

|    |   |    |  |                   |
|----|---|----|--|-------------------|
| 8  | <b>Lázně a lázeňství (Karlovy Vary)</b> | MS |  | <b>21.02.2020</b> |
| 9  | <b>Využití vrtů v hydrogeologii</b>     | FP |  | <b>13.03.2020</b> |
| 10 | <b>Čerpací zkoušky z vrtů</b>           | TO |  | <b>20.03.2020</b> |
| 11 | <b>Praktická práce hydrogeologa</b>     | TW |  | <b>03.04.2020</b> |
| 12 | <b>Modelování v hydrogeologii</b>       | ML |  | <b>17.04.2020</b> |
| 13 | <b>Nesaturovaná zóna</b>                | TW |  | <b>24.04.2020</b> |
| 14 | <b>Ochrana vody</b>                     | MS |  | <b>15.05.2020</b> |

# Lázně a lázeňství (Karlovy Vary)

Univerzita třetího věku

Martin Slavík, Ondřej Sysel

[martin.slavik@natur.cuni.cz](mailto:martin.slavik@natur.cuni.cz)

21.2.2020

# Lázně a lázeňství

- 1) Lázeňství v Karlových Varech
- 2) Krátce o geologii Karlových Varů
- 3) Vznik karlovarských pramenů

# Karlovy Vary

- nejnavštěvovanější české lázeňské město
- z původních 6 balneoprovozů zachovány jen 4 historické lázeňské budovy



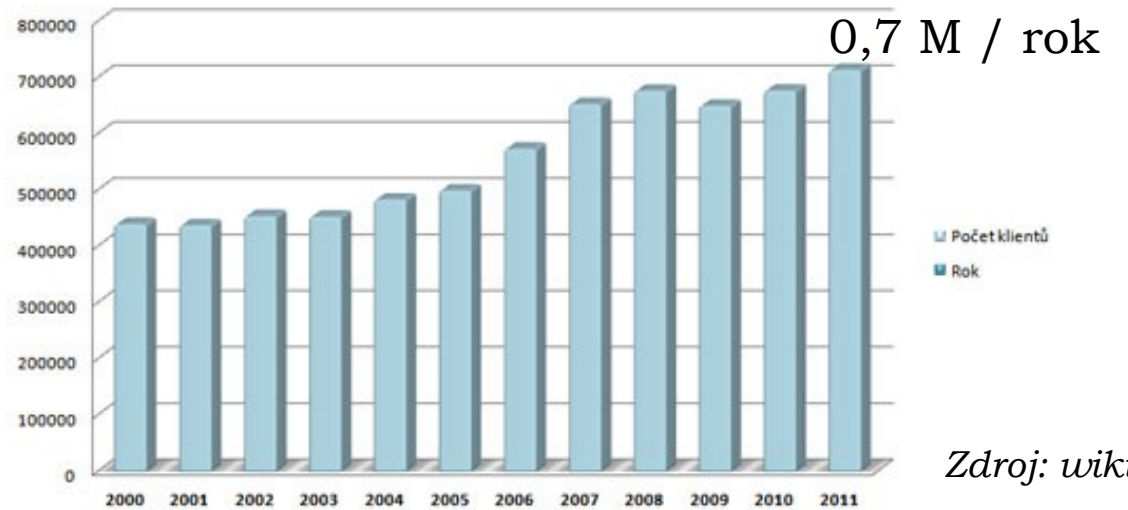
Císařské lázně

Lázně III

Lázně IV (Nové lázně)

Alžbětiny lázně

Vývoj návštěvnosti českých lázní v letech 2000 - 2011



Zdroj: wikipedia

- 5 kolonád, nespočet kostelů, kaplí, soch



Sadová kolonáda



Mlýnská kolonáda



Zámecká (vlevo nahoře)  
a Tržní kolonáda (vpravo  
dole)



Vřídelská kolonáda

- celkově 28 pramenů, z nichž 16 zachyceno a 13 se používá pro pitné kúry

# Karlovy Vary – založení

- příkré svahy a nevhodné klimatické podmínky u termálních pramenů neposkytovaly vhodné podmínky pro pěstování plodin, které byly pro osídlení klíčové
- stálé osídlení okolo Vřídla vzniklo v polovině 14. století. V roce 1370 byla městu udělena ze strany Karla IV. privilegia královského města

<https://www.youtube.com/watch?v=x41fQmwJOwI>



- legenda o založení Karlových Varů (doktor Fabian Summer z roku 1571): lovecký pes během lovu v lesích spadl do tůně prudce tryskajícího pramene s horkou vodou. Sténání psa přivolalo ostatní členy výpravy. O nálezu byl informován také Karel IV., který se na místo pramene vydal. Společně s přítomnými lékaři konstatoval, že tato horká voda má léčebné účinky. Na místě údajného pramene poté založil lázně nazvané *Teplé lázně u Lokte*

# Karlovy Vary – založení

- Jelení skok (socha) na skalním útesu z roku 1851
- v roce 1850 se místní radní nechali inspirovat legendou a rozhodli na skálu nad řekou Teplou umístit sochu jelena
- když však spočítali finanční náklady na vznik sochy, byla idea jelena nahrazena myšlenkou alespoň zde umístit pamětní desku
- tohoto otálení využil bohatý podivín a milovník KV baron August von Lützow a roku 1851 tajně umístit na městem určené místo kovovou sochu **kamzíka**
- před městskou radou se pak hájil tím, že jako myslivec nemůže souhlasit s teorií, že z této strmé skály do propasti skočil jelen, mohl tak učinit pouze kamzík

