

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. Josef V. Datel, Ph.D

Praha 2012



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. Josefu V. Datlovi, Ph.D, 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 3.června 2012

Podpis:



Abstrakt

Bakalářská práce je sestavena, tak aby na sebe jednotlivé kapitoly volně navazovaly. Hlavním pilířem práce je první kapitola, která pojednává obecně o pramenech. Na ní pak navazuje kapitola typologie pramenů, která se zabývá jednotlivými typy pramenů dle geologie, teploty a kolísání vydatnosti. Pokračuje samostatná část o artéské vodě. V další části se zabývám krasovými prameny, termálními prameny, u kterých uvádím příklady z České republiky. Ke kapitole Termální prameny patří i část o gejzírech. V poslední části se zabývám Mělnickou oblastí a Mělnickou Vruticí. Cílem práce bylo zdokumentovat tuto problematiku, která se v literatuře samostatně objevuje jen málo. Hlavním výsledkem práce je shromáždění informací, které se v literatuře objevují jen po částech, a v českých odborných knihách téměř vůbec.

Abstract

The bachelor thesis is built so that all chapters themselves freely followed up. The main pillar of work is first chapter, which deals generally with springs. Next follows typology of springs, which deals with different types of springs according to geology, temperature, and yield. The special part about artesian water follows. Next section deals with karst springs and thermal springs, where I present examples from the Czech Republic. The chapter of thermal springs includes also text about geysers. In the last part the thesis deals with the Mělník area and Mělnická Vrutice. The aim of this study was to document this issue, which appears in the literature. The main result of the thesis is gathering information that appear in the foreign literature only in parts, and almost never in the Czech books and papers.



OBSAH

1. ÚVOD	1
2. PRAMEN	2
3. POZOROVACÍ SÍŤ PRAMENŮ ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚŘADU	6
4. TYPOLOGIE PRAMENŮ.....	11
4.1. Artéský pramen	15
5. PRAMENY KRASOVÝCH OBLASTÍ	18
6. TERMÁLNÍ PRAMENY.....	23
6.1 Termální prameny ČR	26
6.2 Gejzíry.....	29
7. VYDATNOST PRAMENU	33
8. MĚLNICKO	36
8.1 Mělnická Vrutice.....	37
9. ZÁVĚR	41
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
11. SEZNAM OBRÁZKŮ	46
12. PŘÍLOHA A	48
12.1 Příloha A.a	49
13. PŘÍLOHA B.....	50
13.1 Příloha B.b	51
14. PŘÍLOHA C.....	53



1. ÚVOD

Přirozené vývěry podzemních vod, téma, které jsme si vybrala pro zpracování bakalářské práce. K zamyšlení nad touto problematikou mě vedly dva hlavní aspekty. První byl, že pokaždé, když jsem hledala materiály pro studium Hydrologie, nenašla jsem čistě monografickou literaturu. V každé knize bylo tomuto tématu věnováno jen pár stránek. Chtěla jsem tedy shrnout dostupné poznatky do ucelené práce. A druhý aspekt byl, že Hydrologie jako věda mě vždy zajímala.

Práce je psaná formou rešerše odborné literatury a shrnuje poznatky už dříve zjištěné. Cílem práce je shrnutí poznatků o různých typech pramenů podzemní vody, o jejich klasifikaci, a uvedení informací o historicky největším pramenu na území České republiky v Mělnické Vrutici.

K psaní jsem používala literaturu českou i zahraniční. Odborné články jsem používala spíše okrajově. Dále jsem využívala okrajově poznatky Geofondu a Pozorovací sítě pramenů Českého hydrometeorologického úřadu. K práci jsem rovněž použila mapových podkladů pro zájmové území Mělnické Vrutice.



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 povrchem terénu se nachází horninové prostředí 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 Kössel, 1999, Cílek, 2004, Šrámek, 2003, Tourková, 1970)

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-leto/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 provádí Český hydrometeorologický úřad měření pH, teplotu vody a vydatnost pramenu. (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

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



(Obrázek 3. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Ozark_springs). Vydatnost toho největšího pramene dosahuje až $13 \text{ m}^3/\text{s}$ (www.nps.gov/ozar/naturescience/springs.htm). Dolomit i vápenec jsou poměrně snadno rozpustné ve vodě. Tvoří se kyselina uhličitá, která prosakuje do trhlin a zlomů, které svým 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, Todd, 2005)

Voda vytékající z pramene je většinou 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, jako například minerály železa a manganu, obsaženými v hornině, jako důsledek sopečné činnosti v této oblasti.

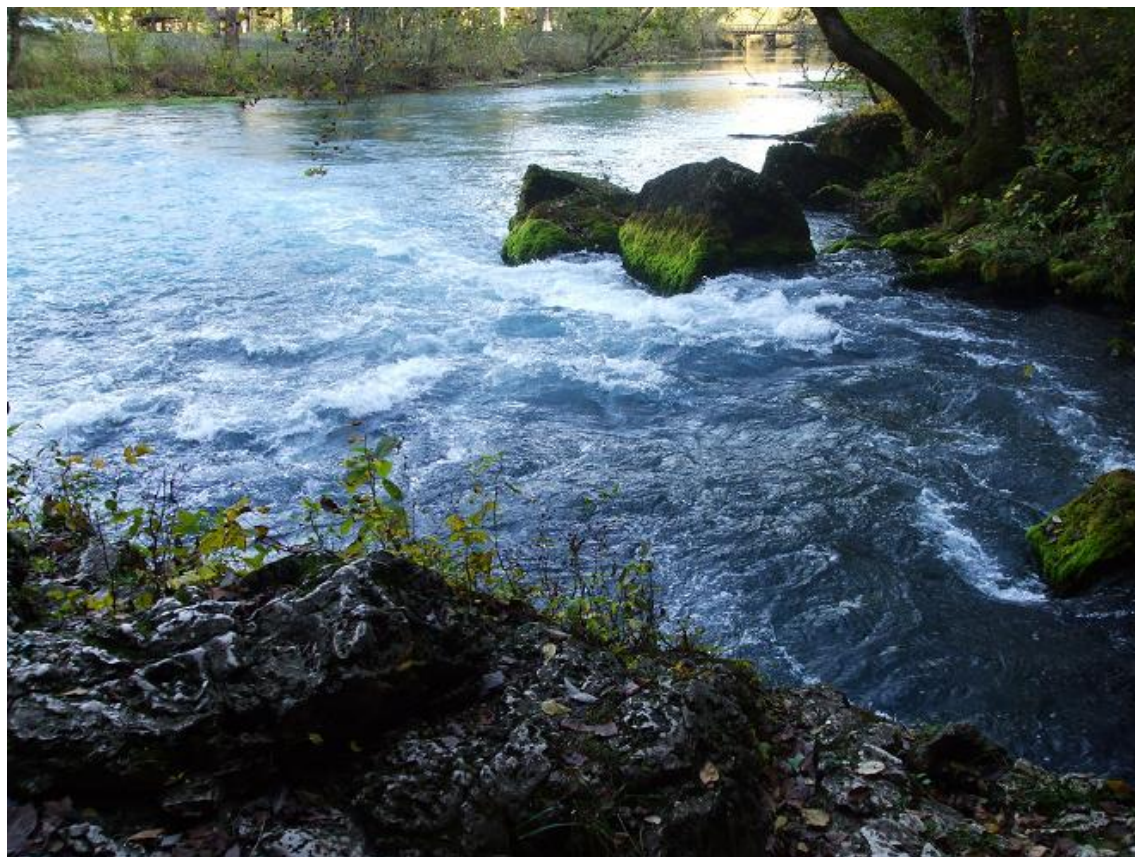
(upraveno podle Mays, 2001, Davis, 2010)



Obrázek č. 1 Pramen Labe



Obrázek č. 2 Pramen Vltavy



Obrázek č. 3 Prameny Ozarsk ve státě Missouri v USA



3. POZOROVACÍ SÍŤ PRAMENŮ ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚŘADU

(upraveno podle http://voda.chmi.cz/opzv/publikace/stav_a_rozvoj_pozorovani.htm)

Počátky soustavného pozorování podzemních vod popisuje již Helena Daňková, ve své publikaci vydané ke stoletému výročí organizované hydrologické služby. Snahou bylo dosažení sjednocení vypořizovaných jevů, sjednocení vyhodnocovacích metod, tak, aby v praktických postupech mohla být skutečně uplatňována jednotnost hodnocení povrchových i podpovrchových vod. Dle hlediska účelu se pozorovací síť podzemních vod dělí na základní a účelovou. Základní je taková, kde jsou zajišťována dlouhodobá sledování a vyhodnocování režimu podzemních vod v přirozených podmínkách, podle specifčnosti přírodních poměrů. Účelová je taková, která prioritně zajišťuje podklady pro konkrétní technické zásahy do režimu podzemních vod. Pro moji práci je zajímavější základní pozorovací síť pramenů.

