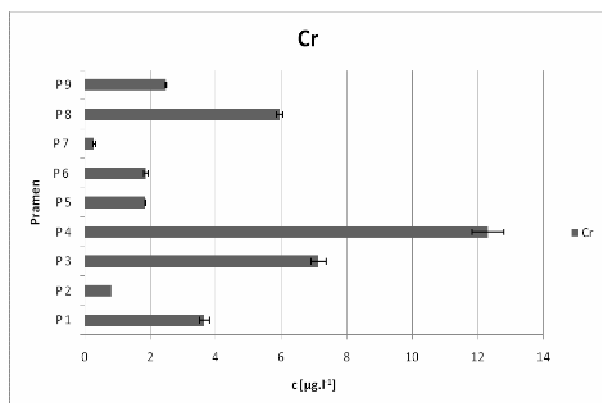
(Graf 23) *měď*



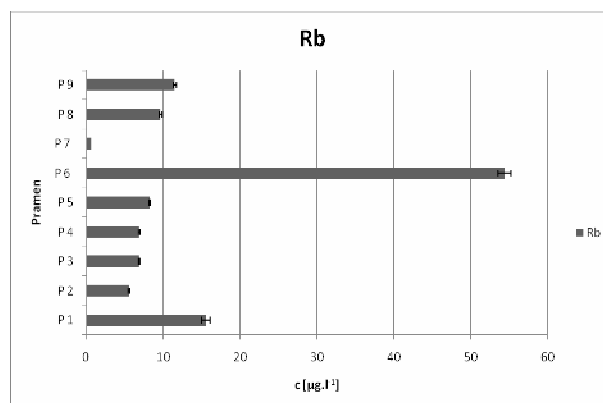
(Graf 24) *hliník*



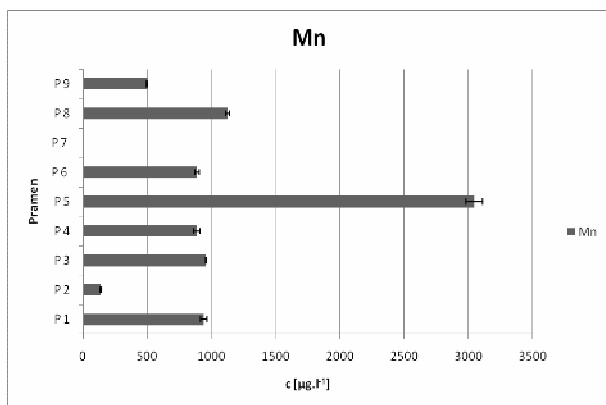
(Graf 25) *zinek*



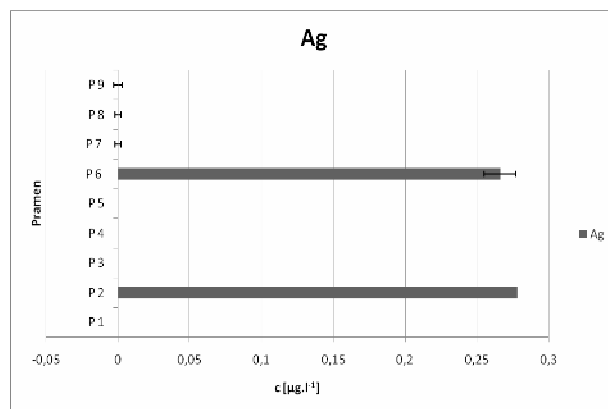
(Graf 26) *chróm*



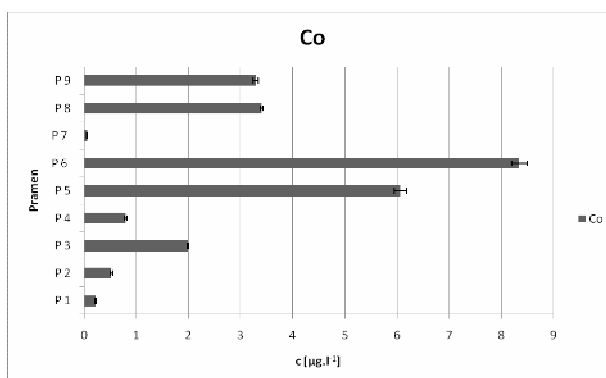
(Graf 27) *rubidium*



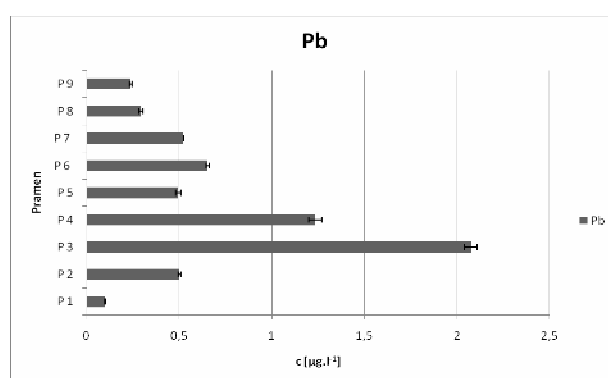
(Graf 28) mangan



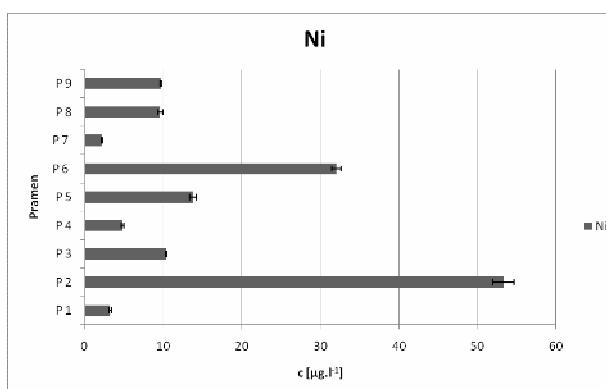
(Graf 29) stříbro



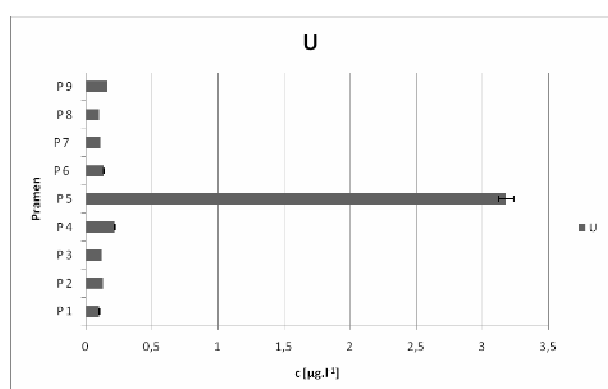
(Graf 30) kobalt



(Graf 31) olovo



(Graf 32) nikl



(Graf 33) uran

Nejvyšší koncentrace lithia byla naměřena u pramene P1 (obecní Čihanský pramen) ( $611,2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 22). Pramen také obsahuje vyšší koncentrace rubidia ( $15,58 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 27) a mědi ( $3,54 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 23).

Prvky lithium a rubidium obvykle doprovázejí v menších koncentracích prvky sodík a draslík.<sup>[6]</sup>

Vysoká koncentrace lithia byla naměřena na prameni P6 (Balbínův pramen) ( $370,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 22), kde koncentrace rubidia dosahuje hodnoty  $54,37 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (viz Graf 27). To je také nejvyšší naměřená hodnota rubidia.

Koncentrace hliníku jsou podobné jako byly hodnoty v měření přístrojem AAS (předchozí kapitola) (P4 – Číhanské prameniště  $80,28 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , P6 – Balbínův pramen  $97,59 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  (viz Graf 24).

Koncentrace zinku v minerálních pramenech se od sebe navzájem příliš neliší, pouze pramen P1 (obecní Číhanský pramen) nedosahuje ani hodnoty  $3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (viz Graf 25).

Za průměrné přirozené pozadí zinku v podzemních vodách lze považovat koncentrace asi do  $150 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .<sup>[6]</sup>

Nejvyšší koncentrace chromu byla naměřena u pramene P4 (Číhanské prameniště), kde hodnota dosáhla  $12,31 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

Koncentrace manganu byla naměřena  $7,12 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  na prameni P7 (Siardův pramen), jako nejnižší hodnota a naopak nejvyšší koncentrace na prameni P5 (Koňský pramen) dosahuje více než tři tisíc ( $3044 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 28).

