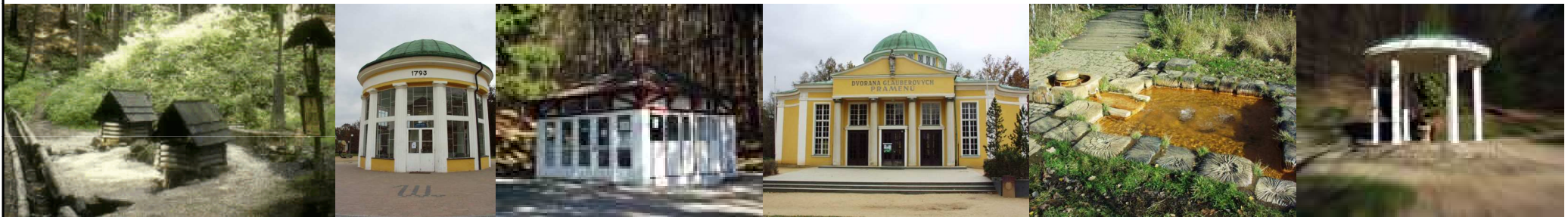


# MINERÁLNÍ VODY V ČESKÉ REPUBLICE II.

---



Dana Havlín Nováková, ČGS BRNO

# OBSAH

- ❖ Sirovodíkové vody
- ❖ Síranové vody
- ❖ Fluoridové vody
- ❖ Radioaktivní vody
- ❖ Chloridové a jodidové vody
- ❖ Železnaté vody
- ❖ Arzénové vody

# SIROVODÍKOVÉ VODY



# SULFANOVÉ (SULFIDOVÉ, SIROVODÍKOVÉ) VODY

Podmínkou pro vznik sulfanu a jeho iontových forem je přítomnost síranů, sulfátoredukujících bakterií a alespoň malého množství organických látek, nezbytných pro činnost těchto bakterií. Tyto organické látky mohou pocházet ze živic nebo organické hmoty uchované v sedimentech. Koncentrace sulfidické síry může značně kolísat během roku a v určitém časovém období může klesnout i pod uvedený limit pro sulfidové vody (tj. pod  $1 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Sulfidové vody mají typický zápach, bývají zakalené elementární sírou a mohou obsahovat kolony sulfátoredukujících a siřných bakterií.



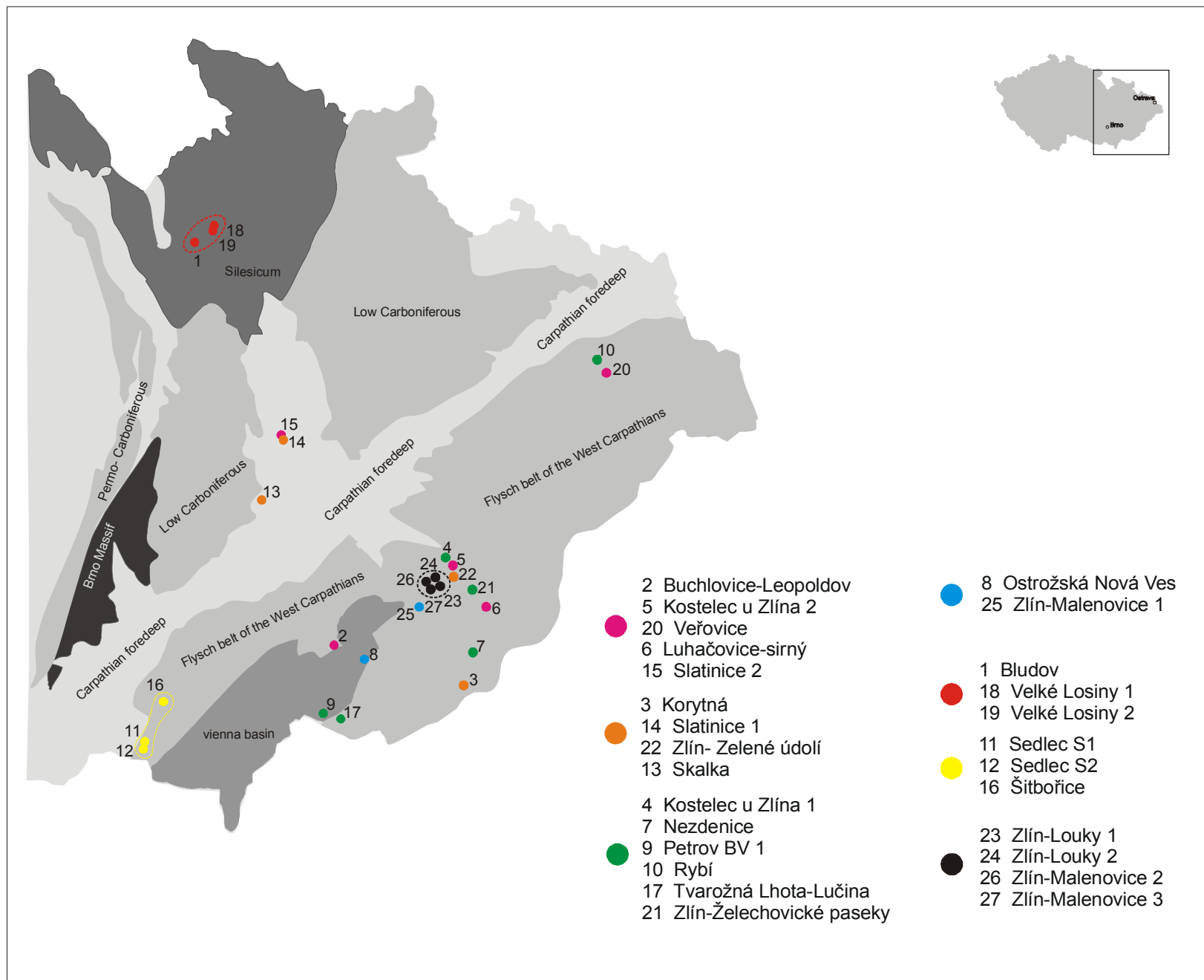
Sirovodíkové (sulfanové) minerální vody se v České republice vyskytují v několika odlišných hydrogeologických jednotkách:

- PERMOKARBONU PODKRKONOŠSKÉ PÁNVE
- KRYSTALINIKU ČESKÉHO MASÍVU
- PALEOZOIKU (DEVON)
- MESOZOIKU (JURA)
- NEOGÉNU KARPATSKÉ PŘEDHLUBNĚ A VÍDEŇSKÉ PÁNVE
- FLYŠOVÉM PÁSMU ZÁPADNÍCH KARPAT