Síť byla vyprojektována v letech 1956-1962. Realizace pozorovací sítě mělkých zvodní proběhla v letech 1961-1975. Je tvořena vrty o hloubce obvykle 10–15 m vystrojených kameninou nebo ocelí 210-300 mm. Součástí této sítě jsou tzv. hydropedologické profily budované v trase navrhovaného průplavu Dunaj – Odra – Labe v třicátých letech. Pozorovací síť hlubších zvodní je soustředěna především do hydrologických struktur s plošně rozsáhlejším hydraulicky propojeným zvodněním. Vrty byly postupně přebírány z objektů regionálního hydrogeologického průzkumu, to však bylo kolem r. 1981 zastaveno. Základ současné pozorovací sítě hlubokých zvodní byl vybudován v letech 1986 – 1990. Podle jednotného projektu byla navržena pozorovací síť, která byla soustředěna do části vodohospodářsky nejvýznamnějších hydrogeologických rajónů (Obrázek 4. www.chmi.cz/hydrologie). Pozorovací síť pramenů v ČR vznikla postupně v letech 1955-1980 postupným výběrem z pramenů evidovaných v rámci průzkumu, který byl proveden na celém území ČR. Celkem fází výběru nazývanou vyhledávací síť prošlo více než 2800 objektů. Celá síť obsahuje v ČR celkem 2136 pozorovacích objektů, z toho je 1492 vrtů v mělkých zvodních, 241 v hlubokých zvodních a 403 pramenů. K významným změnám v síti pozorovacích stanic došlo až v druhé polovině 80. let. Postupně docházelo k automatizaci



pozorovací sítě a dnes se počet automatizovaných stanic pohybuje okolo 400. V současné době se řeší problematika automatizace měření vydatnosti pramenů v pozorovací síti.

Od počátku existence sítě pozorovacích stanice se režimy podzemních vod uváděly v ročenkách. Bylo to tak do roku 1975. Až do roku 1993 se forma ročenek obnovila. V posledních třech letech je využíván také systém GIS. Technický stav pozorovacích vrtů odpovídá jejich stáří. V současnosti je to kolem 30 let. Podstatná část pozorovacích vrtů je díky svému stáří ve velmi nevyhovujícím stavu. Důvod pro rekonstrukci pozorovací sítě ale není pouze jeden. Je nutné korektní zapojení režimu podzemních vod do hydrologické bilance, které vyžaduje hodnocení základních řad jejich stavů, ale i vyčíslení jejich množství. Minimální hustota sítě musí odpovídat složitosti hydrogeologické struktury. Podle podkladů z vyspělých zemí EU neklesá hustota sítě pod 50 km² na jeden objekt. Při rozloze ČR 78900 km², z toho plocha vodohospodářsky významných hydrogeologických struktur přibližně 17900 km², se dostáváme k celkovému počtu asi 1800 objektů. To zhruba koresponduje se současným stavem. Ten má však výraznou nerovnoměrnost plošného rozmístění objektů, zejména je silně podceněna síť v hlubokých kolektorech. V roce 2000 byla na základě požadavku Ministerstva životního prostředí zpracována „Technická studie pro rekonstrukci pozorovací sítě podzemních vod“, která zpřesnila údaje v podkladech již dříve zpracovaných v ČHMÚ. Počet pozorovaných objektů v rekonstruované síti podle uvedené studie dosáhne přibližně 1600 až 1700 vrtů a asi 350 pramenů. Cílem pozorování ve zrekonstruované síti je získávat dostatečně reprezentativní data. Jak s ohledem na množství, ale samozřejmě i jakost vody. Na obrázcích 5 a 6 (<http://voda.chmi.cz/opzv/>) je zřejmý současný a navrhovaný stav pozorovací sítě. Pro přestavbu a rekonstrukci pozorovací sítě vznikl tzv. projekt ISPA. Projekt ISPA/FS č.2000/CZ/16/P/PE/003 byl oficiálně zahájen podpisem finančního memoranda dne 16.2.2004. Nositelem projektu a konečným příjemcem podpory je Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Účelem projektu je rekonstruovat státní monitorovací sítě podzemních vod, část monitorovací sítě povrchových vod a dovybavit ústav výpočetní technikou tak, aby monitorování a hodnocení splňovalo požadavky dané směrnicemi ES zejména Směrnice 2000/600/ES ustanovující rámec pro činnosti v oblasti vodní politiky. Tento projekt významně doplnil pozorovací síť o nové objekty a rekonstruoval ty staré.(upraveno podle <http://voda.chmi.cz/opzv/>)

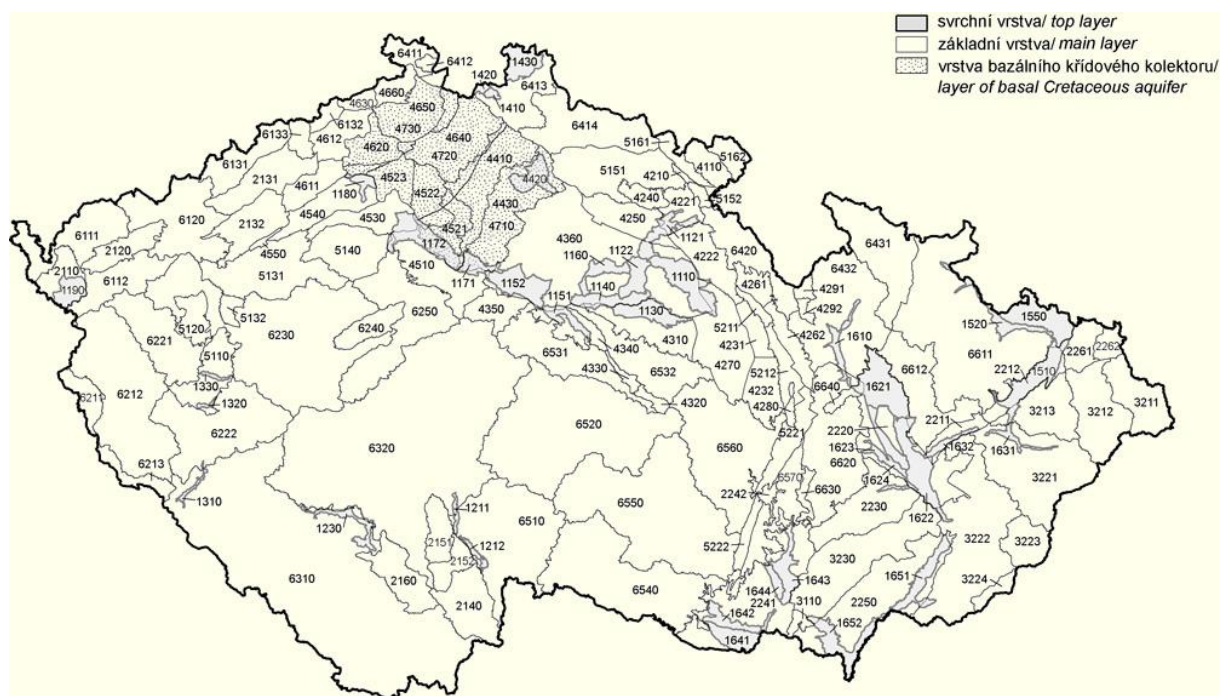


Pozorovací síť je rozdělena na tři hlavní skupiny. Pozorovací síť pramenů, která sleduje jejich teplotu a vydatnost, pozorovací síť mělkých zvodní a pozorovací síť hlubokých zvodní. Pozorování se uskutečňuje u větší části pozorovací sítě manuálně v týdenním intervalu pomocí dobrovolných pozorovatelů. Pozorovací síť hlubších zvodní byla projektována a vybudována jako plně automatizovaná a pozorování hladin je prováděno pomocí tlakových čidel stanicemi Noel v denním a v případě potřeby v hodinovém intervalu. Rovněž část objektů mělké pozorovací sítě je v současné době vybavena stanicemi Noel, nebo limnigrafy. Měření teplot je prováděno u všech sledovaných pramenů a vybrané části vrtů. Data z pozorování jsou uložena v databázi Oracle a jsou pravidelně jednou ročně vyhodnocována jako celek. Poté jsou zveřejňována v pravidelných ročenkách Českého hydrometeorologického úřadu (institutu).

