

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky



## **Jakost minerální vody v lázních Teplice**

Bakalářská práce

Jaroslava Polívková

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jaromír Šantrůček

Konzultant: Doc. RNDr. Jiří Krásný, CSc.

Praha 2012

[Zadejte text.]

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím citované literatury.

V Praze dne .....

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu práce RNDr. Jaromíru Šantrůčkovi, za poskytnuté konzultace a rady. Dále bych chtěla poděkovat svému konzultantovi Doc. RNDr. Jiřímu Krásnému, CSc. za pomoc při výběru tématu bakalářské práce, za poskytnuté konzultace a rady. Mé velké poděkování patří panu balneotechnikovi Martinu Jaššovi DiS., který je zaměstnán v lázních Teplice v Čechách, za veškeré poskytnuté materiály a informace k bakalářské práci a provedení po areálu Lázně Teplice, kde mi ukázal strojovnu a šachtu Pravřídla. Mé poděkování patří i RNDr. Pavlu Procházkovi z Českého inspektorátu lázní a zřidel za zapůjčení materiálů z archivu Ministerstva zdravotnictví.

[Zadejte text.]

## Obsah:

1. Úvod .....	6
2. Historie .....	6
3. Nástin geologické stavby Teplicka .....	7
3.1 Charakteristika geologických celků .....	7
4. Hydrogeologické poměry teplických term .....	9
4.1 Morfologie území .....	9
4.2 Hydrogeologické vlastnosti hornin .....	9
4.3 Tektonika .....	10
4.4 Minerální prameny v Teplicích .....	11
4.4.1 Teplická pramenní skupina .....	11
4.4.2 Šanovská pramenní skupina .....	11
5. Stručný popis hydrogeologických změn, způsobených těžbou uhlí .....	12
5.1 Předprůvalové období .....	12
5.2 Období průvalů .....	13
5.3 Poprůvalové období .....	14
6. Geochemie termálních vod .....	16
6.1 První zmínky k chemismu term.....	16
6.2 Typy vod .....	17
6.3 Eh a pH.....	18
6.4 Hlavní chemické složky vod a jejich vzájemný vztah.....	18
6.4.1 Fluor v termách na Teplicku a jeho geneze.....	20
6.5 Teplota .....	22
6.6 Radioaktivita vod .....	23
6.6.1 Geneze radioaktivních vod .....	23
6.6.2 Radioaktivita důležitých vodních zdrojů .....	24

6.6.3	Stručná charakteristika uranového zrudnění .....	24
7.	Geneze jednotlivých typů vod .....	26
7.1	Vody Ca – SO <sub>4</sub> typu .....	26
7.2	Vody Ca – HCO <sub>3</sub> typu .....	26
7.3	Vody Na – HCO <sub>3</sub> typu .....	26
8.	Změny kvality minerálních pramenů .....	27
8.1	Druhotné změny chemismu vod .....	27
8.2	Důsledky těžební činnosti na jakost teplických termálních pramenů .....	29
9.	Soudobé poměry teplických termálních pramenů .....	35
9.1	Využívání minerálních pramenů .....	35
9.2	Sanace šachty Pravřídla .....	35
9.3	Režim čerpání .....	37
9.4	Kvalita léčivých přírodních zdrojů.....	39
9.5	Dnešní potenciální kontaminace term .....	39
10.	Závěr .....	40
11.	Použitá literatura .....	42

### **Seznam obrázků:**

Obrázek 1: Mapa geologických celků (teplický ryolit = křemenný porfyr) (Čadek et al. 1968) .....	8
Obrázek 2: Řez teplickým ryolitem (Lázně Teplice) .....	10
Obrázek 3: Výskyt pramenů Pravřídla, Očního a Hynie (Artézia 1998) .....	12

### **Seznam tabulek:**

Tabulka 1: Vydatnosti pramenů v předprůvalovém období (l/s), (Trachtulec 1960) .....	13
Tabulka 2: Vydatnosti (upraveno podle Klíra (1994)) .....	15

Tabulka 3: Teploty původních přirozených vývěrů term (upraveno podle Čadek et al. 1968)	23
Tabulka 4: Změny obsahu iontů (mg/l) v termě Pravřídla v závislosti na hloubce odběru (4.2.1964), (Čadek et al. 1968)	29
Tabulka 5: Změny jakosti vody Pravřídla (mg/l), (1835 – 1879 Čadek et al. 1968)	30
Tabulka 6: Změny jakosti vody Pravřídla (mg/l), (1879 – 1958 Čadek et al. 1968)	30
Tabulka 7: Změny jakosti vody Pravřídla (mg/l), (1967 a 1992 Lázně Teplice)	31
Tabulka 8: Teploty přirozených vývěrů a teploty v šachtách (Klír 1994)	32

## Seznam grafů

Graf 1: Závislost obsahu fluoru a sodíku v teplických termách (Čadek et al. 1963)	21
Graf 2: Změny obsahu síranů během let 1835 – 1992, Pravřídlo (analýzy 1835 – 1958 z Čadek et al. 1968; 1967 a 1992 Lázně Teplice)	32
Graf 3: Změny obsahu vápníku během let 1835 – 1992, Pravřídlo (analýzy 1835 – 1958 z Čadek et al. 1968; 1967 a 1992 Lázně Teplice)	32
Graf 4: Pravřídlo, průměrné teploty v roce 2000 (Jaššo, Lázně Teplice)	36
Graf 5: Pravřídlo, průměrné teploty v r. 2000-2012 (Jaššo, Lázně Teplice)	37

## Přílohy

Příloha 1: Mapa s výskytem dolů a pramenů s hladinou vod po r. 1895 (Čadek et al. 1968)	
Příloha 2: Komplexní rozbor vody z pramene Pravřídlo 2002 (Lázně Teplice)	
Komplexní rozbor vody z pramene Hynie 2007 (Lázně Teplice)	
Komplexní rozbor vody z pramene Pravřídlo 2007 (Lázně Teplice)	
Příloha 3: Změny jakosti vody Horského pramene (Čadek et al. 1968)	
Změny jakosti vody Kamenolázeňského pramene (Čadek et al. 1968)	
Změny jakosti vody Očního pramene (Čadek 1968)	
Příloha 4: Komplexní rozbor vody Horského pramene 1992 (Lázně Teplice)	

## 1. Úvod

Historie města Teplice v Čechách je spojena s termálními (minerálními) prameny. V 16. století dochází v Teplicích k velkému rozvoji lázeňství a Teplice se jako lázeňské město stávají známé po celé střední Evropě. Samotná geneze a proudění minerálních vod je velmi komplikovaná a dosud zůstává nevyřešeno mnoho otázek.

V souladu se zadáním práce je hlavní pozornost věnována kvalitativním a kvantitativním změnám minerálních vod v posledních 150 letech, ke kterým došlo v důsledku hornické činnosti. Bude věnována velká pozornost průvalům na dolech Döllinger, Viktorín a Gizela, které započaly dlouhotrvající destrukci termálních pramenů. Poslední část práce se věnuje současným poměrům těchto termálních vod na Teplicku.

## 2. Historie

Jméno Teplice je slovanského původu a vyjadřuje místo s výskytem teplých vod. Římské mince nalezené v Pravřídle, jsou důkazem toho, že v prvních stoletích n. l. o minerálních pramenech vědělo už širší okolí. V latinské podobě je uvádí Vincentiova kronika v záznamech o letech 1156-1164. Uvádí se zde, že u teplých vod, k počtě sv. Jana Křtitele, založila královna Judita klášter benediktinek „Ad aquas callidas“ (U teplých vod). Benediktinský řád se zabýval léčením a k medicínské praxi využíval minerální prameny respektive termální prameny. Přesné informace o tom jak se využívala minerální voda k léčení, nejsou, avšak už v předhusitské době teplické lázně byly známy. Rozmach lázeňství lze dobře vidět v četných publikacích autorů, kteří se zabývali vlastnostmi a hodnocením léčivých vod. Tak například jáchymovský lékař Jiří Agricola, Theophrastus Bombastus neboli Paracelsus, J. J. Hegelius, Günther z Andernachu atd. uvádějí, že v 16. století se zde léčily hlavně nemoci pohybového ústrojí, nervové, kožní a ženské choroby. Po r. 1580 začala výstavba kamenných lázní, do nichž se napouštěla voda z Pravřídla bronzovými chrličí. Teplice v 19. století začaly být hojně navštěvovány významnými osobnostmi tehdejšího společenského a kulturního života (Budinská 1992).

19. století je významným mezníkem v historii lázeňství. Během probíhající těžby hnědého uhlí v okolí Teplic, došlo na některých dolech k průvalům vod, a to způsobilo zapadnutí všech termálních pramenů v Teplicích. Pro zajištění minerální vody pro lázně, se započaly záchranné práce. Tyto hlavní opatření, zahrnovaly hloubení šachet v místech bývalých vývěrů pramenů a udržování hladiny průvalové vody v určité nadmořské výšce. Zapadnutí pramenů

nebyl jediný důsledek, který nastal po průvalech, došlo též ke změně kvality těchto vod. Změna kvality se začala projevovat ztrátou teploty a změnou chemismu, kdy vzrostl obsah síranů, vápníku v menší míře i hořčíku a chloridů v minerálních pramenech. V reakci na tyto změny vznikala nová reparativní opatření, která měla zajistit kvalitní minerální vodu pro lázeňské účely. V dnešní době je snaha přiblížit se k původním přírodním poměrům těchto minerálních pramenů (Homola 2008).

### **3. Nástin geologické stavby Teplicka**

#### **3.1 Charakteristika geologických celků**

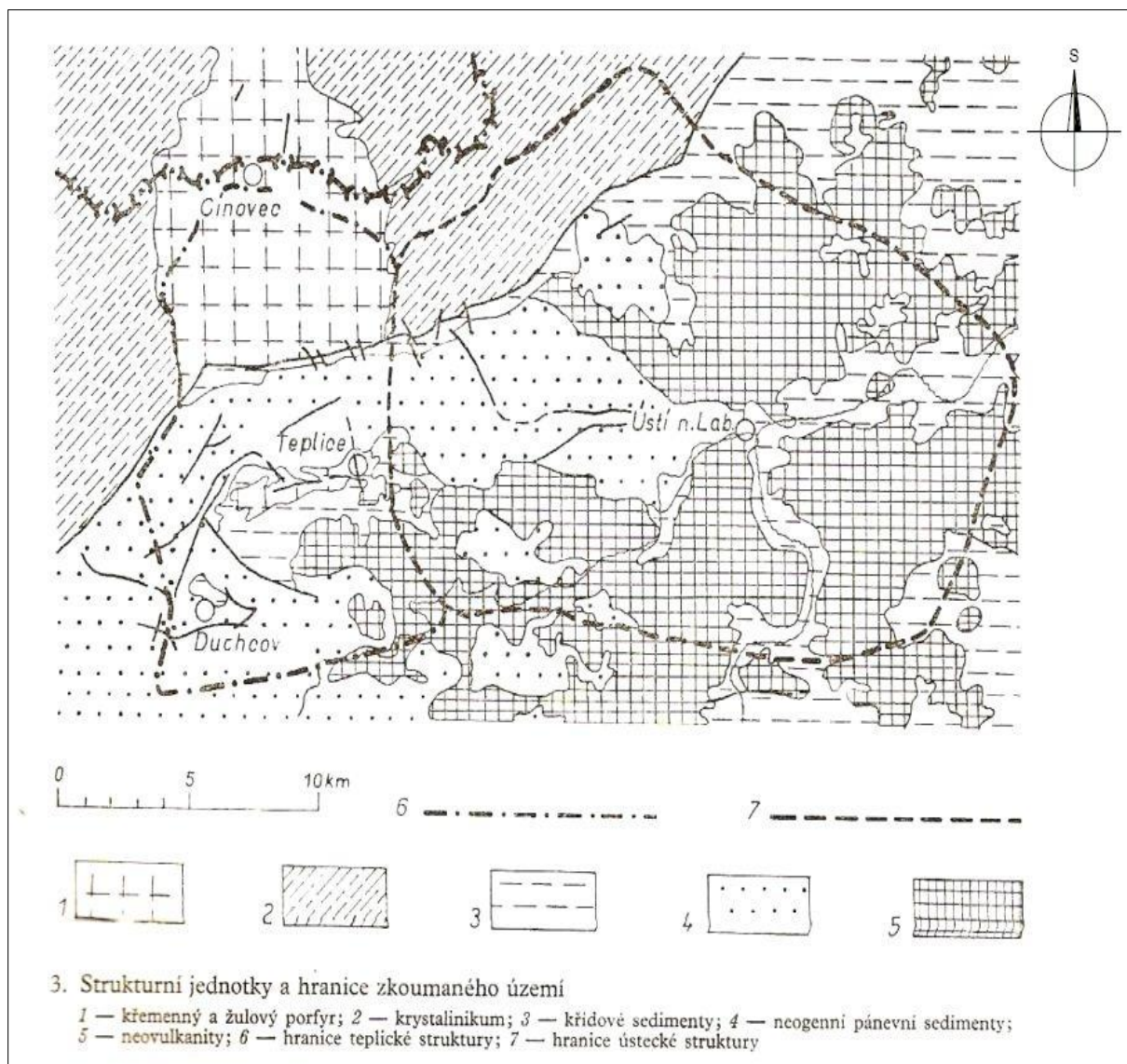
Na geologické stavbě území okolí Teplíc se uplatňují tři velké tektonické kry: hrást' v. části Krušných hor, teplická část příkopové propadliny severočeské hnědouhelné pánve a složitá hrást' Českého středohoří. Geologická stavba území je výrazně příčně porušena krou teplického ryolitu (dříve teplický křemenný porfyr), (Čadek et al. 1968).

Krušnohorské krystalinikum vychází na povrch severně od krušnohorského zlomového pásma a na jih od tohoto pásma se noří pod mladší sedimenty. Je zastoupeno intruzívními horninami např. tělesy žul, dioritů. Dále jsou obsaženy muskovitické až dvojslídne pararuly, kvarciticke ruly, kvarcity, na řadě míst výskyty pyritické mineralizace atd. (Elznic et al. 1980). Ruly patří jižní části freiberské klenby, která bývá označována jako altenberská rulová kra. Tato kra má trojúhelníkový tvar a převládají v ní dvojslídne až biotitické pararuly (Bůžek et al. 1960).