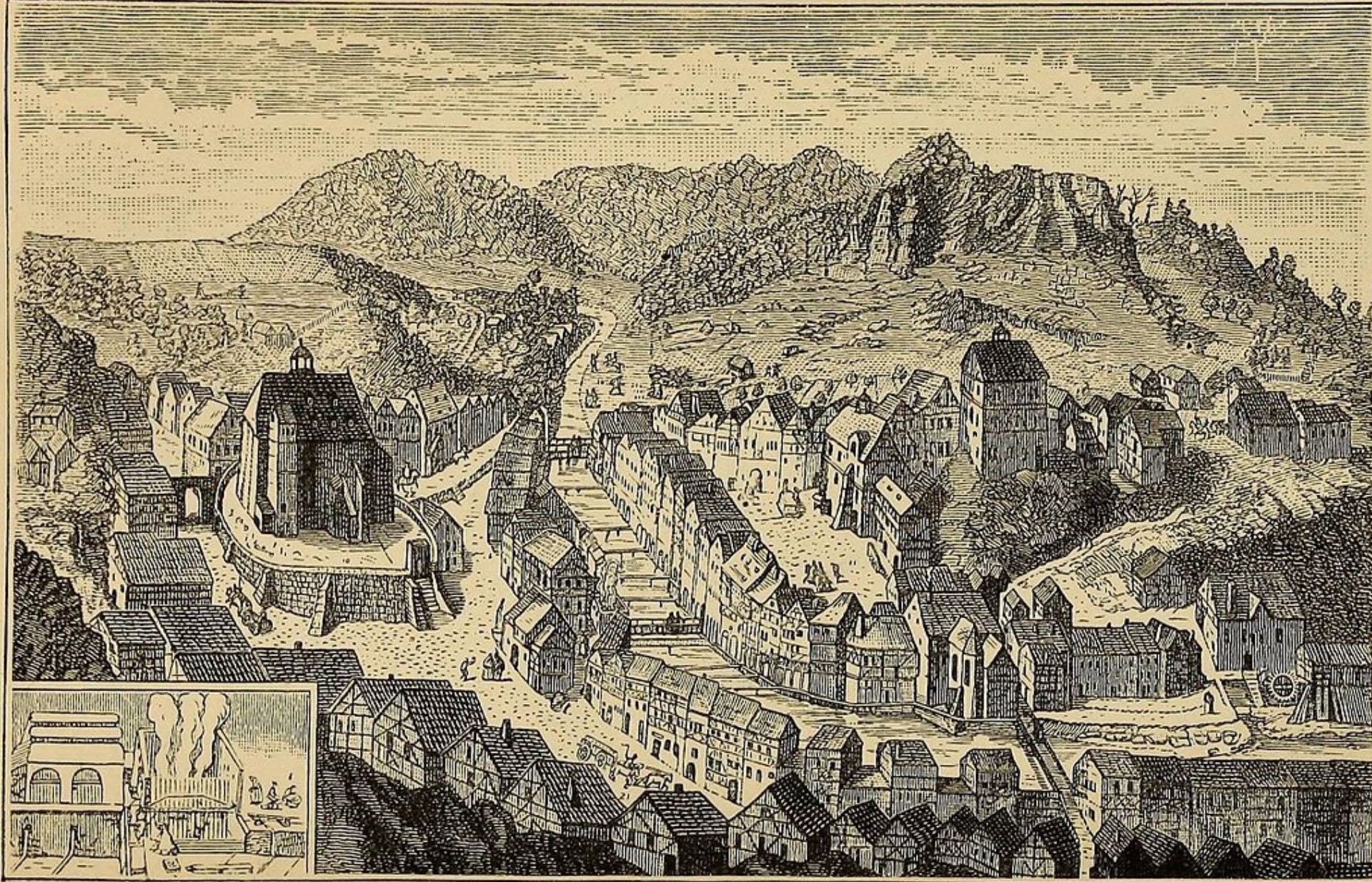
- zinková socha 1984 zničená,  
nahrazena bronzovou 1986



# Karlovy Vary – vývoj

- město mělo zpočátku pouze málo obyvatel, jejichž nejdůležitější úlohou bylo pečovat o prameny. Husitské války město nikterak nezasáhly, protože nebylo chápáno jako strategicky významné
- z postupně rozvíjejícího lázeňství začalo město pomalu bohatnout. Růst byl ale brzděn několika neštěstími, kterými bylo město zasaženo. V roce 1582 se prohnala městem povodeň a v roce 1609 ničivý požár, který zničil 99 domů ze 102
- následný rychlý růst přerušila třicetiletá válka, kvůli které poklesl počet obyvatel a také počet lázeňských hostů
- v 17. století konečně rozvoj, Karlovy Vary začínají navštěvovat významné evropské osobnosti
- v roce 1759 poničily město opět plameny. Z požáru se ale již město díky svému věhlasu poměrně rychle vzpamatovalo
- v letech 1870–1871 bylo propojeno město s Chebem a Prahou prostřednictvím železnice, na kterou posléze navázaly také regionální spoje

Karlovy Vary na rytině  
z Geologické knihy Střední  
Evropy z roku 1880



A. R. BREUNER.

KARLSBAD.

Page 121.

Zdroj: wikipedia



# Karlovy Vary – vývoj

- rozvoj města zhatila první světová válka, po které se již na tak rozsáhlý růst nepodařilo navázat
- centrem významných událostí se stalo město s nástupem nacismu. Místní knihkupec K. H. Frank se stal vůdcem karlovarské Sudetoněmecké strany, později byl druhým nejmočnějším mužem ve straně. Dne 24. dubna 1938 bylo Konrádem Henleinem ve městě představeno tzv. osm karlovarských požadavků znamenající rozpad Československa. V říjnu téhož roku se Karlovy Vary staly součástí Třetí říše. Na konci druhé světové války bylo město (obzvlášť místní část Rybáře) postiženo bombardováním. Konec války doprovázel také nucené vysídlení původního německého obyvatelstva
- během éry socialismu vzniklo v centru města několik významných staveb, jako např. Vřídelní kolonáda (1975), hotel Thermal (1976) aj.
- období po roce 1989 je charakteristické vstupem ruského kapitálu, který má vliv i na podobu města (např. narušením historického charakteru města stavebními záměry)

# Karlovy Vary – vývoj

- rozvoj mě  
navázat
- centrem  
K. H. Fra  
nejmocně  
městě př  
Českoslo  
druhé sv  
bombard  
obyvatels
- během é  
Vřídelní l
- období po  
podobu m



lý růst nepodařilo

lístní knihkupec

ěji byl druhým

Henleinem ve

zpad

etí říše. Na konci

o

dního německého

aveb, jako např.

terý má vliv i na

bními záměry)

# Karlovy Vary – vývoj

- rozvoj města zhatila první světová válka, po které se již na tak rozsáhlý růst nepodařilo navázat
- centrem významných událostí se stalo město s nástupem nacismu. Místní knihkupec K. H. Frank se stal vůdcem karlovarské Sudetoněmecké strany, později byl druhým nejmočnějším mužem ve straně. Dne 24. dubna 1938 bylo Konrádem Henleinem ve městě představeno tzv. osm karlovarských požadavků znamenající rozpad Československa. V říjnu téhož roku se Karlovy Vary staly součástí Třetí říše. Na konci druhé světové války bylo město (obzvlášť místní část Rybáře) postiženo bombardováním. Konec války doprovázel také nucené vysídlení původního německého obyvatelstva
- během éry socialismu vzniklo v centru města několik významných staveb, jako např. Vřídelní kolonáda, hotel Thermal aj.
- období po roce 1989 je charakteristické vstupem ruského kapitálu, který má vliv i na podobu města (např. narušením historického charakteru města stavebními záměry)

# Karlovy Vary – vývoj



budova Dvory

é se již na tak rozsáhlý růst nepodařilo

nástupem nacismu. Místní knihkupec  
německé strany, později byl druhým  
1938 bylo Konrádem Henleinem ve  
davkvi znamenající rozpad