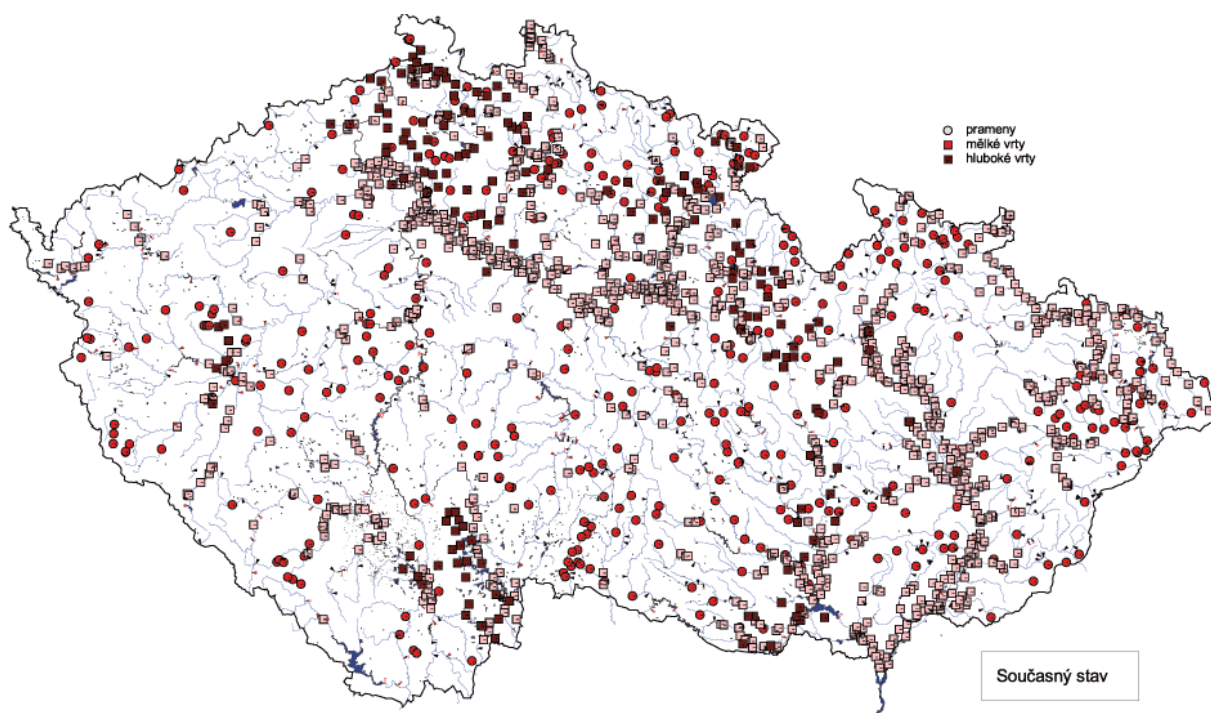
Český hydrometeorologický úřad dále eviduje stav podzemních vod i povrchových vod. Hydrologické oddělení je metodickým pracovištěm v oboru podzemních vod. Zabývá se pěti základními okruhy problémů:

- pozorovací síť podzemních vod z hlediska umístění a ochrany pozorovacích objektů
- metody pozorování vydatností pramenů a hladin podzemních vod zabývající se způsoby pozorování hladin podzemních vod
- vydatnost pramenů
- teplota vody
- konstrukce měrných objektů a přesností měření

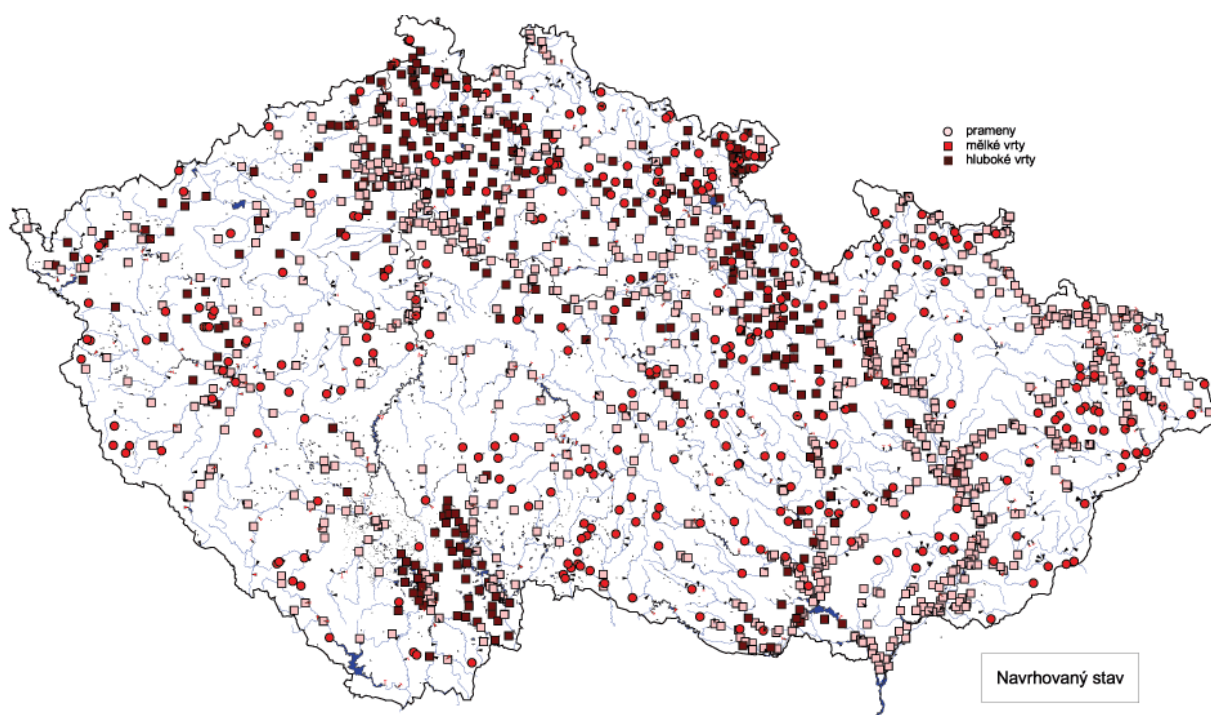
Primární zpracování naměřených dat, které zahrnuje kontrolu a opravu hrubých chyb pozorování, vyznačení ovlivnění režimu a přípravu pro předání do databáze. Sekundární zpracování dat zabývající se analýzou datových řad jak časových trendů, tak i vztahem režimu k hydrogeologické struktuře a dalším, zejména geografickým prvkům. Bilance podzemních vod, jejímž hlavním obsahem je převod naměřených hodnot úrovní hladin a vydatností pramenů do průtokových hodnot dynamické složky zdrojů podzemních vod v jednotlivých bilančních jednotkách (hydrogeologických rajónů) a jejich zařazení do celkové hydrologické bilance.