Zvýšená koncentrace železa bývá doprovázena také zvýšenou koncentrací manganu. Manganu bývá obvykle méně než železa.<sup>[6]</sup>

Koncentrace stříbra se u všech pramenů, až na dvě výjimky, drží téměř nulových hodnot. Pramen P2 (Grünská kyselka) a P6 (Balbínův pramen) dosahují koncentrace okolo jedné čtvrtiny jednoho mikrogramu (P2 obsahuje  $0,278 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , P6 obsahuje  $0,266 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 29).

Stříbro patří mezi toxické kovy. Proto je jeho koncentrace v pitné vodě omezena nejvyšší mezní hodnotou  $0,05 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , jejíž překročení vylučuje užití vody jako vody pitné.<sup>[6]</sup>

Nejvyšší koncentrace kobaltu byla naměřena u pramene P6 (Balbínův pramen) ( $8,34 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a P5 (Koňský pramen) ( $6,06 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Naopak téměř nulová koncentrace byla naměřena na prameni P7 (Siardův pramen) ( $0,05 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 30).

Koncentrace olova jsou celkově nízké (od  $0,09 - 2,07 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 31). Povolená norma koncentrace olova v podzemních vodách ČR je asi  $15 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .<sup>[6]</sup>

Poměrně vysoká koncentrace niklu byla naměřena u pramene P3 (pramen u obce Hoštěc) ( $53,34 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) (viz Graf 32).

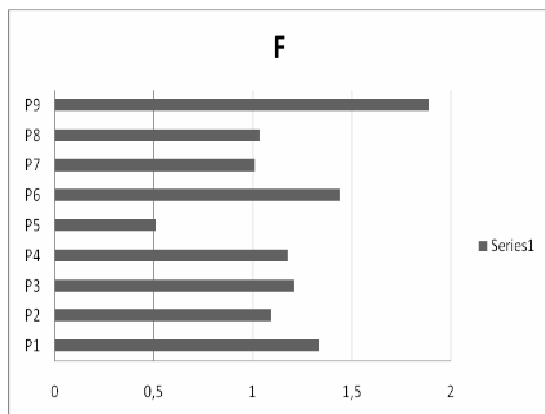
V plněných minerálních vodách v ČR se nacházejí koncentrace niklu od  $0,03 - 10 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Výjimku činí minerální voda Magnesia, obsahující niklu přes  $100 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .<sup>[6]</sup>

Pramen se zvýšeným obsahem niklu se nachází poměrně blízko obce Mnichov, kde se stáčí minerální voda Magnesia, hodnoty proto mohou být podobné.

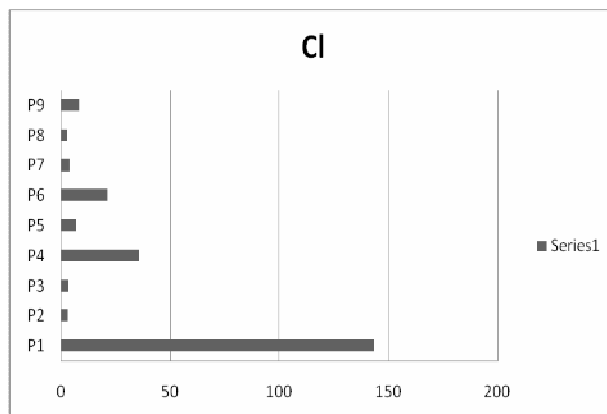
Koncentrace uranu je u měřených pramenů velice podobná. Výjimku tvoří pramen P5 (Koňský pramen), který obsahuje  $3,18 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (viz Graf 33).

## HPLC (kapalinová chromatografie)

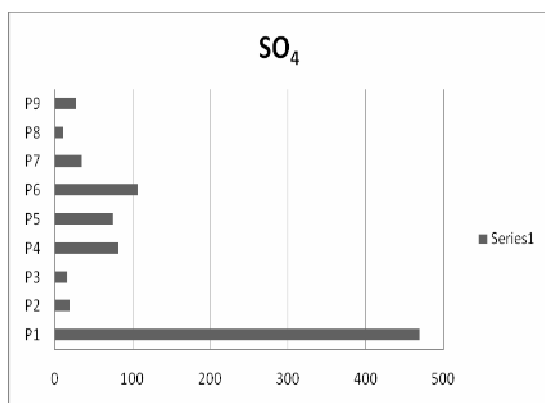
Analyzovány byly tyto anionty F, Cl, SO<sub>4</sub>, PO<sub>3</sub>. Všechny hodnoty jsou měřeny v mg.l<sup>-1</sup>.