Rybáře



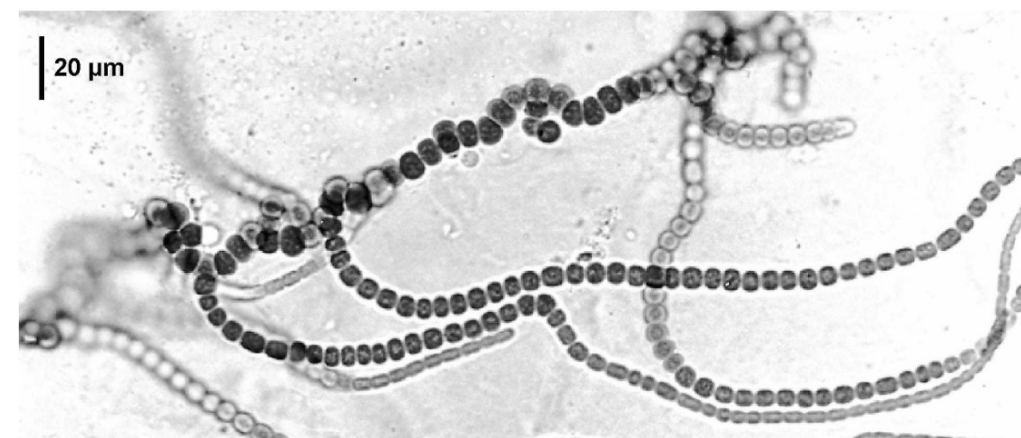
- období po roce 1989 je charakteristické vstupem  
podobu města (např. narušením historického ch

# Karlovy Vary – vývoj

- rozvoj města zhatila první světová válka, po které se již na tak rozsáhlý růst nepodařilo navázat
- centrem významných událostí se stalo město s nástupem nacismu. Místní knihkupec K. H. Frank se stal vůdcem karlovarské Sudetoněmecké strany, později byl druhým nejemocnějším mužem ve straně. Dne 24. dubna 1938 bylo Konrádem Henleinem ve městě představeno tzv. osm karlovarských požadavků znamenající rozpad Československa. V říjnu téhož roku se Karlovy Vary staly součástí Třetí říše. Na konci druhé světové války bylo město (obzvlášť místní část Rybáře) postiženo bombardováním. Konec války doprovázel také nucené vysídlení původního německého obyvatelstva
- během éry socialismu vzniklo v centru města několik významných staveb, jako např. Vřídelní kolonáda, hotel Thermal aj.
- období po roce 1989 je charakteristické vstupem ruského kapitálu, který má vliv i na podobu města (např. narušením historického charakteru města stavebními záměry)
- až polovina místních nemovitostí ve vlastnictví občanů Ruské federace a dalších zemí někdejšího Sovětského svazu

# Karlovy Vary – vývoj

- dnes má město 49 tis. obyvatel a rozlohu 59 km<sup>2</sup>
- nejnavštěvovanější české lázeňské město
- ochrana přirozeného vývěru pramenů je zajištěna zákazem těžby, který byl vydán již v roce 1761 a je druhým nejstarším svého druhu na světě
- v horkých pramenech Karlových Varů byl v 19. století popsán první druh termální sinice *Mastigocladus laminosus*
- v okolí se těží kaolin (hornina s minerálem kaolinit), ze kterého se vyrábí zdejší porcelán



# Karlovy Vary – vývoj

- prameny jsou v současnosti významným zdrojem příjmů pro město, které si uvědomuje jejich cenu a závislost na nich, a snaží se o jejich ochranu
- v minulosti (1901) se již stalo, že prameny v oblasti „vyschly“, což bylo údajně způsobeno nešetrnou těžbou hnědého uhlí v Sokolovské pánvi, kdy byl proražen kolektor podzemní vody na dolu Marie Majerové (~12 km od Vřídla)
- následně došlo k zatopení dolu a současně dočasnému vyschnutí pramenů ve Varech. Poté bylo nutné důl uzavřít a proraženou oblast vybetonovat
- i přes tento zásah se ale nepodařilo zcela obnovit vydatnost pramenů a poklesla i teplota Vřídla

# Karlovy Vary – vývoj

- Jan Becher – Karlovarská Becherovka
  - Becherovka z roku 1794, obchodník s kořením Josef Becher v KV experimentuje s výrobou likérů. Jeho syn Jan nechal pro produkci likéru (Becherovky) vybudovat továrnu
- Karlovarské minerální vody
  - největší producent minerálních a pramenitých vod ve střední Evropě
  - založeno 1873 Heinrichem Mattonim
  - Mattoni, Magnesia, Poděbradka, Dobrá voda, Aquila
- Karlovarské oplatky
  - typická specialita, první zmínka už z roku 1788





# Karlovy Vary

## ÚČINKY KARLOVARSKÝCH MINERÁLNÍCH VOD:

- má choleretický a cholekinetický efekt (zvyšuje vylučování a odvádění žluče)  
normalizuje vylučování žaludečních šťáv
- má stimulační vliv na zevní sekreci slinivky břišní (pankreas)
- zvyšuje aktivitu trávicích fermentů ve dvanácterníku
- snižuje hladinu cukru v krvi i moči
- zlepšuje acidobazickou rovnováhu ve smyslu mírné alkalizace organismu
- snižuje hladinu kyseliny močové v krvi
- má prokazatelně močopudný efekt
- snižuje hladinu cholesterolu a ostatních tuků v krvi

voda typu Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> (Cl)

# Geologie okolí Karlových Varů

- celé území KV a okolí tvořeno starými devonskými a karbonskými metamorfovanými horninami, které byly koncem prvohor proraženy vystupujícím magmatem
- vzniklo rozsáhlé žulové těleso (S Krušných hor až v Německu, J Slavkovský les), které se dostalo až na povrch také díky erozi nadložních metamorfitů
- ve druhohorách byla oblast přímořskou pevninou, kdy docházelo k zarovnávaní reliéfu vlivem odnosu materiálu
- koncem druhohor začíná Alpinské vrásnění, kdy africká, arabská a indická tektonická deska tlačí na euroasijskou (vznik Himalájí, Alp, otevření Středozemního moře...)
- projevuje se mj. oživením starých tektonických linií, kdy doposud celistvé území krušnohorské oblasti je rozlomeno na tři části

# Geologie okolí Karlových Varů

- severní (→ Krušné hory) a jižní část (→ Slavkovský les) krušnohorské oblasti postupně vystupují vzhůru nad střední část
- ze střední části vzniká podkrušnohorská příkopová propadlina (od Chebu až k Ústí n/L), na jejím dně jsou sladkovodní jezera, ve kterých se postupně formují uhelné sloje
- postupně dochází k výzdvihu celého území západních Čech, které trvá dodnes (až 1,5 mm/rok) – jednotlivé bloky se pohybují nestejněsměrně → akumulace a uvolnění napětí s projevy zemětřesení (kraslický zemětřesný roj)
- v mladších třetihorách nastává bouřlivé období sopečné činnosti čedičového typu (u KV Andělská hora, Vítkův vrch, Doupovské hory)
- ve čtvrtohorách nastává pokryv říčními nánosy Ohře a Teplé
- karlovarskou oblast tvoří karlovarský pluton (muskovit-biotitický granit)  
(pluton – velké těleso magmatického původu)
- dále přítomný oherský rift, který dělí pluton a je silně porušenou zónou s velkým hloubkovým dosahem

muskovit světlá slída



biotit tmavá slída



# Vznik vody karlovarského typu

Názory na genezi lze shrnout do dvou skupin:

1) všechny složky se tvoří recentně, souběžně s prouděním podzemní vody (Dovolil, Hynie), minerální složení díky oxidaci pyritu (Kolářová), produkt hlubinného magmatismu (Pazdera)

2) jen některé složky se tvoří recentně ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2$ ). a některé jsou dědictvím minulosti a představují zásoby, které nejsou obnovitelné ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ). Ovčínikov (1958), Šmejkal Pačes (1992), Krásný

# Vznik vody karlovarského typu (nejpravděpodobnější teorie)

## **původ vody a CO<sub>2</sub>:**

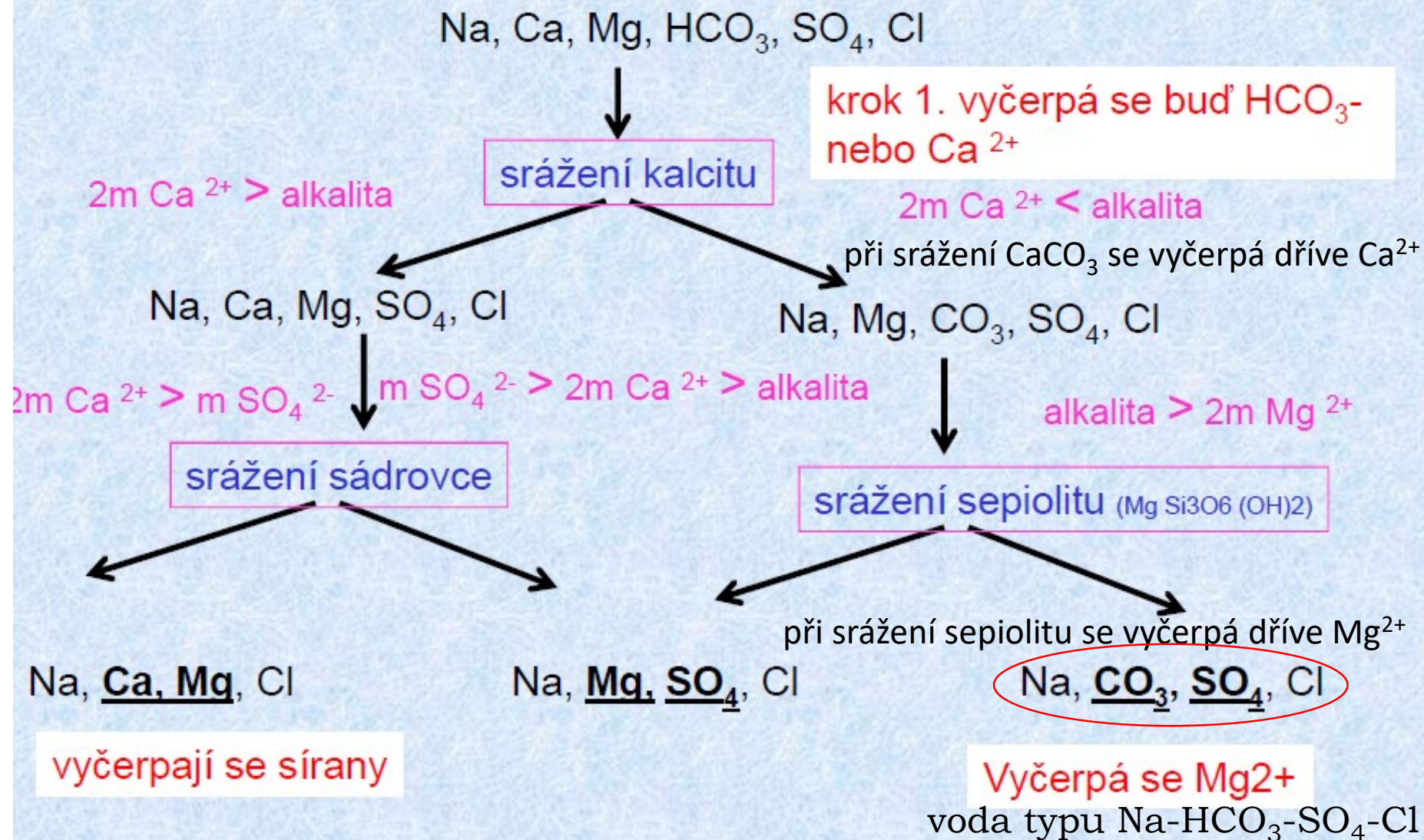
- jedná se o srážkové vody, ale původ CO<sub>2</sub> je podle izotopů endogenní (hlubinný)

## **původ Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>:**

- sírany ve vodách podle izotopové analýzy nemohly vzniknout recentní oxidací pyritu
- vznik v bezodtokém miocénním (třetihorním) jezeře? důkazy:
  - existence bezodtokého jezera
  - mineralizace vody díky srážení (výparu) zjednodušila vodu na typ Na-SO<sub>4</sub>-Cl
  - v Chebské pánvi zachycena neproplyněná solanka s 133 g/l typu Na-SO<sub>4</sub>-Cl

## Hardie - Eugster Model

-modifikace roztoků výparem a srážením  
-!!! malý rozdíl v počátečním složení roztoku povede k obrovským rozdílům v konečném složení solanky