Obrázek č. 4 Hydrogeologická rajonizace v.2005, používaná pro režimové zpracování podzemních vod od roku 2007 (názyvy rajónu přiřazené k číslům viz. příloha)



Obrázek č. 5 Současný stav pozorovací sítě ČHMÚ



Obrázek č. 6 Navrhovaný stav pozorovací sítě ČHMÚ



4. TYPOLOGIE PRAMENŮ

Přirozené vývěry podzemních vod dělíme na několik typů. Jejich typologie se odvíjí od podmínek, za jakých přirozeně 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, označujeme tento jev jako pramenní linie. Dalším druhem pramenu, který můžeme zařadit do typů pramenů vrstevných je pramen suťový (Obrázek 7. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Voda těchto pramenů protéká pod sutí, většinou na úpatí pohoří a masivu, a na konci suťoviště 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, Biswas, 1997))

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 zvodnělé struktury pod úrovní pramene. Podtypem tohoto pramenu je typ výstupný vrstevní (Obrázek 8. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Tento pramen vypadá tak, že voda stéká pod povrchem na nepropustné vrstvě, která se stáčí směrem nahoru. Druhým podtypem výstupných pramenů je pramen zlomový (Obrázek 9. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Voda těchto pramenů vytéká systémem zlomů, puklin a prasklin v nepropustných vrstvách. (upraveno podle Carrilo, 2008)

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

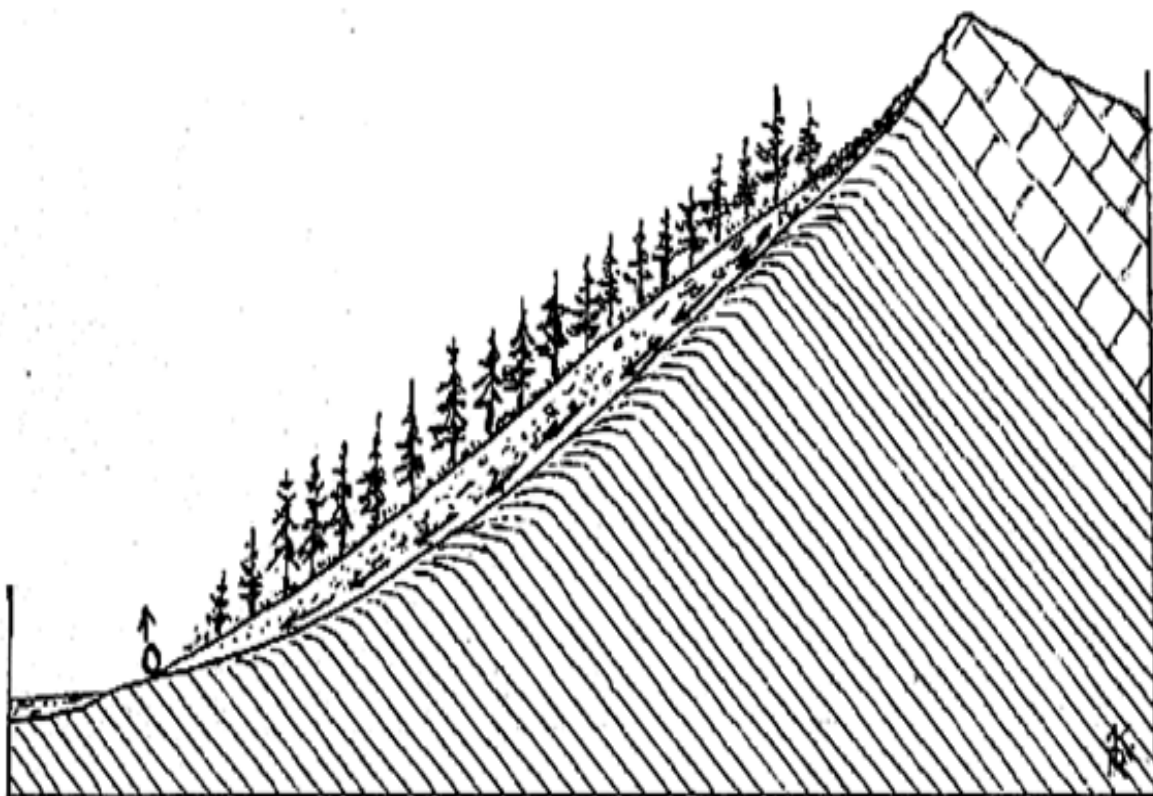


Posledním, základním a třetím typem pramenu je pramen přelivný (Obrázek 10. <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-58/>). Vzniká všude tam, kde podzemní voda vzdouvá polohu nepropustných vrstev a přelévá se na zemský povrch. Zjednodušeně by se to dalo vysvětlit tak, že se voda hromadí v podzemním rezervoáru nebo zásobě, přes jejíž okraj volně vytéká na povrch. (upraveno podle Kříž, 1988, Linsley, 1979)

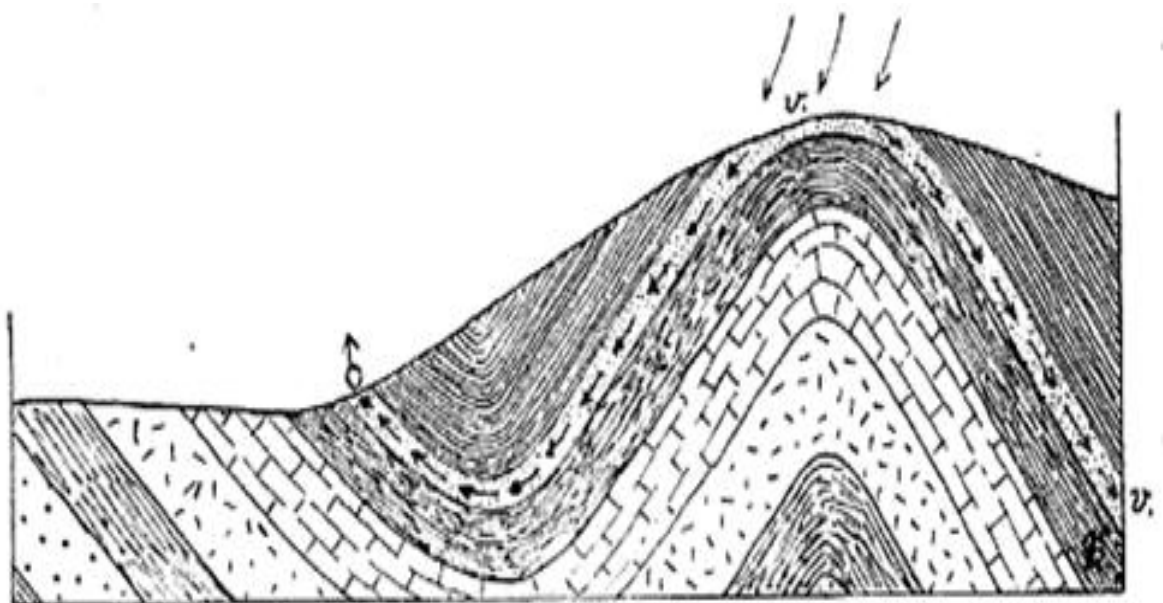
Další dělení pramenů je podle teploty na počátku vývěru. Prvním základním typem dělení pramenu podle teploty jsou prameny studené. Jejich průměrná teplota nepřesahuje 20°C. Většina pramenů České republiky jsou právě tyto studené prameny. Druhým základním typem dělení pramenu podle teploty jsou prameny teplé, které se dále dělí. Jejich průměrná teplota přesahuje 20°C. Prameny teplé se dále dělí na prameny vlažné, teplé nebo teplice a prameny horké neboli vřídla. Vlažné prameny se v balneologii³ označují jako hypotermální a jejich průměrná teplota se pohybuje do 37°C. Prameny teplé neboli teplice označujeme jako prameny termální a jejich teplota nepřesahuje 50°C. Nakonec prameny horké neboli vřídla, které se v České republice uplatňují především v lázeňství. Nazýváme je termy a jejich teplota je vyšší než 50°C. 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. V průběhu roku se střídáním ročních období vody ubývá nebo přibývá. A s tím i trvalost pramenů. Dalším typem pramenů jsou prameny intermitentní neboli občasné. 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. Na tyto změny nemá prvotní vliv klima. Artéským pramenům, které se vyčleňují samostatně, se budu věnovat zvlášť v další kapitole. (upraveno podle Kříž 1988)

