

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Hospodaření s přírodními zdroji



Martina Hanušová

Přirozené vývěry podzemních vod

Natural groundwater seeps

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: RnDr.,PhD. Josef V. Datel

Praha 2011

Voda je nejměkčí a nejslabší bytí na světě, v překonávání tvrdého a silného je však neporazitelná a není jí na světě rovno. Voda je dobro; přináší užitek všem a nesoupeří. Přebývá na nejnižších místech, jimiž všichni pohrdají.

Lao-c'

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své Bakalářská práce RnDr. PhD. Panu Josefu V. Datlovi za pomoc a cenné rady při zpracovávání tématu. Dále bych ráda poděkovala Státnímu okresnímu archivu v Mělníku za poskytnuté studijní materiály.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 22.srpen 2011

Podpis:

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. PRAMEN	2
3. TYPOLOGIE PRAMENŮ	6
4. ARTÉZSKÝ PRAMEN	10
5. PRAMENY KRASOVÝCH OBLASTÍ	13
6. TERMÁLNÍ PRAMENY	18
6.1. Termální prameny ČR	21
6.2. Gejzíry	24
7. VYDATNOST PRAMENU	27
8. MĚLNICKO	28
8.1. Mělnická Vrutice	29
9. ZÁVĚR	31
10. SEZNAM PŘÍLOH	32
11. POUŽITÁ LITERATURA	33

1. ÚVOD

Po dokončení studia na gymnáziu Jana Palacha v Mělníku přede mnou stála otázka, co dál. Jasně byly moje představy o vysoké škole. Univerzita Karlova v Praze pro mne byla lákadlem již na základní škole. Zprvu jsem pomýšlela na filosofickou fakultu, ale později během studia na gymnáziu jsem zjišťovala, že studium historie, které bylo mým velkým přáním, nebude stoprocentně to pravé. Postupem času jsem dospěla k názoru, že přírodovědný obor bude splňovat představu o mém budoucím studiu. Ale jaký si vybrat obor? Při průzkumu internetových stránek přírodovědecké fakulty jsem narazila na obor Hospodaření s přírodními zdroji. Tento obor se mi zdá v dnešní době, která je fakticky závislá na těžbě ropy a uhlí, naprosto klíčový. Během tří let studia jsem se dostala k dalšímu rozhodování. Vybrat si specializaci pro magisterské studium už ale pro mne bylo daleko jednodušší. Moje jasná volba Hydrogeologie se promítá i do tématu mé bakalářské práce „Přirozené vývěry podzemních vod“. Společně s vedoucím mé práce jsme se shodli na názoru, že toto téma by bylo vhodné nějakým způsobem rozšířit a zpracovat pro tuto problematiku pomocí rešerše dosud vydaných publikací. Celá práce vznikala za podpory vedoucího této práce pana Rndr.PhD. Josefa V. Datla. Ráda bych, abych tato práce zároveň sloužila jako poděkování, za nadšení, které ve mně vzbudil právě tento pedagog, bez něž by se ve mně neprobudil takový zájem o hydrogeologii a dalším vědám s ní spojené.

Osnova této práce funguje jako pilíř, ne který navazuje postupně jedna kapitola za druhou. Základním pilířem jsou informace o pramenu jako takovém. Na to pak navazují kapitoly o typologiích pramenů, jejich vzniků a způsobů vývěrů na povrch. Jako další část pak navazuje kapitola o pramenech v krasových oblastech, které je nutno zařadit do celé bakalářské práce. Poté se dostávám k termálním pramenům, jejich obecné charakteristice a uvádím některé příklady v České republice. Do kapitoly Termální prameny patří také podkapitola gejzíry, které sice v České republice nenajdeme, ale v problematice termálních pramenů je nesmím opomenout. Protože je nutné uvést i jisté charakterizující vlastnosti pramenů, zavádím tedy kapitulu o vydatnosti pramenu a způsobů měření vydatnosti. Poslední „větvi“ této práce je kapitola o oblasti, ve které žiji, a která je známá svými vývěry podzemních vod a to je Mělník a jeho okolí. Zvláště pak obec Mělnická Vrutice. Práce je ukončena závěrem.

2. PRAMEN

Pramen je soustředěný přirozený vývěr podzemní vody na zemský povrch. Pramen vody vzniká tam, když svah, dno údolí nebo jinou strukturu protíná proudění podzemních vod. Vychází-li propustná vrstva na povrch, představuje zdrojovou oblast, kudy voda vsakuje do horninového prostředí. Tlak vody ve vrstvě stoupá nad tlak atmosférický. Je-li vrstva otevřena vrtem nebo přirozenou poruchovou zónou, voda vystupuje do výšky dané potenciometrickou¹ (piezometrickou) úrovní (níže než je ve zdrojové oblasti) vlivem ztráty části energie při tření. Piezometrická úroveň spojuje hladinu vody ve všech spojených studních. Přirozené vývěry podzemní vody na zemský povrch označujeme jako prameny. Může také vznikat tam, kde pod místní strukturou leží materiál nasycený vodou. Pramen je výsledkem zvodně nasycené vodou. Velikost pramene se pohybuje od jen velmi malých průsaků, přes ty, které se tvoří jen po deštích až po velké „bazény“, které produkují až několik milionů litrů vody denně. Z celkového odvodnění území jen velmi malá část připadá na prameny. Dle současných výzkumů se prameny nemusejí vyskytovat jen na zemském povrchu. Nedávno vědci objevili termální prameny v hloubce až 2,5 km v oceánech. Tyto prameny obvykle leží na hřebenech oceánské kůry, kde nová oceánská kůra vzniká. Teplé vody z těchto pramenů jsou velmi bohaté na minerální látky, což má za následek na prosto unikátní ekosystémy. (upraveno podle Kössela, 1999)

Za příznivých hydrogeologických podmínek se od pramene vytvoří vodní tok, který odvádí vyvěrající vodu dále do vodní sítě. V České republice tento fakt můžeme demonstrovat na příkladu našich dvou největších řek Vltavy a Labe. Pramen Labe leží v Krkonoších na místě zvaném příznačně Labská louka (Obrázek 1. <http://www.etc-sport.cz/cz/etc-sport-letu/tipy-na-vylety/pramen-labe>). Pramen Vltavy se nachází v pohraniční oblasti na Šumavě (Obrázek 2. <http://www.upily.cz/foto/pramen-vltavy/>). Vltava zde pramení jako Černý potok. V České republice funguje tzv. Pozorovací síť pramenů. U pozorovaných pramenů se provádí měření pH, teploty vody a vydatnosti. (www.chmi.cz)

Prameny mohou vznikat v jakémkoli druhu horniny. Největší prameny na Zemi se tvoří ve vápenci a v dolomitu ve státě Missouri v krasu Ozarks (Obrázek 3. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Ozark_springs). Dolomit i vápenec jsou poměrně snadno rozpustné ve vodě. Tvoří se kyselina uhličitá, která prosakuje do trhlin a zlomů, které svým

¹ Piezometrický – tlak podzemní vody určité zvodně je roven tlaku atmosférickému

působením značně rozšiřuje. Tak vznikají ty největší prameny na Zemi, které produkují ohromné množství vody.

Množství vody, které vytéká z pramenů, závisí na mnoha faktorech a je velice proměnlivé. Je závislé na velikosti trhlin a puklin v hornině. Dále zde hraje roli tlak vody v kolektoru. Pokud je tlak vody větší, úměrně stoupá i množství vody, které z pramene vytéká. Dalším důležitým faktorem je množství srážek a následná infiltrace vody. V dnešní době je důležitým faktorem také lidská činnost, která dnes hraje velkou roli. Čerpání vody z kolektoru pomocí vrtů může směřovat k poklesu tlaku v kolektoru a tím ke snížení množství vody přirozeně vytékající na zemský povrch. (upraveno podle Kresica, 2008)

Voda vytékající z pramene je většinou pozoruhodně čistá a průzračná. Je to dáno prostředím, ve kterém se voda pohybuje a kterým při své cestě podzemím prochází. Jsou však doloženy případy, kdy voda z pramene měla „čajovou barvu“. Tento jev můžeme dokázat na příkladu pramene v jihozápadním Coloradu. Jeho načervenalé zabarvení je důsledkem kontaktu vody s přirozeně se vyskytujícími minerálními látkami obsaženými v hornině, jako důsledek sopečné činnosti v této oblasti. (upraveno podle Mays, 2001)



Obr. 1 Pramen Labe



Obr. 2 Pramen Vltavy



Obr. 3 Prameny Ozarsk ve státě Missouri v USA

3. TYPOLOGIE PRAMENŮ

Přírozené vývěry podzemních vod dělíme na několik typů. Jejich typologie se odvíjí od podmínek, za jakých přírozeně vytékají na zemský povrch. Nejčastější dělení je podle způsobu vývěru na zemský povrch.