Teplický ryolit, obr. 1 (dříve označovaný jako teplický křemenný porfyr) je považován za velký trhlinový vulkán, jeho vznik je datován do mladšího paleozoika. Omezení ryolitu na jihu, východě a západě je tektonické. (Čadek et al 1968). Převažují načervenalé a našedlé typy horniny. Teplický ryolit je protkán žilami žulového porfyru (Reuss 1840).

Významným geologickým cekem jsou horniny sv. křídly. Pokrývají krystalinikum Krušných hor a teplický ryolit. Horniny sv. křídly jsou zde zastoupeny převážně slínovci, pískovci, slepenci a křemenci (Reuss 1840).

Největší rozšíření na povrchu má v této oblasti terciér. Rozkládá se jižně od Krušnohorského zlomového pásma. Je tvořen vulkanickými horninami Českého středohoří (basalty, fonolity atd.). Terciérního stáří jsou i sedimenty severočeské hnědouhelné pánve (Reuss 1840).



Obrázek 1: Mapa geologických celků (teplický ryolit = křemenný porfyr), (Čadek et al. 1968)

## 4. Hydrogeologické poměry teplických term

### 4.1 Morfologie území

Krušné hory, tvořené krystalinikem a teplickým ryolitem jsou nejvyšší částí oblasti na rozdíl od podkrušnohorské příkopové propadliny s terciární a křídovou výplní. Tato morfologie podmiňuje vznik sestupného proudu podzemní vody hydraulickým gradientem k místům



nejnižším k erozivní bázi. Na postup infiltrované vody má vliv řada zlomů různého významu. Proud této infiltrované vody postupuje puklinami teplického ryolitu a zapojuje se buď do mělkého (prosté podzemní vody), polohlubokého nebo hlubinného (termy) proudění podzemní vody v teplickém ryolitu. Intenzita proudění v křemenném porfyru je podmíněna existencí otevřených zlomových linií SZ-JV směru. (Čadek et al. 1968). Další, ale méně významnou infiltrační oblast představují výchozy teplického ryolitu a bazální klastické křídly v prostoru teplicko-lahošťského hřbetu (Klír 1994).

## 4.2 Hydrogeologické vlastnosti hornin

Hydrogeologické poměry teplických term jsou dány souhrnem faktorů, z nichž nejdůležitější jsou morfologie území, hydrogeologické vlastnosti hornin a strukturně tektonické podmínky (Čadek et al. 1968)

### Krystalinikum:

Je důležité svojí propustností. V horské oblasti je maximální zvodnění vázáno na svahové sutě. V území pod pánevními sedimenty je voda napjatá. Hydraulická vodivost je větší v tektonicky exponovaných místech. Při krušnohorském zlomovém pásmu je k  $1,6 \times 10^{-5}$  m/s. Jinde je propustnost menší (k řádu  $10^{-6} - 10^{-9}$  m/s), (Čadek 1962).

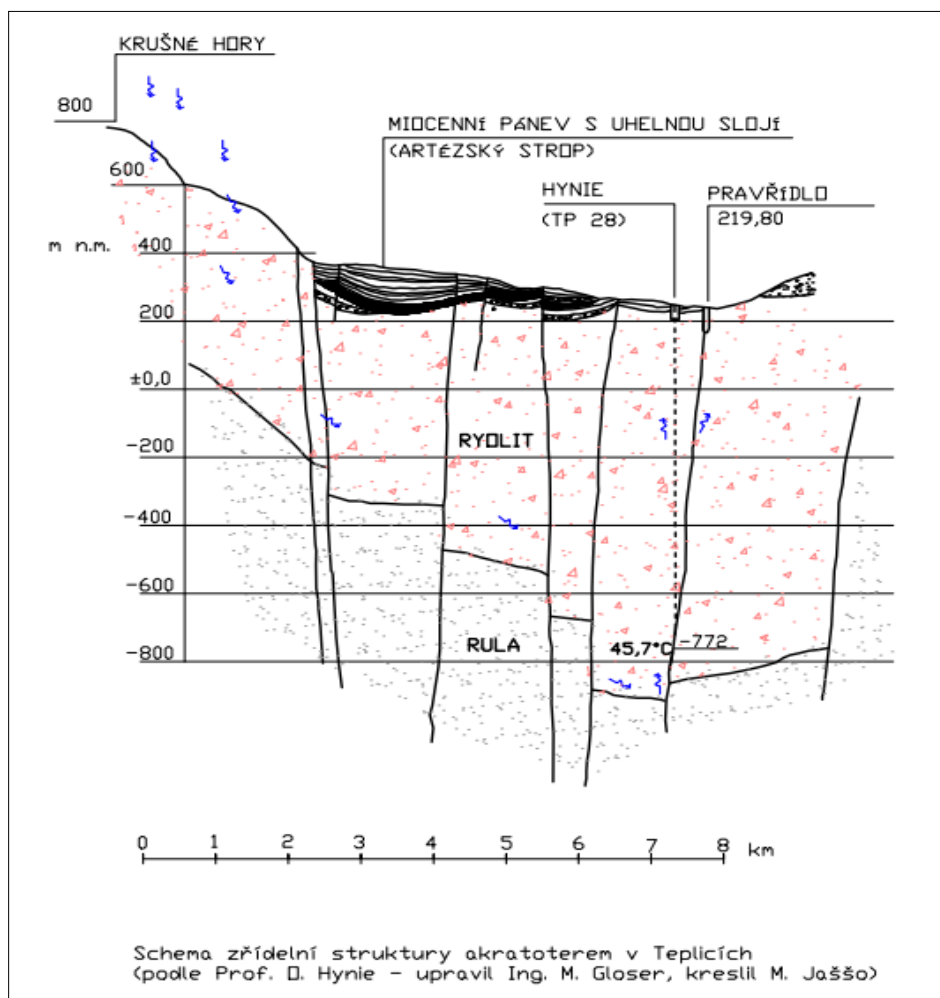
### Teplický ryolit:

Je důležitý svojí puklinovou propustností. Průměrná hydraulická vodivost se může charakterizovat řádem  $10^{-7} - 10^{-8}$  m/s. Poblíž zlomů je hydraulická vodivost kolem  $10^{-6}$  m/s. Teplický ryolit jako celek má špatnou hydraulickou vodivost a místy je až nepropustný. Vyšší řády hydraulické vodivosti jsou vázány na zlomy. Teplický ryolit je nositelem termálních vod a je hydrogeologicky nejdůležitější jednotkou oblasti. Na význačných zlomech s hloubkovým dosahem dochází k výstupu termálních vod (Čadek 1962). V posudku B. Müllera (1934) se uvádí, že poloha a dosah teplických pramenů je ovlivňován tektonicky a to právě podle tvarů a sítí puklin v křemenném porfyru (teplickém ryolitu).

## 4.3 Tektonika

Jak už v této práci bylo zmíněno, na geologické stavbě území se podílí tři celky: hrást v. části krušných hor, teplická část příkopové propadliny severočeské hnědouhelné pánve a složitá hrást Českého středohoří. Tektonika této oblasti je velmi složitá. Celé území je rozlámáno na

několik ker a protkáno mnoha zlomy (Čadek et al. 1968). Pro výstup term je důležitá puklinová tektonika teplického ryolitu. Je všeobecně známo, že významné prameny vystupují v místě křížení směrných a příčných poruch a především po puklinových systémech teplického ryolitu (Klír 1994). Klír (1994) uvádí základní dělení směru puklin porfyru podle Stura, a to: S-J, Z-V, SZ-JV.



Obrázek 2: Řez teplickým ryolitem (Lázně Teplice)

#### 4.4 Minerální prameny v Teplicích

Teplické minerální prameny se dělí na dvě pramenní skupiny. A to na pramenní skupinu teplickou a šanovskou. K teplické skupině se řadí Pravřídlo a prameny Dámský, Písečný a Oční neboli Zahradní pramen. K šanovské pramenní skupině pak náleží prameny Kamenolázeňský (Kamenný), Hadí, Chrámový neboli Štěpánčin, Sirný, Nových lázní, Luční a dva Dámské knížecí (Čadek et al. 1968). Pahorkový a Horský pramen byly označovány jako

Novolázeňské prameny (Homola 1996). Na západ od Teplic vyvěral u obce Lahošť Obří pramen, který by měl mít spojitost s teplickou pramenní skupinou, ale tato spojitost dosud nebyla prokázána. Od ostatních pramenů se lišil svou velkou vydatností a nižší teplotou (polohluboký oběh), (Klír 1994). Během let 1967-1972 se vyhloubil vrt TP-28 nazývaný též Hynie, který je situován nedaleko Pravřídla, obr. 3 (Homola 2008).

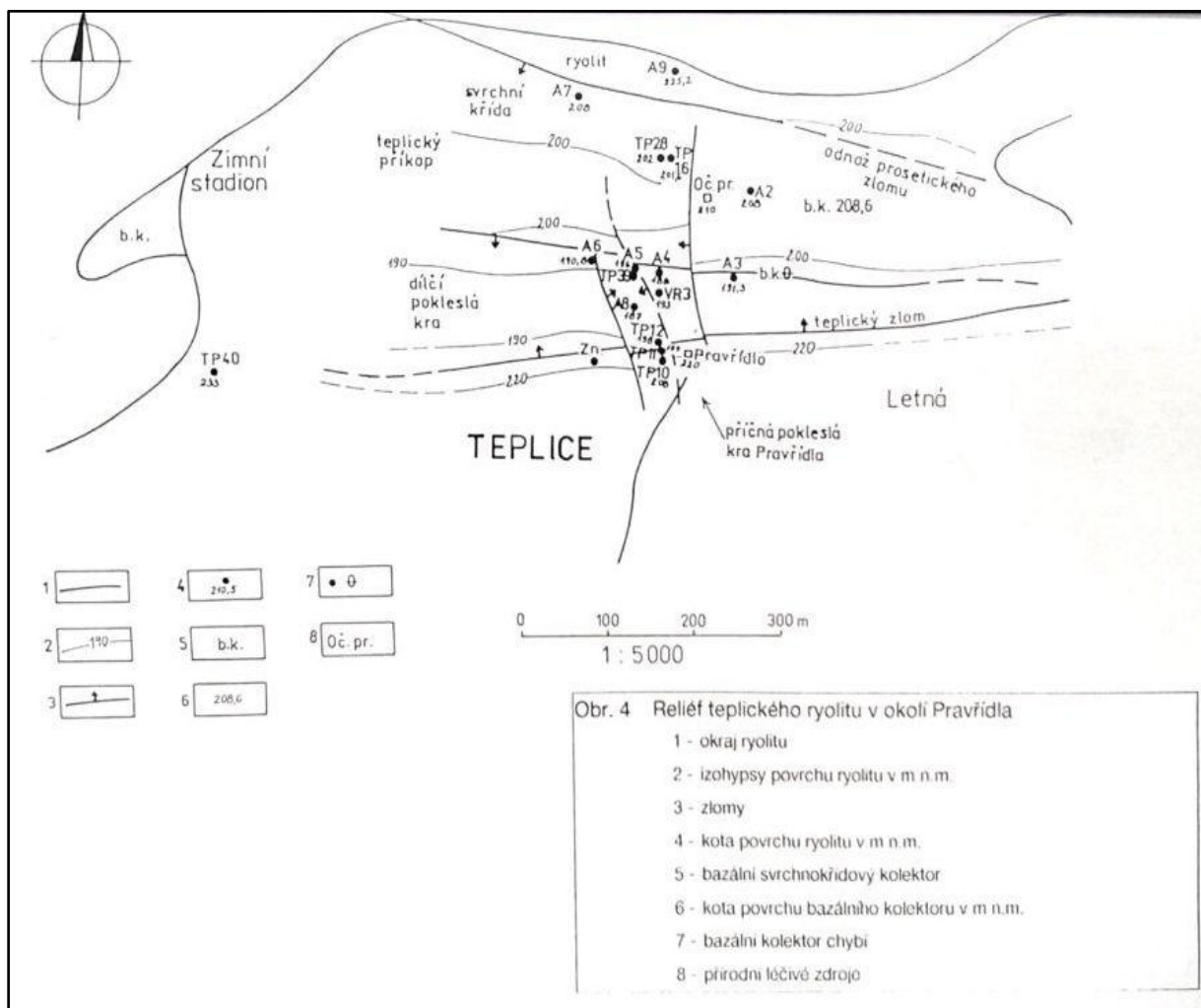
Jako nejproslulejší je pramen Pravřídlo, který dodnes zajišťuje vodu do všech lázeňských objektů, a proto bude většina zpráv a údajů v této práci, vztahována k tomuto prameni.

#### **4.4.1 Teplická pramenní skupina**

Je brána jako linie, na které docházelo k vývěru termálních pramenů. Některými autory nazývaná i jako teplická zřídelní linie. V období průvalů docházelo na této linii ke značným změnám hladin termálních vod, až došlo k jejich zapadnutí (Klír 1994). Je to připisováno možnému výskytu zlomového pásma, který je podélnou spojnicí výskytu termálních vod a průvalového místa na dole Döllinger, avšak toto spojení nebylo nikdy prokázáno (Hazdrová 1964).

#### **4.4.2 Šanovská pramenní skupina**

Tato pramenní skupina je vázána na složitou problematiku šanovské oblasti a jejím postavením v teplické hydrogeologické struktuře s odlišným hydraulickým chováním při důlních průvalech term. Při důlních průvalech na této linii nedošlo k výraznějším změnám v pohybu hladiny a je proto brána jako samostatná a ve větší míře nezávislá na teplické pramenní skupině. Existence zlomového pásma na této linii nebyla nikdy prokázána a je proto lepší o ní mluvit jen jako o pramenní skupině. (Klír 1994). Šanovská oblast leží při východním okraji teplického porfyru. Šanovské termy vyvěraly původně v aluviu Sviního potoka, kde se mísily (Kamenolázeňský a Dámský prameny) s prostými chladnými vodami. Šanovská pramenní skupina stejně jako teplická již nevyvěrá samovolně na povrch. Je to též způsobeno průvaly na dolech, ale snížení hladin se zde projevilo pomaleji než na teplické pramenní skupině (Homola 1996).