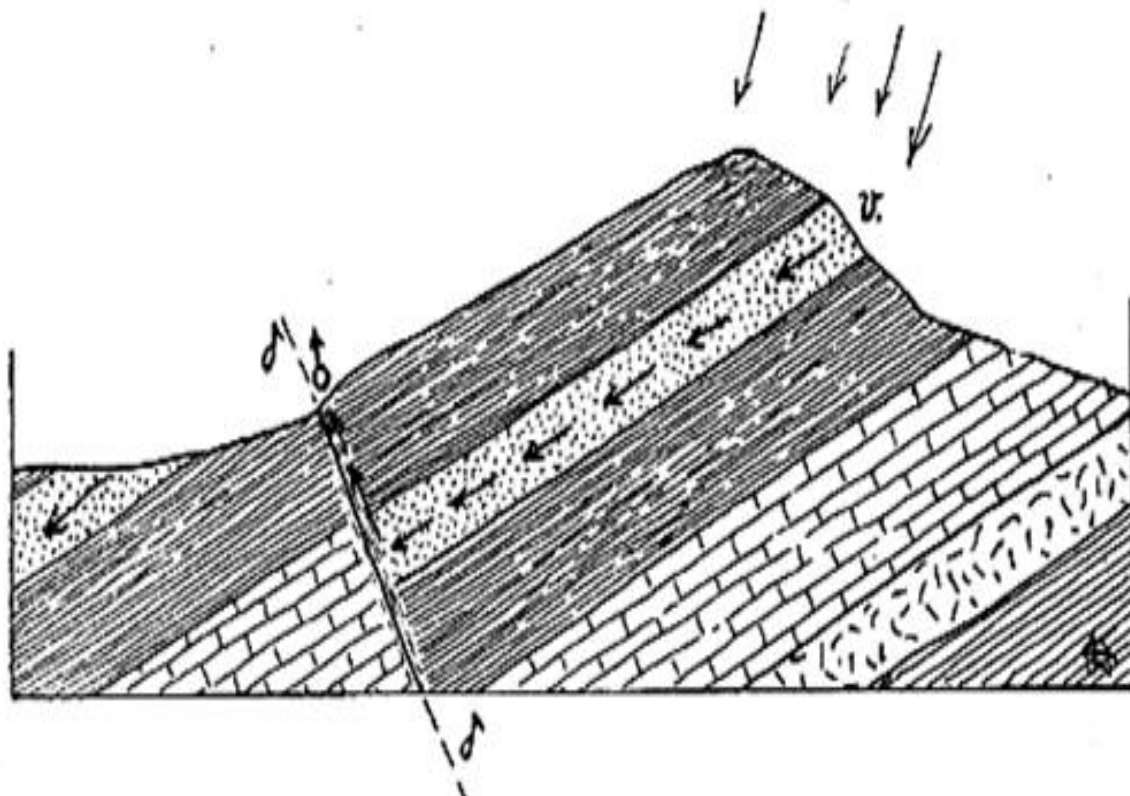
³balneologie - nauka o léčivých vodách, lázních a jejich účincích na lidský organismus, zvláště s přihlédnutím k terapeutickým účelům



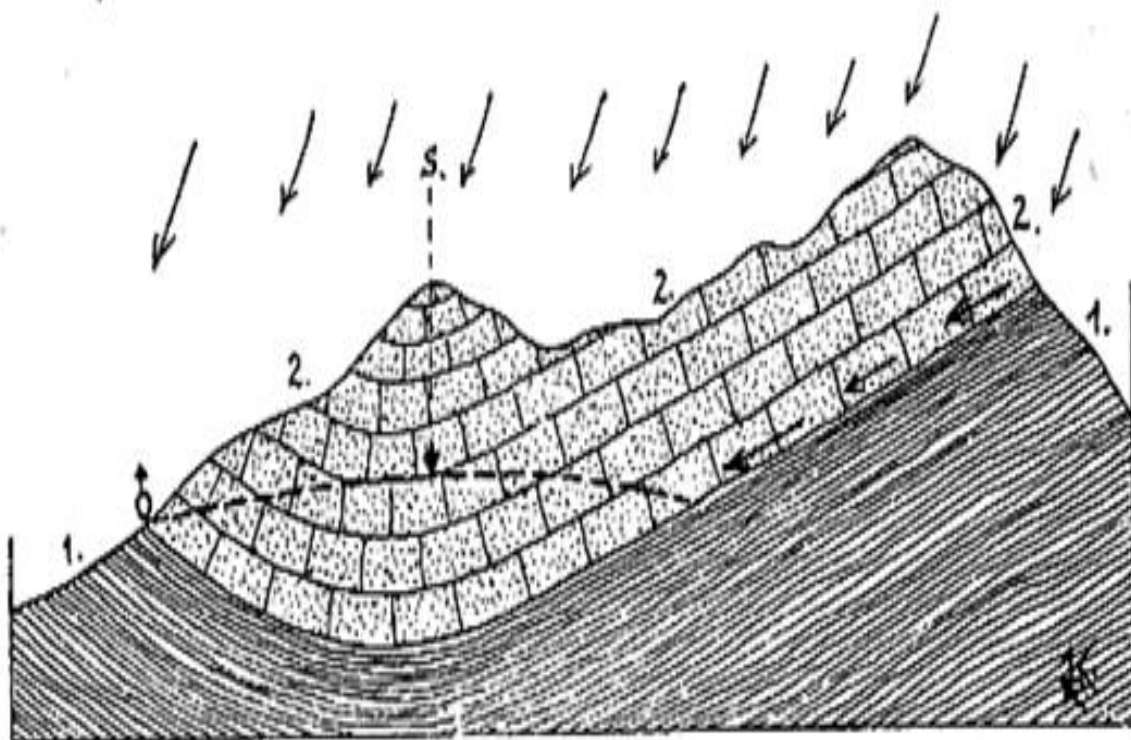
Obrázek č. 7 Sut'ový pramen



Obrázek č. 8. Pramen výstupný vrstevný



Obrázek č .9 Pramen zlomový



Obrázek č .10 Pramen přelivný



4.1. Artéský pramen

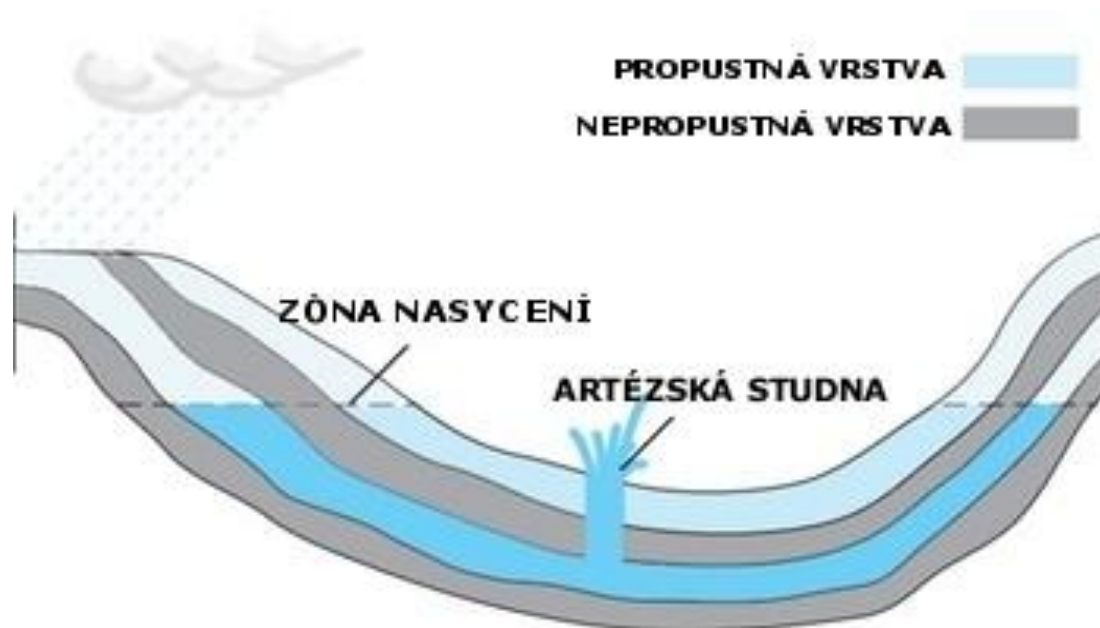
Než se dostanu k samotnému pojmu artéský pramen, bylo by vhodné vysvětlit, co to vlastně znamená termín artéský nebo artéská voda. Artéská voda je voda zachycená v tzv. artéských pánvích, kde je shora i zdola velmi nepropustná vrstva. Voda je tam tedy nahromaděná pod tlakem. Můžeme tedy říci, že artéská voda je voda s napjatou hladinou. Slovo artéská pochází z názvu francouzské oblasti Artois, kde ve 12. století místní kartuziánští mniši vybudovali mnoho studní, které nazýváme studně artéské. Nejstarší záznamy o těchto studních pocházejí s území Egypta a ze Sýrie. Vznik artéské vody je nejčastěji vázán na propustnou vrstvu mezi dvěma synklinálními⁴ izolátory. Artéský pramen (Obrázek 11. <http://elearning.cir.cz/1545222/podzemni-voda.html>) při proražení na povrch vytéká samovolně pod litostatickým tlakem podloží. Někdy se stane, že vývěr artéské 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. Artéská pánev je pak území, kde je piezometrická hladina vody výše než terén. (upraveno podle Likens, 2009, Rushton, 2003)