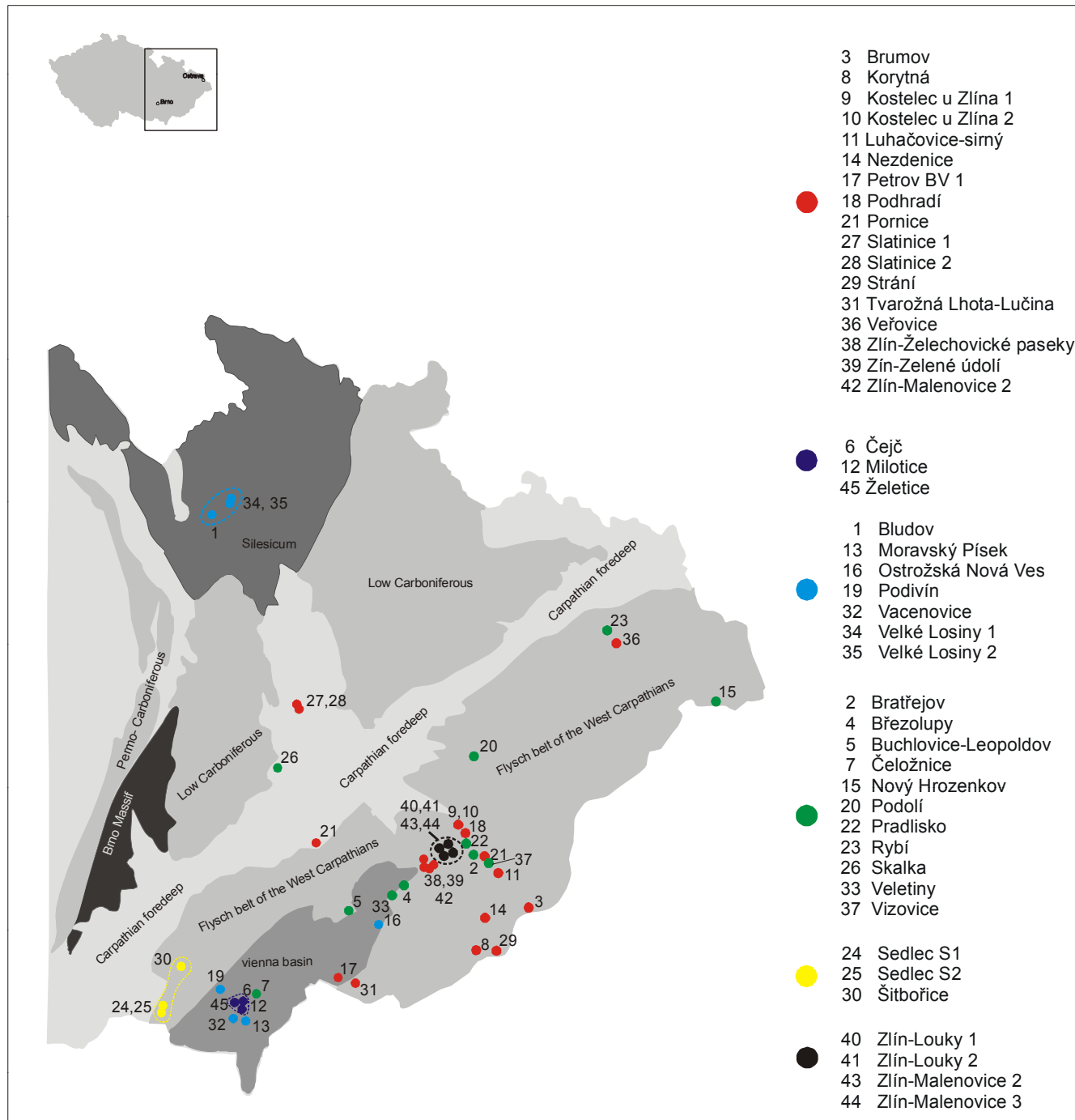
Léčebné indikace:

- ❖ Choroby nervového a pohybového aparátu
- ❖ Kožní onemocnění

# 17 PARAMETRŮ – 25 LOKALIT



# 9 PARAMETRŮ – 45 LOKALIT



## Permokarbon podkrkonošské pánve

Bývalé lázně **Foršt** (součást obce Rudník u Vrchlabí).

Minerální voda C-S-Na typu, studená. Lázně funkční do r. 1922, zanikly po založení chemického závodu na výrobu umělého hedvábí v těsné blízkosti lázní. Pramen ale fungoval dále.

Minerální voda vyvěrala v **horninách podkrkonošského permu**, v místech, kde se údolí potoka křížuje s předpokládanou tektonickou linií s. – j. směru. Na V od linie vystupuje rudnický obzor – slepence, pískovce, prachovce a jílovce s vložkami bitumenózních slínovců až jílovců, které se dříve v Rudníku těžily pro obsah sulfidů mědi. Obsah sirovodíku zřejmě pochází z **rozkladu síranů v redukčním prostředí bitumenózních pelitů**; Na-HCO<sub>3</sub> charakter nasvědčuje hlubšímu oběhu po tektonických poruchách s. – j. směru.

Z chemické analýzy z r. 1973 – obsah sirovodíku kolem 1 g.l<sup>-1</sup>.





## Krystalinikum českého masívu

Výjimečnými minerálními vodami jsou **oteplené sulfanové vody** vznikající mimo rámec sedimentárních hornin v žulovém masívu v Bludově a na styku keprnické ortorulové klenby s koutským svorovým pásmem ve Velkých Losinách.

Zvýšená teplota vody ukazuje na hlubší oběh a relativně rychlý výstup minerální vody po otevřených poruchách.

Protože krystalinikum **postrádá zdroj organické hmoty**, jak je tomu v sedimentárních oblastech, byl původ sirovodíku dosud velice nejasný. Ukazuje se, že při jinak stejné tvorbě  $H_2S$  ze síranů redukcí desulfurikačními bakteriemi a za dalších podmínek, z nichž nejdůležitější je nepřítomnost organické hmoty, je nutno uvažovat o **povrchovém recentním původu organických látek** (v podstatě pocházející z lesních porostů) z míst, kde infiltrují vody doplňující pásmo tvorby nízkomineralizovaných minerálních vod. Děje se tak v poruchových pásmech sz. směru, které ve vyšších polohách umožňují koncentrovaný sestup vod z okolního povodí a v nižší poloze na křížení těchto poruchových pásem s poruchovými liniemi a otevřenými cestami jiných směrů, pak vlastní výstup vody jako ve spojitě nádobě.