**Obrázek 3: Výskyt pramenů Pravřídla, Očního a Hynie (Klír et al. 1998)**

## 5. Stručný popis hydrogeologických změn způsobených těžbou uhlí

### 5.1 Předprůvalové období

V tomto období docházelo k přirozenému vývěru termálních pramenů na povrch. Proudění podzemních vod od severu k jihu bylo umožněno hydraulickým gradientem. Infiltrace srážkových vod do teplického ryolitu se uskutečňuje za severním okrajem pánve. Za jižním okrajem pánve docházelo před r. 1879 k přírodnímu vývěru termálních vod (Trachtulec 1960). Vydutnosti přirozených vývěrů termálních pramenů jsou uvedeny v tabulce 1. Výstup pramenů byl především vázán na puklinové systémy teplického ryolitu (Klír 1994).

**Tabulka 1: Vydatnosti pramenů v předprůvalovém období (l/s), (Trachtulec 1960)**

<b>teplická zřídelní linie</b>	<b>vydatnost</b> (Wrany 1864)
Pravřídlo	9,67 l/s
3 Dámské prameny	4,07 l/s
Písečný pramen	0,24 l/s
Oční pramen (Zahradní)	1,17 l/s
<b>šanoská zřídelní linie</b>	
Luční pramen	0,24 l/s
Kamenný pramen (Kamenolázeňský)	3,57 l/s
Hadí pramen	1,47 l/s
Horský pramen	0,55 l/s

Obří pramen v Lahošti

Klír (1994) zmiňuje J. Čadka (1968), který uvádí na základě starších podkladů vydatnost 27 až 42 l/s a teplotu 11 až 27°C.

V r. 1868 došlo k prohlubování jímek Horského a Pahorkového pramene, a i ostatních pramenů šanoské skupiny. Stalo se tak zřejmě pro nedostatečnou vydatnost přírodního přetoku pramenů (Homola 1996).

V tomto období docházelo k hlubinné těžbě hnědého uhlí v okolí Teplic. Vodní režim začal být narušován v roce 1871, kdy začala klesat vydatnost Obřího pramene. Až v roce 1878 zapadla jeho hladina pod povrch terénu. Jako předpokládaná příčina zapadnutí se jevil drenážní účinek blízkých hlubinných dolů. Obří pramen vytékal na kótě 225 metrů (1994), (Homola 2008).

## **5.2 Období průvalů**

Dne 10. února 1879 kolem 13. hodiny došlo k průvalu ryolitových (porfyrových) vod do hnědouhelného dolu Döllinger na Duchcovsku (Homola 1996). Vydatnost průvalu byla odhadnuta na 33 m<sup>3</sup>/s, teplota průvalové vody stoupla z 18,7°C na 21,2°C. Na dole bylo hned zahájeno odčerpávání této průvalové vody. Za 64 hodin po průvalu zapadla terma Pravřídla.

Bylo to doprovázeno poklesem teploty a vydatností. Následně po zapadnutí Pravřídla došlo k zapadnutí ostatních pramenů teplické termální skupiny. V šanovské pramenní skupině poklesla hladina na Horském prameni. Ostatní prameny zapadly později. K dalšímu průvalu došlo na dole Viktorín 28. 11. 1887. Rychlost průvalové vody byla  $3\text{m}^3/\text{s}$ . Vydatnost postupně klesla na  $1\text{m}^3/\text{s}$ . Průvalová voda měla teplotu  $21^\circ\text{C}$ . K druhému průvalu na dole Viktorín došlo 25. 5. 1892. Vydatnost průvalu byla ze začátku  $1,3\text{m}^3/\text{s}$  pak klesla na  $0,416\text{m}^3/\text{s}$ . Tento průval vedl k vybudování vypouštěcího zařízení na dole Döllinger, čerpací stanice a vodoměrného vrtu pro sledování snížené hladiny ryolitových vod (Klír 1994).

Homola (1996) ve své práci uvádí autora Sturu (1888), který píše, že s hloubením šachty Pravřídla pro zajištění termy pro lázeňskou sezónu se začalo 22. 2. 1879. S přestávkami kvůli období lázeňské sezóny se pokračovalo až do 20. 4. 1881, kdy bylo dosaženo konečné hloubky 150,94 m.

Roku 1895 se rozhodlo, že hladina průvalové vody musí být udržována na úrovni 192,50 m n. m. Opatření mělo snížit nebezpečí dalších průvalů v dolech a tím i dalšímu nepříznivému ovlivnění term a zajištění stálé úrovně vody v Pravřídle kolem kóty 197 m n. m. (Trachtulec 1960). Na dole Döllinger, tak došlo ke snížení hladiny o 34 m a až o 25 m na Pravřídle (Trachtulec a Vopat 1994). Ke čtvrtému průvalu došlo 24. 4. 1897 na dole Gizela. Průval měl nejvyšší vydatnost  $0,133\text{m}^3/\text{s}$  (Klír 1994). V příloze 1 uvádím situační mapu s výskytem dolů a hlavních pramenů a s hladinami vod po r. 1895.

Velké a rychlé ovlivnění minerálních pramenů po jednotlivých průvalech, bylo způsobeno prudkým snížením hladiny ryolitových vod v místech průvalů, vylitím velkého množství vody a vznikem umělého hydraulického gradientu mezi místy průvalů a teplickými termálními prameny (Klír 1994).

### **5.3 Poprůvalové období**

Od průvalů byly využívány už jen 3 minerální prameny, a to Pravřídlo, Horský a Kamenný pramen. Termální prameny byly od doby průvalů zachycovány šachtami. Po vyhloubení šachet došlo u všech pramenů k poklesu teploty čerpané vody oproti teplotě původních přelivů. Rozdíl mezi přirozeným odtokem termálních vod a řízeným odběrem vod v poprůvalovém období je značný (Trachtulec 1960). Vyhloubení šachet dalo možnost čerpat více vody, než byly vydatnosti původních přelivů (Trachtulec a Vopat 1994). Srovnání vydatností z roku 1863 a mezi roky 1907-1930 uvádím v tabulce 2. Vydatnosti jsou podle A.

Wranyho a J. Hauptmanna převzaté z publikace. Po döllingerském průvalu byla stále udržována hladina průvalových (ryolitových) vod mezi 190–200 m n. m (Klír 1994).

**Tabulka 2: Vydatnosti, (upraveno podle Klír (1994))**

<b>prameny</b>	<b>původní přeliv 1863</b>	<b>1907 - 1930</b>
Pravřídlo	9,67 l/s	15,2 l/s
Horský pramen	0,55 l/s	1,88 l/s
Kamenný pramen	3,57 l/s	3,73 l/s
	13,79 l/s	20,81 l/s

V tomto období bylo v průměru o 7,02 l/s čerpáno více. Lze rozhodně očekávat, že okamžité vydatnosti v době čerpání termálních vod byly značně vyšší. V pozdějších letech se čerpalo z Pravřídla i 27 l/s. Minerální voda se následkem snížení původní úrovně přepadu ve značné míře mísí s prostou povrchovou studenou podzemní vodou odlišného chemického složení (Trachtulec 1960). Během let 1959-1964 se přešlo na nový způsob čerpání na Pravřídle. Po zjištění, že terma není šachtou zcela zastížena, ale že na dně šachty je puklina se studenou vodou se přešlo na cyklické čerpání. Vždy po čerpání byla zavedená několika hodinová přestávka (Homola 2008).

Jak už tu bylo zmíněno, v r. 1895 se uzavřela dohoda mezi majiteli dolů a lázní, a to v udržování hladiny průvalových (ryolitových) vod na dole Döllinger snížené o 34 m (190 – 192 m n. m) a na Pravřídle v Teplicích o 25 metrů (197 m n. m). Rozdíl mezi úrovní hladiny Pravřídla a Döllingerem ukazoval na to, že začalo docházet k odtoku části ryolitových vod z původní vývěrové oblasti teplické pramenní skupiny směrem k dolu Döllinger. Hlavním odvodňovacím centrem struktury teplického porfyru se stala jáma Döllinger (Klír 1994). Proto se přistoupilo k realizaci sanačních prací, které měly vést ke snížení destrukce minerálních pramenů. Realizace spočívala v sanaci průvalových dolů Döllinger, Viktorín a Gizela. U dolů Döllinger a Viktorín byly pomocí vrtů zabetonovány a utěsněny průvalová místa, u kterých docházelo k neustálým průsakům a výtokům. Následně byly určeny k báňské likvidaci. Důl Gizela byl utěsněn, aby nedocházelo k proudění ve zlomové zóně. Likvidace všech průvalových míst se uskutečnila v 70. a 80. letech 20. století. Čerpání vody z Obřího pramene začalo dne 1. 3. 1977 a byla udržována hladina na 192,50 m n. m (Homola 2008).

Dne 1. 3. 1977 se začalo čerpat z Obřího pramene. Měla se vytvořit předprůvalová hydraulická rovnováha mezi Pravřídlem a Obřím pramenem, k tomu však nedošlo. Na Obřím prameni je udržována hladina vod na tzv. döllingerské úrovni (193 m n. m) na Pravřídle o 10 m. výše (Klír 1994).

V období 1977 až 1981 poklesla průměrná vydatnost čerpání Pravřídla na 11,44 l/s, Kamenného pramene na 2, 10 l/s a Horského pramene na 0,39 l/s. V tomto období již pro nízkou teplotu (pod 30°C) nebyl využíván Horský pramen. Bylo zahájeno čerpání z vrtu TP-28 (Hynie), a to 10,45 l/s. V období 1982-1991 bylo zastaveno čerpání Horského a Kamenného pramene. Z duchcovské oblasti se čerpalo z Obřího pramene 54,3 l/s (Klír 1994).

Důležité je i zmínit těžbu v poprůvalovém období. Hlubinná těžba uhlí v tomto období probíhala již za snížené hladiny ryolitových vod. Část báze uhelné sloje se dostala dokonce nad jejich hladinu. Tím se nebezpečí průvalů ryolitových vod a přímého ovlivnění teplických pramenů výrazně snížilo. Příklad jsou hlubinné doly Barbora a 1. máj, důl Václav, důl Jaroslav atd. Po roce 1945 nastal rozvoj lomové těžby. Příklad lomů: Jirásek, Prokop. Dnes jediným fungujícím lomem v zájmové oblasti je lom Bílina. Lomovou těžbou nedošlo k výraznějším hydrogeologickým změnám (Klír 1994).

Za hlavní příčiny destrukce teplických termálních pramenů, lze pokládat především změny hydrogeologického režimu vod teplického ryolitu, které byly vyvolány průvaly na dolech Döllinger, Viktorín a Gizela. Jako hlavní destrukce se jeví: míšení term s vodami mělkého oběhu (Ca – SO<sub>4</sub>) typu, pokles teploty a ztráta přirozeného přelivu. Zachycení pramenů šachtami, udržování snížené hladiny průvalových (ryolitových) vod, přerušované čerpání (Pravřídlo) jsou už jen důsledky průvalů a reparativních opatření (Klír 1994).

## **6. Geochemie termálních vod**

### **6.1 První zmínky k chemismu term**

První zmínky k chemismu minerálních pramenů jsou už z r. 1550. Složení teplických term popisuje poprvé Th. Paracelsus 1589 a na něj navazuje řada dalších německých autorů (Ruland M., Sparmann, Schwenke Ch. atd.). Zkoušky, které se prováděly, byly pro tu dobu uznávané, ale výsledky pro velké nepřesnosti nelze brát jako seriózní. Pověstinou se jednalo o zjišťování barvy, pachu a teploty vody. Obsah síry se např. dokazoval tím, že kůže po koupání



ve vodě zčervenala. Termy se řadily k alkalicko-salinickým železitým typům vod (Ambrozi 1797).

## 6.2 Typy vod

Teplické termy jsou termální vody a svým chemismem se od počátku řadí k natrium-hydrogenuhličitanovému typu s vysokým obsahem fluoru a celkovou mineralizací kolem 1g/l. U Pravřídla je mineralizace kolem 1039,00 mg/l (rok 2007), u Hynie je 1386 mg/l (rok 2007) a u Horského pramene se pohybuje mineralizace kolem 541,3 mg/l (rok 1992). Kačura (1980) uvádí, že voda z vrtu Tp-28 (Hynie) a i voda z termy Pravřídlo je podle ČSN 86 8000 termální přírodní léčivá minerální voda hydrogenuhličitano-sodná, se zvýšeným obsahem fluoridů a kyseliny metakřemičité, slabě mineralizovaná, hypotonická. Obsahy fluoru se pohybují přibližně v rozmezí 5-12 mg/l, obsahy sodíku se pohybují v rozmezí cca. 170 – 300 mg/l a obsahy hydrogenuhličitanů jsou v rozmezí 400-1200 mg/l (Čadek et al 1968).

Ve studované oblasti lze stanovit tři geochemické zóny vod: zónu povrchových a mělkých vod s proměnlivým typem chemismu a většinou nízkou mineralizací, zónu hlubšího proudění studených vod hydrogenuhličitanového typu ( $\text{Ca-HCO}_3$ ,  $\text{Na-HCO}_3$ ) s proměnlivým obsahem síranové složky a zónu teplých natrium-hydrogenuhličitanových vod. První zóna je určována charakterem horninového prostředí, intenzitou proudění, charakterem a rozsahem oxidační zóny a dobou, při které dochází ke styku s atmosférou. Častý typ této zóny typ kalcium-sulfátový je především v místech s oběhem vod narušeným při důlní činnosti. V této zóně je kalcium-hydrogenuhličitanový typ vody typický pro místa s nehluboko uloženými slínovcovými komplexy. Místa se vyskytují i vody, ve kterých převládá Mg-složka, ty jsou geneticky vázané na tufové horniny (Čadek et al. 1968).

V hlubší zóně se vyskytují hydrogenuhličitanové typy vod s převahou sodných nebo vápenatých iontů, tento typ vod převládá. Jedná se o vody s nízkou teplotou a proměnlivou vysokou mineralizací. V této zóně se málo často projevuje vliv oxidační zóny. Výrazně se zde uplatňuje charakter proudění v daném horninovém prostředí (Čadek et al. 1968)

Nejhlubší geochemickou zónou je zóna natrium-hydrogenuhličitanových termálních vod. Tyto vody jsou krom zvýšené teploty a převládajících sodných a bikarbonátových iontů typické zvýšenými obsahy fluoru a chloru (Čadek et al. 1968). Charakteristika vod a typy vod na Teplicku je podrobně uvedena i v další práci autorů Hazdrová et al. (1964). Ti navíc vedle hlavních typů vod uvádějí v rámci  $\text{Na} - \text{HCO}_3$  vod i podtypy. Podtypy vod se dají

charakterizovat blízkým chemismem, blízkou celkovou mineralizací a obdobnou genezí. Termální vody jsou řazeny do podtypu Střekov (Ústí nad Labem) a Pravřídlo, které se liší celkovým obsahem hlavních složek ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ). Jako další podtyp můžeme uvést skupinu vod Břežánky. Ta vykazuje výrazný Na –  $\text{HCO}_3$  charakter. Svou genezí je vázána na mělčí horizonty převážně sedimentárních hornin (pískovce, slínovce, tufy). Pod podtypem Kostomlaty se skrývají vody Na –  $\text{HCO}_3$  typu, které jsou mělkého oběhu, geneticky obvykle vázané na terciérní fonolitová efusiva.