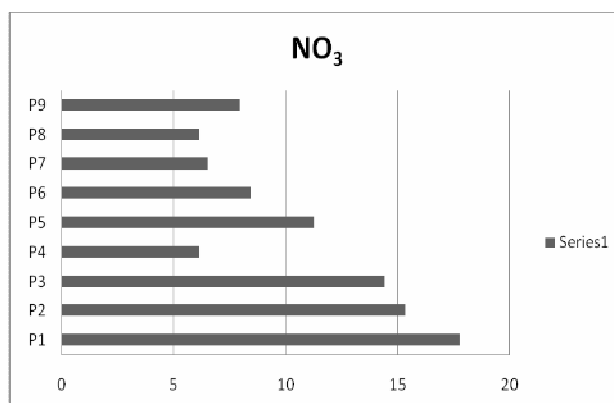
(Graf 34) *fluoridy*



(Graf 35) *chloridy*



(Graf 36) *sírany*



(Graf 37) *dusičnany*

Koncentrace fluoridů se v podzemních vodách obvykle dosahuje setin a desítek mg.l<sup>-1</sup>. Velmi zřídka lze najít i koncentrace přes 1 mg.l<sup>-1</sup>. Průměrná koncentrace fluoridů v pitných vodách podzemního původu v osmi regionech ČR byla asi 0,23 mg.l<sup>-1</sup>. Obzvláště bohaté na fluoridy jsou některé plněné minerální vody, kde se koncentrace pohybuje až v jednotkách mg.l<sup>-1</sup> (např. Mattoniho kyselka obsahuje až 3,48 mg.l<sup>-1</sup>, Mlýnský pramen v Karlových Varech až 6,69 mg.l<sup>-1</sup>). Karlovarské minerální vody obsahují průměrně asi 2 mg.l<sup>-1</sup> fluoridů. Naopak prameny v okolí Mariánských Lázní jsou na fluoridy velmi chudé. Jejich koncentrace obvykle nepřesahuje 0,5 mg.l<sup>-1</sup>.<sup>[6]</sup>

Nejvyšší koncentraci fluoridů lze najít u pramene P9 (U Pístovského mlýna), kde pramen obsahuje 1,8 mg.l<sup>-1</sup> (viz Graf 34). Zdejší prameny jsou na fluoridy chudé, což potvrzuje i literatura, avšak koncentrace přesahuje koncentrace 0,5 mg.l<sup>-1</sup>, které literatura udává.

Chloridy patří spolu s hydrogenuhličitanu, sírany a dusičnany mezi základní anionty vyskytující se v přírodních vodách. V podzemních vodách dosahuje koncentrace chloridů jednotek až desítek mg.l<sup>-1</sup>, v minerálních vodách může koncentrace dosáhnout až i několika tisíc mg.l<sup>-1</sup>. Průměrná koncentrace chloridů v pitných podzemních vodách osmi regionech v ČR dosahuje průměrné koncentrace 24 mg.l<sup>-1</sup>. Koncentrace chloridů minerálních pramenů

na mariánskolázeňsku jsou velice rozmanité (asi od 20 mg.l<sup>-1</sup> až asi 1100 mg.l<sup>-1</sup>).<sup>[6]</sup>

Koncentrace chloridů se pohybují v rozmezí od 2,8 až 143,52 mg.l<sup>-1</sup> (viz Graf 35). Koncentraci 143,52 mg.l<sup>-1</sup> lze najít u pramene P1 (obecní Číhanský pramen). Tento pramen obsahuje také téměř polovinu gramu sodíku.