## Velké Losiny

Sirovodíková voda se formuje po sestupu srážkových vod do hloubek kolem 1 km. V prostředí silně metamorfovaných hornin keprnické jednotky dochází vlivem značné doby setrvání vody v podzemí (řádově tisíce let) k jejímu ohřevu na teplotu kolem 37 °C a ke změně jejího chemického složení. Výsledkem je vznik termy s vysokým stupněm alkality (pH asi 9,5), nízkou celkovou mineralizací (0,3 g.l<sup>-1</sup>) a zvýšeným obsahem mobilizovaného SiO<sub>2</sub> a fluoru. Iontové složení je charakterizováno u kationtové části naprostou převahou sodných iontů (průměrně 70 mg.l<sup>-1</sup>), v aniontové části převahou karbonátů a hydrogenkarbonátů. Významnou součástí minerální vody jsou sloučeniny aktivní síry, reprezentované hydrogensulfidem HS<sup>-</sup>.

Využitelné zdroje sirtých minerálních vod ve zřidelní struktuře Velké Losiny:

- ❑ teplé sirté minerální vody o teplotě vyšší než 35 °C – Žerotín (BVJ-211 /III): 21,0 l.s<sup>-1</sup>
- ❑ vlažné sirté minerální vody o teplotě 25 – 30 °C – Petr (BJ-15):1,5 l.s<sup>-1</sup>, Dobra (BJ-16): 1,5 l.s<sup>-1</sup>
- ❑ studené sirté minerální vody o teplotě 10 – 12 °C – Karel: 0,11.l.s<sup>-1</sup>



## Bludov

Minerální voda s hlouběji založeným oběhem se formuje z **atmosférických vod**, infiltrujících do hornin tektonicky silně postižené **skupiny Branné** při z. okraji keprnické skupiny v oblasti Olšan. Pomalé proudění podzemní vody je vázáno na zónu **bušínského zlomu** probíhající údolím Moravy až k Bludovu.

Výstup podzemní vody z hloubek kolem 500 až 600 m k povrchu je limitován jednak zatěsněním tektonické zóny v cementačním pásmu, jednak možností nekontrolovatelného rozptýlu vod hlubšího oběhu do mělkého kolektoru v kvartérních fluviálních sedimentech údolí Moravy.

Minerální voda je prostá, síranovo-chloridovou sodnou, hypotonickou, silně alkalickou přírodní minerální léčivou vodu se zvýšeným obsahem fluoru a se zvýšenou teplotou (24,2 °C)



## Slatinice

- Pro balneologické účely jsou využívány **prosté** (celková mineralizace 0,6 až 0,65 g.l<sup>-1</sup>) **sirné hydrogenuhličitano–chloridové**, vápenato–hořečnato–sodné, hypotonické léčivé minerální vody o teplotě kolem 15 °C. Základem léčby onemocnění pohybového aparátu jsou koupele v minerální vodě uměle přehřívané na teplotu kolem 36 až 37 °C.
- **Omezená vydatnost** původního přirozeného vývěru – tzv. Lázeňského pramene – byla příčinou, že se lázeňský provoz v průběhu staletí příliš nerozvíjel.
- Hydrogeologická stavba slatinické zřidelní struktury není i přes řadu novodobých průzkumů dosud beze zbytku objasněna.
- K přirozenému vývěru minerálních vod k povrchu dochází v místě **vyklínění sedimentů badenu**, z jejichž podloží tak vystupují světle šedé jemnozrnné vilémovické vápence s přítomností prvků krasovo–puklinové porozity.



## Vídeňská pánev

Přítomnost metanu je spjatá s **hlubinnými ložisky uhlovodíků** a mění podmínky ve zvodni tak, že vzniká prostředí pro rozvoj **desulfurikačních bakterií**, které **redukují sírany**, obsažené ve vodě na sirovodík.

Původ síranů je petrogenní, vznikají oxidací sulfidů železa (např. pyritu), které jsou charakteristickou složkou flyšových hornin a sedimentů vídeňské pánve.

### Sedlec

- Sirovodíková minerální voda v Sedlci byla jímána studnami.
- Minerální voda je pravděpodobně dotována hlubinnými chloridovými vodami a dále obohacována o sírany, které pocházejí z pyritu, roztroušeném ve flyšových sedimentech.
- Zdroje sirovodíkové minerální vody v Sedlci byly využívány od 17. století do roku 1948, kdy byl provoz lázní zastaven. Minerální voda byla jímána ze studní S-1 o hloubce 8,3 m a S-2, hluboké 7,5 m s vydatností cca 6 l.min<sup>-1</sup>.
- Obsah sirovodíku se udržoval stále na vysoké hodnotě – kolem 10 mg.l<sup>-1</sup>. Minerální vody byly využívány hlavně na léčebné koupele.
- Budova pro léčebné koupele byla dlouhá léta devastována a studny znečišťovány.

## Petrov

K balneologicky nejvýznamnějším výskytům patřila lokalita Petrov, kde byly sirovodíkové minerální vody s obsahem až 8 mg/l zachyceny několika mělkými studnami ve fluviálních náplavech údolní nivy Moravy. Jedna ze studní při lázeňské budově byla využívána pro ambulantní léčbu.

V r. 1999 byl proveden průzkumů a byly zjištěny zásadní poznatky, díky kterým minerální vodu nelze balneologicky využívat:

- sulfanové vody jsou vázány pouze na I. zvedeň v kvartérních náplavech řeky Moravy a jejího levobřežního přítoku Radějovky a plošně je výskyt omezen na území mezi hřbitovem a dnes devastovanými lázeňskými objekty
- maximální koncentrace sulfanu byly dokumentovány mělkým vrtem BV 2 přímo u plotu hřbitova směrem k lázeňskému areálu
- vody II. zvodně, které se nacházejí ve vrstvách neogenních sedimentů, mají artéský režim a nepodílejí se na dotaci mělké zvodně v kvartérních sedimentech. V daných litologických a hydrogeologických podmínkách dochází k tvorbě sulfanu z organické hmoty mikrobiální činností a geochemickými procesy ve velmi mělké podpovrchové zóně v hloubkách 0 – 10 m. Vody II. zvodně se vyznačují totální absencí sulfanu. S ohledem na skutečnost, že zdroji minerální vody je I. zvedeň, která je v hydraulické spojitosti s řekou a je bakteriologicky znečištěna, nelze minerální vody využívat.

### Čejč

Vydataným zdrojem sirovodíkové minerální vody je pramen **Heliga**. Kvalita minerální vody zdroje Heliga byla s ohledem na obsah biologicky aktivní síry mimořádně dobrá. Obsah H<sub>2</sub>S činil minimálně **20 mg/l**, což byla hodnota v rámci sirovodíkových pramenů na Moravě absolutně nejvyšší. Dnes je upraven, slouží místním obyvatelům.

### Milotice

Zámecká studna v Miloticích, hluboká 4 m, obsahuje minerální vodu s obsahem sirovodíku 20,0 mg.l<sup>-1</sup> (Květ – Kačura 1976). Vydatnost studny je velmi malá a voda se v současné době používá na zálivku v zámecké zahradě.