### 6.3 Eh a pH

Termální vody jsou slabě alkalické. Hodnota pH se pohybuje v rozmezí 7,3 – 8,3 v závislosti na parciálním tlaku (Čadek et al. 1963). Změna parciálního tlaku  $\text{CO}_2$ , především v blízkosti povrchu se projevuje ve změně pH. Nízké hodnoty pH u term v rozmezí 6,9-7,3 (Pravřídlo, Horský pramen) jsou dokladem značného parciálního tlaku  $\text{CO}_2$ , který se udržoval v průběhu celého mineralizačního procesu. Je nutno tedy předpokládat značně rozsáhlou a pravidelnou dotaci  $\text{CO}_2$ .

Hodnoty Eh se pohybují okolo +100 až +200 mV, což je většinou v rozmezí přechodní zóny. U teplejších term odpovídají hodnoty poloze hladiny termální vody pod oxidační zónou, ovlivněnou míšením s vodami mělčího oběhu. Teplický ryolit obsahuje vyšší koncentrace  $\text{Fe}^{3+}$  a bude zpravidla zvyšovat Eh cirkulující vody. Vyšší hodnoty Eh byly zjištěny u vod mělčího oběhu v okolí Horského pramene, a to 270-320 mV, což při neutrálním pH odpovídá již spodní hranici vod oxidačního charakteru. Tyto vysoké hodnoty Eh umožňují snadné rozpouštění oxidů uranu a jejich druhotnou migraci.

### 6.4 Hlavní chemické složky vod a jejich vzájemný vztah

Alkalické kovy: jedná se především o sodík a draslík. Ve vodách se vyskytují jako jednoduché ionty ( $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ ). Sodík v prostých a v minerálních vodách převyšuje nad draslíkem (Pitter 1999). Oba tyto ionty nejsou závislé na obsahu ostatních složek. Draslík je závislý na pH vodného prostředí. Zdrojem  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  jsou alkalické živce krystalických hornin (Čadek et al. 1968).

Vápník a hořčík: ve vodách se vyskytují jako jednoduché ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ . Ve více mineralizované vodě s vyšší koncentrací hydrogenuhličitanů a síranů se mohou tvořit různé iontové asociáty (např. Ca- $\text{SO}_4$  typ vody na Teplicku). Většina vod s mělkým prouděním a

vody termální s hlubším oběhem obsahují vápník v nejvyšší možné koncentraci za daného pH a koncentrace složek  $\text{CO}_3^{2-}$  (Hazdrová et al. 1964). Obsah hořčíku není podstatněji ovlivňován koncentracemi ostatních složek. Poměr  $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$  je ve zkoumaných vodách nízký – 0,1. Tento poměr je typický pro vody geneticky spjaté s horninami chudými hořčíkem.

Stroncium: Vyskytuje se ve vodách v iontové formě. U většiny vod obsah stroncia nedosahuje zřejmě mezních hodnot a je proto určován především obsahem ve zdroji (Hazdrová et al. 1964).

Mangan: V teplických minerálních vodách je přítomen jako iont  $\text{Mn}^{2+}$ . Pitter (1999) uvádí, že  $\text{Mn}^{2+}$  není v oxidačních podmínkách (vody mělkého oběhu) přítomen.

Železo: vyskytuje se ve formě kationtu  $\text{Fe}^{2+}$ . Obsah železa je u vod s mělkým oběhem určován především oxidačním charakterem roztoku (železo je přítomno v roztocích jen při nízkém oxidačně-redukčním potenciálu), (Hazdrová et al. 1964).

Těžké kovy: jedná se především o olovo a zinek, a to především kvůli výskytu sfaleritu a galenitu na oběhovými cestách termálních vod. Vyskytují se jako kationty  $\text{Pb}^{2+}$  a  $\text{Zn}^{2+}$ . Koncentrace těchto prvků je nízká a je řízena rovnováhou se sulfidickými minerály (Čadek et al. 1968).

Uran: ve vodách je přítomen ve formě iontů  $\text{UO}_2^{2+}$  a komplexů  $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2]^{2-}$  a  $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$  (Pitter 1999). O uranu a dalších radioaktivních prvcích v termách je pojednáno v kapitole 6.6.

Chloridy: převážně v iontové formě  $\text{Cl}^-$ . Původ chloridů je stejný jako alkálií. Je pravděpodobně uvolňován z hornin podložního krystalinika procesy hlubinného vyluhování (Čadek et al. 1968).

Fluor: hlavní výskyt fluoru ve vodách je jako iontová forma  $\text{F}^-$ . Obsah fluoru je určován obsahem vápníku. Většinou je fluor v termálních vodách typu  $\text{Na} - \text{HCO}_3$  v mezních koncentracích vzhledem k obsahům vápníku. Jen u vod s obsahem fluoru přibližně pod 2 mg, není obsah fluoru určován obsahem vápníku, je to dáno existencí komplexu  $\text{CaF}^+$  (Čadek et al. 1968). Blíže o fluoru je pojednáno v kapitole 6.4.1.

Síraný: větší podíl  $\text{SO}_4^{2-}$  je vázán do komplexu pouze u vod  $\text{Ca} - \text{SO}_4$  typu s vysokou mineralizací. Ve vodách převládá disociovaná forma iontová  $\text{SO}_4^{2-}$ . Vzhledem k nízkým

obsahům barya a nízkým obsahům vápníku není obsah  $\text{SO}_4^{2-}$  iontů omezen. Při průchodu oxidačním pásmem, v místech kde je hornina bohatá sulfidy (uhelná sloj, hranice mezi křídou a teplickým ryolitem) se terma druhotně obohacuje sulfátovými ionty. Netěsností křídového nadloží a v důsledku porušení tohoto nadloží těžbou uhlí je oxidační zóna posunuta do hloubky (Hazdrová et al. 1964).

Křemičitany: na výši obsahu  $\text{SiO}_2$  v termách příznivě působí vhodná minerální forma  $\text{SiO}_2$  (sklo v porfyrových tufech) a zvýšená teplota (Čadek et al. 1968).

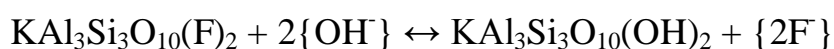
Karbonátové složky: hlavní složkou v minerálních vodách jsou hydrogenuhličitan  $\text{HCO}_3^-$ . Obsahy  $\text{CO}_3^{2-}$  jsou malé. Obsah  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{CO}_3^{2-}$  iontů je určován pH a parciálním tlakem  $\text{CO}_2$  (Hazdrová et al. 1964).

Obsahy jednotlivých složek v minerálních vodách jsou uvedeny v příloze 2 u pramenů Pravěídlo a Hynie.

#### **6.4.1 Fluor v termách na Teplicku a jeho geneze**

Obsahy fluoru dosahují v minerálních pramenech v Teplicích anomálních hodnot. Pohybují se v rozmezí 5 – 12 mg/l. Většina přírodních vod má obsahy fluoru v řádu desetin mg/l.

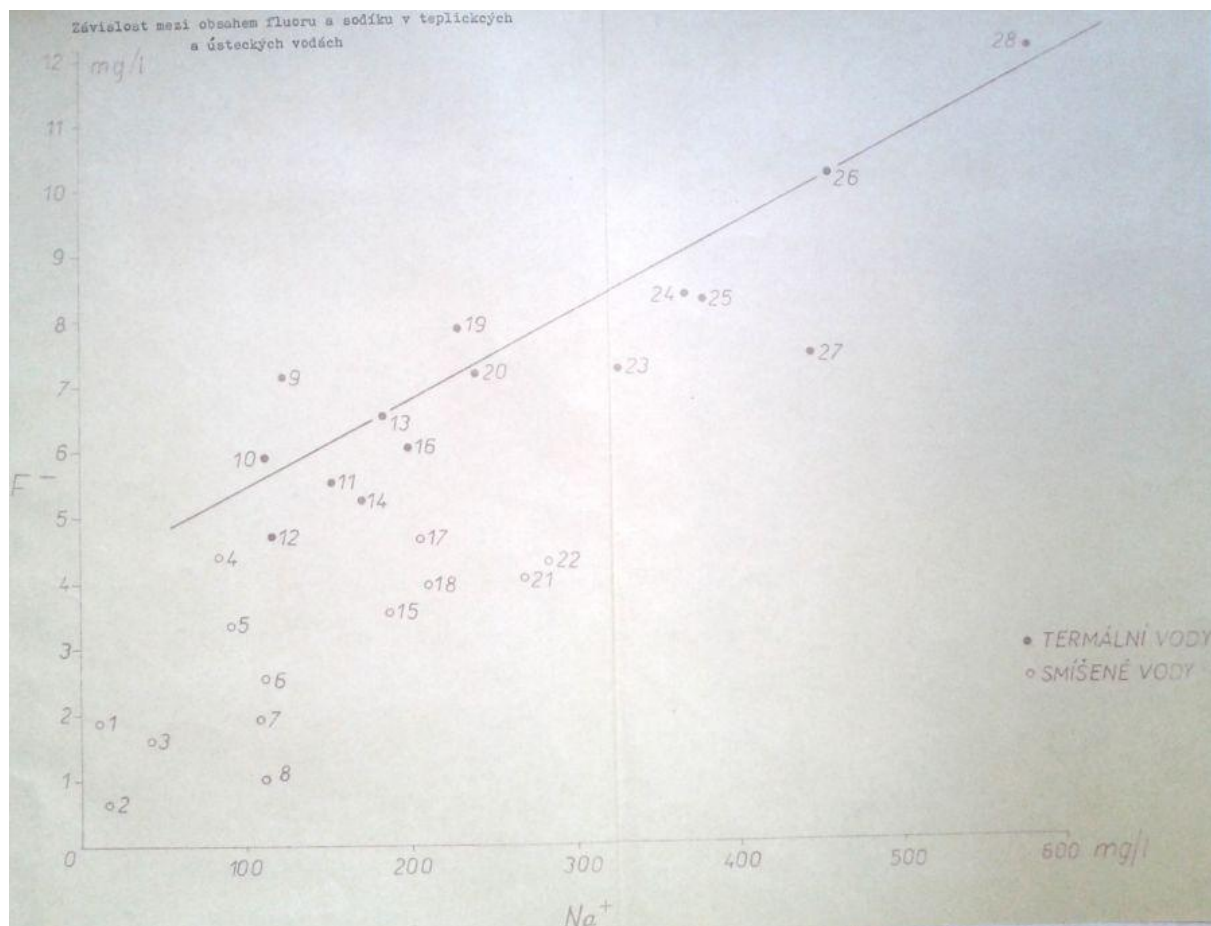
Určení zdroje fluoru v minerálních vodách Teplicka je problematické. Je třeba hledat takový zdroj, který je zdrojem nejenom fluoru, ale i dalších složek v termách. Mezi obsahem sodíku a fluoru existuje přímá závislost. Se vzrůstajícím obsahem sodíku vzrůstá i obsah fluoru (graf 1). To je důsledkem toho, že k obohacování sodíku i fluoru dochází za obdobných poměrů. Intenzita vyluhovacích procesů ovlivňovala shodně obsah fluoru, sodíku a celkovou mineralizaci. Jako nejpravděpodobnější se jeví vyluhování fluoru ze slíd, jako jiné prvky (Na, K, Cl aj). Vyluhování fluoru ze slíd probíhá pravděpodobně na principu aniontové výměny, kdy dochází působením teplých vod alkalického charakteru k náhradě původního  $\text{Cl}^-$  a  $\text{F}^-$  ( $\text{OH}^-$ ) skupinou. Tento zdroj může být v podstatě neomezený, pokud tektonická činnost umožňuje dostatečně hlubokou cirkulaci vod (Čadek et al 1963).



Fluor v termách popisované oblasti geneticky vázán na horninotvorné minerály v podložních horninách krystalinika, což jsou právě hlavně slídy (biotit, cinvaldit). Do blízkosti zemského

povrchu je fluor vynášen v natrium-hydrogenuhličitanových vodách po hluboko sahajících zlomech a puklinových systémech (Čadek et al. 1963).

**Graf 1: Závislost obsahu fluoru a sodíku v teplických termách (Čadek et al. 1963)**



Zdrojem primárních obsahů vápníku v termách jsou tytéž horniny, které jsou zdrojem i pro další prvky Na, K, F aj. Jsou to zřejmě zase horniny podložního krystalinika.

V těchto neutrálních až alkalických natrium-hydrogenuhličitanových vod je vápník do značné míry blokován ionty  $\text{CO}_3^{2-}$ . Tento proces umožňuje přítomnost zvýšených obsahů fluoru (Čadek 1970).

Anomální výskyty fluoru v minerálních pramenech jsou příčinou i rozsáhlé fluoritizace (tvorba minerálu fluoritu) na Teplicku. Nejdůležitější výskyty fluoritu jsou u Horského pramene v Teplicích – Šanově a na Písečném vrchu u Teplic (Čadek et al 1963)

Fluorit vznikal v baryt-fluoritové fázi mladého mineralizačního procesu, která souvisela s výstupem term. K fluoritizaci docházelo v období na sklonku terciéru a v kvartéru. Předpokládá se, že výskyty na Teplicku nejsou starší 250 000 let. Byla prokázána závislost

výskytu fluoritu na výstupu natrium-hydrogenuhličitanového typu vod bohatých fluorem. Předpokládá se že, k ukládání fluoritu docházelo z fluoronosných roztoků, které ale byly obdobou dnešních teplických term. Obecně jsou současné termy svým chemismem vhodné pro vylučování fluoritu. Vylučování fluoritu bylo způsobeno fyzikálními a chemickými změnami v blízkosti zemského povrchu za přítomnosti kalcitu, které vedly k přesycení roztoku vzhledem k fluoritu. Největší význam z procesů, které způsobují tyto změny, jsou oxidační procesy (oxidace sulfidů, s tím spojená změna pH a změna obsahu karbonátových složek v roztoku). Význam mělo i míšení povrchových vod kalcium-sulfátového typu s termami (Čadek et al. 1963).