Spolu s hydrogenuhličitaný a chloridy (popř. dusičnany) patří mezi hlavní anionty přírodních vod, zpravidla v pořadí kvantitativního zastoupení HCO<sub>3</sub> – SO<sub>4</sub> – Cl – SO<sub>4</sub> – HCO<sub>3</sub> – Cl resp. HCO<sub>3</sub> – Cl – SO<sub>4</sub>. V pitných vodách ČR povrchového původu byla průměrná koncentrace síranů asi 50 mg.l<sup>-1</sup> a v pitných vodách podzemního původu asi 70 mg.l<sup>-1</sup>. Zvláště bohaté na sírany jsou některé minerální vody. V oblasti Mariánských Lázní se vyskytují minerální vody obsahující až 3200 mg.l<sup>-1</sup> síranů (pramen Ferdinand I).<sup>[6]</sup>

Koncentrace síranů se pohybuje v relativně vyrovnaných hodnotách, kromě pramene P1 (obecní Číhanský pramen) s koncentrací 469,39 mg.l<sup>-1</sup> (viz Graf 36). Trend vysoké koncentrace síranů minerálních vod na mariánskolázeňsku, který udává literatura, se zde objevuje pouze v omezené míře (prameny mají průměrnou koncentraci síranů asi 50 mg.l<sup>-1</sup>, kromě pramene P1).

Dusičnany se vyskytují téměř ve všech vodách a patří mezi čtyři hlavní anionty. Jejich koncentrace neustále vzrůstají v důsledku vzrůstajícího počtu obyvatel a zemědělské činnosti. Průměrná koncentrace dusičnanového dusíku v pitných vodách podzemního původu v osmi regionech ČR byla 3,92 mg.l<sup>-1</sup>, v pitných vodách povrchového původu v osmi regionech ČR byla koncentrace dusičnanového dusíku 3,26 mg.l<sup>-1</sup>. Je nutné však dodat, že v koncentracích jsou značné rozdíly a že téměř u 10 % vzorků byla překročena koncentrace N – NO<sub>3</sub> 11 mg.l<sup>-1</sup>. Minerální vody jsou na dusičnany chudé a vzhledem k velmi nízkým koncentracím se často ani nestanovují.<sup>[6]</sup>

Koncentrace dusičnanů se pohybuje v rozmezí 6,15 až 17,74 mg.l<sup>-1</sup>. Koncentrace jsou velmi vyrovnané, přesto nejvyšší koncentrace dosahuje pramen P1 (obecní Číhanský pramen) (17,74 mg.l<sup>-1</sup>) (viz Graf 37). Tento pramen se nachází blízko pastviny, proto tato koncentrace může být zapříčiněna exkrementy chované zvěře.<sup>[6]</sup> Tento pramen má také zvýšenou koncentraci sodíku, chloridů a síranů. Naopak pramen P8 (Pístovská kyselka) se nachází také mezi pastvinami a její koncentrace dusičnanů patří spíše mezi nižší. Může to být způsobeno také blízkým potokem, který se nachází mezi pastvinami a veškeré dusičnany se do něj mohou vylouhovat spíše než do pramene.

# Závěry

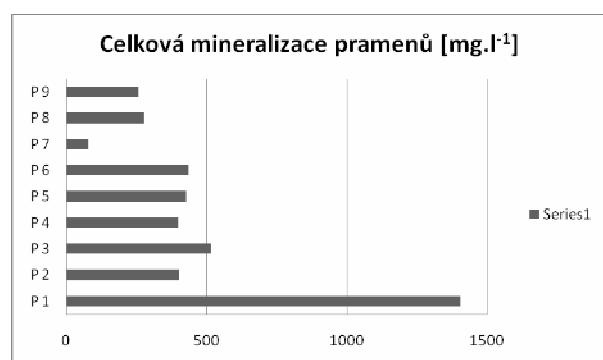
## Fyzikálně chemické srovnání

V oblasti Mariánských Lázní se nachází celkem 6 pramenů, jejichž hodnota konduktivity a pH se blíží hodnotám balených minerálních vod Mattoni a Magnesia. V oblasti pramení také 3 minerálky, jejichž hodnota konduktivity je někdy i dvojnásobně vyšší, než u balených minerálek. Nachází se zde také několik pramenů, jejichž hodnoty konduktivity se blíží spíše neminerální pramenité Dobré Vodě. Prameny, které jsou blízké baleným minerálkám, mají také mezi sebou velice podobné hodnoty konduktivity i pH. Naopak prameny spíše neminerálního charakteru (hodnoceno dle parametru konduktivity) jsou rozdílné od prodávané balené Dobré Vody. Hodnoty Eh jsou mezi prameny rozdílné. Záleží na okolních vlivech (atmosferické vlivy, úpravy pramene, atd.)