Pramen sirovodíkové vody se nachází v blízkosti obce Milotice pod kopcem Čertobrd. Minerální voda vyvěrá do neudržovaného mokřadu, takže původní místo vývěru nelze určit.

### Lanžhot

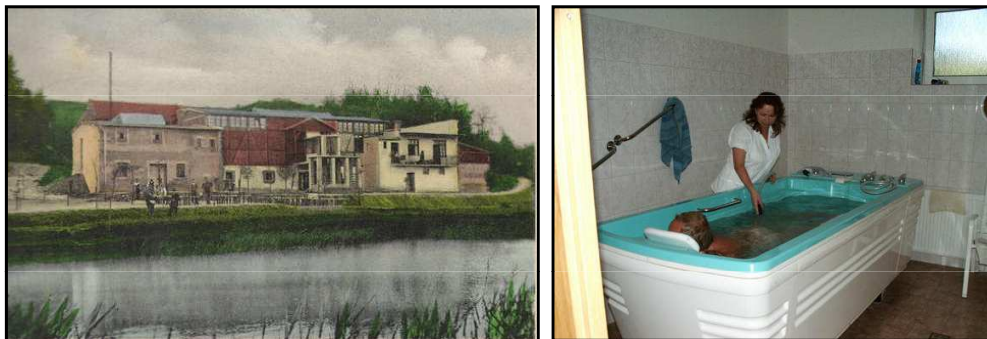
Zdrojem termální minerální vody opuštěný naftový vrt Ln-16 původně hluboký 2050 m.

## Karpatská předhlubeň

### Lázně Skalka u Prostějova

- na stavbě hydrogeologické struktury se podílejí **badenské sedimenty** v převažujícím pelitickém vývoji s izolační funkcí (vápnité jíly s ojedinělými vložkami písků, v okolí Skalky v mocnostech do 5 m) vystupuje povrchově izolovaný výskyt ("skalka" – od této geologické stavby se odvozuje i název obce Skalka) **pískovců a drob myslejovického souvrství** s výraznou puklinovou porozitou a s relativně volným prouděním podzemních vod ve svrchní zóně navětrání (do hloubek kolem 20 m) a především na tektonické zóně zsz.–vzv. směru, která Skalkou prochází.
- Z hydrogeochemického hlediska je důležitý **nález kyzové břidlice** ve vrtu P-1 Vojtěch v etáži 33 až 33,1 m, protože pyrit na puklinách hornin paleozoika (a na tektonických zónách ?) je pravděpodobným zdrojovým materiálem pro tvorbu sirovodíku jako základní balneologicky cenné složky minerálních vod ve Skalce.
- Minerální vody v lázních Skalka jsou **výhradně atmosférického původu**.

Rekonstruovány r. 2004



V karpatské předhlubni se vyskytují ještě další drobné lokality sirovodíkové vody.



## Flyšové pásmo Západních Karpat

### Lázně Leopoldov – Buchlovice (Smrad'avka)

- Minerální voda vyvěrá při z. úpatí svahu Dlouhé řeky ze **zlínských vrstev račanské jednotky magurského flyše**. Vrstvy tvoří flyšově se střídající vápnité jílovce a arkózové pískovce. K výstupu dochází po puklinách; minerální voda se pak rozptyluje v málo mocných svahových a fluviálních sedimentech Dlouhé řeky. Směr puklin je zhruba SZ–JV, souhlasný s příčnou tektonikou a se směrem toku Dlouhé řeky v místě vývěru.
- Voda obíhá v nepřiliš velkých hloubkách – svědčí o tom **nízká mineralizace**.
- Při průchodu marinními sedimenty se výměnou iontů prostá voda relativně obohacuje o sodík. Migrující plynná živice sytí tuto vodu obsahující těž sírany, které jsou při životní funkci desulfurikačních bakterií redukovány na sirovodík.
- Lázně zrekonstruované, nově fungující.



## Kostelec u Zlína

Minerální vody vyvěrají ze **zlínských vrstev jednotky magurského flyše** (stř. až svr. eocén), typických flyšových hornin složených ze střídajících se jílovců, zčásti vápnitých a pískovců. Lze předpokládat, že k výstupu minerálních vod dochází po zlomech ssz–jjv. směru, příčně porušujících flyšový komplex. V zóně rozvětrávání paleogenních hornin a ve svahových sedimentech, popř. ve fluviálních údolních sedimentech se marinní vody z flyše rozptylují v prostých mělkých podzemních vodách.

Prameny "V kapli" a "U vily" – minerální voda je slabě mineralizovaná, sirná, hydrogenuhličitano–síran–vápenato–sodného typu, studená hypotonická.

Lázně v provozu.



## Šitbořice

Sirovodíkový minerální pramen **Štyngar** – o vzniku jeho názvu se nese pověst o německém šlechtici, který se napil vody z pramene a pravil : "Das stinkt!" ("To smrdí!"). Užívá se také název Štengar.



## Ostrožská Nová Ves

Studny minerální vody jsou vyhloubeny ve **fluviálních sedimentech** v údolní nivě řeky **Moravy** a lze předpokládat, že nedošly do podložních pontských sedimentů. Minerální vody vznikají zřejmě v nehlubokém prostředí nasyceném prostými vodami, s nimiž jsou ve stálé spojitosti.

O typickou složku –  $H_2S$  – se obohacují redukcí síranů ve vodě při činnosti desulfurikačních bakterií za využití organických látek, kterými mohou být kvartérní xylolity nebo rašeliny.



## Vizovice

V okolí Vizovic je známa řada sirovodíkových pramenů, na některých bývaly před r. 1948 lokální lázně.

Minerální voda vyvěrá ze **zlínských vrstev račanské jednotky**, které jsou budovány flyšově se střídající jílovci, zčásti vápnitými a pískovci. Minerální voda vzniká z infiltrovaných prostých vod, které při oběhu získávají výměnou iontů převažující složku sodnou, vedle hlavního aniontů prostých vod ( $HCO_3^-$ ) a podružně i sírany. Vody jsou syceny z hlubin migrující živící (metanem), která dodává potřebné organické látky pro rozvoj desulfurikačních bakterií.

Ve flyšovém pásmu Západních Karpat se vyskytuje řada drobných lokalit sirovodíkových vod.



*Veřovice*



*Zlín-Malenovice*



*Pradlisko*



*Rybí*



*Nezdenice*

# SÍRANOVÉ VODY



Pro síranové vody (síranovo–sodné a síranovo–hořečnaté) byl používán název "hořké " vody.