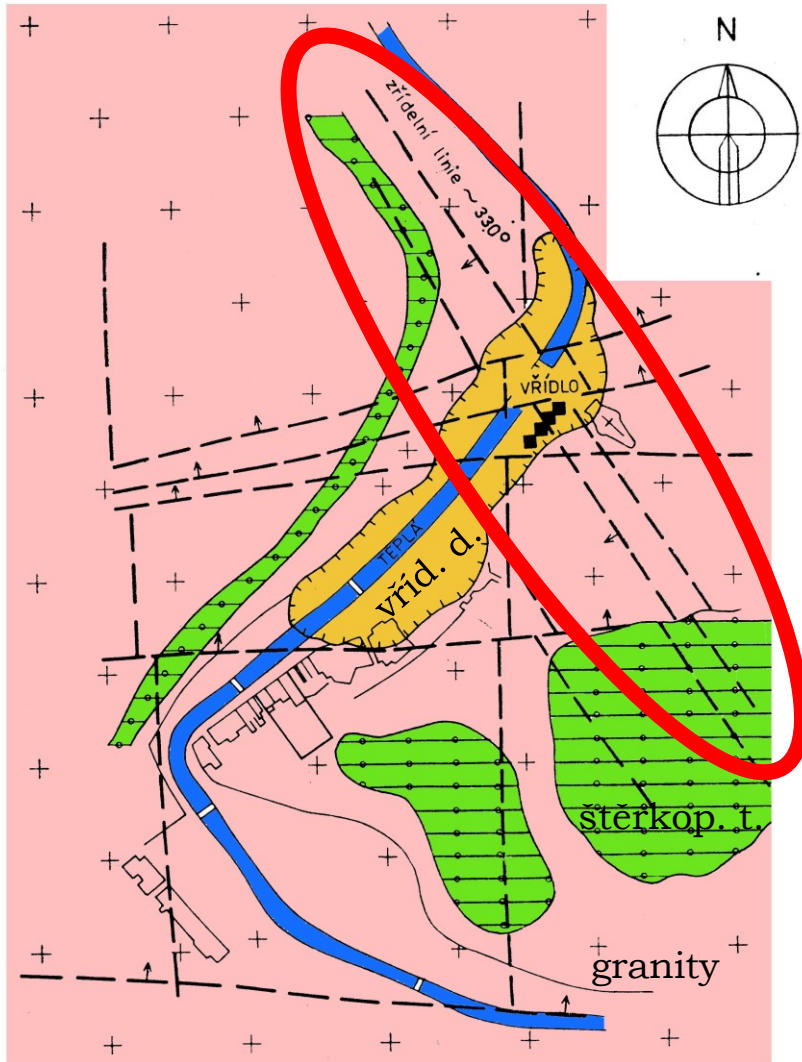


# Karlovy Vary

- Karlovarské teplé prameny jsou v údolí řeky Teplé nedaleko soutoku s Ohří
- hlavní vývěry sledují tzv. karlovarskou zřídelní linii (zlomová linie)

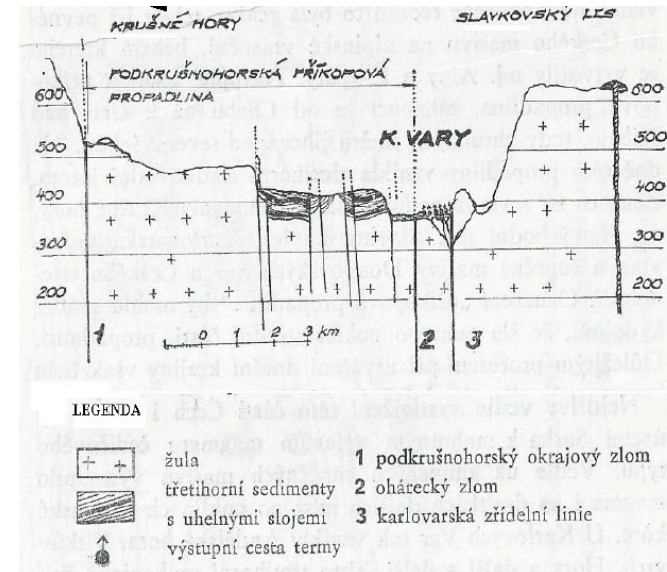
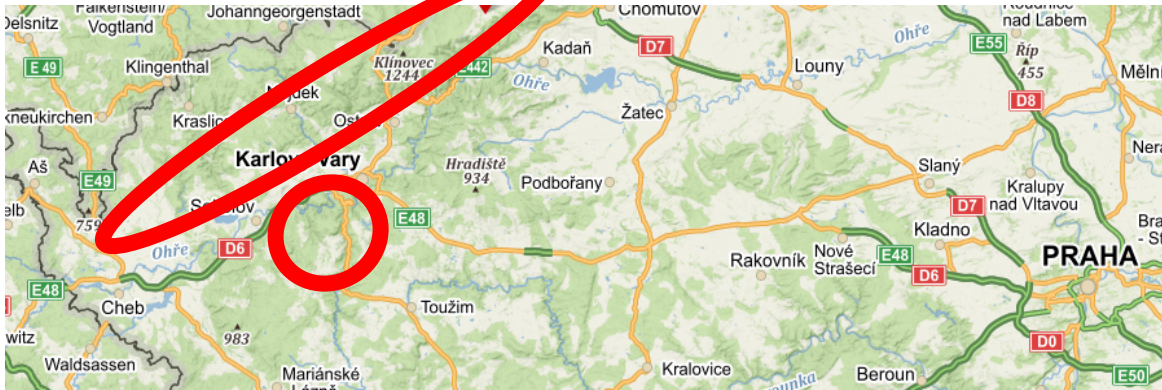
## Vřídelní deska

→ nyní se dostáváme k hydrogeologii oblasti



# Karlovy Vary

- k infiltraci vody dochází na jižních svazích Krušných hor a ve vyvýšených oblastech Slavkovského lesa



- jedná se o oblast se složitou tektonikou a mnoha otevřenými puklinami, podél kterých původně povrchová voda stéká do vyšších hloubek, kde setrvává i tisíce let
- v hloubkách dochází k jejímu míšení s fosilní vodou (po dlouhou dobu uzavřená v geol. prostředí, „stará“), která je silně mineralizovaná
- vody jsou dále také syceny  $\text{CO}_2$ , které vystupuje z ještě větší hloubky



# Karlovy Vary

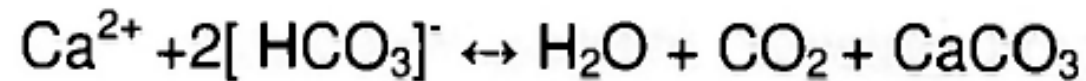
- Henryho zákon:  $p_I = K_I \cdot x_I$  „Pro páry rozpuštěné látky platí přímá úměra mezi tlakem par  $p_I$  rozpuštěné látky a molárním zlomkem  $x_I$  této látky v roztoku. Konstantou úměrnosti je Henryho konstanta  $K_I$ “

$$x_I = \frac{p_I}{K_I}$$

- rozpouštění plynu ve vodě je závislé na jeho tlaku nad kapalinou při konstantní teplotě
- ve velkých hloubkách (x000 m) vlivem vysokého tlaku tak může být rozpuštěno výrazně větší množství  $\text{CO}_2$  než je možné u povrchových vod
- (Henryho konstanta je závislá na teplotě a s teplotou roste – tj. snižuje se rozpustnost – nicméně v podmínkách KV převládá vliv tlaku nad teplotou)

# Karlovy Vary

- vody opětovně vystupují po vhodných strukturách k povrchu
- v ústí teplých pramenů vlivem snížení tlaku dochází k významnému úniku plynného CO<sub>2</sub> z vody
- uvolněním CO<sub>2</sub> dojde k vysrážení především aragonitu (CaCO<sub>3</sub>) podle rovnice:



- tomuto vysráženému sedimentu se v KV říká vřídlovec
- analogické se srážením sintrů v krasových jeskyních
- vřídlovec je páskovaný vlivem oxidů a hydroxidů železa, které obarvují sediment na žlutou až červenou

(pozn. aragonit vzniká při nízkoteplotních a povrchových podmínkách, má kosočtverečnou (rombickou) krystalovou soustavu. Při teplotě nad 400 °C přechází v kalcit, který má klencovou (trigonální) soustavu; Goethe vs. Jakob von Berlezie; opticky od sebe nelze v sedimentu rozeznat)

- vody op
- v ústí t  
CO<sub>2</sub> z v
- uvolně
- tomuto
- analogi
- vřídlov  
žlutou