Nejobvyklejším a zároveň nejčastějším typem pramenu je pramen sestupný. Vzniká tam, kde voda vyvěrá na povrch volně bez účinku tlaku. Nejčastěji můžeme tento typ pramenu sledovat na výchozu nepropustných, nebo relativně málo propustných vrstev. Jednoduše řečeno, voda tohoto typu pramenu stéká po nepropustné vrstvě, dokud nepronikne na povrch. Jednoduše můžeme tento typ pramenu označit také jako vrstevný. Pokud na výchozu nepropustné vrstvy vyvěrá na povrch více pramenů, označuje tento jev jako pramenní linie. Dalším druhem pramenu, který můžeme zařadit do typů pramenů vrstevných je pramen suťový (Obrázek 4. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Voda těchto pramenů protéká pod sutí, většinou na úpatí pohoří a masivu, a na konci suťoviště samotného vyvěrá na povrch. Tento typ pramene už není tak častý. Jeho výskyt se váže jen na suťoviště. Posledním typem pramenu ze skupiny sestupných pramenů je pramen vrstevně-suťový. Je to kombinace dvou předchozích typů. Voda nejdříve stéká po nepropustné vrstvě a až poté přetéká do suťoviště odkud poté vyvěrá na povrch. (upraveno podle Sanders, 1998, Fetter, 2001)

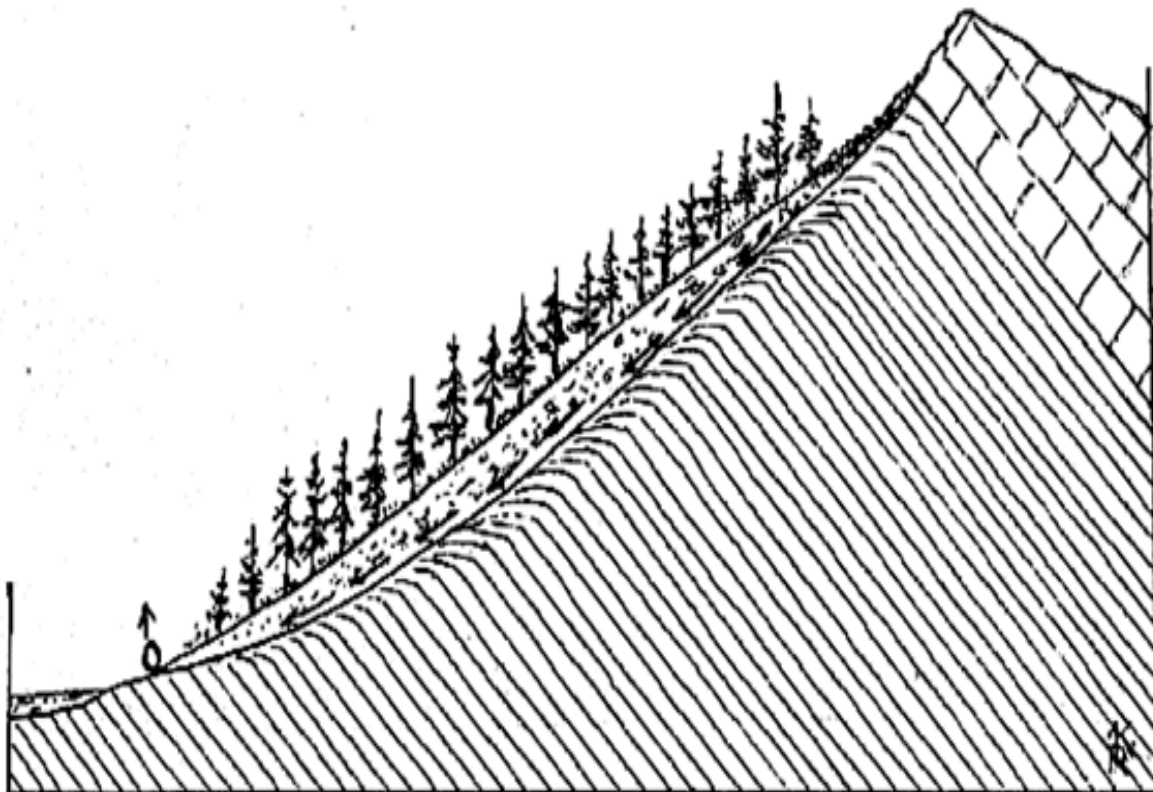
Sestupné prameny se mohou velmi často vyskytovat i na tzv. tektonických zlomech². Tehdy se může jednat o druhý základní typ pramenu: pramen výstupný. Výstupný pramen vystupuje pod tlakem zvodně vzhůru podél nepropustné vrstvy. U těchto pramenů je nejnižší bod vodního sloupce pod úrovní pramene. Podtype tohoto pramenu je typ výstupný vrstevní (Obrázek 5. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Tento pramen vypadá tak, že voda stéká pod povrchem na nepropustné vrstvě, která se stáčí směrem nahoru. Názorněji tento typ pramenu budu demonstrovat na obrázku. Druhým podtypem výstupných pramenů je pramen zlomový (Obrázek 6. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Voda těchto pramenů vytéká systémem zlomů, puklin a prasklin v nepropustných vrstvách. Posledním, základním a třetím typem pramenu je pramen přelivný (Obrázek 7. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Vzniká všude tam, kde podzemní voda vzdouvá polohu nepropustných vrstev a přelévá se na zemský povrch. Zjednodušeně by se to dalo vysvětlit tak, že se voda hromadí v podzemním

² tektonický zlom je geologická porucha v litosférické desce, která může dosahovat od několika milimetrů až po tisíce kilometrů. Odborně je definován jako fraktura, podél které dochází k pozorovatelnému přemístění okolních částí

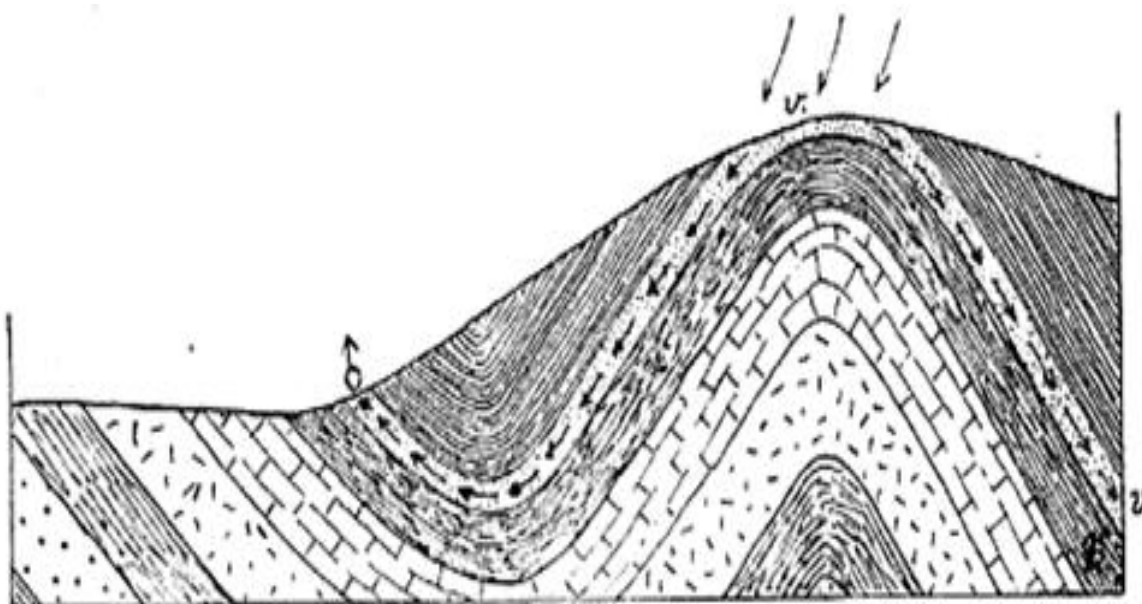
rezervoáru nebo zásobě, přes jejíž okraj volně vytéká na povrch. Názorněji si to předvedeme opět na ilustraci. (upraveno podle Kříž, 1988, Linsley, 1979)

Další dělení pramenů je podle teploty na počátku vývěru. Prvním základním typem dělení pramenu podle teploty jsou prameny studené. Jejich průměrná teplota nepřesahuje 20⁰C. Většina pramenů České republiky jsou právě tyto studené prameny. Druhým základním typem dělení pramenu podle teploty jsou prameny teplé, které se dále dělí. Jejich průměrná teplota přesahuje 20⁰C. Prameny teplé se dále dělí na prameny vlažné, teplé nebo teplice a prameny horké neboli vřídla. Vlažné prameny označuje jako hypotermální a jejich průměrná teplota se pohybuje do 37⁰C. Prameny teplé neboli teplice označujeme jako prameny termální a jejich teplota nepřesahuje 50⁰C. Nakonec prameny horké neboli vřídla, které se v České republice uplatňují především v lázeňství. Nazýváme je termy a jejich teplota je vyšší než 50⁰C. O těchto pramenech se budeme podrobněji hovořit v kapitole Termální prameny a Termální prameny ČR. (upraveno podle Myslík, 1999)