## **6.5 Teplota**

K ohřevu infiltrující vody (z infiltrační oblasti Krušných hor) o průměrné teplotě 5°C na původní teplotu minerálních pramenů 49°C, může dojít až v hloubce 1500 m pod povrchem (Homola 2008). Homola (2008) uvádí, že infiltrující voda se ohřívá přestupem tepla z okolních hornin kolektoru. Při samotném výstupu se, ale terma ochlazuje, protože dochází k předávání části tepla termy okolním horninám (Homola 2008).

Teplota term od dob průvalů značně kolísala. Dnešní nejvyšší teploty se pohybují kolem 38-42°C (Hynie, Pravědlo). Teplota term je ovlivňována míšením se studenými vodami v teplickém ryolitu. Vystupující terma zpětně ohřívá horninu ve vyšších částech zemské kůry (Čadek 1968). K velkým poklesům teplot docházelo během průvalů vod na dolech, více viz kapitola 8. Teploty původních přelivů jsou uvedeny v tabulce č. 3.

**Tabulka 3: Teploty původních přirozených vývěrů term (upraveno podle Čadek et al. 1968)**

prameny	Hansa 1784	Ambrozi 1797	Reuss 1822	Ficinus 1822	Wolf 1836	Höring 1854-1858	Wrany 1863
Pravřídlo	47,5	47,5	49,37	49,37	47,0	48,12	49,0
Dámský pramen	47,5	-	48,12	-	-	47,5	48,0
Zahradní pramen	-	-	25,87	25,87	30,75	26,25	28,0
Kamenolázeňský pramen	-	37,5-42,5	37,5-38,75 35,63-36,25	37,5- 38,75	37,0	37,0	39,0
Písečný pramen	-	-	35,0	-	-	31,25- 33,75	33,13- 34,0
Luční pramen	-	--	31,87	-	-	31,62	32,12
Chrámový pramen	-	-	-	-	-	36,87	38,0
Hadí pramen	-	39,37 (bazén)	36,25-40,88 (bazén)	37,5- 40,0 (bazén)	38,75 (bazén)	39,5 (výtok)	38,5 (bazén)
Pahorkový pramen	-	42,25	-	43,75	40,37	43,75	44,0

V tabulce můžeme vidět, že teplota u Pravřídla dosahovala až 49°C. Další vysoké hodnoty vykazují i dva Dámské prameny a Pahorkový pramen. Teplota Pravřídla dnes dosahuje nejvýše 41°C. To dokazuje značný pokles teploty od doby průvalů na dolech.

## 6.6 Radioaktivita vod

### 6.6.1 Geneze radioaktivních vod

Minerální prameny na Teplicku se vyznačují zvýšenou radioaktivitou. Bylo proto podniknuto několik prací, které sledovaly charakter a obsahy jednotlivých radioaktivních prvků. Jedná se především o uran, radium a radon. Jako místo se zvýšenou radioaktivitou vod a okolí je typická lokalita pramení skupiny Horského pramene a i okolí některých vrtů (Th-35, Th-40), (Zukriegelová M. (1964) in Hazdrová et al. 1964).

Vrty Th-35, Th-40 stále existují (Martin Jaššo DiS. – osobní sdělení).

Radioaktivita těchto vod je způsobována samovolným rozpadem radioaktivních prvků uran-radiové řady. Pevné členy této řady mají malou rozpustnost v oblasti pH kolem 7, proto aktivita vody je určena výhradně plynným členem této řady, a to je radon. Radon má poločas

rozpadu 3,825 dne. Jeho producentem je radium  $^{226}\text{Ra}$  s poločasem rozpadu 1590 roků. Rozpadová rovnováha mezi radiem  $^{226}\text{Ra}$  (většinou jen v hornině a v malých množstvích,  $10^{11}$  až  $10^{12}$  g/l – i ve vodě) a radonem  $^{222}\text{Rn}$  (v podstatné míře i ve vodě) se ustaluje asi za 39 dní (desetinásobek poločasu rozpadu dceřiného prvku). Výši radioaktivity vody tedy určuje produkce radonu radiem a množství radonu, které přejde z pevné fáze (horniny, minerály) do kapaliny (Homola 1974).

Homola (1974) ve své práci uvádí tvrzení autorů J. Čadka a G. Kačury, že k tvorbě radioaktivních vod dochází jen tehdy, jsou-li sekundární depozice radioaktivních prvků v úrovni nebo pod úrovní hladiny podzemních vod. Jsou-li tyto depozice nad hladinou podzemních vod (např. umělé snížení), uniká vznikající radon do podzemních vzdušnin a radonové vody nevznikají. Tento názor, byl akceptován i Meziresortní komisí pro hlubinný jímací vrt termy Pravřídla (Homola 1974).

### **6.6.2 Radioaktivita důležitých vodních zdrojů**

Nejvíce radioaktivní se jeví Horský pramen a vrty Th-35 a Th-40, které jsou situovány v jeho těsné blízkosti. Všude tam, kde byla nalezena vyšší aktivita vod, byla nalezena i vyšší aktivita vrtných jader (Zukriegelová M. (1964) in Hazdrová et al. 1964).

Podle novějších analýz vod z Horského pramene dosahuje souhrnná radioaktivita 1 837,31 Bq/l, z toho radonová aktivita 1 828 Bq/l. Na Pravřídle je souhrnná aktivita je 1,37 Bq/l, a z toho radonová aktivita 0,07 Bq/l. Pro srovnání radonové vody v Jáchymově mohou dosahovat až 10 000 Bq/l. (Lázně Teplice).

Vody proudící v křemenném a žulovém porfyru dosahují obsahy uranu okolo  $10^{-5}$  g/l (Pravřídlo  $3,15 \times 10^{-5}$  g/l). Vody geneticky vázané na sedimenty a ruly mají obsahy řádově desetkrát nižší. Vysoké obsahy uranu byly zjištěny v mělkých vodách kalcium-bikarbonát-sulfátového typu (v blízkosti Horského pramene  $0,8-1,2 \times 10^{-3}$  g/l). Horský, Kamenolázeňský a Pahorkový pramen mají obsahy  $0,73 \times 10^{-3}$  g/l. Zdrojem uranu jsou horniny křemenného a žulového porfyru, obsahující U v koncentracích až 0,006% (Čadek et al. 1968).

### **6.6.3 Stručná charakteristika uranového zrudnění**

Gammakarotáž provedená na vrtech v okolí Horského pramene ukázala, že k druhotné akumulaci radioaktivních prvků docházelo na styku porfyru a báze křídly, tj. že křídové horniny tvořily geochemickou bariéru. Méně významné jsou akumulace radioaktivních prvků



i výše, nad bází křídly. K akumulaci radioaktivních prvků, které byly přinášeny hlubinou termální vodou, docházelo zřejmě nejvíce v blízkosti výstupu termy pod bází křídly. Se vzdalováním od výstupních cest klesal obsah prvků v uloženinách na stěnách puklin a i mocnost zóny (Homola 1974).

V této oblasti existují tři negenetické typy zrudnění, která se od sebe liší svým výskytem, minerální paragenezí, způsobem vazby a asi i stářím. Společnou mají genezi, a to vyloučení uranu z poměrně zředěných, teplých roztoků s chemismem velmi blízkým termálním pramenům (Čadek a Malkovský 1960).

První a také nejčastější zrudnění je vázáno na systém puklin v hlubších částech zkoumaného území. Vyskytuje se v křemencích a prokřemenělých pískovcích středního turonu. Toto uranové zrudnění je součástí rozsáhlé minerální parageneze: pyrit, fluorit, uranové černě (smolinec), galenit a baryt (Čadek a Malkovský 1960).

Druhý typ uranového zrudnění je podobný prvnímu. Je vázáno na uhelnou hmotu. Vyskytuje se v jílovcích a pískovcích s uhelnou hmotou cenomanského stáří. Zrudnění není vázáno jen na pukliny, ale jde skrz uhelnou hmotu. Pro tuto mineralizaci je charakteristický baryt a galenit. Tento typ zrudnění není příliš rozšířený. Je omezen výskytem křídových hornin s uhelnou hmotou a je závislý na blízkosti výstupních cest uranonosných roztoků (Čadek a Malkovský 1960).

Třetí typ zrudnění je vázán na porfyrové brekcie a slepence na bází křídly. Byly zjištěny dva hlavní výskyty tohoto zrudnění. Křemencový lom u Lahoště a druhý v jímce Horského pramene. V obou lokalitách jde o porfyrovou brekciu s hojným limonitem a u brekcie z Horského pramene též s barytem. U vzorku z Lahoště byl nalezen i fluorit. Rozptýlení uranu v této hmotě je nepravidelné. Průměrný obsah uranu ze vzorku Horského pramene byl 0,39% a z oblasti Lahoště 0,17%. Po genetické stránce je nutno brát jako výchozí výskyt uranu v Horském prameni. Horský pramen je dobrým příkladem přímé souvislosti mezi radioaktivitou vody a brekcie. Nebyly zde zjištěny aktivní baryty. Aktivní je pouze okolní hmota či železité povlaky barytu. Tento typ zrudnění je vázán jen na povrchové výskyty a to v místech, kde docházelo nebo dochází k výstupu uranonosných roztoků. Ve vzorku (několik kilogramů) z lomu u Lahoště byl průměrný obsah 0,17% uranu. Vzhledem k nepravidelnému výskytu silněji radioaktivních vod je i výskyt tohoto zrudnění vzácný a nepravidelně rozptýlený (Čadek a Malkovský 1960).

## **7. Geneze jednotlivých typů vod**

### **7.1 Vody Ca – SO<sub>4</sub> typu**

Tyto vody jsou geneticky vázané na oxidační prostředí (oxidace sulfidů). K tomuto typu vod patří mělké podzemní vody v oblasti Krušných hor a při jejich úpatí (teplický ryolit a rula). Sírany ve vodě mohou být i atmosférického původu (srážky). Dále jsou k tomuto typu vod řazeny důlní vody. Výrazně se zde jeví převaha sulfátů a alkalických zemin s kolísajícím poměrem Ca a Mg v závislosti na karbonátové rovnováze a prostředí mineralizace. Poměr Na : K je nízký. Typické jsou vysoké obsahy Fe (oxidace pyritu). Celková mineralizace může přesahovat i 4g/l. K obohacování ionty Ca a SO<sub>4</sub> dochází průsakem pokryvnými útvary. Důlní vody tohoto typu vznikají z mělkých podzemních nebo povrchových vod různého chemického složení (Hazdrová et al. 1964).

Jako zajímavost se jeví vývěr studeného pramene se zvýšenými obsahy Be a Ra. Pramen byl zjištěn severozápadně od Lázní Teplice na krušnohorském zlomovém pásmu. Vyvěrá 1 km severozápadně od obce Mstišov. Původ tohoto pramenu lze hledat v teplickém ryolitu. Je mělkého oběhu, kalcium-sulfátového typu, slabě kyselý (Čadek a Lepka 1971).

### **7.2 Vody Ca – HCO<sub>3</sub> typu**

Tyto vody vznikají v sedimentech, které obsahují vápník a v horninách s vysokým obsahem hořečnatých a vápenatých silikátů. Tyto vody mohou vznikat pod oxidační zónou nebo i v oxidační zóně, není-li plně vyvinuta. K sycení CO<sub>2</sub> dochází pod tlakem větším než je v atmosféře, dokazují to obsahy iontů HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Ve větším množství jsou v těchto vodách vápník a draslík. Tyto vody jsou nejčastěji vázány na slínovce, uplatňují se i mezi důlními vodami a nebo se nachází v okolí bazických efuziv (Hazdrová et al. 1964). V práci Čadek et al. (1963) jsou tyto vody označovány jako slínovcové.

### **7.3 Vody Na – HCO<sub>3</sub> typu**

Tento typ vody tvoří 2 podtypy. První podtyp je podtyp Břežanky. Tento podtyp vzniká v terciérních píscích (kuřavkách) ve slínovcích a v tufogenních horninách. Jsou to vody nehlubokého oběhu (max. 250 m hloubka). Vysoké obsahy HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> jsou důkazem mineralizace za vyšších tlaků CO<sub>2</sub>, řádově převyšující tlaky v atmosféře. Zdrojem CO<sub>2</sub> byly asi uhelné látky z terciérních a křídových sedimentů. Zdrojem sodíku u tufových hornin jsou vlastní tufitické horniny, zdrojem Na pro vody, vznikající v ostatních sedimentech (písky, slínovce) mohou

být alumosilikáty. Poměr draslíku k sodíku je příznivější ve prospěch draslíku ve srovnání s termálními vodami Na – HCO<sub>3</sub> typu. To ukazuje na to, že k vyluhování alkálií dochází z hornin, kde obsah draslíku značně převyšuje obsah sodíku. Blokováním ionty CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> a při vysokých obsazích HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a vhodném pH dosahuje vápník svých mezních koncentrací. Celková mineralizace a obsah rozpuštěných látek dosahuje stejných hodnot jako u vod minerálních (Hazdrová et al. 1964).

Druhý podtyp termálních vod je podtyp Pravřídlo. Ke vzniku těchto vod dochází ve větších hloubkách než u podtypu Břežánky. Mají vyšší teplotu. K mineralizaci dochází za zvýšeného tlaku CO<sub>2</sub>. Zvýšené tlaky nepřesahují tlak jedné atmosféry. Zdrojem CO<sub>2</sub> jsou procesy, které probíhají nehluboko pod zemským povrchem (rozklad uhelné hmoty). Zdrojem alkálií jsou horniny podložního krystalinika (teplický ryolit, ruly a granity). Jako reálně se jevící další možností jsou horniny bazických efuziv a jejich tufů, které snadno uvolňují alkálie. Obsah vápníku je závislý na pH a obsahu CO<sub>3</sub> složek. Vápník dosahuje v těchto vodách maximálních mezních hodnot. Sírany se do těchto vod dostávají při průchodu oxidační zónou (při sestupu nebo výstupu). Rozdíly v chemismu mezi oběma podtypy nejsou zásadní (Hazdrová et al. 1964).