## Chemická analýza

Bylo proměřeno celkem 21 pramenů, z toho devět zanalyzovaných pramenů splňuje dané normy (konkrétně obsah železa je větší než  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  – tyto jsou pak nazývány železnaté - a v jednom případě minerálka přesahuje obsah  $1 \text{ g.l}^{-1}$  rozpuštěných pevných látek) a je tedy správně označováno jako minerální (vyjma 4, které nesplňují ani jedno z kritérií – U Pístovského Mlýna, U Pístovského Mlýna II., Siardův pramen, Grünská kyselka). Je však možné že prameny nabývají své mineralizovanosti u kritérií, kterých jsme nemohli ověřit (obsah arzenu, rozpuštěného oxidu uhličitého, aktivní síry). U 9 pramenů s nejvyšší (kolem  $1000 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) i nejnižší (cca  $150 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) konduktivitou byla provedena podrobná chemická analýza hlavních i stopových kationtů (pomocí přístrojů AAS a IPC – MS) a hlavních aniontů (HPLC). Nejvíce mineralizovaným pramenem je pramen Obecní u obce Čihaná, který má nejvyšší obsah sodíku ( $408,65 \text{ mg.l}^{-1}$ ), chloridů ( $143,52 \text{ mg.l}^{-1}$ ), síranů ( $469,39 \text{ mg.l}^{-1}$ ), dusičnanů ( $17,74 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a i vysoký obsah ostatních měřených prvků. Naopak nejméně mineralizovanými prameny byly Siardův a U Pístovského Mlýna II.

Prameny v oblasti jsou celkově spíše méně mineralizovány. Například koncentrace sodíku v minerálkách v západních čechách by měla být až v řádech tisíců  $\text{mg.l}^{-1}$ , u draslíku až v řádech stovek  $\text{mg.l}^{-1}$ .<sup>[6]</sup>



(Graf 38) celkového součtu koncentrací analyzovaných prvků

Tato verze závěrečné zprávy není zcela kompletní. Kompletní verze bude k dispozici na adrese: [www.tepelsko.czweb.org](http://www.tepelsko.czweb.org)

Přílohy

|     | K      | Na     | Ca    | Mg     | Mn     | Fe     | Al    | Si     |
|-----|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
|     | mg/L   | mg/L   | mg/L  | mg/L   | mg/L   | mg/L   | mg/L  | mg/L   |
| P 1 | 9,334  | 408,65 | 219   | 67,3   | 0,8805 | 26,588 | 0,055 | 41,903 |
| P 2 | 1,664  | 9,59   | 51,3  | 271,57 | 0,1324 | 3,4042 | 0,067 | 27,562 |
| P 3 | 3,037  | 21,96  | 323,2 | 74,71  | 0,8496 | 18,225 | 0,066 | 37,829 |
| P 4 | 3,357  | 83,99  | 87,7  | 32,36  | 0,8525 | 29,412 | 0,326 | 34,735 |
| P 5 | 4,534  | 18,39  | 208,5 | 63,62  | 2,7595 | 13,162 | 0,07  | 19,704 |
| P 6 | 10,992 | 71,74  | 85,2  | 68,29  | 0,8594 | 22,805 | 0,163 | 37,581 |
| P 7 | 0,872  | 10,4   | 9,5   | 6,43   | 0,0106 | 0,1425 | 0,044 | 7,696  |
| P 8 | 3,5315 | 43,07  | 82    | 54,78  | 1,0702 | 33,847 | 0,06  | 38,284 |
| P 9 | 3,0479 | 12,17  | 91,7  | 63,79  | 0,4714 | 9,2115 | 0,101 | 33,21  |