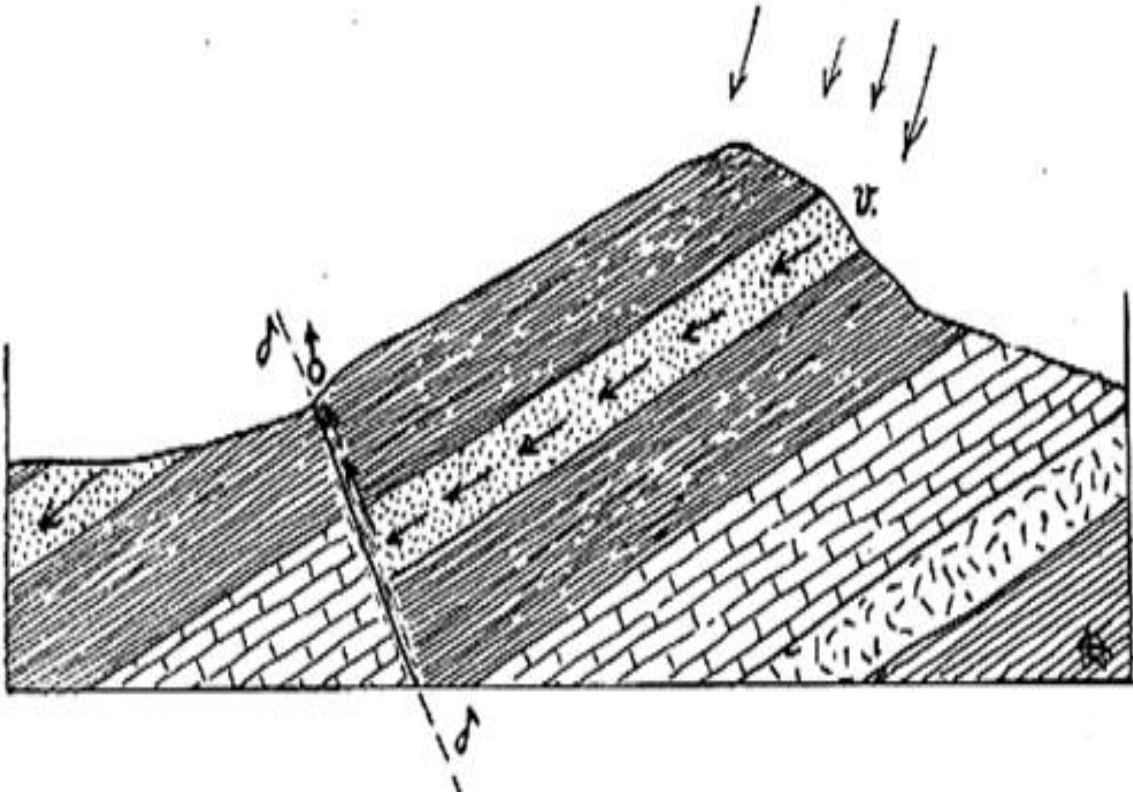
Posledním dělením pramenů je dělení podle trvalosti pramene. Prameny, které vytékají na povrch stále, bez větších výkyvů označuje jako prameny permanentní neboli trvalé. Těchto pramenů ale není mnoho. Je to z důvodů výkyvů výšky hladiny podzemní vody a z důvodů toho, že vody není pořád stejně. V průběhu roku se střídáním ročních období vody ubývá nebo přibývá. A s tím i trvalost pramenů. Dalším typem pramenů jsou prameny intermitentní neboli občasně. Ty se objevují a mizí v závislosti na stavu podzemní vody. Posledním typem jsou prameny periodické. Jsou to prameny s pravidelnými změnami, které souvisejí s chemizmem nebo s fyzikálními vlastnostmi vody. Tyto změny ale nejsou klimatického charakteru. To znamená, že do těchto změn nezasahují klimatičtí činitelé. Artézským pramenům, které se vyčleňují samostatně, se budu věnovat zvlášť v další kapitole. (upraveno podle Kříž 1988)



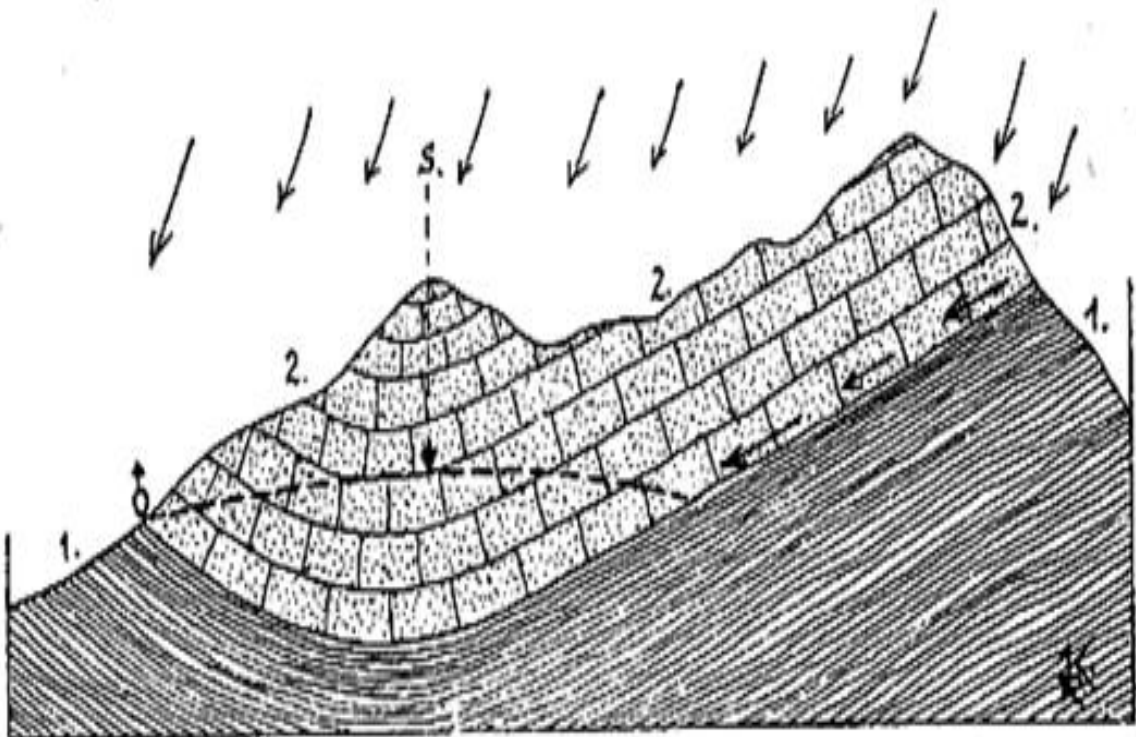
Obr.4 Sušový pramen



Obr.5.Pramen výstupný vrstevný



Obr.6 Pramen zlomový



Obr.7 Pramen přelivný

4. ARTÉZSKÝ PRAMEN

Než se dostanu k samotnému pojmu artézský pramen, bylo by vhodné vysvětlit, co to vlastně znamená termín artézský nebo artézská voda. Artézská voda je voda zachycená v tzv. artézských pánvích, kde je shora i zdola velmi nepropustná vrstva. Voda je tam tedy nahromaděná pod tlakem. Můžeme tedy říci, že artézská voda je voda s napjatou hladinou. Slovo artézská pochází z názvu francouzské oblasti Artois, kde ve 12. století místní kartuziánští mniši vybudovali mnoho studní, které nazýváme studně artézské. Nejstarší záznamy o těchto studních pocházejí s území Egypta a ze Sýrie. Vznik artézské vody je nejčastěji vázán na propustnou vrstvu mezi dvěma synklinálními³ izolátory. Artézský pramen (Obrázek 8. <http://elearning.cir.cz/1545222/podzemni-voda.html>) při proražení na povrch vytéká samovolně pod litostatickým tlakem podloží. Někdy se stane, že vývěr artézské vody může mít za následek tak velký pokles tlaku, že pramen nebo vývěr samovolně zanikne, protože tlak se uvolní a voda již samovolně nemusí vytékat vůbec. Artézská pánev je pak území, kde je piezometrická hladina vody výše než terén.