*Dvořák, 2016*

(pozn. aragonit v  
přechází v kalcit

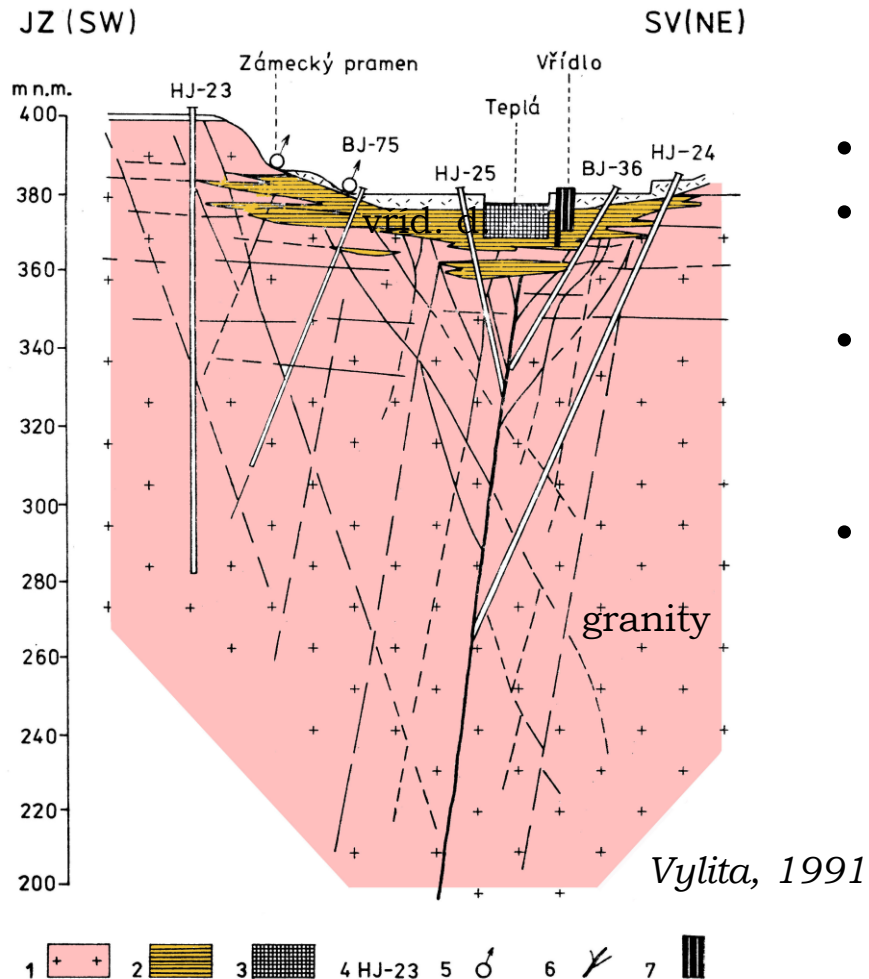
ynného

nt na

otě nad 400 °C  
(t)

# Karlovy Vary

- při rychlém výstupu vody z hloubek tak dochází ke srážení vřídlovce, který je v oblasti zřidelní linie až několik desítek metrů mocný → vřidelní deska



- vřídlovec poté omezuje volné vývěry teplých vod
- projevuje se růstem tlaku pod vřidelní deskou a výskytem drobných erupcí a zemětřesením
- byly proto vyvrtány šikmé vrty, které jímají teplou vodu a uvolňují tak napětí pod povrchem
- při vrtání HJ-24 ukončeného ve 133 metrech bylo možné spustit karotážní sondu až do hloubky 370 m → značná otevřenost hlavních výstupních kanálů v granitech

# Karlovy Vary – prameny

- uhličitá voda typu Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> (Cl)
- mineralizace 6,4–6,8 g/l (běžné pitné vody 0,1–0,6 g/l a mořská voda cca 35 g/l), z toho 2 g/l tvoří HCO<sub>3</sub> a 1,7 g/l tvoří Na; pH 6,9 ale pravděpodobně zvýšeno uvolněním CO<sub>2</sub> cestou k povrchu
- nejteplejší přírodně vyvěrající prameny v Českém masivu
- hlavním, nejznámějším a zároveň nejteplejším pramenem je Vřídlo (73,4 °C) s vydatností 2000 l/min, což je 95 % celkové vydatnosti všech Karlovarských pramenů
- vývěry vřídla doprovází velké uvolňování CO<sub>2</sub> – každý litr vody doprovází 3 l CO<sub>2</sub> (tok je tedy 6000 l/min)
- teplota ostatních pramenů od 30 do 60 °C s celkovou vydatností 100 l/min

# Karlovy Vary – prameny

- původ tepla z nitra Země:
  - 1) původní energie vzniklá spolu s formováním planety
  - 2) 60 % tvoří rozpad radioaktivních prvků:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{238}\text{U}$ . Nejvíce těchto prvků je obsaženo v granitoidních horninách (např. žula)

- běžný geotermální gradient je 1 °C na každých 33 metrů
- v oblasti oháreckého riftu je gradient 1 °C na každých 14–20 metrů (přítomnost žuly)

| <i>Hornina</i>                    | <i>K</i> | <i>Th</i> | <i>U</i> | <i>celkem</i> |
|-----------------------------------|----------|-----------|----------|---------------|
| <i>granodiorit</i>                | 4,895    | 86,609    | 6,192    | 97,696        |
| <i>granit</i>                     | 4,853    | 41,631    | 10,544   | 57,028        |
| <i>svrchní kontinentální kůra</i> | 2,929    | 8,745     | 7,740    | 19,414        |
| <i>andezit</i>                    | 2,552    | 5,314     | 5,899    | 13,765        |
| <i>kontinentální kůra</i>         | 1,381    | 2,092     | 3,096    | 6,527         |
| <i>oceánský bazalt</i>            | 0,460    | 0,753     | 1,548    | 2,761         |
| <i>peridotit</i>                  | 0,001    | 0,008     | 0,015    | 0,025         |
| <i>Země celkem</i>                | 0,022    | 0,062     | 0,062    | 0,145         |

- je uvažováno, že voda je ohřívána především horkými plyny uvolňovanými z magmatických krbů z hloubek vyšších desítek km!
- proplynění vody taktéž umožňuje výstup termy k povrchu