Největší a nejznámější artéskou pánví na světě je Velká artéská pánev v Austrálii (Obrázek 12. <http://leccos.com/index.php/clanky/australie-,2>). Je to jediný zdroj sladké vody v celé Austrálii. Velká artéská pánev 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.water.nsw.gov.au/Water-management/Basins.../default.aspx). Velká artéská pánev celkem zaujímá asi 23% plochy celé Austrálie. Největší naměřené hloubky pánve se pohybují řádově asi kolem 3000 m (www.water.nsw.gov.au/Water-management/Basins.../default.aspx). Podle odhadů pánve obsahuje asi 64900 km³ vody (www.water.nsw.gov.au/Water-management/Basins.../default.aspx). 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 daly vzniknout této artéské 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 je rychlost proudění podzemní vody od jednoho až do pěti metrů za rok. Většina vody odtéká prameny především v jižní části pánve.

⁴ synklinála - ohyb horninových vrstev nebo souboru hornin do korytovitého prohnutí



Stáří podzemních vod se určuje pomocí metody ^{14}C ⁵ v kombinaci s hydraulickými modely. Řádově se stáří 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 za nejcennější obnovitelný zdroj. (upraveno podle www.environment.gov.au/water/locations/gab/index.html, Toman, 2004, Engineering and world water resources, 1963)



Obrázek č. 11 Pramen artéský

⁵ ^{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 ^{14}C v původně živých objektech.



Obrázek č .12 Vyznačení Velké artéžské 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 další horniny s vyšším obsahem karbonátů. 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 13. <http://cestovani.idnes.cz/>). Závrt je jedním z nejtypičtějšých krasových útvarů a zároveň slouží jako důkaz činnosti vody v krasové oblasti. Závrt je deprese neboli sníženina mísovitého tvaru. Místo kde se voda dostává do podzemí, chceme-li do podloží, nazýváme jako ponor (Obrázek 14. <http://www.geocaching.com>). Slovo ponor překvapivě nepochází z českého jazyka, ale ze srbštiny, kde znamená propast. 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 15. <http://vavrik.blog.cz/0608/polske-tatry-aj-den-druhy>).

(upraveno podle Demek 1988, Kullman, 1990, Hanzel 1984))

Pro příklad 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 $0,3-0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. 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 místními chataři využíváno asi pět objektů, jejichž celková vydatnost činí asi $1-2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. 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, který bych ráda zmínila, je Svatojanský krasový pramen. Tento pramen leží na katastrálním území obce Svatý Jan pod Skalou (Obrázek 16. <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 17. <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)



Obrázek č. 13 Závrt



Obrázek č. 14 Ponor



Obrázek č. 15 Vyvěračka



Obrázek č. 16 Svatý Jan pod Skalou



Obrázek č. 17 Pěnovcová jeskyně 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 18. <http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-hydrosfera.htm>). (upraveno podle Poehls, 2009)

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.

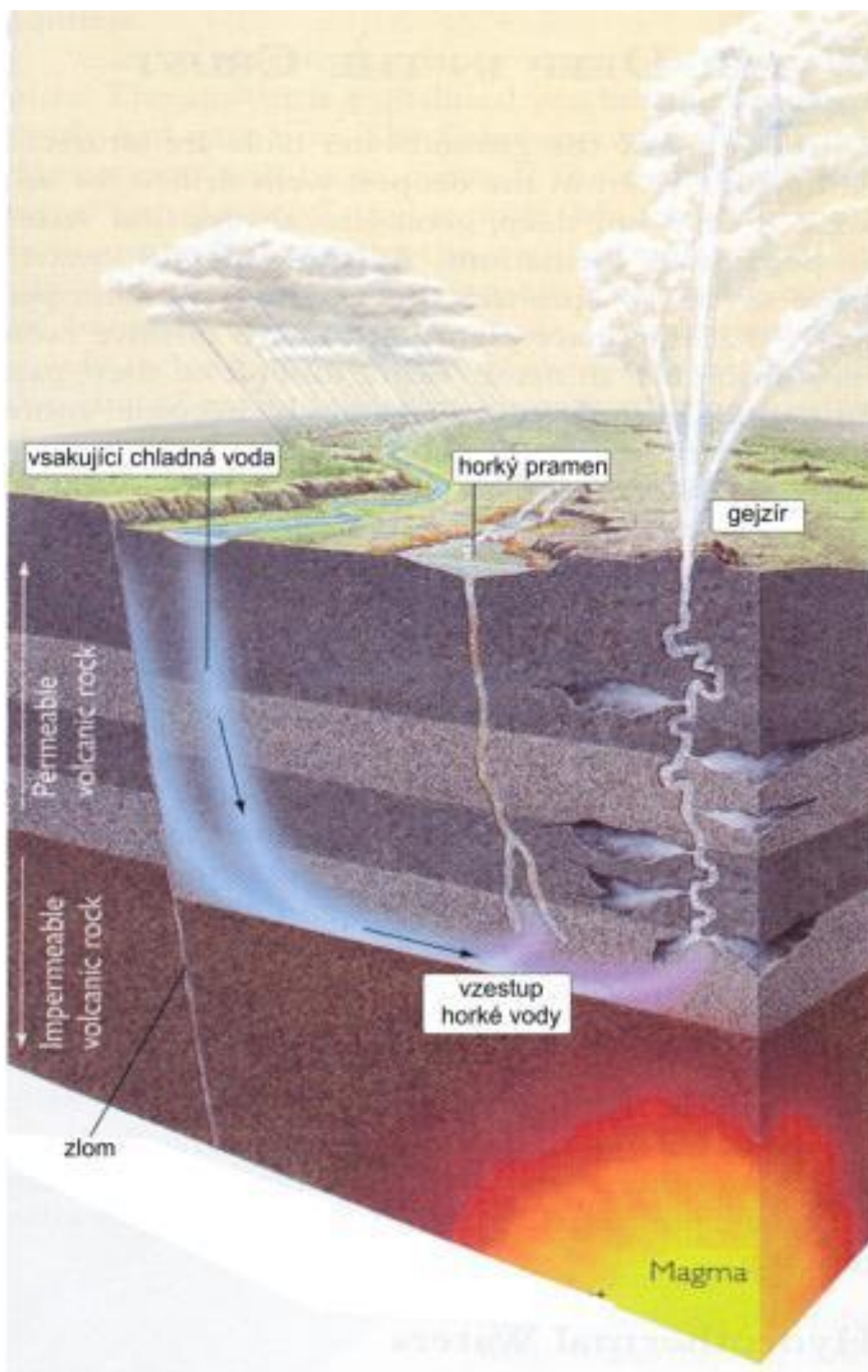
Vulkanické oblasti, místa kde se voda dostává do kontaktu s teplem aniž by při svém putování dosahovala velkých hloubek. Teplota termálních vod odpovídá hloubce oběhu vody. V místě, kde se setkává zvýšený tepelný tok z nitra Země se sestupným proudem vsáknuté vody, dochází k jejímu zahřívání. Dle znalosti 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 ochlazena množstvím studené vody, s níž se míchá. 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 geologicky mladých oblastech, např. terciálních pánvích. (upraveno podle Pokorná, Záborská, 2008)

V případě termálních vod často používáme pojem juvenilní voda⁶. Nastává tedy otázka, jaký podíl juvenilních vod je v termálních vodách. Pokud budeme chápat juvenilní

⁶ Juvenilní voda – voda vystupující z nitra Země



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 (Myslil 1999). Jen některé složky této vody můžeme označit jako juvenilní.