Největší a nejznámější artézskou pánví na světě je Velká artézská pánev v Austrálii (Obrázek 9. <http://leccos.com/index.php/clanky/australie-2>). Je to jediný zdroj sladké vody v celé Austrálii. Velká artézská pánev (Obrázek 10.) je největší a nejhlubší pánví tohoto typu na světě. Zabírá plochu celkem asi 1,7 mil. Km². Teploty zde naměřené se pohybují okolo 30-100 °C (www.wikipedia.org). Velká artézská pánev celkem zaujímá asi 23% plochy celé Austrálie. Největší naměřené hloubky pánve se pohybují řádově asi kolem 3000 m (www.wikipedia.org). Podle odhadů pánve zachytává asi 64900 km³ vody (www.wikipedia.org). Voda v pánvi byla zachycována v průběhu triasu, jury i rané křídy. V této době bylo území Austrálie pod mořskou hladinou. Vzniklé pískovcové sedimenty pak dali vzniknout této artézské pánvi. Většina vody přitéká do této pánve z relativně zvýšeného východního okraje pánve. Poté velmi pozvolna teče směrem k jihu a na západ. Vzhledem k propustnosti místních pískovců voda teče rychlostí jednoho až pěti metrů za rok. Většina vody odtéká prameny především v jižní části pánve. Stáří podzemních vod se určuje pomocí metody 14-C⁴ v kombinaci s hydraulickými modely. Řádově se staří datuje na několik tisíc let v severní části pánve až po 2 miliony let v jihozápadní části pánevní struktury. Voda v této části Austrálie se pokládá téměř jako nerostné a tudíž velmi ceněné bohatství.

³ synklinála ohyb horninových vrstev nebo souboru hornin do korytovitého prohnutí

⁴ 14 C Radiokarbonová metoda datování (též uhlíková nebo radiouhlíková metoda) je chemicko fyzikální metoda určená pro zjištění stáří biologického materiálu. Je založena na výpočtu z poklesu počtu atomů radioaktivního izotopu uhlíku ¹⁴C v původně živých objektech.



Obr.8 Pramen artézský



Obr.9 Vyznačení Velké artézské pánve



Obr.10 Geografická mapa Austrálie s označením Velké artéské pánve

5. PRAMENY KRASOVÝCH OBLASTÍ

Na začátku této kapitoly by bylo vhodné připomenout, co to kras vlastně je. Jako kras označujeme soubor jevů a tvarů s tím souvisejících, které vznikají činností podzemní i povrchové vody v krajině, jejíž podloží tvoří rozpustné horniny. Tyto horniny mohou být vápence, dolomity, sádrovce nebo hality. Voda, která se vsakuje z povrchu do podzemí, rozšiřuje původní puklinové systémy až na systémy dlouhých jeskynních komplexů. Přítomnost krasu lze i přes vegetaci na povrchu velmi dobře rozpoznat. Hlavním vodítkem pro zjišťování krasu v krajině je voda. Jsou to malé vodní toky a potoky, které se nenadále ztrácejí kdesi v podzemí. Voda rozpouští horninu ve svém okolí a vznikají tzv. závrtý (Obrázek 11. <http://cestovani.idnes.cz/>). Závrt je jedním z nejtypičtějších krasových útvarů a zároveň slouží jako důkaz činnosti vody v krasové oblasti. Závrt je deprese neboli sníženina mísovitého tvaru. Místu kde se voda dostává do podzemí, chceme-li do podloží, nazýváme jako ponor (Obrázek 12. <http://www.geocaching.com>). Slovo ponor překvapivě nepochází z českého jazyka, ale ze srbštiny. V místě ponoru se povrchový vodní tok stává tokem podpovrchovým nebo podzemním, který nazýváme punkva. Nejznámější českou punkvou je ta v Moravském krasu. Místo, kde voda z podzemí náhle vytéká jako pramen, označujeme jako vyvěračka (Obrázek 13. <http://vavrik.blog.cz/0608/polske-tatry-aj-den-druhy>).

Pro úplnost zde uvedu některé krasové prameny Českého krasu. Prvním z nich je pramen Šanův kout. Tento pramen leží na katastrálním území obce Hostín. Je to krasový pramen s mírnou depozicí pěnovce. Jeho vydatnost se pohybuje okolo $0,3-0,5 \text{ l.s}^{-1}$. Tento pramen má v průběhu roku poměrně ustálenou vydatnost. Dalším příkladem pramenů Českého krasu jsou Prameny pod Černidly. Nachází se na katastrálním území obce Loděnice. Je to skupina pramenů nacházejících se v rokli pod Černidly. Jednotlivé prameny jsou situovány v blízkosti hranice vápenců ve vulkanické facii siluru. Dohromady je zachyceno a využíváno asi pět objektů, jejichž celková vydatnost činí asi $1-2 \text{ l.s}^{-1}$. V jarním období mají tyto prameny relativně nízkou teplotu. Je to od $6,5-7,5^{\circ}\text{C}$. Tato teplota indikuje mělký a rychlý oběh podzemní vody. Zajímavostí je zde tvorba pěnovců, a to v celém území rokly. Posledním a největším pramenem této oblasti, o kterém bych se ráda zmínila, je Svatojanský krasový pramen. Tento pramen leží na katastrálním území obce Svatý Jan pod Skalou (Obrázek 14. <http://photo.czechtourism.com/index.php?m=photo&a=detail&id=4088>). Je to největší pramen Českého krasu. Vyvěrá při dně místní erozní báze na křížení příčné tektoniky se směrnou na pozemku, kde dříve stála místní textilní továrna. Poté zde stála stáčírna minerální vody. Je to nesoustředěný pramenní vývěr, který je rozdělený na hlavní pramen Ivanka a

menší pramen Ivan, který vyvěrá přímo v objektu místního kostela (Obrázek 15. <http://kareldrabek.blog.idnes.cz/c/32978/Kde-vznikaji-zkameneliny.html>). Další pramen vyvěrá v kotelně kláštera, kde je dnes Vyšší pedagogická škola. Další části odtékají systémy podzemních chodeb pod bývalými objekty textilní továrny a poté ústí do potoka Kačák. V místech vývěru krasových vod se nalézají mohutná, dnes částečně erodovaná a vytěžená kaskáda pěnoveců. Teplota hlavních pramenů Ivanka a Ivan se pohybuje okolo 11,5°C. Celková vydatnost je 15-30 l.s⁻¹. Vzhledem k tomu, že pramen ústí přímo do hlavního toku Kačáku, dnes už se tam karbonáty nesrážejí. (upraveno podle Kadlecová, Žák 1998)



Obr.11 Závrt



Obr.12 Ponor



Obr.13 Vyvěračka



Obr.14 Svatý Jan pod Skalou



Obr.15 Pěnovcová jeskyňe ve Svatém Janu pod Skalou

6. TERMÁLNÍ PRAMENY

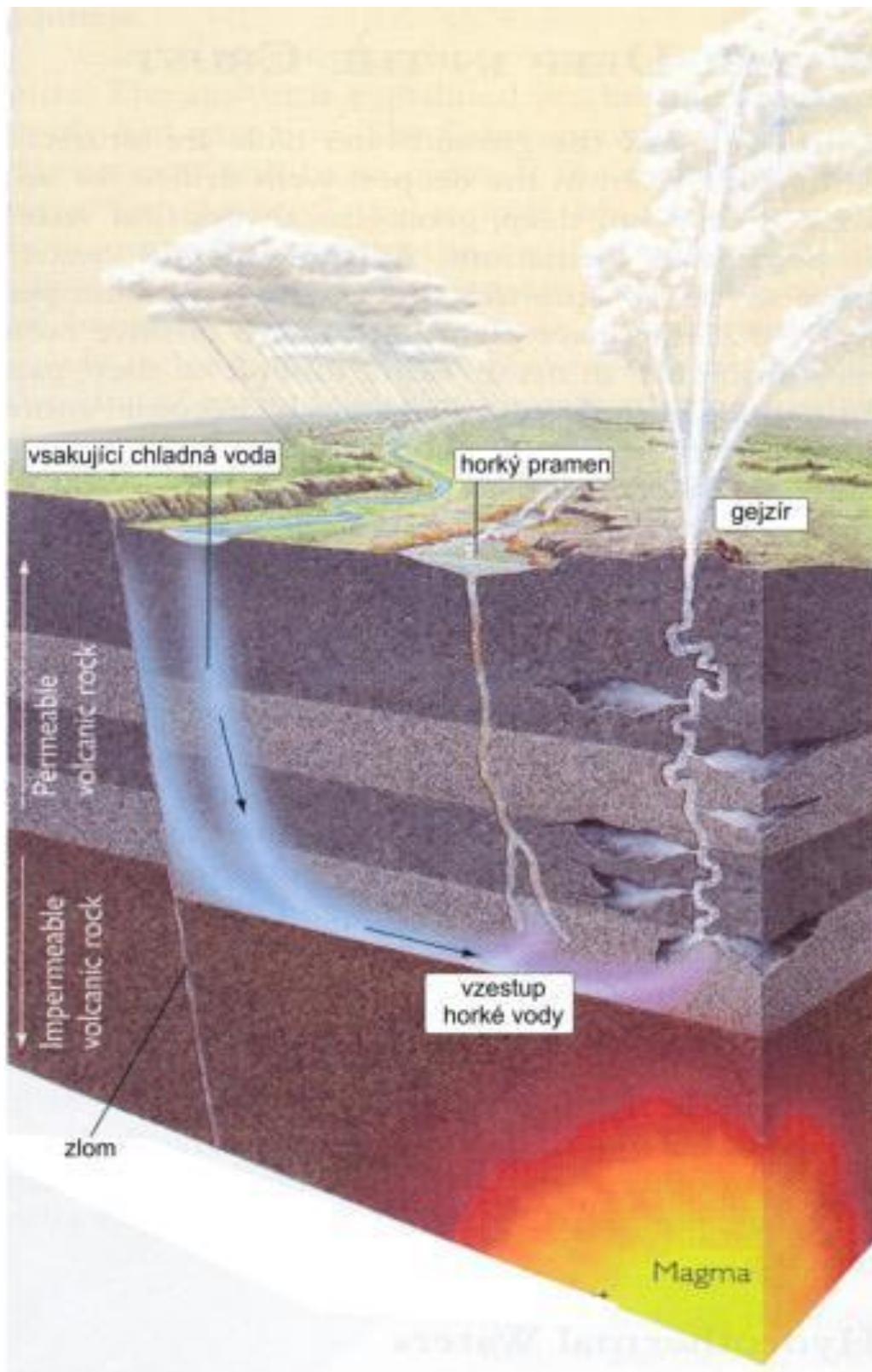
Termální nebo horký pramen je takový druh pramene, ze kterého vystupuje ohřátá voda často obohacená o minerální složky. Teplota takového pramene ale nedosahuje takové velikosti, aby umožnila přeměnu vody na páru, a nedochází ke vzniku gejzíru. Voda tedy jen volně protéká na povrch. Voda proniká puklinami v zemské kůře hlouběji k jádru, kde se vlivem tektonických poruch dostává do blízkého kontaktu s horkým magmatem, o který se ohřeje, a poté stoupá zpět na zemský povrch (Obrázek 16. <http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-hydrosfera.htm>).