# Karlovy Vary – prameny

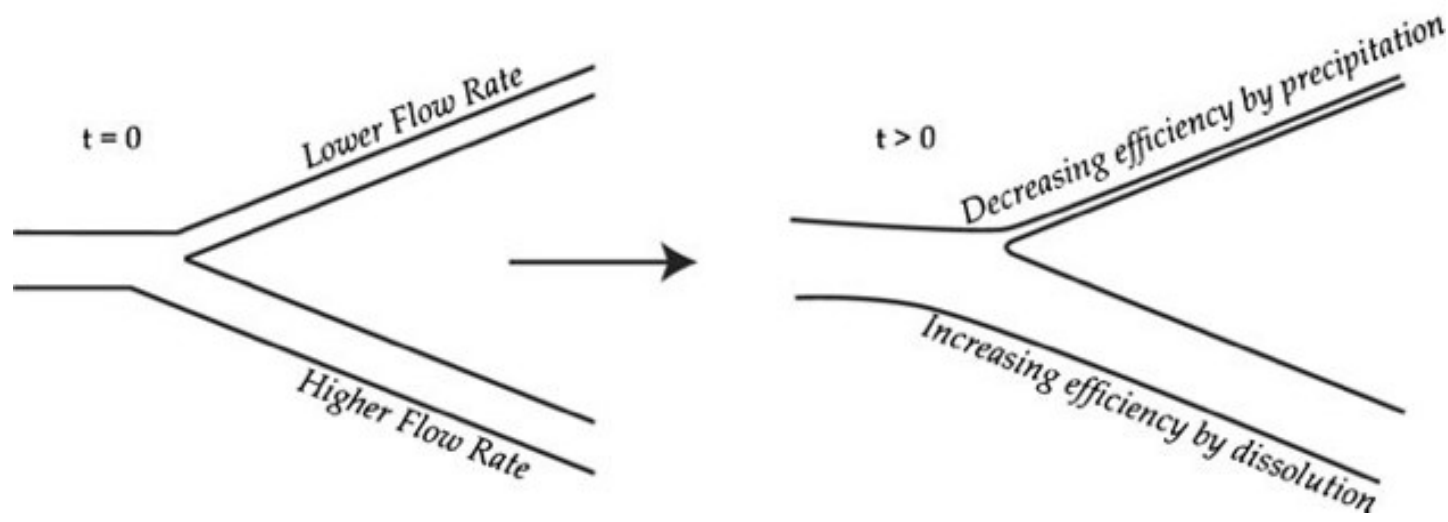
Babůrek, 1995;

- První fáze – tvoří ji desítky kilometrů dlouhá výstupní cesta juvenilních plynů a par z magmatických hlubin. Plyny a páry o značně vysokém tlaku prostupují na povrch po velkých zlomových trhlinách.
- Druhá fáze – je vlastní tvoření minerálních vod. Proplyněné podzemní vody vznikají průsakem ovzdušných srážek a mohou být průlinové, puklinové nebo krasové. V hloubce několika kilometrů se vyskytuje pásmo tvoření minerálních vod, které se svojí infiltrací sytí oxidem uhličitým a mineralizují v prostředí hornin karlovarského žulového masivu.
- Třetí fáze – je poměrně rychlý výstup “hotové” minerální vody k povrchu země po zlomových trhlinách. Hlavní hybnou silou tohoto vzestupu je proplynění minerálních vod.

# Karlovy Vary – prameny

sebeorganizace toku:

- v silně porušených horninách se tvoří složité různě propojené sítě puklin
- dochází k samovolnému usměrnění a uspořádání toku v hornině
- pakliže jsou v hornině dvě paralelní propustné pukliny, v méně propustné puklině bude docházet k akumulaci transportovaného materiálu
- v propustnější puklině naopak bude proudit více vody, materiál bude dál unášen, původně propustnější puklina bude čím dál tím více propustnější než okolní pukliny, které se postupně zanášejí
- tímto schématem se nakonec zachovají pouze silně propustné pukliny, které mohou být i desítky centimetrů široké a stovky metrů dlouhé (Mayo, 2014)





# Karlovy Vary – průvaly Vřídla

- když dojde k nadměrnému nárůstu tlaku pod vřídlovcovou deskou, nastane nepředvídatelný průval termy
- několikrát se stalo, že voda opustila své obvyklé místo vývěru, protože si vytvořila na jiném místě skrze vřídelní desku nový výstup
- průval vody jinde zmenší vydatnost Vřídla. V minulosti byly ucpávány vývěry v řečišti (pytle s obilím, pískem, otrubami, kvádrová dlažba apod.)
- se zatěsněním divokých vývěrů v řečišti však stoupl tlak termy a v současnosti s erozí vznikaly divoké vývěry na jiných místech

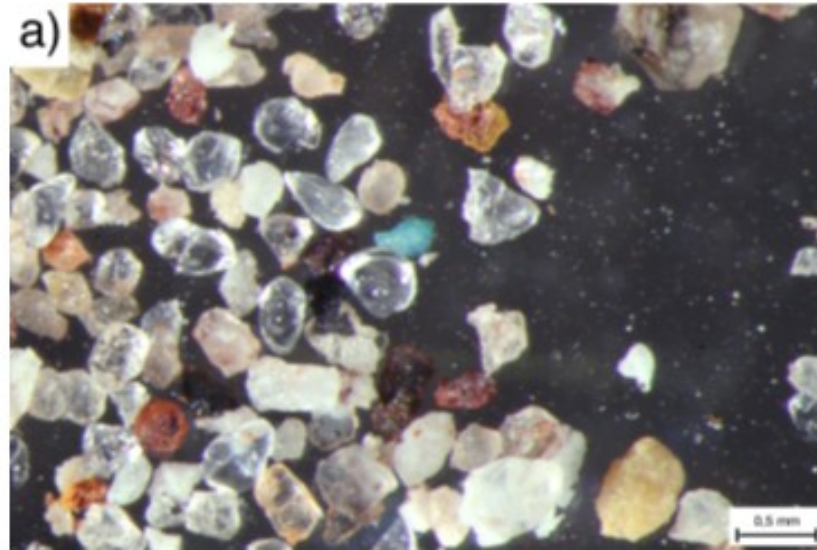


# Karlovy Vary – prameny

- O. Sysel ve své bakalářské práci rozpouštěl sediment vřídlovec pomocí zrychlené simulace rozpouštění v 12 % HCl
- z původně 7,04 kg vřídlovce získal koncentrát nerozpustných zrn o hmotnosti 13 g...
- tento koncentrát poté studoval mineralogickými metodami a pod mikroskopem



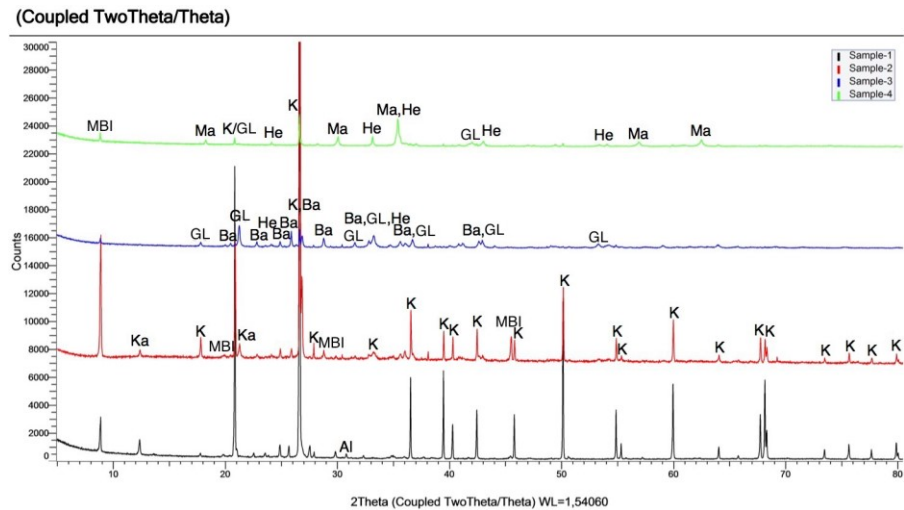
binokulární mikroskop



skenovací elektronový mikroskop

(Sysel, 2017)