Další typ vody jsou vody Na – SO<sub>4</sub> typu, vyskytují se ale v dané oblasti jen velmi vzácně.

## **8. Změny kvality minerálních pramenů**

### **8.1 Druhotné změny chemismu vod**

Za druhotné změny chemismu vod se považují takové, které pozměňují jejich původní charakter a nejsou součástí základní mineralizace vod.

#### Oxidační procesy:

Oxidační procesy ovlivňují teplické termy. V důsledku porušení těžbou křídového nadloží a jeho netěsností je oxidační zóna posunuta do hloubky (Čadek et al. 1968). Při proudění vod oxidační zónou dochází k obohacování ionty SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a někdy i ionty Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup>. Zjištění největších změn bylo u vod Na – HCO<sub>3</sub> typu, kde oxidace sulfidů v blízkosti hladiny termální vody může pozměnit chemismus Na – HCO<sub>3</sub> typu na typ Na – SO<sub>4</sub>. Redukční procesy se

uplatňují na Teplicku především na styku sedimentů s podložním krystalinikem (Hazdrová et al. 1964).

#### Změny tlaku CO<sub>2</sub>:

Uplatňují se v blízkosti zemského povrchu. Způsobují změnu karbonátové rovnováhy, spojenou se změnou pH, koncentrací jednotlivých CO<sub>3</sub> složek, vápníku, stroncia, manganu a dalších prvků. Na styku s atmosférou dochází u vod Na – HCO<sub>3</sub> typu k poklesu tlaku CO<sub>2</sub> a ke zvýšení pH a někdy i ke snížení obsahu vápníku (Hazdrová et al. 1964). Důsledkem změn rovnovážné koncentrace Ca<sup>2+</sup> je vylučování karbonátů a fluoritu (Čadek et al. 1968).

#### Změny na styku s horninami:

U vod Na – HCO<sub>3</sub> typu, které se stýkají s horninami v nichž je obsažen kalcit, nedochází ke změnám chemismu vod. Největší změny se odehrávají při styku vod Ca – HCO<sub>3</sub> a Ca – SO<sub>4</sub> typu s alumosilikáty. Chemismus se za přítomnosti vyššího parciálního tlaku CO<sub>2</sub> mění na Na – HCO<sub>3</sub> (Hazdrová et al. 1964).

Největší vliv na chemismus term má mísení vod. Termy se zpravidla mísí s mělkými podzemními vodami kalcium-hydrogenuhlčitanového a kalcium-sulfátového typu, většinou s nízkou mineralizací. Při změně dochází ke zvýšení obsahu Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, ke snížení Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, F<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a teploty. Změny v obsahu SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a Cl<sup>-</sup> nejsou jednoznačné u všech skupin termálních vod.

Pravřídlo je míseno s chladnější vodou s nižší mineralizací kalcium-sulfátového typu. Dochází k nepatrnému snížení obsahu F<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a dochází ke zvýšení Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Čadek et al. 1968).

#### Zonalita vod:

Zonalita není jen výsledkem vertikální vzdálenosti od zemského povrchu. Uplatňují se vlivy tektonické, fyzikální vlastnosti hornin, jejich chemismus atd. Tam, kde došlo k vytvoření oxidačního pásma v homogenním horninovém prostředí, je nejjednodušší typ zonality. V závislosti na rozsahu oxidačních procesů se uplatňují v oxidační zóně (svrchní polohy) vody Ca – SO<sub>4</sub> nebo vody Ca – HCO<sub>3</sub> typu, v přechodné nebo redukční zóně (hlubší polohy) se pak uplatňují vody Na – HCO<sub>3</sub>, nebo vody Ca – HCO<sub>3</sub> (Hazdrová et al. 1964).

## 8.2 Důsledky těžební činnosti na jakost termálních pramenů

Po průvalech na dolech došlo u termálních pramenů ke změně chemismu a teploty. Změny chemismu vod jsou nápadné na prameni Pravřídlo. Problém u pramene Pravřídla spočíval hlavně v tom, že terma nebyla šachtou zcela zachycena, ale procházela přibližně západně, jz. od ní. Navíc u dna šachty byla puklina, z které proudila studená voda s jiným chemismem. Tím docházelo k velkému mísení termy s těmito vodami studenými. To bylo nápadné hlavně při dně šachty. S hloubkou ubývalo komponent typických pro termu ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) a stoupají obsahy iontů mělkých chladných vod ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), (Čadek et al. 1968). Jednotlivé změny v obsazích iontů jsou uvedeny v tabulce č. 4, která je z publikace Čadek et al. (1968).

**Tabulka 4: Změny obsahu hlavních iontů (mg/l) v termě Pravřídla v závislosti na hloubce odběru (4. 2. 1964), (Čadek et al. 1968)**

m pod hladinou	m n. m	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
3	194	241,0	12,0	5,5	41,5	7,8	58,5	564,4	105,8
6	191	230,0	12,5	6,1	40,0	7,9	49,6	564,4	104,52
9	188	233,0	11,5	6,7	40,0	7,3	46,8	566,3	109,9
12	185	167,0	19,5	25,5	53,5	3,5	51,4	497,3	149,4
15	182	159,0	21,0	22,6	62,3	3,5	50,3	486,9	153,5
18	179	165,0	19,8	11,1	80,8	7,2	53,2	485,1	151,0
21	176	156,0	20,5	10,5	81,8	7,3	51,4	488,2	145,7
24	173	145,0	19,25	20,2	79,8	7,2	51,4	491,2	157,6
27	170	148,0	20,00	20,2	82,8	6,5	52,8	497,3	149,4
čerpaná terma (směs)		204,0	13,5	8,6	51,5	6,1	47,9	543,1	108,6

Tabulky č. 5, 6 a 7 ukazují změny chemismu Pravřídla v průběhu let 1835 až 1992.

**Tabulka 5: Změny jakosti vody Pravřídla (mg/l), (1835-1879), (Čadek et al. 1968)**

ionty	Steinmann 1835	Wolf 1836	Ficinus 1837	Wrany 1863	Sonnenschein 1872	Gintl 1879
Li <sup>+</sup>	-	-	-	-	-	0,02
Na <sup>+</sup>	208,88	195,145	178,06	223,808	205,29	226,7
K <sup>+</sup>	0,81	5,70	32,83	6,954	10,23	7,4
Mg <sup>2+</sup>	11,13	3,301	2,009	3,372	3,31	3,8
Ca <sup>2+</sup>	30,76	15,89	16,96	21,657	20,15	22,4
Sr <sup>2+</sup>	-	2,063	1,49	stopy	1,27	0,05
Na <sup>2+</sup>	-	1,331	4,98	0,134	0,9	0,14
Fe <sup>2+</sup>	-	1,774	2,33	0,433	7,0	0,22
Al <sup>3+</sup>	-	0,559	0,634	0,218	0,03	0,097
F <sup>-</sup>	-	-	-	stopy	8,3	stopy
Cl <sup>-</sup>	35,42	34,216	40,979	39,484	38,20	40,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	563,2	460,545	474,35	544,176	589,2	553,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	55,23	42,464	31,147	51,715	52,09	62,9
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,82	-	-	-	1,04	0,43
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	45,3	-	40,625	-	-	46,2

**Tabulka 6: Změny jakosti vody Pravřídla (mg/l), (1897-1958), (Čadek et al.)**

ionty	Liebreich 1897	Potravinový ústav 1908	Hirsch 1937	St.geol.ústa v ČSR 1945	Výzk.ústav láz. 1956	Ústřed.ústa v geol. 1958
Li <sup>+</sup>	0,089	0,182	0,17	-	0,517	0,42
Na <sup>+</sup>	238,51	238,5	225,51	225,04	230,2	245,0
K <sup>+</sup>	8,127	10,5	17,58	10,021	8,805	13,7
Mg <sup>2+</sup>	4,12	4,155	6,39	8,04	5,642	5,6
Ca <sup>2+</sup>	28,065	29,89	35,26	48,05	41,44	43,9
Sr <sup>2+</sup>	0,676	0,662	-	-	0,323	-
Na <sup>2+</sup>	-	-	-	-	0,89	-
Fe <sup>2+</sup>	0,69	0,644	0,45	0,5722	stopy	0,28
Al <sup>3+</sup>	0,0113	0,01	0,10	-	-	-
F <sup>-</sup>	-	-	-	-	6,0	-
Cl <sup>-</sup>	44,33	43,68	49,70	50,3	46,96	51,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	4,6	4,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	609,2	604,8	570,46	591,7	565,0	576,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	62,504	65,08	88,02	97,12	92,85	120,6
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-	-	0,0	0,1
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	58,3	60,08	54,54	53,82	53,43	55,6

**Tabulka 7: Změny jakosti vody Pravřídla (mg/l), (1967 a 1992), (Lázně Teplice)**

ionty	Povodí Ohře	Mariánské lázně
	1967	1992
Na <sup>+</sup>	286	237,2
K <sup>+</sup>	16,2	11,25
Mg <sup>2+</sup>	18	6,140
Ca <sup>2+</sup>	29	43,67
Fe <sup>2+</sup>	0,23	0,016
F <sup>-</sup>	13,0	6,78
Cl <sup>-</sup>	54	45,18
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	3,07
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	558	536,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	141	169,0
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3,2	0,037

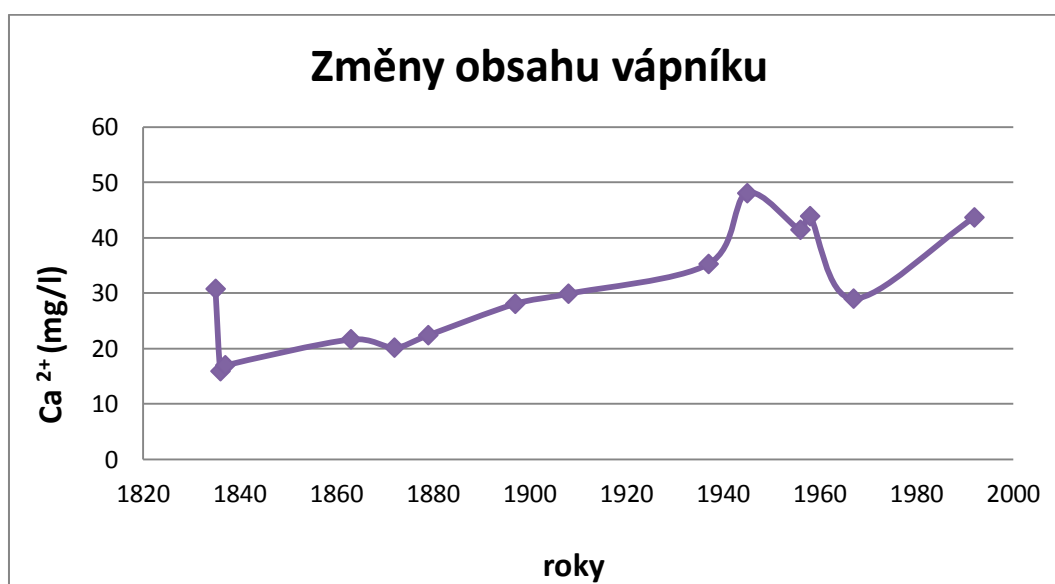
Změny v obsazích Horského pramene, Očního a Kamenolázeňského jsou uvedeny v příloze 3.

Jako nejvýraznější se v tabulkách 6 a 7 jeví vzrůst síranů a to z původních 55,23 mg/l na 169,0 mg/l (graf 2). Méně intenzivněji se jeví vzestup chloridů, vápníku (graf 3) a hořčíku.

Graf 2: Změny obsahu síranů během let 1835–1992, Pravřídlo (analýzy 1835–1958 z Čadek et al. (1968), 1967 a 1992 Lázně Teplice)



Graf 3: Změny obsahu vápníku mezi roky 1835 – 1992, Pravřídlo (analýzy 1835-1958 z Čadek et al. (1968), 1967 a 1992 Lázně Teplice)





U Horského a Kamenolázeňského pramene dochází k podobné tendenci vzestupu obsahů síranů, vápníku a hořčíku.

Změny chemismu v minerálních pramenech jsou vyvolány mísením se studenými vodami mělkého oběhu, pravděpodobně Ca-SO<sub>4</sub> typu. U těchto vod převládá obsah sulfátů a alkalických zemin (Čadek et al. 1968). Pravřídlo bylo řazeno dříve svým chemismem k natrium-bikarbonátovým vodám. Dnes je dle rozboru vody, který provádí Referenční laboratoř v Mariánských lázních klasifikována jako: hydrogenuhličitano-sírano-sodného typu. Změny obsahu hlavních iontů jako je HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a Na<sup>+</sup> se ve změnách celkového chemismu neprojevují. S největší pravděpodobností je to dáno tím, že chladné vody mělkého oběhu tyto ionty, obsahují také ve větší míře, a tak nedochází k jejich poklesu. Změny obsahu těchto iontů jsou vidět jen v šachtě Pravřídla, kdy obsah těchto složek směrem kde dnu šachty klesá. Je to dáno tím, že u dna šachty je puklina se studenou vodou, která má obsahy těchto iontů nižší.

Jako závažnější než změny chemismu se jeví změna teploty u teplických termálních pramenů.

Od dob průvalů a zachycení pramenů šachtami je zaznamenán značný pokles teploty. Původní teploty minerálních pramenů jsou uvedeny v tabulce 3 kapitola 6.5.

Při průvalech na dolech Döllinger, Viktorín a Gizela došlo k narušení ustálených směrů proudění chladných vod, které se začaly mísit s minerálními vodami. Homola (2008) uvádí, že původně terma byla vytlačována proudem chladné vody pod pokryvem křídových sedimentů a po trhlinách v ryolitu vystupovala na povrch a byla zachycena jímkami (Pravřídlo, Kamenolázeňský pramen). Avšak průval ryolitové vody na dole Döllinger vyvolal obrácení směru proudu chladné prosté vody v Teplicích do směru J – S (původně S-J). Proudění prostých chladných vod bylo stabilizováno k severu, a to má za následek odtlačování termy k severu a pronikání chladné prosté vody do šachtice Pravřídla, Knížecího dámského pramene a Očního pramene (Homola 2008). Celý tento proces vedl k poklesu teploty. Zachycení pramenů šachtami také negativně ovlivnilo pokles teplot čerpaných minerálních vod (Klír 1994). Tabulka č. 8 ukazuje změny teplot po zachycení pramenů šachtami.