Pro Horké prameny neexistuje dosud žádná přesná definice, proto je můžeme chápat různě. Výklady jsou různé. Například že Horký pramen je pramen, jehož teplota je vyšší než teplota okolních pramenů, což je ta nejprimitivnější „definice“.

Zdroje tepla pro Termální prameny jsou různé. Voda z vycházejícího pramene je ohřívána geotermálním teplem, tzn. teplem z nitra Země. Je obecně známo, že teplota hornin stoupá s hloubkou. Tempo zvyšování teploty s hloubkou označujeme jako geotermální gradient. Obecně z toho můžeme vyvodit, že čím hlouběji se voda dostane, tím vyšší teploty tam nebude. Dalším způsobem ohřívání vody pro Termální prameny jsou vulkanické oblasti. Toto je založeno na stejném principu, ale voda se nemusí dostávat do tak velkých hloubek, aby se ohřála na teplotu, se kterou vyvěrá na zemský povrch. Teplota termálních vod odpovídá hloubce oběhu vody. V místě, kde se setkává zvýšený tepelný tok z nitra Země se sestupným proudem vsáknuté vody, dochází k jejímu zahřívání. Dle znalosti hodnoty tepelného toku můžeme propočítat to, jaké množství vody může být zahřáto a případně i na jakou teplotu. Často se však stává, že silně ohřátá voda může být na své cestě vzhůru opět ochlazená množstvím studené vody, na kterou narazí. Pokud nastane případ, že termální voda je zachycena uměle, tzn. nějakým vrtem, vystoupá na povrch bez dalších velkých výkyvů teplot. Výstupy termálních vod na zemský povrch jsou vázány na různé geologické struktury. Ve střední Evropě jsou to zejména mladá vulkanická pohoří a riftové struktury. V České republice můžeme jako příklad uvést Podkrušnohoří. Nejčastější výskyty termálních vod byly nalezeny a ověřeny vrtnými pracemi zejména v sedimentárních strukturách a v mělkých terciérních pánvích. (upraveno podle Pokorná, Zábranská, 2008)

V případě termálních vod často používáme pojem juvenilní voda⁵. Nastává tedy otázka, jaký podíl juvenilních vod je v termálních vodách. Pokud budeme chápat juvenilní vodu striktně jako vodu, která poprvé spatřila zemský povrch, odpověď je jasná. Podíl této vody v termálních pramenech je potom velmi nízký až mizivý. Ve Střední Evropě není možné hovořit o vysokém podílu juvenilních vod v termálních vodách (Voda, Země, Život, 1999). Jen některé složky této vody můžeme označit jako juvenilní.

⁵ Juvenilní voda – voda vystupující z nitra Země



Obr.16 Schéma vzniku horkých pramenů

6.1. Termální prameny ČR (upraveno podle Kazda, 1983)

Česká republika má to štěstí, že na jejím území se nachází mnoho míst, kde na povrch vyvěrají termální prameny, a navíc s tou výhodou, že jsou většinou obohacené o nějakou léčivou složku. V této kapitole se dotkneme těch nejvýznamnějších termálních pramenů v České republice, protože jich je velmi mnoho a samostatně by jistě vystačili na zvláštní práci.

Na prvním místě musím zmínit Karlovy Vary. Karlovarské termální prameny jsou klasické termy přesycené oxidem uhličitým. Jejich vydatnost se pohybuje průměrně okolo 30 l/s. Dělíme je na 2 skupiny – Malé prameny a skupina Vřídla (Obrázek 17. <http://www.karlovy-vary-mesto-lazne-a-historie.websnadno.cz/?framebreaker>). Chemismus těchto vod je velmi rozmanitý. Je to minerální voda s obsahem Na-HCO₃ SO₄ Cl, která je navíc sycena CO₂. Teplota Vřídla je 73 °C, malé prameny se pohybují v rozmezí 30 – 56 °C. Prameny vyvěrají v údolí říčky Teplá přibližně ve výšce 386 m.n.m. Skupina Vřídla, jímaná dnes 4 vrty se do hloubky pohybuje v rozmezí 44-88 m na puklinách v krušnohorské žule, malé prameny jímané mělkými vrty 7 – 20 m. Tyto prameny jsou používány hlavně jako pitné léčebné kúry, vanové koupele, rašelinné a parafinové zábaly a dnes také jako vytápění kolonády tepelnými čerpadly a výměníky. Karlovarské vody jsou doporučovány především při nemocech trávicího traktu a látkové výměny, případně v pooperačních stavech. Karlovarské minerální vody mají několik specifických rysů, které není možné opomenout. Vystupují na křižovatce několika hlubinných zlomů. Tyto zlomy jsou pokračováním oháreckého zlomu a dále pak navazují karlovarské zřídelní linie. Teplota karlovarských pramenů je nejvyšší v místech hlavního výstupu vřídelních pramenů s nejvyšší vydatností. Karlovarské prameny vystupují při jižním okraji podkrušnohorského riftu tj. hlubinné struktury příkopové propadliny.

Jako další naprosto odlišný typ termálních vod uvádím Jáchymov. Zmiňuji se zde o něm, protože má naprosto odlišné parametry než Karlovy Vary. Je to radioaktivní prostá teplice s velmi nízkou mineralizací ale s vysokou hodnotou radioaktivity (až 6,5 Bq⁶). Tato radioaktivní teplice⁷ se zachycuje na 12. patře dole Svornost (Obrázek 18. <http://mineralogy.mypage.cz/>), v hloubce asi 600 metrů pod místním povrchem. A pak odtud se minerální a radioaktivní voda přečerpává dále do lázní. Tyto prameny mají celkem úzký

⁶ Bq – jednotka radioaktivity

⁷ teplice podzemní voda, která má zvýšenou teplotu, ale svým složením a jinými vlastnostmi nesplňuje kritéria přijatá pro zařazení k minerálním vodám.

okruh použití. Jsou to hlavně radonové koupele, které mají blahodárny vliv na poruchy pohybového ústrojí, oběhového ústrojí a nemocí nervové soustavy a v neposlední řadě revmatismus. Prostá radioaktivní terma leží v nejzápadnější části podkrušnohorské oblasti. Leží v depresi krušnohorské elevace⁸ mezi karlovarským žulovým masivem a ortorulovou klenbou. Teplice se tvoří ve variském žulovém masivu oběhem v soustavě otevřených žulových puklin. Svou radioaktivitu získává teplice z radioaktivních minerálů v pegmatitických a leukokrátických facii žilných výplní puklin.

Posledními zmíněnými termálními prameny v této bakalářské práci budou Teplice (v Čechách). Jde o prostou radioaktivní teplici Horský pramen alkalického charakteru a Pravřídlo a Kamenolázeňský pramen, který je prostou akrototermou⁹. Radioaktivita má v této oblasti značné výkyvy. Teplota se pohybuje okolo 42 °C. Původně se v této oblasti nacházelo 14 pramenů, ale v důsledku dolování uhlí zůstalo na teplické linii jen Pravřídlo, které bylo doplněno jen o pár vrtů. Zřidelní struktura teplických pramenů je úzce spjatá s teplickým porfyrem, který je výlevem variského vulkanismu. Těleso porfyru k nám zasahuje ze Saska a je narušeno podkrušnohorským zlomem, kde je částečně překryto staršími sedimentárními pokryvy. Mladší terciérní sedimenty s uhelnými slojemi tvoří nepropustné polohy pro koloběh termálních vod. Využití těchto vod je také jen velmi omezené. Používají se hlavně pro léčbu revmatismu a následky zlomenin a poranění kloubů a svalstva.