# Karlovy Vary – prameny



- mineralogická analýza nerozpustného koncentrátu odpovídá běžným reliktnům po rozpouštění granitových hornin
- granit je světlá plutonická hornina, skládá se z hrubých zrn křemene, draselného živce (ortoklas) a sodnovápenatého živce (plagioklas) = dohromady tvoří více než 80 % horniny, dále muskovit, konkrétně chemické složení:

70–77 %  $\text{SiO}_2$  oxid křemičitý

11–13 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oxid hlinitý

3–5 %  $\text{K}_2\text{O}$  oxid draselný a  $\text{Na}_2\text{O}$  oxid sodný

1–2 %  $\text{CaO}$  oxid vápenatý

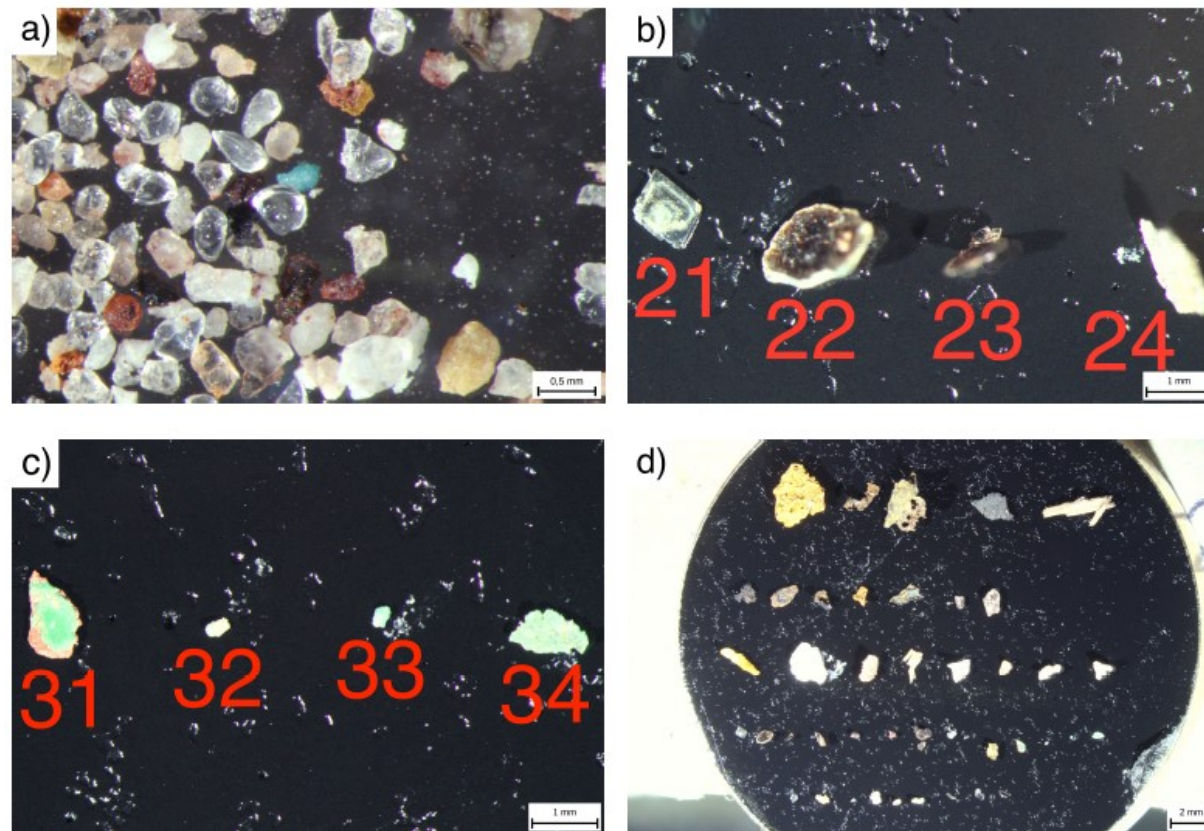
2–3 % celkového železa

| Název minerálu | Vzorec  | Název minerálu | Vzorec   |
|----------------|---|----------------|--|
| Křemen         | $\text{SiO}_2$  | Hematit        | $\text{Fe}_2\text{O}_3$                          |
| Muskovit       | $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ | Goethit        | $\text{Fe}^{+3}\text{O}(\text{OH})$              |
| Kaolinit       | $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$                       | Baryt          | $\text{Ba}(\text{SO}_4)$                         |
| Ortoklas       | $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  | Lepidokrokit   | $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
| Albit          | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$   | Magnetit       | $\text{Fe}_3\text{O}_4$                          |
| Mikroklin      | $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  | Wustit         | $\text{FeO}$                                     |
| Anortit        | $\text{CaAl}_2(\text{SiO}_4)_2$   | Bornit         | $\text{Cu}_5\text{Fe}_4\text{S}_4$               |

(Sysel, 2017)

# Karlovy Vary – prameny

- různý stupeň opracování minerálů původem z granitu dokládá krátký i dlouhý transport zrn, a tedy různé zdroje
- systém otevřených puklin tak dosahuje značné hloubky a zřejmě zastihuje i různé typy granitů



# Karlovy Vary – shrnutí vzniku

Pro vznik karlovarských teplých pramenů byly třeba tyto podmínky:

- přítomnost podzemní vody
- příhodná geologická situace (pukliny pro transport par a vody, žuly)
- oxid uhličitý
- dostatečný geotermální gradient

Srážková voda infiltrovaná v oblasti Slavkovského lesa a Krušných hor se dostává sítí puklin do hloubky.

Tam je smíšena s fosilní vodou o velké mineralizaci (Na, SO<sub>4</sub>, Cl), ohřáta vlivem zvýšeného termálního gradientu a především plyny z magmatických krbů ve větších hloubkách.

Plyny z větších hloubek obohacují vodu o CO<sub>2</sub> a zároveň proplynění znamená hnací motor výstupu teplých vod vzhůru.

S uplatněním sebeorganizace toku a vysrážení vřídlovce dochází k výstupu vod v podobě teplých pramenů na povrch.

Děkuji za pozornost!



*příští přednáška:*  
**13. března** *Využití vrtů v hydrogeologii*

# Použitá literatura

- Babůrek (1995): Geologie Karlových varů. Historický sborník Karlovarska III.
- Dvořák (2016): Karlovarské minerální prameny. Bakalářská práce, Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava.
- Mayo (2014): Self-organizing thermal fluid flow in fractured crystalline rock: a geochemical and theoretical approach to evaluating fluid flow in the southern Idaho batholith, USA. Hydrogeology Journal.
- Sysel (2017): Reakce granitu s termální vodou a vliv na propustnost. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova.
- Vylita (1991): S geologem po Karlových Varech. 1.vydání, Ústřední ústav geologický.