Tabulka 1, přepočtené hodnoty z měření AAS

| Sample Name | Amount<br>ppm | Amount<br>ppm | Amount<br>ppm | Amount<br>ppm | Amount<br>ppm | Amount<br>ppm |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|             | F             | Cl            | Br            | SO4           | NO3           | PO4           |
| P10 Pramen1 | 1,328         | 143,526       | n.a.          | 469,392       | 17,744        | n.a.          |
| P11 Pramen2 | 1,088         | 2,812         | n.a.          | 18,638        | 15,33         | n.a.          |
| P12 Pramen3 | 1,206         | 3,369         | n.a.          | 15,851        | 14,4          | n.a.          |
| P13 Pramen4 | 1,173         | 35,849        | n.a.          | 81,655        | 6,15          | n.a.          |
| P14 Pramen5 | 0,506         | 6,742         | n.a.          | 74,63         | 11,247        | n.a.          |
| P15 Pramen6 | 1,438         | 21,243        | n.a.          | 106,222       | 8,436         | n.a.          |
| P16 Pramen7 | 1,009         | 3,605         | n.a.          | 34,396        | 6,524         | n.a.          |
| P17 Pramen8 | 1,032         | 2,747         | n.a.          | 10,1          | 6,141         | n.a.          |
| P18 Pramen9 | 1,887         | 8,009         | n.a.          | 27,037        | 7,945         | n.a.          |

Tabulka 2, koncentrace aniontů vybraných pramenů měřených přístrojem HPLC (jednotky jsou udávány v mg.l-1)

| kód pramene | název pramene          | celková mineralizace |
|-------------|------------------------|----------------------|
| P1          | Obecní Číhanský pramen | 1407,285             |
| P2          | Grünská kyselka        | 403,4509             |
| P3          | pramen u Hoštěce       | 515,863              |
| P4          | Číhanské prameniště    | 398,7399             |
| P5          | Košský pramen          | 427,0609             |
| P6          | Balbínův pramen        | 436,4461             |
| P7          | Siardův pramen         | 80,6811              |
| P8          | Pístovská kyselka      | 277,8945             |
| P9          | U Pístovského mlýna    | 259,2491             |

Tabulka 3, součtu všech měřených koncentrací aniontů a kationtů. Udávané hodnoty jsou v mg.l-1.