⁸ Elevace – pohyb vzhůru (výzdvih Krušných hor)

⁹ Akrototerma – prostá teplice; podzemní voda, která má zvýšenou teplotu, ale svým složením a jinými vlastnostmi nesplňuje kritéria přijatá pro zařazení k minerálním vodám



Obr.17 Vřídlo v Karlových Varech



Obr.18 Důl Svornost v Jáchymově

6.2. Gejzíry

Gejzír je pramen, který je charakterizován nepravidelným únikem vody vyvrhovaném turbulentně do okolí a doprovázeným vodní párou. Jeho název pochází z Islandu a je odvozen ze slova geysa, což znamená proudit. Ke vzniku gejzíru může dojít jen k několika místům na Zemi, pouze tam kde panují specifické geologické podmínky a hydrogeologické podmínky. Jde tedy o poměrně vzácný jev. Gejzíry jsou spjaté s vulkanicky aktivními oblastmi. Voda se dostává pomocí trhlin a prasklin do hloubek okolo 2000 metrů se přichází do kontaktu s horkými horninami. Tento kontakt vede k přehřívání. Tento proces způsobí, že přehřátá voda stoupá trhlinami k povrchu, kde je vytlačena spolu s párou a dochází ke vzniku gejzíru (Obrázek 19. <http://kurz.geologie.sci.muni.cz/kapitola4.htm>). Tyto vodní erupce mohou dosahovat různých výšek. Ten největší aktivní gejzír je Steamboat Geysir, jehož výška dosahuje až k 90 metrům (www.wikipedia.org). U gejzírů můžeme často pozorovat rytmické střídání výtrysků vody na zemský povrch. Erupce vody nastane tehdy, když dojde k potřebné akumulaci vody a páry v podzemních rezervoárech a nastane přehřátí.

Voda tryskající z gejzíru je velmi často obohacena o různé minerální látky a příměsi. Je to dáno složením okolních hornin, které obohacují vodu o minerální látky, které sami obsahují. Po vodních erupcích mají tyto minerální látky tendenci se srážet. Z nich poté vznikají křemičité nebo vápenaté sedimenty v okolí gejzírů. Těmto usazeninám říkáme sintry¹⁰ (Obrázek 20. <http://www.vlasta.org/cz/cestovani/usa/np/yellowstone-2.htm>). Tyto sraženiny se hromadí okolo místa, kde voda tryská na povrch a mohou svým rozšiřováním gejzír utlumit nebo zcela zamezit průtoku vody. Tento případ nastává spíše jen u malých gejzírů, kde není tlak vody a páry tak vysoký. Životnost gejzíru také může ovlivnit geologie okolního prostředí, seizmická činnost nebo také činnost člověka. Životnost gejzíru je různá. Protože jejich výskyt je obecně spjatý s vulkanickou činností, náhlá vulkanická činnost může gejzír zvětšit nebo naopak zničit. Gejzír může zaniknout i zásahem člověka. Například stavba elektrárny (geotermální) v blízkosti gejzíru může jeho činnost oslabit nebo dokonce úplně zastavit. (upraveno podle Kresic, 2008)

Erupce gejzíru má specifický průběh. Nahromaděný plyn v rezervoáru se přehřívá na určitou teplotu. Pokud dojde k překročení limitní teploty, plyn stoupá nahoru a žene před sebou vodu, která se sem dostává z trhlin a prasklin z okolního prostředí. Tato erupce bude pokračovat tak dlouho, dokud se z rezervoáru nevyprázdní veškerá voda.

¹⁰ sintr je silně porézní bělavá hornina chemogenního původu, která vzniká vysrážením uhličitanu vápenatého z roztoků obsahujících rozpuštěný vápenec

Gejzíry mají často své specifické barvy, které způsobují organizmy, nebo minerály, které se ve vodě nacházejí. Okolí gejzírů jsou teplé oblasti vhodné pro termofilní prokaryotické¹¹ organizmy. Žádný známý eukariotický¹² organizmus by nebyl schopen v tomto prostředí přežít. Termofilní organizmy jsou schopny přežít i v teplotách, které dosahují až 75 °C (www.wikipedia.org). Tyto organizmy, které jsou schopny přežít v extrémních teplotách nazýváme hypertermofilní.

Mezi nejznámější gejzíry na světě patří nepochybně ty z Islandu a z Yellowstoneu. Největší koncentrace gejzírů na Islandu je oblast Haukadalur. V této oblasti již od 14. Století tryská gejzír Geysir, který tak dal název tomuto pozoruhodnému jevu. V roce 1896 se na chvíli sice odmlčel, ale po zemětřesení, které postihlo tuto oblast, začal znovu pravidelně chrlit vodu. V průběhu 20. Století se Geysir odmlčoval a znovu probouzel v závislosti na seismické aktivitě v této oblasti. Zemětřesení v roce 2000 však znovu probudilo k životu tuto mocnou sílu, a od té doby nepravidelně chrlí ze svého jícnu horkou vodu. Yellowstone je místo s největším výskytem gejzírů na světě. Je to dáno jeho polohou nad seismicky aktivní oblastí. Na povrch tu tryská voda z asi 500 gejzírů a menších objektů. Většina z nich leží na území státu Wyoming. Leží zde i nejvyšší gejzír StreamBoat Geysir, který za posledních 20 let vytryskl asi jen desetkrát. (upraveno podle www.wikipedia.org)

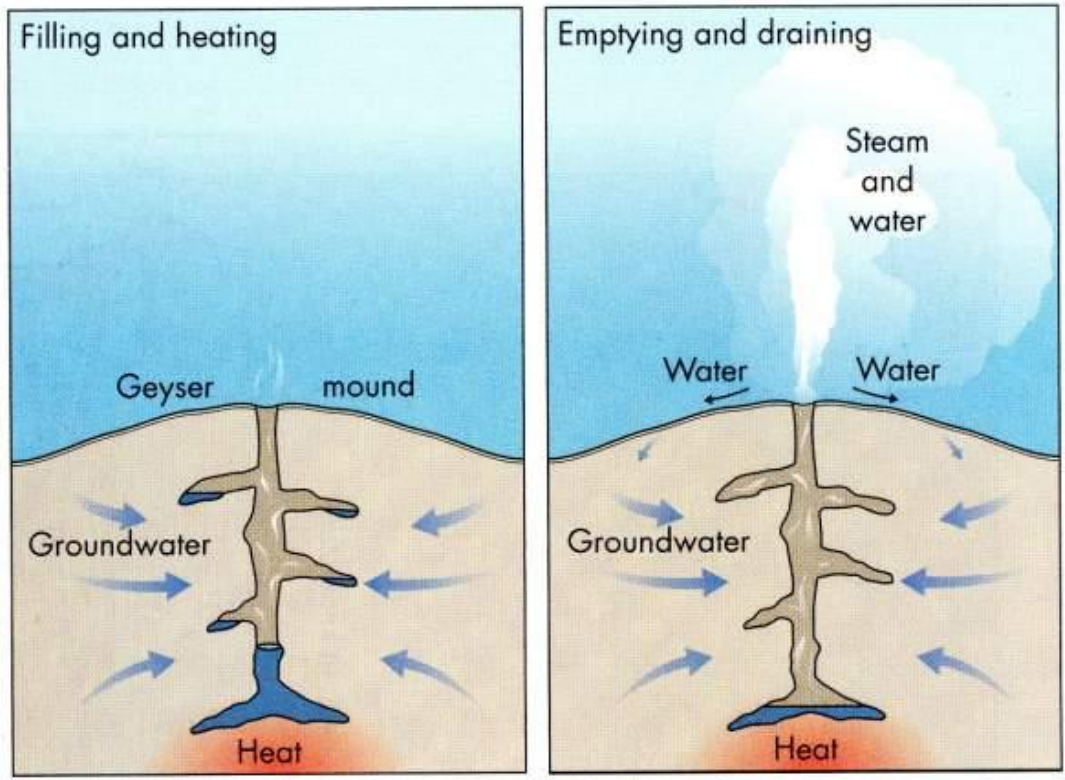
Na mnoha místech Země existují však i tzv. umělé gejzíry. Jsou to uměle navrtnané vrty. Jejich realizace je možná všude tam, kde to dovoluje geotermální gradient¹³.

Ekonomický přínos gejzírů v dnešní době je vysoký. Jednak jsou velkým lákadlem pro turisty, které do oblasti, kde se gejzíry vyskytují, přinášejí poměrně vysoké finanční přínosy, a jednak z důvodů tepelného využití. Na Islandu se využívá horká voda a pára pro vytápění téměř celé země. Na první místo však ekonomové stále řadí turistiku v těchto oblastech.