Základní zdroj větších koncentrací síranů může být dvojího druhu. Jedním z nich je **rozpuštění  $\text{CaSO}_4$**  (sádrovce a anhydritu) a druhým je **oxidace sulfidů**. Tento druhý zdroj je typický pro důlní vody z okolí těžby uhlí, které obsahuje rozptýlené množství pyritu či markazitu a z okolí těžby sulfidických rud.

Rozpustnost uvedených síranových minerálů je značná a v závislosti na iontové síle vody a tvrbě iontových asociátů (sulfatokomplexů) se koncentrace síranů může pohybovat v jednotkách až desítkách  $\text{g.l}^{-1}$ .

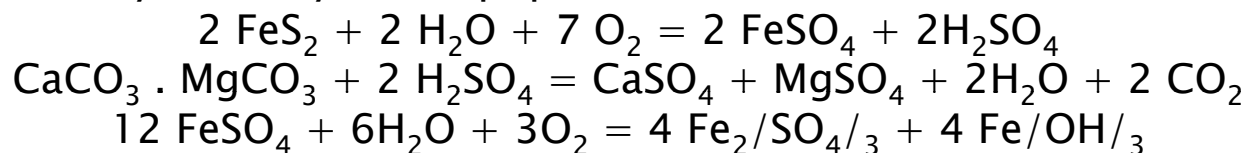
Síranové vody se v ČR jsou vázány na oblasti:

- ❖ České Středohoří
- ❖ Polabí
- ❖ Barrandien
- ❖ Okolí Mariánských lázní
- ❖ Flyšové pásmo Západních Karpat na Moravě

Léčebné indikace: poruchy zažívání (důležitá je kombinace hořčíku a síranů)

## České Středohoří

Vznik síranových vod je vázán na soubor příznivých faktorů zejména z hlediska hydrofyzikálních vlastností hornin, jejich mineralogicko-chemického složení (přítomnost pyritu, Mg-Ca karbonátů, popř. sorbovaného  $\text{Na}^+$  a  $\text{Mg}^{2+}$  v horninovém komplexu), geomorfologických a klimatických podmínek (vysoký výpar a relativně nižší srážky). Pelitické horniny se vyznačují velmi nízkou propustností, a proto je oběh podzemní vody vázán jen na málo mocné pásmo podpovrchového rozpukání a navětrání a nepokračuje do hlubší zóny neporušené horniny s izolačními vlastnostmi. Srážkové vody se vsakují pouze do této relativně málo mocné zóny, kde díky obsahu rozpuštěného kyslíku vzdušného původu v infiltrující vodě dochází k oxidaci roztroušeného pyritu, obsaženého v křídových slínovcích i v neogenních jílech. Vznikají tak železnaté ionty (které oxidují na trojmocné a srážejí se ve formě limonitu) a kyselina sírová, která snižuje pH a rozkládá Mg-Ca karbonáty. Jelikož je v této oblasti výpar vyšší než množství srážek, popř. vsak, dochází v suchých obdobích ke vzlínání a zvyšování mineralizace podzemní vody. Při obsahu síranů nad  $1,2 \text{ g.l}^{-1}$  začíná krystalovat sádrovec a zvyšuje se tak koncentrace Mg iontů, které při minimální rychlosti proudění nejsou odplavovány. Podzemní voda se tak stále obohacuje Mg ionty. Proces tvorby síranových vod popsal Dvořák (1975) rovnicemi:



## Zaječice (okr. Most)

- Jímací studny v Zaječicích jsou vyhloubeny ve **svrchnoturonských slínovcích**.
- Původní zachycení minerální vody bylo realizováno **studnami**, postupem doby docházelo na některých studních ke snižování celkové mineralizace, a proto byly staré studny opuštěny a vyhloubeny nové.
- Jímací vrty **Bílinské kyselky** jsou umístěny přímo v areálu závodu, 100 m od hlavního komplexu budov. Minerální voda může být odebírána ze dvou vrtů: hlavního BJ-6 a rezervního V-1. Kapacita zdrojů Bílinské kyselky značně převyšuje současnou úroveň produkce a poskytuje možnost dalšího podstatného zvýšení výroby.
- Zaječická hořká voda je čerpána ze studní v Zaječicích a je několikrát týdně dovážena do podniku, kde podstupuje proces odpařování.

## Zaječice u Jirkova (okr. Chomutov)

- Vznik minerální vody je zde podmíněn **oxidací pyritu z hornin slojového souvrství kyslíkem rozpuštěným v prosakující srážkové vodě**. Vzniká kyselina sírová (nízké pH 1 – 2 se zachovává i v místě vývěru). Síraný tvoří téměř 90% z celkového obsahu aniontů. Na kontaktu s organickou hmotou rašelinové polohy dochází za součinnosti desulfurikačních bakterií k částečné redukci síranů a vzniku sirovodíků.
- Do současné doby se zachovala v lázeňském parku asi 40 m s. od vily **původní jímka Karolina**, později údajně zvaná **Železitý pramen**. Je roubena dubovými fošnami, o straně 1 m ve vnitřním čtvercovém půdorysu (do hloubky 0,8 m). Novější jímka je údajně zvaná **Sirný pramen**.
- V polovině minulého století se v lázních podávaly koupele s ohřívanou vodou z pramene Karolina k léčbě revmatických chorob. Pitné kúry se neaplikovaly.



## Lenešice (okr. Louny)

Dnes již nevyužívané zdroje síranových vod, dříve plněné do lahví pod jménem Regulátor. Studny jsou při j. okraji zvednuté křídové kry budované středoturonskými slíny a slínovci.

### Polabí

*Kobylice, Lukovna, Michnovka (zanikly nebo se změnilly);  
Skřivany, Hoděšice, Myštěves, Slahostice, Holice-Javůrka,  
Sopřeč.*

Síranové vody jsou vázány na **povrchové partie v oblasti labské slínovcové facie** české křídové pánve. Vznikají v mělké připovrchové rozvětralé zóně slínů a slínovců v místech, kde dochází k určité stagnaci infiltrovaných vod a koncentraci síranových solí, vzniklých při oxidaci pyritu obsaženého ve slínech a za působení produktů jeho rozkladu na uhličitany alkalických zemin.

### Barrandien

Praha: *Svatováclavský pramen* na Karlově náměstí, *Podolský pramen* v Podolí; *prameny Eva, Adam, Lidka a Jindřich* na Vinohradech, pramen *Čeperka* (Unhošť), *Miličín u Benešova*

Většina těchto pramenů zanikla nebo změnila chemismus a celkovou mineralizaci.