Obrázek č .18

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. Většinou jsou to jen mírně teplé prameny s teplotou méně než 50°C. 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 30l/s. Dělíme je na 2 skupiny – Malé prameny a skupina Vřídla (Obrázek 19. <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 vy 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 na 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. Je to radioaktivní prostá teplice s velmi nízkou mineralizací, ale s vysokou hodnotou radioaktivity (až 6,5 Bq⁷).

⁷ Bq – jednotka radioaktivity



Tato radioaktivní teplotice⁸ se zachycuje na 12. patře dole Svornost (Obrázek 20. <http://mineralogy.mypage.cz/>), v hloubce asi 600 metrů pod místním povrchem. A pak se odtud minerální a radioaktivní voda přečerpává dále do lázní. Tyto prameny mají celkem úzký okruh použití. Jsou to hlavně radonové koupele, které mají blahodárný 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 elevace⁹ mezi karlovarským žulovým masivem a ortorulovou klenbou. Teplotice se tvoří ve variském žulovém masivu oběhem v soustavě otevřených žulových puklin. Svou radioaktivitu získává teplotice z radioaktivních minerálů v pegmatitických a leukokrátických faciích žilných výplní puklin.

Posledními zmíněnými termálními prameny v této bakalářské práci budou Teplotice (v Čechách). Jde o prostou radioaktivní teplotici Horský pramen alkalického charakteru a Pravěídlo a Kamenolázeňský pramen, který je prostou akrototermou¹⁰. 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 teplotické linii jen Pravěídlo, které bylo doplněno jen o pár vrtů. Zřídelní struktura teplotických pramenů je úzce spjatá s teplotickým 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 teplotice - podzemní voda, která má zvýšenou teplotu

⁹ Elevace – pohyb vzhůru (výzdvih Krušných hor)

¹⁰ Akrototerma - prostá teplotice; podzemní voda, která má zvýšenou teplotu, ale svým složením a jinými vlastnostmi nespĺňuje jiná kritéria přijatá pro zařazení k minerálním vodám.



Obrázek č. 19 Vřídlo v Karlových Varech



Obrázek č. 20 Důl Svornost v Jáchymově



6.2 Gejíry

Gejzír je pramen, který je charakterizován časově 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. Gejíry jsou spjaté s vulkanicky aktivními oblastmi. Voda se dostává pomocí trhlin a prasklin do hloubek okolo 2000 metrů, kde 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 21. <http://kurz.geologie.sci.muni.cz/kapitola4.htm>). Tyto vodní erupce mohou dosahovat různých výšek. Ten největší aktivní gejzír je Steamboat Geyser v USA, jehož výška dosahuje až k 90 metrům (www.steamboat.com). 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. (upraveno podle Rinehart, 1980)

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 samy obsahují. Po vodních erupcích mají tyto minerální látky tendenci se srážet vlivem oxidace vody při styku s atmosférou. Z nich poté vznikají vápenaté vysrážené minerály v okolí gejzírů. Těmto vysráženým minerálním usazeninám říkáme sintry¹¹.

(Obrázek 22. <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 gejzíru, 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 jak se to již stalo u některých gejzírů na Islandu. (upraveno podle Kresic, 2008)

¹¹ sintr - je silně porézní bělavá hornina chemogenního původu, která vzniká vysrážením uhličitánu vápenatého z roztoků obsahujících rozpuštěný vápenc



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 nevyprázdí veškerá voda. (upraveno podle Rinehart 1980)

Gejzíry mají často své specifické barvy, které způsobují organizmy, nebo minerály, které se ve vodě nacházejí. Okolí gejzírů jsou teplé oblasti vhodné pro termofilní prokaryotické¹² organizmy. Žádný známý eukariotický¹³ organismus by nebyl schopen v tomto prostředí přežít. Termofilní organizmy jsou schopny přežívat i v teplotách, které dosahují až 75°C. Tyto organizmy, které jsou schopny přežívat 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 tento gejzír, a od té doby nepravidelně chrlí ze svého jícnu horkou vodu. Yellowstone je místo s největším výskytem gejzíru 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 Rinehart, 1980)

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 gradient¹⁴.

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

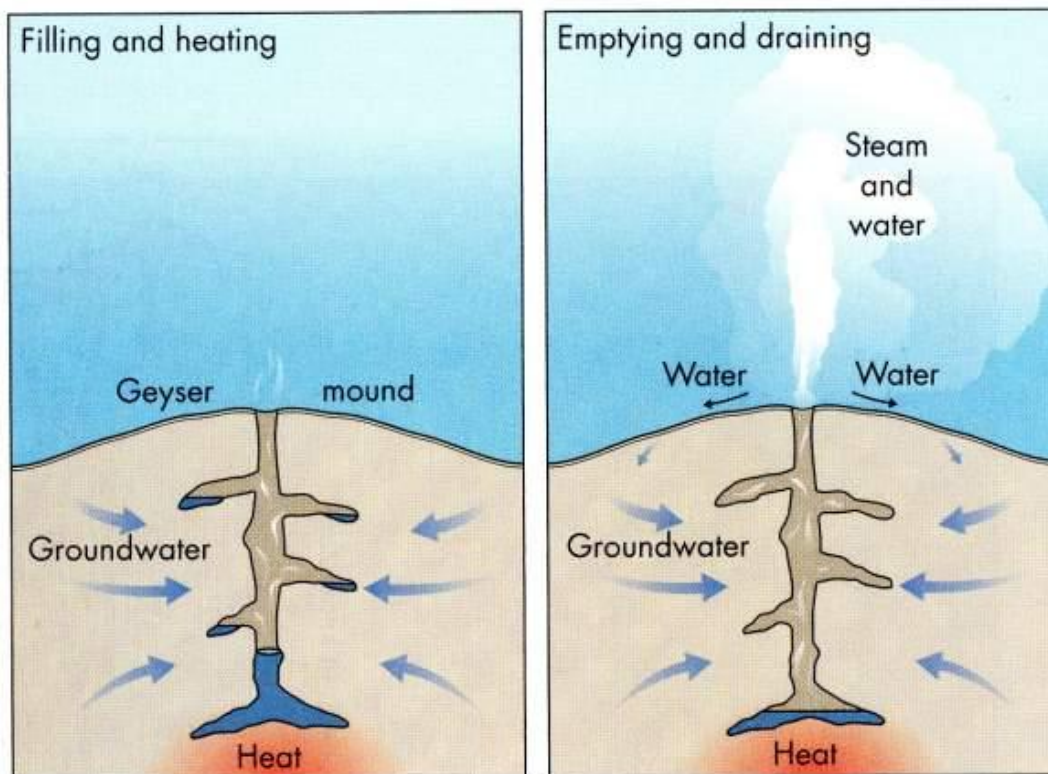
¹² prokaryotické - Prokaryota jsou vždy jednobuněčné organismy, nikdy netvoří funkčně a morfologicky diferencované tkáně

¹³ eukariotické - Eukaryotická buňka na rozdíl od prokaryotní obsahuje pravé buněčné jádro a množství dalších organel oddělených membránou od okolí

¹⁴ Geotermální gradient – změna teploty na jednotkovou vzdálenost



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.