¹¹ prokaryotické Prokaryota jsou vždy jednobuněčné organismy, nikdy netvoří funkčně a morfologicky diferencované tkáně

¹² eukariotické Eukaryotická buňka na rozdíl od prokaryotní obsahuje pravé buněčné jádro a množství dalších organel oddělených membránou od okolí

¹³ Geotermální gradient je rychlost zvyšování teploty s ohledem na zvyšování hloubky



Obr.19 Schéma vzniku gejzíru



Obr.20 Sintrové usazeniny okolo hrdla gejzíru

7. VYDATNOST PRAMENU

Jedna z charakterizujících vlastností pramenu je vydatnost. Vydatnost pramene není stálá, ale během roku se mění. Můžeme tedy hovořit o proměnlivosti vydatnosti pramene. Některé prameny se dokonce mohou během roku ztrácet. Vydatnost pramene můžeme charakterizovat jako množství vody vyvěrajících za sekundu. Samotný původ pramene ovlivňuje i jeho vydatnost. Prameny s hlubším oběhem podzemní vody jako například prameny výstupné a přelivné jsou vydatnější. Na druhou stranu prameny sestupné mívají nízkou vydatnost a bývají nestálé. Je to dáno tím, že sestupné prameny většinou odvodňují menší rozsah zvodnělé vrstvy. Vydatnost pramene do jisté míry ovlivňuje i jeho stálost. Obecně se dá říci, že čím je pramen vydatnější, tím je i stálejší. Kolísání vydatnosti pramene je v přímém vztahu ke kolísání hladiny podzemní vody. Hladiny podzemní vody stoupá nebo klesá, tak jaká je možnost tvoření nových zásob podzemní vody. Klesá pak nadměrným odčerpáváním. Protože tvorba podzemní vody není během roku rovnoměrná a není ani rovnoměrná v různých geologických a hydrogeologických podmínkách, vydatnost pramene tedy kolísá. Další příčinou kolísání vydatnosti pramenů je roční období. V době kdy je více srážek, vydatnost pramene stoupá a naopak. Další příčinou rozkolísanosti vydatnosti je člověk. Umělé přehradní nádrže, jezera, meliorační práce¹⁴, změny reliéfu, umělé zavlažování. I to všechno může už tak narušený a systém podzemních vod narušit ještě více. (upraveno podle Kříž, 1988)

Vydatnost pramene provádí pomocí měření. V zásadě je můžeme rozdělit do dvou skupin. Tou první z nich je přímé měření, tzv. objemové. Při tomto měření se voda zachytává do měrných nádob a vyhodnocuje se doba, za kterou se nádoba naplnila. Druhou skupinou je měření zprostředkující, kdy přepočtem měřené veličiny určíme vydatnost na základě hydraulických rovnic. Pro přímé měření vydatnosti se využívá několik typů nádob, nebo měrných přelivů. Dají se sestavit všude tam, kde terén dovoluje zřízení přepážky měrného přelivu v korytě odtoku pramene z vývěru. V druhé skupině nepřímého měření vydatnosti se nejčastěji vychází ze změřených hodnot výškové úrovně hladiny vody. (upraveno podle Kříž, 1988)

¹⁴ Meliorace je soubor různorodých opatření vedoucích ke zlepšení půd, které jsou přirozeně málo úrodné nebo u kterých došlo v důsledku nevhodných zásahů či působením vnějších činitelů ke snížení jejich produkční schopnosti

8. MĚLNICKO

Mělnická oblast náleží k Českému Masivu. Ale z velké části je toto území tvořeno Českou křídovou pánví. Český Masiv se tvořil v období starohor, kdy území Středních Čech zaujímal velkou část rozsáhlé moře, jehož usazeniny se později přetvářeli na fylitické břidlice. Na jižní části můžeme nalézt spility, které vznikly při podmořském výlevu bazických láv. Paleozoikum zde zanechalo také své památky. Ty se ale nacházejí pouze v jižní části území v podobě prekambriických porfyrových žilných vyvřelinách. Z prvohor máme pozůstatky mokřadní vegetace, které se ukládaly pod vodou a za nepřístupu vzduchu vytvářely uhelné sloje, které se nacházejí severně od Mělníka a navazují na Kladenskou uhelnou pánev. Nad těmito slojemi se nacházejí pískovce, jílovce a slepence. K nejstarším vrstvám patří cenomanské pískovce ze svrchní křídly. Nejmladší mesozoikum je spjato s hlavním formováním Mělnické oblasti. Dochází k poklesu zemské kůry a ke vzniku mořské inundace¹⁵. Mořské sedimenty se později zpevňují a vznikají slepence a jílovití pískovce. Právě na tyto jílovité pískovce jsou vázány velké zásoby podzemní vody, které nás na této oblasti zajímají. V období terciéru dochází k vyzdvižení Českého masivu. V této době se ve sledované oblasti dochází k peneplenizaci povrchu¹⁶ a k následnému rozlámání na menší kry. Dalším a posledním obdobím je kvartér, kdy se terén zformoval do současné podoby. Vznikají náplavy štěrkopísků v okolí řek, které jsou v dnešní době hojně těžené právě v okolí Mělníka. Důkazem toho jsou velké pískovny například u Brandýsa nad Labem nebo u Vliněvse. Velké zásoby podzemní vody jsou vázány na místech střídání propustných vrstev pískovců a nepropustných vrstev jílovců. Tyto podzemní vody se akumulovaly především v období Křídly. Jsou vodárensky velmi využívány. Ve vrstvách cenomanu můžeme nalézt artézskou vodu, s tzv. napjatou hladinou. Je to dáno menší propustností prostředí. Cenomanské pískovce jsou shora izolované slínovci. Největším a také nejvíce využívaným zdrojem vody jsou turonské vrstvy, které navazují na pravoúhlý systém tektonických puklin v kvádrových vápencích. Hladina spodní vody se sklání od severu směrem k Labi, a je ovlivněna drenážní činností hlavních vodotečí v oblasti. Jedná se hlavně o tok říčky Pšovky, dále pak Košáteckého potoka a Liběchovky. V údolí říčky Liběchovky se nalézá oblast s názvem Boží voda, kde dříve ze země prýštil pramen, známý svými léčebnými účinky. Největší zdroj pitné vody je Mělnická Vrutice, která je napojena na hlavní vodovodní systém a zásobuje pitnou vodou celé okolí až směrem ke Kladnu.

¹⁵ Inundace záplava, zátopa

¹⁶ Peneplenizace zarovnávání výškového rozdílu v krajině

8.1. Mělnická Vrutice

Obec Mělnická Vrutice leží ve Středočeském kraji, asi 5,5 km východně od města Mělník. Katastrálně spadá pod Obecní úřad obce Velký Borek.

Tzv. Velký Pramen se nachází přímo v její centrální části (Obrázek 21. http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Velky_pramen.jpg). Od 70. let minulého století je již bohužel bez vody. Nicméně v historii obce má velmi dlouhou tradici. Profesor Otto Hynie se o něm zmiňuje ve své první učebnici hydrogeologie. Mělnická Vrutice ostatně své jméno získala právě podle svého pramene. Slovo Vrutice pochází ze staročeštiny a znamená pramen. V širokém okolí města Mělník se takto jmenuje více obcí, což napovídá tomu, že se v okolí Mělníka nachází daleko více pramenů (například Kropáčova Vrutice). Tento velký pramen je součástí vývěrové oblasti podél toku říčky Pšovky, která pramení na dolním konci Kokořínského dolu. Velký pramen využívá pro své proudění pukliny slínovce a pískovce turonského stáří. V okolí obce Mělnická Vrutice se nachází několik vrtů, které zásobují vodou Středočeský vodovod. Na západ od Velkého pramene se nachází několik menších pramenů. Ty jsou níže položené a po většinu roku jsou aktivní. Velký pramen je velmi snadno rozpoznatelnou stavbou v obci. Nachází se přímo u silnice.

Mělnická Vrutice leží v oblasti České křídové tabule. Hlavní sedimentační procesy probíhali ve svrchní křídě (na pomezí cenomanu a turonu). Vrstva sedimentů se zde vyznačuje mocností až 700 m. Sedimentační oblast měla mírně ukloněnou pánevní strukturu a vzhledem k neklidnému pozdějšímu období tektonického charakteru je rozlámána. Česká křídová tabule je artézskou pánví. Střídají se zde propustné a nepropustné vrstvy a směrem k toku Labe se propustné vrstvy mění na nepropustné jílovcové horniny. Oblast Mělnické Vrutice spadá pod oblast Pšovky a Košáteckého potoka, které se vyznačuje přirozeným přebytkem podzemní vody.