Lokality *Slemeno, Tutlek, Doudleby nad Orlicí* – podobný chemismus jako ale mají i zvýšený obsah fluoridů

## Flyšové pásmo Západních Karpat

### Šaratice

- Výskyt vod šaratického typu je vázán na **paleogenní sedimenty ždánicko-podslezské jednotky**, která byla nasunuta na mladší neogenní sedimenty. Vlastní zdroje šaratických vod jsou vázány na **vrstvy spodního a středního eocénu**, na tzv. **podmenilitový eocén**. Vrstvy podmenilitového eocénu mají převážně jílovcový vývoj. Pískovce a slepence tvoří jen neprůběžné, lokálně omezené plochy. V oblastech těžebních polí leží zasolené sedimenty mělce pod povrchem. Tvoří je jíly, slínité jíly až slínovce s obsahem **dolomitizovaných vápenců, resp. dolomitů**, někdy i magnezitů s konkréci limonitu a čóčkami nebo vrstvičkami **sádrovce**. V povrchovém pásmu do hloubky asi 5–10 m jsou jen velmi slabě propustné. Hlubší obzory, které představují břidličné jíly, jsou již zcela nepropustné.
- Minerální voda vzniká postupným pochodem: infiltrující prostá voda rozpouští při průsaku sádrovec za vzniku síranově vápenatého typu vody, která je však hned metamorfovaná výměnou iontů vápenatých za sodné, sorbované na pelitech, resp. na Mg obsažený v dolomitech. Složení výsledné vody je proměnlivé podle lokálních podmínek se mění i s časem, tak jak jsou vyluhovány a postupně snižovány obsahy účinných složek.
- Jímací studny v těžebních polích jsou uspořádány šachovnicovitě. Hloubka studní se pohybuje od 5 do 8, max. 13 m, podle lokálních podmínek.
- Veškerá získaná voda se plní do lahví **po předchozí úpravě mineralizace vody**. Docíluje se toho míšením jednotlivým různě mineralizovaných studničních vod nebo při nízkých mineralizacích **zahušťováním v odpařovačích**.
- Šaratická minerální voda je **silně mineralizovaná síranová, sodno–hořečnatá, hypertonická**.

# FLUORIDOVÉ VODY



**Přírodním zdrojem fluoru** ve vodách mohou být některé minerály, např. **fluorit** /CaF<sub>2</sub>/, **kryolit** /Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>/ a **apatit** /Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F/. V menším množství je fluor obsažen v žulách a slídách, jejichž zvětráváním a vyluhováním přechází do podzemních. Je obsažen také v těkavých složkách magmatu.

V podzemních vodách bývá zvýšená koncentrace fluoridů vázaná obvykle na hydrochemické typy HCO<sub>3</sub>-Na, resp. SO<sub>4</sub>-Na. U většiny minerálních vod s větší mineralizací bývají koncentrace fluoridů do 1,0 mg.l<sup>-1</sup> celkem běžné. Hydrogenuhlíčitano-sodné vody se zvýšenou koncentrací fluoridů – a to v rozmezí 7 až 15 mg.l<sup>-1</sup> – se nacházejí např. v cidlinsko-lábské oblasti.

Příkladem minerálních vod se zvýšenou koncentrací fluoridů může být také Mlýnský pramen (Karlovy Vary) s 6,0 mg.l<sup>-1</sup>, pramen Karel (Velké Losiny) s 6,5 mg.l<sup>-1</sup> a Vincentka (Luhačovice) s 2,8 mg.l<sup>-1</sup>.

Ve Východočeském kraji je převážná většina minerálních vod se zvýšeným obsahem fluoridů součástí bazální zvodně křídové pánve (především v cenomanských pískovcích). Největší počet výskytů vod s vyšším obsahem F<sup>-</sup> náleží uhlíčitým minerálním vodám cidlinsko-lábské akumulace, u nichž jsou však obsahy F<sup>-</sup> poměrně nízké (v rozpětí 2,6 – 3,8 mg.l<sup>-1</sup>) a balneologický význam fluóru je tu zastíněn významem CO<sub>2</sub>.

Nejvyšší obsahy fluoridů jsou však příznačné pro některé vody bazální zvodně křídové pánve bez zvýšených obsahů CO<sub>2</sub>.

Lokality mineralizovaných vod bez CO<sub>2</sub>: *Chotělice, Loučná Hora, Bohdaneč, Kladruby nad Labem.*

Vrty v cenomanu ve východním křídle ústecké synklinály mezi Rychnovem nad Kněžnou a Kostelcem nad Orlicí s anomálním chemismem, S-Na typu se zvýšeným obsahem F<sup>-</sup>: *Doudleby nad Orlicí, Slemeno, Tutleky, ...*

Mineralizované vody C-Na typu se zvýš. obsahem F<sup>-</sup>: *Častolovice, Kostelec nad Orlicí, Záměl – v bazální zvodni křídově pánve v ústecké synklinále. Vyšší obsahy F<sup>-</sup> (3,0 – 3,6 mg.l<sup>-1</sup>) má i terma u Batňovic.*

# RADIOAKTIVNÍ VODY



Český masív je geologickým celkem **velmi bohatým na výskyty radioaktivních vod**. Relativně vysoké obsahy jsou ojedinělým zjevem. Prostých, slabě mineralizovaných vod z puklinových a suťových pramenů povrchově rozdětralé zóny krystalinika a hlavně žulových masívů, obsahující koncentrace radonu nad hodnotu 1,5 kBq/l, je větší počet.

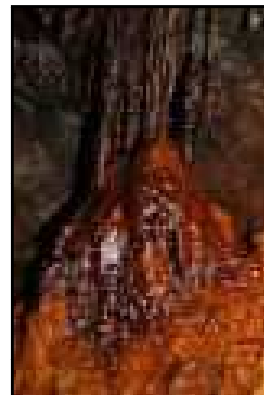
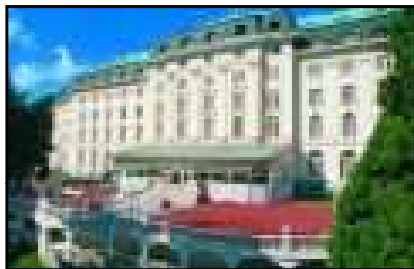
Radioaktivita je způsobena přítomností plynu **radonu** (radiové emanace,  $^{222}\text{Rn}$ ) rozpuštěného ve vodě.

### Léčebné indikace:

- Stimuluje buňky a orgány k opravným procesům, stimuluje i žlázy s vnitřní sekrecí, včetně žláz pohlavních. Je vhodná pro všechna onemocnění pohybového aparátu.
- Analgetický, protizánětlivý a biostimulační.
- Pozoruhodné biologické účinky radonu se zakládají na výjimečné pozitivní energii alfa-záření, které lidský organismus během koupele absorbuje.