| <b>P 1</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| x          | 611,2     | 5,466     | 3,656     | 938,6     | 0,222     | 3,236     | 3,544     | 2,96      | 15,58     | <DL       | 0,098     | 0,103    |
| s          | 12,47     | 0,358     | 0,152     | 25,23     | 0,016     | 0,178     | 0,813     | 0,332     | 0,544     | <DL       | 0,002     | 0,001    |
| %RSD       | 2,041     | 6,545     | 4,159     | 2,688     | 7,022     | 5,502     | 22,94     | 11,21     | 3,494     | 1,142     | 2,439     | 0,626    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 2</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 70,16     | 15,37     | 0,811     | 138,3     | 0,525     | 53,34     | 3,058     | 5,502     | 5,591     | 0,278     | 0,502     | 0,131    |
| s          | 2,13      | 0,824     | 0,004     | 3,611     | 0,019     | 1,339     | 0,13      | 0,304     | 0,11      | <DL       | 0,007     | 0,001    |
| %RSD       | 3,036     | 5,362     | 0,501     | 2,612     | 3,697     | 2,511     | 4,236     | 5,526     | 1,969     | 2,543     | 1,354     | 0,895    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 3</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 166,4     | 1,527     | 7,138     | 956,7     | 1,997     | 10,35     | 0,505     | 6,748     | 6,889     | <DL       | 2,074     | 0,12     |
| s          | 2,171     | 0,124     | 0,228     | 3,079     | 0,011     | 0,077     | 0,038     | 0,202     | 0,062     | <DL       | 0,033     | 0        |
| %RSD       | 1,304     | 8,102     | 3,193     | 0,322     | 0,552     | 0,748     | 7,569     | 2,989     | 0,904     | 2,958     | 1,581     | 0,278    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 4</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 172,5     | 80,28     | 12,31     | 884,3     | 0,8       | 4,817     | 2,458     | 14,6      | 6,895     | <DL       | 1,234     | 0,22     |
| s          | 3,97      | 3,07      | 0,481     | 24,35     | 0,024     | 0,16      | 0,201     | 0,225     | 0,127     | <DL       | 0,035     | 0,002    |
| %RSD       | 2,302     | 3,824     | 3,911     | 2,753     | 2,954     | 3,33      | 8,188     | 1,537     | 1,846     | 1,662     | 2,826     | 0,896    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 5</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 92,91     | 2,316     | 1,854     | 3044      | 6,065     | 13,77     | 0,715     | 22,75     | 8,275     | <DL       | 0,494     | 3,18     |
| s          | 2,287     | 0,187     | 0,001     | 64,76     | 0,12      | 0,431     | 0,049     | 0,649     | 0,13      | <DL       | 0,013     | 0,056    |
| %RSD       | 2,462     | 8,069     | 0,079     | 2,128     | 1,973     | 3,132     | 6,858     | 2,853     | 1,573     | 1,329     | 2,654     | 1,756    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 6</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 370,9     | 97,59     | 1,874     | 885,7     | 8,343     | 32,02     | 0,959     | 24,11     | 54,37     | 0,266     | 0,653     | 0,137    |
| s          | 7,613     | 1,706     | 0,069     | 18,21     | 0,148     | 0,578     | 0,134     | 0,362     | 0,821     | 0,011     | 0,009     | 0,002    |
| %RSD       | 2,053     | 1,748     | 3,704     | 2,056     | 1,77      | 1,805     | 13,97     | 1,502     | 1,51      | 4,289     | 1,348     | 1,429    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 7</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 2,147     | 16,57     | 0,301     | 7,125     | 0,058     | 2,191     | 2,71      | 19,58     | 0,681     | <DL       | 0,523     | 0,112    |
| s          | 0,045     | 0,378     | 0,038     | 0,139     | 0,008     | 0,058     | 0,021     | 0,312     | 0,012     | 0,002     | 0,001     | 0        |
| %RSD       | 2,08      | 2,28      | 12,49     | 1,944     | 13,96     | 2,627     | 0,793     | 1,592     | 1,827     | 3,018     | 0,133     | 0,343    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 8</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 69,76     | 3,714     | 5,958     | 1123      | 3,406     | 9,587     | 0,399     | 5,868     | 9,681     | <DL       | 0,294     | 0,104    |
| s          | 2,205     | 0,192     | 0,097     | 15,09     | 0,022     | 0,292     | 0,304     | 0,322     | 0,173     | 0,002     | 0,011     | 0        |
| %RSD       | 3,16      | 5,162     | 1,634     | 1,344     | 0,633     | 3,051     | 76,09     | 5,493     | 1,791     | 2,473     | 3,7       | 0,206    |
|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |
| <b>P 9</b> | <b>Li</b> | <b>Al</b> | <b>Cr</b> | <b>Mn</b> | <b>Co</b> | <b>Ni</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>Rb</b> | <b>Ag</b> | <b>Pb</b> | <b>U</b> |
| x          | 96,7      | 32,62     | 2,484     | 498,6     | 3,295     | 9,698     | 0,639     | 13,31     | 11,53     | <DL       | 0,238     | 0,163    |
| s          | 1,427     | 0,134     | 0,023     | 2,602     | 0,047     | 0,092     | 0,043     | 0,189     | 0,176     | 0,003     | 0,008     | 0,001    |
| %RSD       | 1,476     | 0,41      | 0,945     | 0,522     | 1,425     | 0,953     | 6,709     | 1,416     | 1,531     | 8,457     | 3,311     | 0,693    |

Tabulka 4, ICP – MS - zprůměrované hodnoty (x) s jejich absolutními (s) a procentuální (%RSD) odchylkami



## **Použitá literatura**

- [1] Hubert Kříž (1983): Hydrologie podzemních vod; ACADEMICA
- [2] RNDr. Vladimír Šibrava, DrSc., RNDr. Mojmír Eliáš, CSc. (1983): Základy geologie pro III. ročník gymnázií (2.vydání) I. část – Všeobecná geologie; Praha
- [3] Chlupáč, I. a kol. (2002): Geologická minulost České republiky; Academia, Praha
- [4] Mísař, Z. a kol. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív; SPN, Praha
- [5] [www.wikipedie.cz](http://www.wikipedie.cz)
- [6] Pitter, P. (1999): Hydrochemie (2. vydání); vydavatelství VŠCHT