**Tabulka 8: Teploty přirozených vývěřů a teploty v šachtách (Klír 1994)**

<b>prameny</b>	<b>přeliv</b>	<b>šachta</b>
Pravřídlo	49°C	46, 5 – 47,5°C
Dámský pramen	48°C	44°C
Kamenný (Kamenolázeňský) pramen	39°C	38,12 °C
Hadí pramen	38 – 42,7°C	35°C
Horský pramen, Pahorkový pramen	42 - 44°C	38 – 40,6°C

Tabulka 8 ukazuje, že nejenom u Pravřídla, ale i u ostatních pramenů docházelo k tomu, že zároveň s termou začaly být čerpány i chladné vody mělkého oběhu z nejbližšího okolí.

U Pravřídla jehož šachta nezachycuje hlavní výstup termy a do šachty se tak o to více mísí chladnější podzemní voda, způsobuje značné kolísání teplot. Zaznamenáno je i extrémní snížení teploty ve spodních částech šachty a to až na 19°C. Zhoršení teplotních poměrů je patrné při srovnání stavů před čerpáním a po něm. Při zvýšeném odběru dochází k poklesu teploty i ve vyšších partiích. To je způsobeno studenými vodami, které pronikají výše do šachty, teplota klesla i na 31°C. Od října 1963 byl na Pravřídle proto zaveden regulovaný odběr termy. Spočívalo to v rozdělení čerpaného množství vody na co nejdelší dobu, aby vydatnost byla co nejmenší. V šachtě byla 3 čerpadla (každé v jiné hloubce) a čerpalo se vždy po několika hodinových přestávkách. Došlo k vyrovnání teplot v šachtě až na hodnotu 42°C (Čadek et al. 1968). Regulovaný odběr, ale nebylo řešení pro zabránění pokračující destrukce term (Klír 1994).

Během let 1960 – 1991 klesla teplota vody z Pravřídla několikrát pod 39°C a blížila se k hranici 38°C – pod touto hranicí není voda považována jako termální. Byl dokončen a občas využíván nový zdroj Tp-28 neboli Hynie. Vrt byl situován v blízkosti Pravřídla (Klír 1994)

Na Horském prameni klesla teplota v r. 1972 pod 40,0°C, v r. 1974 pod 38°C a v roce 1975 klesla na 33 až 34°C. V r. 1980 dále klesla na 27,3°C. Od roku 1981 se Horský pramen přestal využívat (Klír 1994).

Jámy Döllinger a Viktorín byly včetně průvalových míst zatěsněny a udržování snížené hladiny v r. 1977 přešlo na Obří pramen v Lahošti (Klír 1994).

## **9. Soudobé poměry teplických termálních pramenů**

### **9.1 Využívání minerálních pramenů**

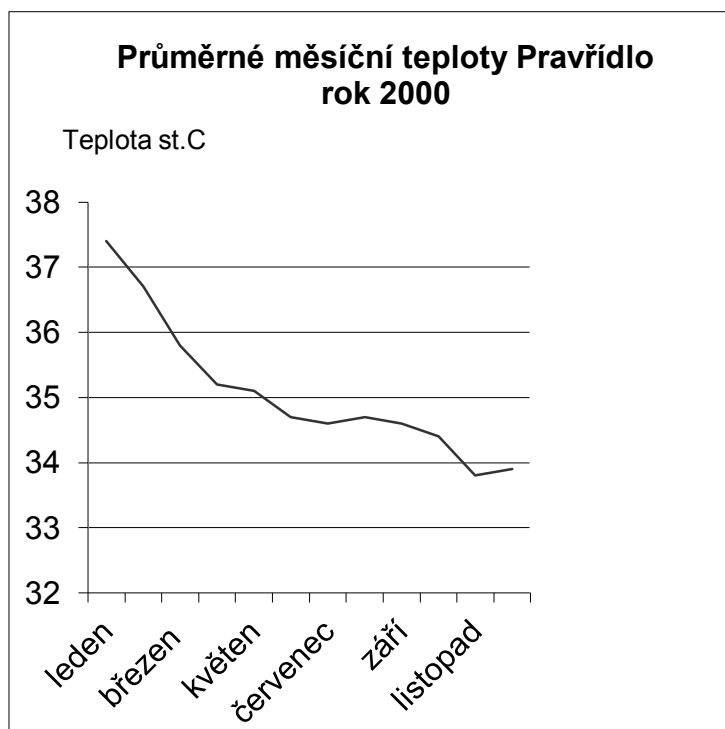
Dnes (2012) se pro lázeňské účely využívá Pravřídlo a s občasným využitím vrt TP-28 (Hynie). Horský, Oční a Kamenolázeňský pramen slouží jako pozorovací body (Lázně Teplice). Během let 1890 – 1892 se navrtal vrt na Zámeckém náměstí, který slouží také jako pozorovací bod, do budoucna se počítá s malým projektem, který by měl být zaměřen na využití termální vody z vrtu pro lázeňské potřeby (Martin Jaššo DiS. – osobní sdělení).

### **9.2 Sanace šachty Pravřídla**

Teplota Pravřídla nadále klesala, a to až tak, že v prosinci 2000 klesla teplota na cca. 33,5°C. Voda z termy Pravřídla se musela mísit s vodou z vrtu TP-28 (Hynie). Ve dnech 18 až 28. 12. 2000 proto proběhla rozsáhlá sanace šachty Pravřídla. Během sanace došlo v dolní části šachty k uzavření přítoku chladnějších vod z relativně mělkého podpovrchového oběhu, a tím došlo k omezení ochlazování vzestupného proudu termální vody v jeho koncové fázi ve svrchní části šachty. Před započítím sanačních prací, byl uveden do provozu monitorovací systém, který představoval osazení čidel, tím jsou dnes sledovány teploty v několika úrovních a výška hladiny v šachtě. Systém byl rozšířen o měření hladin a teploty ve vodojemu, do kterého se voda z Pravřídla i z Hynie čerpá. Z vodojemu je potom voda samospádem rozváděna do jednotlivých lázeňských domů. Před tím než bylo dno šachty zasypáno vytříděnými křemennými valouny, bylo tam instalováno perforované potrubí pro odvádění studené vody ze dna šachty. Nad vrstvou křemenných valounů byla vytvořena betonová zátka. Po skončení sanačních prací, bylo prováděno měření teplot. Teplota minerální vody stoupla v čerpacím místě o 3 až 4°C (Lázně Teplice).

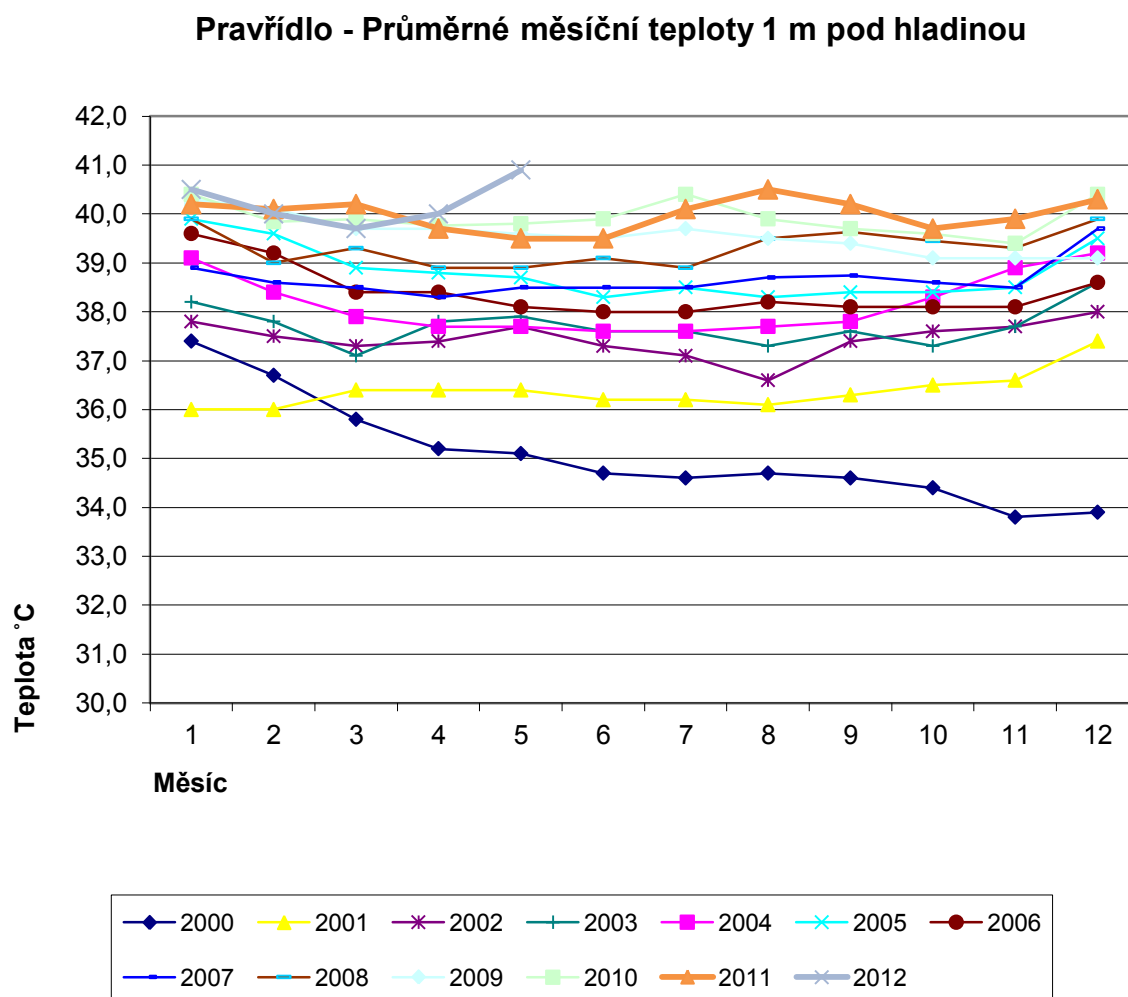
Na grafu 4, lze pozorovat prudký pokles teploty v r. 2000 až na 33,8°C.

Graf 4: Pravřídlo, průměrné teploty v r. 2000 (Jaššo, Lázně Teplice)



Změny teplot po sanaci šachty Pravřídla lze dobře vidět na grafu 5, který ukazuje průměrné měsíční teploty 1m pod hladinou.

Graf 5: Pravřídlo, průměrné teploty za roky 2000 až 2012 (Jaššo, Lázně Teplice)



V r. 2001 tedy rok po sanaci teplota vody stoupla o 3 až 4°C, na konci roku 2001 až na 37,4°C. Teploty v průběhu let nadále stoupají. Poslední měření v květnu r. 2012 ukazuje 41,0°C.

### 9.3 Režim čerpání

#### Zdroj Pravřídlo:

Jímací šachta Pravřídla má základní profil 2,05 x 3,6 m a její celková hloubka je 51 m. Poklop nad pramenní šachtou 221,42 m n. m Odměrný bod pro režimní pozorování 217,84 m n. m Termální voda se na Pravřídle čerpá 3 provozními čerpadly. P1, P2 a P3. Čerpadla jsou pod hladinou vody spojeny sběrníci. Ze sběrnice vede sací potrubí, které je zavedeno do hlavní pukliny. Od r. 2004 se na Pravřídle čerpá quasimetricky, což znamená rovnoměrné setrvalé čerpání. Toto čerpání by mělo v optimálním případě pružně reagovat na

hydrogeologické změny režimu termálních vod a vod porfyrových (mělkého oběhu), (Lázně Teplice).

Současný režim čerpání je 22-55 m<sup>3</sup>/hod., v optimálním případě v průběhu od pondělí do pátku je čerpáno 46 m<sup>3</sup>/hod. Sobota až neděle 20 m<sup>3</sup>/hod. Mimo poruchy a vánoční svátky je čerpáno kontinuálně. Vždy běží pouze jedno čerpadlo a dvě jsou provozní rezerva. Mezní vydatnost zdroje je 18 l/s, tj. 65m<sup>3</sup>/hod. Dále jsou v šachtě umístěna 2 čerpadla P4 a P5, čerpající studenou vodu, která byla při sanaci v r. 2000 technicky oddělena od termy. Dnes se využívá 5% studené vody k chlazení termy do bazénů. Optimální teplota vody pro bazény je 38°C (Martin Jaššo DiS. – osobní sdělení).

#### Zdroj Hynie:

Zdroj je zachycen vrtem do hloubky 972,5 m pod úrovní terénu z úvodní šachty, jejíž původní hloubka byla 31 m pod úrovní terénu. Poklop nad pramenní šachtou je v úrovni 222,17 m n. m. Odměrný bod pro režimní měření se nachází v úrovni 217,23 m n. m. Z pramene Hynie se čerpá do 1000 m<sup>3</sup>/měsíc. Za červen 2012 se načerpalo 2365 m<sup>3</sup>. Většina odčerpané vody se vypouští do kanalizace. Odčerpává se z důvodu uvedení čerpadel do chodu, jen občasně se zdroj využívá do provozoven. Teplota se pohybuje kolem 42°C (Lázně Teplice).

#### Obří pramen

Od roku 1978 se přestalo odčerpávat na dole Döllinger a udržování snížené hladiny ryolitových vod přešlo na Obří pramen, kde byla dohodnutá střední hladina 192,50 m n. m. Od r. 2002 se na Obřím prameni hladina vody navyšuje.

1. zvyšovací krok - r. 2002 max. hladina 194,50 m n. m
2. zvyšovací krok - září-listopad 2004 max. hladina 194,50 m n. m
3. zvyšovací krok - září 2007 max. hladina 202,75 m n. m
4. zvyšovací krok – listopad 2009 max. hladina 205,75 m n. m
5. zvyšovací krok – červen 2012 max. hladina 206,75 m n. m

Hladiny vody v Obřím prameni je níž než v Pravřídle, tím dochází k částečnému odtoku termy z Pravřídla do Obřího pramene. Před ukončením čerpání na dole Döllinger odtékala terma tam. Dnes je hladina vody z Pravřídla v 211,07 m n. m a z Obřího pramene v 206,75 m n. m. Zvyšování hladiny bude nadále pokračovat. Po zvyšování hladiny z Obřího pramene stoupá teplota u Horského pramene na 28,50°C z období po průvalech kolem r. 1977 se

pohybovala teplota kolem 20°C (Martin Jaško DiS. – osobní sdělení). Vzestup hladiny vod na Obřím prameni musí probíhat ve fázích. Je při tom nutné měřit, registrovat a vyhodnocovat vzestup hladiny na všech pozorovacích bodech, monitorovat změny teplot a chemismu, odtok vody atd. (Klír 1996).