## Jáchymov

- První radonové lázně na světě byly založeny roku 1906.
- Základním přírodním zdrojem lázní jsou léčebné prameny získané ze 12. patra jáchymovského dolu SVORNOST. Jejich vody obsahují radon a jsou přiváděny přímo do jednotlivých léčebných domů. V současné době se používají k léčebným účelům čtyři prameny. Je to *Pramen akademika Běhounka*, *pramen Curie*, *pramen C-1* a *nově navrtaný pramen Agricola*.
- Charakteristika radioaktivní vody: termální vody s obsahem radonu. Jsou v nich stopy iontů železa, manganu a lithia. Dále obsahují  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$  a další izotopy prvků, jako 218Po, 214Pb, 214Bi, 226Ra. Teplota pramenů při jímání je 28 až 36 °C. Celková kapacita pramenů je cca 400 l/min.
- Prameny jsou jímány do základní nádrže, odkud jsou vedeny štolou Curie do jednotlivých lázeňských domů.



Zaniklé Lázně sv. Markéty u Prachatic (Margarethenbad) s prameny radioaktivní vody byly patrně založeny už Římany. Byly využívány prameny: Markéta, Patriarcha a Generál. Dlouho byly jsou v dezolátním stavu, nacházel se zde pouze pramen sv. Markéty v altánku u zdevastovaných budov bývalých lázní. Stavba nových lázní započala 8. 12. 2008.





## *Mladkov v Orlických horách*

- Radioaktivní prameny jsou vázány na **sněžnické ortoruly**, vyskytující se v jádře velké geologické jednotky – orlicko–kladské klenby. Na tuto horninu jsou vázány také radioaktivní prameny v Podlesí u Králík (pramen Rudolf), Vysokém Potoku (Grabnerův pramen), Travné (pramen P. Marie Sáletské), či lázních Ladek Zdrój (PL).
- V Mladkově vyvěrají radioaktivní vody na **zlomovém pásmu**, ve kterém je hornina rozdrvena, voda jí prochází a rozpouští v sobě radon uvolňovaný horninou. Radioaktivnějších pramenů vyvěrá na lokalitě více.
- V bezprostředním okolí hlavního pramene lze nalézt více než 10 dalších nepodchycených vývěrů s aktivitou 100 – 680 Bq/l. Nejvyšší radioaktivitu i vydatnost mají však blízké prameny Šalamoun a Karolína.
- Rekonstrukce pramenů proběhla v r. 2004 pod vedením V. Goliáše z PŘF UK Praha se studenty



*Horský pramen v Teplicích* a podzemní vody bazálních křídových slepenců a brekcií, popř. v navětralé rozpukané části podložního teplického křemenného porfyru mají původ radioaktivity vázány na zrudnění v slepencové a pískovcové poloze v těsném nadloží křemenného porfyru. Další akumulace radonových vod je známa z bazálních svrchnokřídových pískovců cenomanského stáří v lužické faciální oblasti.

Proces vzniku těchto akumulací je vysvětlován tak, že z podzemní vody C–Na typu, s pH 7,5, obsahující rozpuštěné radioaktivní složky, se při kontaktu s kyselejšími vodami S–Ca vylučují mimo jiné uranové minerály; z nich se v současné době obohacují podzemní vody radioaktivními složkami.

*Velká Úpa v Krkonoších*

# CHLORIDOVÉ A JODIDOVÉ VODY



- ❖ Minerální vody chloridové v ČR mají původ většinou v **marinních syngedimentárních vodách**.
- ❖ Základní druhy hornin a půd obsahují průměrně 10 mg až 500 mg chloridů v 1 kg. Jejich zvětráváním a vyluhováním přecházejí chloridy do vody.
- ❖ Větší koncentrace chloridů ve vodě pocházejí z ložisek komanné soli – halitu nebo z ložisek draselných solí – sylvínu, karnalitu a kainitu. Sloučeniny chloru mohou být také vulkanického původu (HCl).

**Léčebné indikace:** nemoci pohybového a oběhového systému

V permokarbonu se nachází chloridové vody v hlubokých vrtech, viz studijní materiály.

Mineralizované vody Na–Cl typu nebo jodobromové minerální vody se vyskytují prakticky v celém stratigrafickém profilu na kontaktu Českého masívu a Západních Karpat.

## Lázně Darkov

- silně mineralizovaná chloridovo–sodná jódová hypotonická voda se stopovými koncentracemi barya a stroncia
- jsou vázány na **neogenní sedimenty autochtonního pokryvu paleozoika** v karpatské předhlubni. Maximální mocnosti badenských sedimentů jsou ověřeny v depresích paleozoického reliéfu – v dětmarovickém a bludovickém výmolu
- Lázně Darkov, které leží v těsné blízkosti dobývacího prostoru Dolu Darkov, jímají minerální vodu z hlavního obzoru, který není v dané lokalitě v přímé hydraulické spojitosti s těžebně exploatovaným karvinským souvrstvím.



## Klimkovice – Polanka nad Odrou

Solanka je čerpána z vrtů, o hloubce 400 – 500 m, které se nacházejí v okolí Polanky nad Odrou, vzdálené od lázní asi 11 km. Odtud je do areálu lázní dopravována potrubím a ukládána do jímek, v nichž 2–3 týdny dozrává. Po zahřátí na teplotu 36°C je využívána jako léčivý prostředek k vnější aplikaci formou koupelí, inhalací a zábalů.



## Vídeňská pánev

Vídeňská pánev je také místem výskytu jodobromových vod, které jsou vázány na **produktivní i neproduktivní kolektory neogénu vídeňské pánve** ropoplynonosných oblastí. Pro tyto podzemní vody je charakteristická Na-Cl facie, zvýšený obsah jodidů, bromidů, organických látek a aromatických kyselin.

Jsou to **synsedimentární vody** bez možnosti doplňování prostými podzemními vodami, uzavřené v prostorově omezených písčitéch polohách (čočkách) uvnitř převládajících jílovitých sedimentů.

Výskyty podzemních vod ropného typu s významnými obsahy jodidů (42,5 – 50,7 mg.l<sup>-1</sup>) jsou vázány především na **psamitické facie souvrství lábských písků**. Podzemní vody stejné celkové mineralizace i obsahů jodidů se nacházejí i v kolektorech sedimentů eggenburgu-ottnangu (i lokálně vyšší jednotlivé obsahy jodidů) a sarmatu, ale koncentrace jodidů v podzemních vodách kolektorů lábských písků vykazují nejmenších změn.

Lábský obzor dosahuje největší mocnosti v oblasti mezi Josefovem a Prušánkami, kde má i z hydrogeologického hlediska příznivý litologický vývoj (písčité polohy o celkové mocnosti 30 – 65 m) i když z hlediska akumulace živin se jeví jako negativní.