Podloží Mělnické Vrutice je tvořeno vápnitými pískovci, jílovitými pískovci a glaukonitickými pískovci a slínovci. Nachází se v regionu České křídové pánve v jizerském souvrství. Leží v soustavě Českého masivu v oblasti pokryvných útvarů a postvariských magmatitů. Rizikový geofaktor v této oblasti je radon v podloží. Nicméně stupeň rizika je na hodnotě 1, proto nejsou v Mělnické Vrutici nutné speciální protiradonové opatření. U výstavby postačí jen běžná hydroizolace. Místní zdroj pitné vody splňuje všechny podmínky a hygienické limity pro pitné účely. Stupeň 1 platí pro 60% měřené lokality. 40% lokality se nachází na stupni 2. Proto je tedy potřeba přihlížet na možné riziko, hlavně při zřizování

studny. Je nutné se poradit s odborníkem a provést analýzu podzemní vody na radioaktivní prvky. (upraveno podle www.gweb.cz)

Vydatnost nejsilnějšího vývěru podzemní vody u Mělnické Vrutice se pohybuje kolem 150-250 l/s. (www.mestomseno.cz). Tím se řadí mezi nejvydatnější prameny u nás.



Obr.20 Velký pramen v centrální části Mělnické Vrutice

9. ZÁVĚR

Při zpracování tohoto tématu jsem se potýkala s několika problémy. První problém se naskytl při vyhledávání příslušné odborné literatury. Na téma hydrologie a hydrogeologie existuje mnoho odborných textů, ale pokud jsem zabředla hlouběji do tématu, zjistila jsem, že pár krátkých odstavců je pro rešeršní práci málo. Mezi českou ani zahraniční odbornou literaturou jsem nenašla ani jedinou úzce tématicky zaměřenou knihu. Byla jsem velmi překvapená, proč se toto téma neshledává s takovým zájmem, který by umožnil sestavení odborné monografie. Odborná literatura a odborné časopisy jsou základem pro tuto práci. Bakalářská práce je psaná formou rešerše. K úspěšnému dokončení práce mi téměř výhradně posloužili zahraniční odborné tituly. Zde nastal další problém, a to s překladem, který byl podstatně náročnější, než bylo mé očekávání. V českých odborných knihách je této problematice věnováno jen poskrovnu a to formou krátkých článků. Pro zpracování přehledu o geologii a hydrogeologii mi byli nápomocné hydrogeologické a geologické mapy. Při psaní kapitoly o Mělnické Vrutici jsem narazila na problém neochoty ze strany některých firem, které se touto problematikou zabývají. Širší informace o stavu pramene v Mělnické Vrutici mi poskytl až Okresní Archiv v Mělníku.

Při psaní této práce jsem se podrobně seznámila s touto velmi zajímavou tematikou a bylo pro mě velkým přínosem zabývat se právě tímto tématem. Získala jsem mnohem přesnější informace o typech pramenů a jejich výskytu. Upřesnila jsem si své znalosti o krasových oblastech a získala zcela nové informace o gejzírech a jejich vzniku. Utřídila jsem si své znalosti z průběhu studia na Přírodovědecké fakultě univerzity Karlovy. Velmi zajímavým zpestřením byl výlet do Mělnické Vrutice. Bohužel jsem se nedohodla s majiteli pozemků okolo vrtů ve Vrutici, a tudíž nemohla bezprostředně vidět vrty, které se dnes k čerpání vody využívají. Ale i přes všechny nesnáze jsem dospěla k jistým výsledkům, které v této práci prezentuji. Byla bych ráda, kdyby tato má bakalářská práce mohla posloužit těm, které tato problematika zajímá, a měli stejný problém s vyhledáváním odborné literatury, jako já.

10. SEZNAM PŘÍLOH

Obrázek 1. Pramen Labe (<http://www.etc-sport.cz/cz/etc-sport-leto/tipy-na-vylety/pramen-labe>)

Obrázek 2. Pramen Vltavy (<http://www.upily.cz/foto/pramen-vltavy/>)

Obrázek 3. Prameny Ozarsk (http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Ozark_springs)

Obrázek 4-7. Typologie pramenů (<http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>)

Obrázek 8. Artézský pramen (<http://elearning.cir.cz/1545222/podzemni-voda.html>)

Obrázek 9. Mapa Austrálie s označením Velké artézské pánve (<http://leccos.com/index.php/clanky/australie-,2>)

Obrázek 10. Geografická mapa Austrálie s vyznačenou Velkou artézskou pánví (http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografie_Austr%C3%A1lie)

Obrázek 11. Závrt (<http://cestovani.idnes.cz/>)

Obrázek 12. Ponor (<http://www.geocaching.com>)

Obrázek 13. Vyvěračka (<http://vavrik.blog.cz/0608/polske-tatry-aj-den-druhy>)

Obrázek 14. Svatý Jan pod Skalou (<http://photo.czechtourism.com/index.php?m=photo&a=detail&id=4088>)

Obrázek 15. Pěnovcová jeskyně ve Svatém Janu pod Skalou (<http://kareldrabek.blog.idnes.cz/c/32978/Kde-vznikaji-zkameneliny.html>)

Obrázek 16. Schéma vzniku horkých pramenů (<http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-hydrosfera.htm>)

Obrázek 17. Vřídlo v Karlových Varech (<http://www.karlovy-vary-mesto-lazne-a-historie.websnadno.cz/?framebreaker>)

Obrázek 18. Důl Svornost v Jáchymově (<http://mineralogy.mypage.cz/>)

Obrázek 19. Schéma vzniku gejzírů (<http://kurz.geologie.sci.muni.cz/kapitola4.htm>)

Obrázek 20. Sintrové usazeniny v hrdle gejzíru (<http://www.vlasta.org/cz/cestovani/usa/np/yellowstone-2.htm>)

Obrázek 21. Velký pramen v centrální části Mělnické Vrutice (http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Velky_pramen.jpg)

11. POUŽITÁ LITERATURA

1. **Cílek Václav a kolektiv.** *Voda v krajině.* Praha: MŽP, 2004. ISBN 80-902132-7-8
2. **Hanzel Vladimír.** *Puklinové a puklinovo-krasové vody a problémy ich ochrany: Zborník referátov z 8. Celoštátnej hydrogeologickej konferencie.* Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra, 1984
3. **Fetter W.C.** *Applied hydrogeology.* New Jersey: Prentice Hall. 2001.
ISBN 0-13-088239-9
4. **Kadlecová Renáta, Žák Karel.** *Krasové prameny Českého krasu, Český kras,* 1998, č.24
5. **Kazda Ivo.** *Proudění podzemní vody.* Praha, Nakladatelství technické literatury, 1983
ISBN 04-704-83
6. **Kersic Neven.** *Groundwater resources. USA: The Macgraw-Hill Companies.* 2009.
ISBN 978-0-07-149273-7
7. **KÖSSL, Roman; CHÁBERA, Stanislav.** *Základy fyzické geografie: přehled hydrogeografie.* České Budějovice : Jihočeská univerzita, 1999. ISBN 80-7040-348-9.
8. **Kříž Vladislav.** *Hydrometrie.* Praha: SPN, 1988. ISBN 14-512-88
9. **Kullmann Eugen.** *Krasovo-puklinové vody.* Bratislava: Geologický ústav Dionýza Štúra, 1990.
10. **Likens E. Gene.** *Encyklopedia of inland waters.* Oxford: Academic Press, 2009
ISBN 978-0-12-088462-9
11. **Linsley K. Ray, Franziny B. Joseph.** *Water resources engineering.* New York: McGraw-Hill Book Company, 1979. ISBN 0-07-037965-3
12. **Mays W. Larry.** *Water resources Engineering.* New York: John Wiley and sons 's, 2001.
ISBN 0-471-29783-6
13. **Myslil Vlastimil.** *Voda, Země, Život.* Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1999.
ISBN 80-7212-072-7
14. **Neuwirth Alois.** *Úvod do vodního hospodářství.* Ostrava : Vysoká škola Báňská, 1996
ISBN 80-7078-317-6
15. **Pokorná Dana, Zábranská Jana.** *Hydrologie a hydrogeologie.* Praha: VŠCHT, 2008.
ISBN 978-80-7080-707-1
16. **RINEHART, John Sargent.** *Geysers and Geothermal Energy.* Berlin : Springer Verlag, 1980. ISBN 0-387-90489-1.

17.Sanders L. Laura. *A manual of field hydrogeology.* USA: Simon and Schuster. 1998.

ISBN 0-13-227927-4

18.Todd K. David, Mays W. Larry. *Groundwater hydrogeology.* USA: Wiley, 2005

ISBN 0-471-05937-4

19.Toman Michal, Mikulecký Petr, Olševičová Kamila, Ponce Daniela. *Znalostní technologie ve vodním hospodářství.* Praha, Vydavatelství ČVUT,2004

ISBN 80-01-03049-0

20.Žák, K., Hladíková, J., Buzek, F., Kadlecová, R., Ložek, V., Cílek, V., Kadlec, J., Žigová, A., Bruthans, J., Šťastný, M.: *Holocenní vápenec a krasový pramen ve Svatém Janu pod Skalou v Českém krasu, 2001, Special Papers No. 13. Czech Geological Survey. Praha.* ISBN 80-7075-472-9.

www.estudanky.cz

<http://www.geology.cz/>

<http://www.geofond.cz/>

<http://www.gweb.cz/>

<http://www.gli.cas.cz>

www.melnik.cz

www.mestomseno.cz

www.czregion.cz

www.chmi.cz

www.wikipedia.org