## **9.4 Kvalita léčivých přírodních zdrojů**

### Přírodní léčivý zdroj Pravřídlo

Dle komplexního rozboru, který dnes provádí vždy po pěti letech Referenční laboratoř přírodních léčivých zdrojů MZ ČR v Mariánských lázních, je Pravřídlo klasifikováno jako: přírodní, středě mineralizovaná voda hydrogenuhličitano-sírano-sodného typu se zvýšeným obsahem fluoridů, termální, hypotonická. Souhrnná aktivita je 1,37 Bq/l, a z toho radonová aktivita 0,07 Bq/l (Lázně Teplice). Chemické rozbor z let 2002 a z 2007 uvádím v příloze 2.

### Přírodní léčivý zdroj Hynie

Dle komplexního rozboru je brána jako přírodní, středně mineralizovaná voda hydrogenuhlčitano-sodného typu se zvýšeným obsahem fluoridů, termální, hypotonická. Souhrnná radioaktivita je 1,821 Bq/l z toho radonová aktivita 0,131 Bq/l. Chemický rozbor z roku 2007 je uveden v příloze 2. Chemismus této termy je prakticky totožný s chemismem pramenu Pravřídla (Lázně Teplice).

### Přírodní léčivý zdroj Horský pramen

Pramen sice není pro nízkou teplotu využíván, ale pro jeho vysokou radioaktivitu ho tu uvádím. Od roku 1975 se u tohoto pramene neprovádí komplexní rozbor. Je to přírodní, prostá minerální voda hydrogenuhličitano-sírano-vápenato-sodného typu se zvýšeným obsahem fluoridů, radonová, studená. Souhrnná radioaktivita je 1 837,31 Bq/l, z toho radonová aktivita 1 828 Bq/l (Lázně Teplice). V příloze 4 uvádím komplexní analýzu z r. 1992.

Chemické analýzy se provádějí jednou za 5 let a to komplexní. To zahrnuje jak chemickou, radiologickou, plynovou, tak i mikrobiální analýzu. Jednou ročně se provádí, kontrolní analýza a jednou měsíčně se ověřuje bakteriologická kvalita zdroje.

## 9.5 Dnešní potenciální kontaminace term

V Teplicích a celých severních Čechách je rozšířena průmyslová výroba, díky níž vzniká velké množství potenciálních zdrojů znečištění. Na Teplicku se vyskytuje řada průmyslových podniků jako např. Somet (galvanizovny), AGS (sklárny), Lybar (kosmetika) atd. (Martin Jasso DiS. – osobní sdělení)

Velké nebezpečí představují ekologické zátěže, většinou po zkrachovalých firmách. Příkladem je podnik Renotex, kdysi čistírny a barvírny oděvů. Vzhledem k používání značného množství chemických látek, byla nutná sanace celé lokality, kvůli možné kontaminaci minerálních pramenů (Martin Jasso DiS. – osobní sdělení).

Ochranná pásma

Ochranné pásmo je dnes rozděleno do dvou stupňů. Pásma I. stupně a pásma II. stupně. Pásma I. stupně zahrnuje minerální prameny a jejich bezprostřední okolí. Pásma I. stupně je dále rozděleno ještě na I A a I B. Pásma II. stupně je hranice teplického ryolitu a zahrnuje i infiltrační oblast Krušných hor. Pásma II. stupně se dále dělí na subpásma II A, II B, II C (Lázně Teplice).

## 10. Závěr

Minerální prameny v Teplicích představují velmi složitou oblast. Charakteristické geologické prostředí s Krušnými horami a podkrušnohorská pánev s teplickým ryolitem má zcela zásadní význam pro genezi a oběh minerálních vod. Stále zůstává neobjasněno mnoho věcí. Není dodnes i přes velký počet prací známo přesné proudění term v teplickém ryolitu, kudy vedou zlomová pásma ani jak velký vliv tato tektonika má na samotné proudění termálních vod. Zda termy vystupovaly na povrch podél jednotlivých zlomů nebo výhradně puklinami teplického ryolitu. Ani jednoznačně se nejeví zdroj látek v minerální vodě, které ji dělají tak typickou a odlišují ji od ostatních vod v zájmové oblasti.

S rozrůstající se těžbou v 19. století a necitlivými zásahy do hydrogeologických podmínek pramenů se začal zhoršovat jejich stav. Obrovský zásah do přirozených hydrogeologických podmínek teplických pramenů, jsou katastrofální průvaly na dolech Döllinger, Viktorín a Gizela v 19 stol. Tyto průvaly započaly mnohaletou dráhu postupné destrukce minerálních pramenů. Následná reparativní opatření, mezi které patří především vyhloubení šachet v místech průvalů, čerpání více vody než byla jejich původní vydatnost, cyklický systém



čerpání a udržování snížené hladiny ryolitových vod, byly sice jen důsledkem neopatrné těžby hnědého uhlí v dolech, avšak také přispěly ke zhoršení kvality a kvantity termálních pramenů. Dokladem je změna chemismu. Z natrium-hydrogenuhličitanového typu vod staly vody hydrogenuhličitano-sírano-sodného typu. Zvýšené obsahy síranů jsou dokladem toho, že se termy začaly mísit se studenými vodami mělkého oběhu, bohatšími na sírany. Dále vzrostl obsah  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ . Obsahy hlavních iontů jako je  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{Na}^+$  se na celkovém chemismu neprojevily výraznou změnou. Pokles  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{Na}^+$  iontů, byl výrazně vidět v šachtě Pravřídla, kdy směrem ke dnu těchto komponent ubývalo. To bylo následkem přítoku studené vody puklinou u dna šachty. Mísení term s chladnými vodami mělkého oběhu, bylo způsobenou změnou hydraulických podmínek po zapadnutí pramenů. Hlavním důsledkem toho byl výrazný pokles teploty. Snížení teploty termálních pramenů je nejvýznamnější změnou, kterou byly tyto vody postihnuty. Díky poklesu teploty se přestal využívat Horský pramen. Pokles teploty pod  $38^\circ\text{C}$  vede k tomu, že se voda nesmí již využívat jako termální. V průběhu čerpání na Pravřídle, došlo několikrát ke snížení teploty pod těchto  $38^\circ\text{C}$  a tato voda se musela ředit jinou minerální vodou. K ředění sloužil vrt TP-28 neboli pramen Hynie.

Sanační práce provedené v r. 2000 na šachtě Pravřídla, kvůli stále klesající teplotě a postupné navyšování od r. 2002 dříve dohodnuté výšky hladiny ryolitových vod 192 m n. m, se projevují postupným zlepšením stavu minerálních pramenů. Hlavní změna spočívá v postupném navyšování teploty. Pravřídlo již dnes dosahuje  $41^\circ\text{C}$ . Od r. 2002 kdy se hladina vody z Obřího pramene navyšuje, se zvedá teplota i na Horském prameni, o kterém se teď uvažuje, že by se v budoucnu mohl využívat jako léčivý radioaktivní zdroj. Minerální prameny jsou významné svoji teplotou a jsou proto označovány jako prameny termální. Velký zřetel se proto musí dbát na zlepšení a zachování teploty, bez které by tyto prameny nemohly být využívány k léčebným účelům.

Úplně na závěr bych chtěla jen dodat, že původního stavu term, tedy přirozených vývěrů, už nebude nikdy dosaženo. Z původních třinácti pramenů se dnes využívá jen Pravřídlo a s občasným využitím i pramen Hynie. Sanační práce v r. 2000 provedené na Pravřídle a navyšování hladiny ryolitových vod na Obřím prameni, se jeví od dob průvalů jako nejvíce účinnými zásahy. Je, ale potřeba stále dbát na udržení a další zlepšení podmínek existence těchto minerálních pramenů.

## 11. Použitá literatura

(Zkratka MZ – Ministerstvo zdravotnictví, MS - manuscript)

Ambrozi W. K. (1797): Physich-chemische Untersuchung der Warmen Mineralquellen zu und by Teplitz. Leipzig, Akademie věd, TF 171, 184 str.

Budinská J. (1992): Teplice, průvodce městem a jeho historií. Regionální muzeum, Teplice.

Bůžek Č., Čadek J., Hazdrová M., Hercogová J., Kačura G., Macák F., Malkovský M., Sattran V. (1960): Podklady pro stanovení ochranných pásem pro lázně Teplice v Čechách. Výroční zpráva o výsledcích výzkumu za r. 1959. MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P011350, 33 str.

Čadek J. (1970): Fluor ve vodách Českého masivu. MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P021901 30 str.

Čadek J., Hazdrová M., Kačura G., Krásný J., Malkovský M. (1968): Hydrogeologie teplických a ústeckých term. Sborník geologických věd, řada HIG, svazek 6, Ústřední ústav geologický, Praha, str. 18, 19, 21, 33, 76, 95-100, 128-138, 141-145,

Čadek J., Hercogová J., Kopecký L., Macák F., Malkovský M., Müller V., Shrbený O., Sattran V., Škvor V.(1962): Řešení ochranných pásem lázní Teplice v Čechách I. část: Geologie. MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P015641, 197 str.

Čadek J., Kačura G., Malkovský M., (1963): Výskyty fluoritu na Teplicku a Ústecku a jejich geneze. MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P015517, 47 str.

Čadek J., Lepka F. (1971): Studium podmínek akumulace a migrace některých prvků na lokalitě Mstišov u Teplic. MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P022339, 11 str.

Čadek J., Malkovský M. (1960): Předběžná zpráva o výskytu zvýšené radioaktivity v okolí lázní Teplic v Čechách. MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P011876, 15 str.

Elznic A., Kurendová J., Čadek J., Čadková Z., Plzák V., Kačura J. (1980): Severočeská pánev (geologicko-geochemická studie). MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P043562, 46 str.

Hazdrová M., Kačura G., Krásný J. (1964): Řešení ochranných pásem lázní Teplice v Čechách II. část: Hydrogeologie. MS, Ústřední ústav geologický, Praha. Geofond, P016687

Homola V. (1974): Radioaktivní vody teplického porfyru a svrchní křídly v okolí Teplic v Čechách a možnost jejich ohrožení snížením současné hladiny porfyrových vod. MS, Vysoká škola báňská, Ostrava, Geofond, P023927, 22 str.

Homola V. (1996): Problematika sanace termálních pramenů v Teplicích v Čechách. MS, Technická univerzita Ostrava, Ostrava, Zpracováno pro ministerstvo zdravotnictví ČR (Inspektorát lázní a zřidel), archiv MZ, pořad. č. 6, 123 str., kontaktní osoba: RNDr. Pavel Procházka, e-mail: Pavel.Prochazka@mzcr.cz

Homola V. (2008): Posouzení možností reparační přírodního oběhu termy Pravřídla v Teplicích v Čechách a předpokládané důsledky reparační. MS, Ostrava, archiv MZ, 43 str., kontaktní osoba: RNDr. Pavel Procházka, e-mail: Pavel.Prochazka@mzcr.cz

Jaššo M. (2012): Informace o soudobých poměrech minerálních pramenů na Teplicku a poskytnutí grafů s vývojem teplot Pravřídla od r. 2000 do současnosti. Ústní sdělení, Martin Jaššo DiS., balneotechnik v Lázních Teplice v Čechách, e-mail: [jasso@lazneteplice.cz](mailto:jasso@lazneteplice.cz)

Kačura G. (1980): Minerální vody Severočeského kraje. Ústřední ústav geologický, Praha, str. 106-122.

Klír S. (1994): Rešeršní studie pro revizi ochranných pásem přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Teplice. MS, Artezia, Praha, Geofond, P083422, 136 str.

Klír S. (1996): Revize ochranných pásem přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Teplice II. etapa. MS, Artezia, Praha, Geofond, P086826

Klír S., Liška N., Smetana B., Trachtulec J., Zeman J. (1998): Práce firmy ARTEZIA – Smetana v Teplicích. ARTEZIA – Smetana. MS, Praha, archiv MZ, kontaktní osoba RNDr. Pavel Procházka, e-mail: Pavel.Prochazka@mzcr.cz

Kopecný L., Malkovský M., Bučková M., Macák F. (1963): Základní geologická mapa, list M-33-52-B-a Teplice. Ústřední ústav geologický, Praha

Lázně Teplice v Čechách a.s.: Poskytnutí materiálů o dnešním stavu minerálních pramenů na Teplicku (novější chemické analýzy, závěrečné zprávy, popis čerpací techniky atd.), kontaktní osoba: Martin Jaššo DiS., balneotechnik, e-mail: [jasso@lazneteplice.cz](mailto:jasso@lazneteplice.cz)

Müller B. (1943): Teplitz-Schönauer Thermalwasserregime, in Redlich K.,(1934): Posudky o termálních vodách v Teplicích-Šanově, (německy). MS, Ústřední geologický ústav, Praha, Geofond, P002327.

Pitter P. (1999): Hydrochemie, VŠCHT, Praha, 553 str., ISBN 80-7080-340-1

Reuss A. E. (1840): Die Umgebung von Teplitz und Bilin in Beziehung auf ihre geognostischen Verhältnisse. Redaktor Medau C. W. Archiv ČGS, IB391

Trachtulec J. (1960): Otázka účinku čerpání důlních vod v prostoru severně od teplických lázní v Čechách na teplické termální prameny. MS, Geofond, P011238, 16 str.

Trachtulec J., Vopat M. (1994): Projekt opatření k zastavení destrukce teplických termálních pramenů. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s., Most, archiv MZ, poř. č. 2, kontaktní osoba RNDr. Pavel Procházka, e-mail: Pavel.Prochazka@mzcr.cz

Zukriegelová M. (1964) in Hazdrová M., Kačura G., Krásný J. (1964) : Radioaktivita podzemních vod, příloha k závěrečné zprávě Hydrogeologický výzkum ochranných pásem lázní Teplice v Čechách. MS, Ústřední ústav geologický, Praha, Geofond, P016687, 19 str.

Doporučená literatura, která v této práci nebyla použita, kvůli omezenému rozsahu textu:

Hansa M. (1784): Abhandlung vom Teplitzer mineralischen Badewasser. Most, Akademie věd, TG 269, 384 str.