**Obsahy jodidů** – nejvýznamnější složky pro balneologické využívání – jsou v okolí Hodonína v hloubce 300 – 600 m od 10 do 40 mg.l<sup>-1</sup>, mezi Hodonínem a Lužicemi kolem 40 mg.l<sup>-1</sup>. V oblasti Poddvorova jsou obsahy 40 – 50 mg.l<sup>-1</sup> ve vodách v hloubce 1500 – 1800 m. V oblasti Josefova obsahy 45 – 55 mg.l<sup>-1</sup> v hloubce 1800 – 1900 m, v hloubce 2180 – 2182 m jsou 130 mg.l<sup>-1</sup>, hlouběji obsah jodidů klesá na 35 mg.l<sup>-1</sup>. Celková mineralizace těchto hlubinných vod se pohybuje od 10 – 15 g.l<sup>-1</sup>.

## Lázně Hodonín

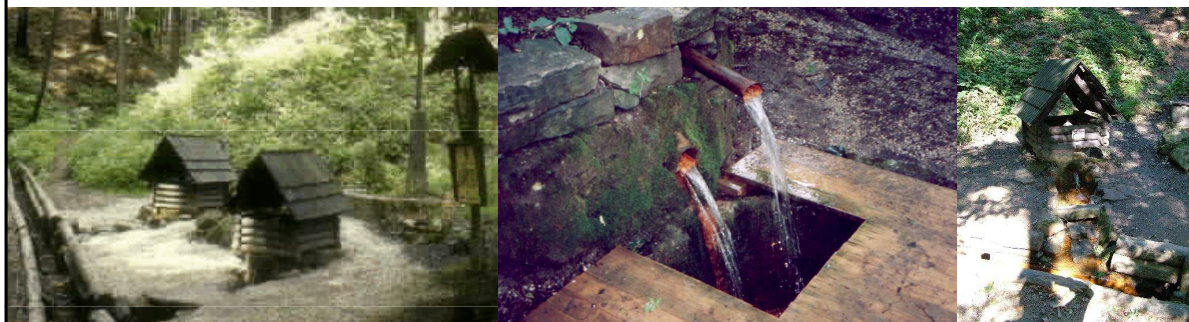
Využívá se vydatný zdroj jodobromových vod z kolektoru lábských písků středního bádenu ze tří balneologických vrtů u Josefova, kde byly zjištěny nejvyšší obsahy jodidů –  $130 \text{ mg.l}^{-1}$  ve vrtu Jo-5.



## Lázně Lednice



# ŽELEZNATÉ VODY





Vody obsahující při vývěru nejméně  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  železa se nazývají **železnaté** (název vody železité vody je nesprávný. Větší koncentrace železa mohou být způsobeny jen železem v oxidačním stavu II, které se po vývěru oxiduje na  $\text{Fe}^{\text{III}}$  a je příčinou tvorby rezavě zbarvených sraženin a povlaků na okolních materiálech).

Nejrozšířenější železnou rudou je **pyrit  $\text{FeS}_2$** ; po něm následuje hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , limonit  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  a siderit  $\text{Fe CO}_3$ . Železo je v malém množství obsaženo také v řadě přírodních alumosilikátů. Pouhým rozpouštěním uvedených minerálů, aniž by docházelo k chemickým reakcím, se vody obohacují železem jen málo. Rozpouštění napomáhá přítomnost  **$\text{CO}_2$  a huminových látek**. Mimořádně vysoké koncentrace železa lze najít ve vodách obsahujících kyselinu sírovou, která vznikla oxidací sulfidických rud. V mechanismu oxidace pyritu a jiných sulfidických rud se uplatňují jak chemické, tak i biochemické procesy. Biochemická oxidace probíhá za přítomnosti chemolitotrofních mikrobů Thiobacillus a Ferrobacillus. Formy výskytu rozpuštěného a nerozpuštěného železa ve vodách závisejí na hodnotě **pH, oxidačně-redukčním potenciálu a komplexotvorných látkách** přítomných ve vodě.

Železo se vyskytuje ve vodách v oxidačním stupni II nebo III. V bezkyslíkatém redukčním prostředí podzemních vod a v povrchových vodách u dna nádrží a jezer se vyskytuje železo v oxidačním stupni II.

Železnaté vody jsou po vývěru a provzdušnění charakteristické vznikem rezavých sraženin a povlaků hydratovaných oxidů železa. Železo je v minerálních vodách nežádoucí příměsí. Vylučování hydratovaných oxidů působí potíže ve veškerém lázeňském provozu. Vlastnosti železnatých vod závisí na převládajícím aniontu.

Hostašovice (u Valašského Meziříčí) :

prameny železnaté a sirovodíkové minerální vody se nacházejí cca 4 m od sebe.



# ARZÉNOVÉ VODY

Arsen se v přírodě vyskytuje zejména ve formě sulfidů – arsenopyritu  $\text{FeAsS}$ , realgaru  $\text{As}_4\text{S}_4$ , auripigmentu  $\text{As}_2\text{S}_3$ . V malém množství doprovází téměř všechny sulfidické rudy a je častou součástí různých hornin a půd, jejichž zvětráváním se dostává do podzemních a povrchových vod.

Protože arsen je v malých množstvích značně rozšířen, je běžnou součástí podzemních i povrchových vod. Jde obvykle o koncentrace v jednotkách až desítkách  $\mu\text{g.l}^{-1}$ . Za přirozené pozadí v podzemních vodách se považuje koncentrace asi  $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Minerální vody karlovarských pramenů obsahují průměrně asi  $150 \mu\text{g.l}^{-1}$  arsenu, minerální voda IDA – koncentrace kolem  $740 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Pramen Glauber III ve Fr. Lázních obsahuje asi  $800 \mu\text{g.l}^{-1}$  arsenu.

### *Mikulov u Hrobu*

Na jižním konci Mikulova z. od silnice do Hrobu byl ještě v r.1964 možný vstup do štoly, kde poblíž vchodu byla jímka do níž přitékala ze zadní části štoly arzenová voda. Štola nebyla udržována a postupem doby portál zchátral natolik, že štola byla od r.1961 do konce 90.let 20.stol. nepřístupná.Voda se kumuluje v důlních prostorech ražených ve kře krušnohorské červené ruly západně od tělesa křemenného ryolitu. Červené ruly jsou muskovitické až dvojslídne ortoruly, zčásti migmatitické. Polohy bohatší biotitem, jimiž pronikají hydrotermální rudní žíly, mají někdy okatou texturu. U Mikulova byl těžen žilný arsenopyrit, Původní erární doly byly opuštěny kolem r.1848, ale soukromníci v nich občas těžili až do konce 19.stol.

K využívání vody zřejmě nikdy nedošlo, ačkoli obsah arsenu byl opravdu jedinečný.