Obrázek č. 21 Schéma vzniku gejzíru



Obrázek č. 22 Sintrové usazeniny okolo hrdla gejzíru Strokkur na Islandu



7. VYDATNOST PRAMENU

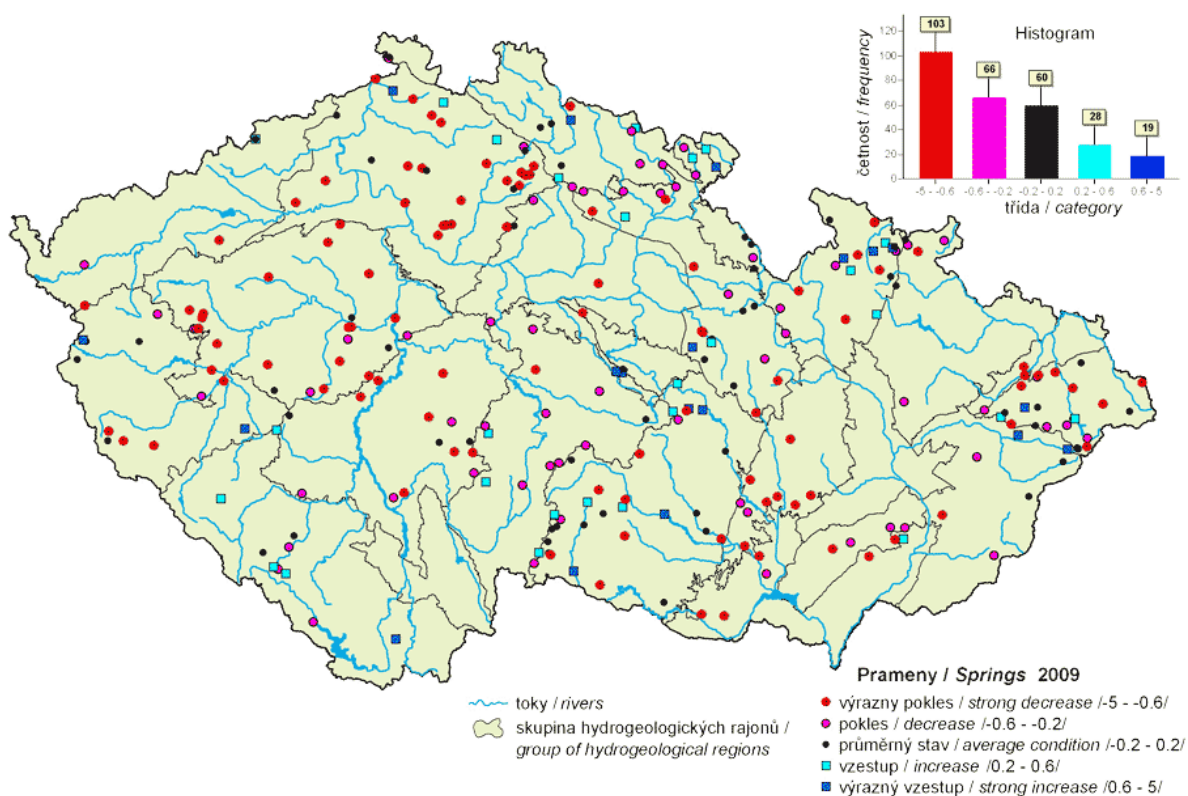
Jedna z charakterizujících vlastností pramenu je vydatnost. Vydatnost pramene není stálá, ale během roku se mění. Můžeme tedy hovořit o proměnlivosti vydatnosti pramene. Některé prameny se dokonce mohou během roku ztrácet. Vydatnost pramene můžeme charakterizovat jako množství vody vyvěrajících za sekundu. Samotný původ pramene ovlivňuje i jeho vydatnost. Prameny s hlubším oběhem podzemní vody jako například prameny výstupné a přelivné jsou vydatnější. Naopak 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 stálější. Kolísání vydatnosti pramene je v přímém vztahu ke kolísání hladiny podzemní vody. Hladina 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 závislosti na délce cesty proudění podzemní vody je kolísání vydatnosti zpožděné oproti průběhu srážek. Další příčinou rozkolísanosti vydatnosti je člověk. Umělé přehradní nádrže, jezera, meliorační práce¹⁵, změny reliéfu, umělé zavlažování. I to všechno může už tak narušený systém podzemních vod narušit ještě více. (upraveno podle Kříž, 1988, Bear, 1979)

Vydatnost pramene se 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 nepřímé, 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 Jandora 1970, Hamill, 2001, Neuwirth, 1996)

¹⁵ 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



Na Českém hydrometeorologickém úřadu funguje oddělení hydrologie. Toto oddělení sleduje mimo jiné i vydatnosti pramenů s dlouhodobými průměry, a porovnává je s ročními průměry hladin podzemních vod. Porovnání ročních průměrů hladin podzemních vod a vydatností pramenů s dlouhodobými průměry představuje základní roční charakteristiku režimu podzemních vod. Na obrázku 23 (<http://voda.chmi.cz/opzv/>) je zřejmý rozdíl mezi vydatnostmi v roce 2009 v porovnání s obdobím 1971-2000. (upraveno podle http://voda.chmi.cz/opzv/publikace/stav_a_rozvoj_pozorovani.htm)

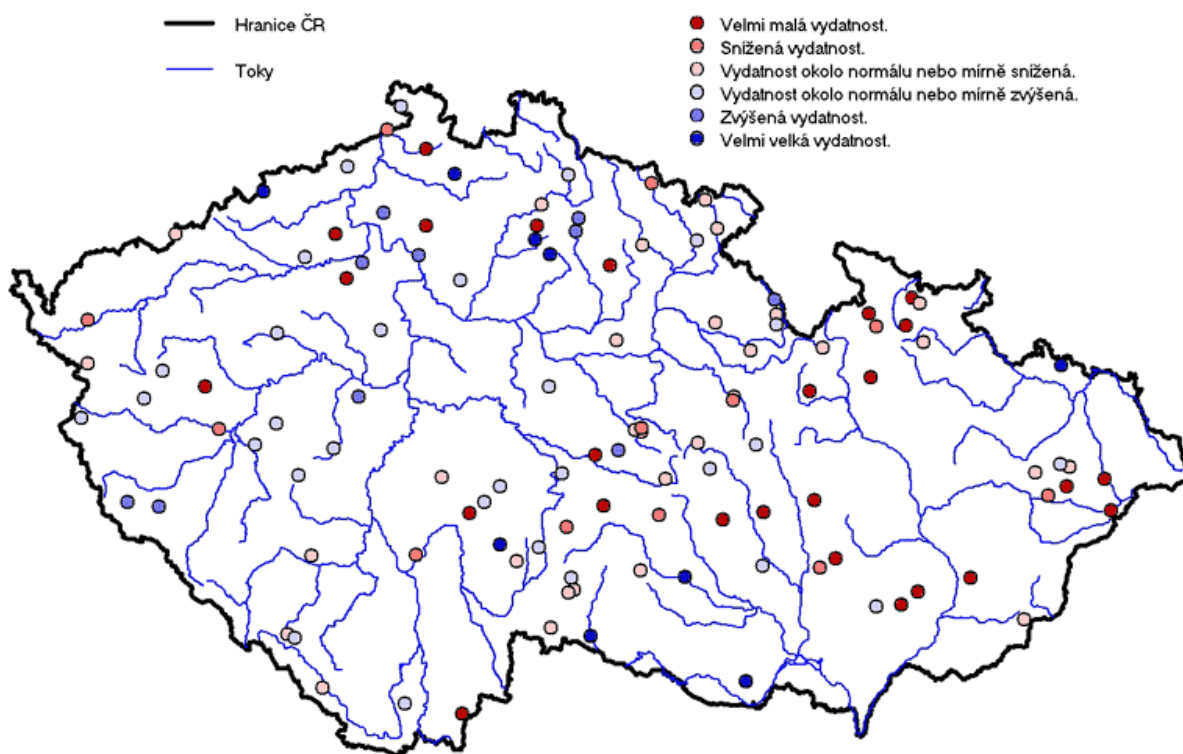


Obrázek č. 23 Normalizovaný rozdíl průměrné vydatnosti pramenů v roce 2009 a průměrné vydatnosti za období 1971 – 2000



Na obrázku 24 (<http://voda.chmi.cz/opzv/>) jsou zatím poslední data z měření vydatností pramenů z měsíce prosinec roku 2011.

Vydatnosti pramenů hodnocené podle pravděpodobnosti překročení pro měsíc: 12/2011



Obrázek 24 Mapa vydatnosti pramenů pro měsíc prosinec 2012



8. MĚLNICKO

Mělnická oblast náleží k centrální části Českému masivu. Ale z velké části je toto území tvořeno Českou křídovou pánví. Český Masiv se tvořil v období starohor, kdy území Středních Čech zaujímalou velkou částí rozsáhlé moře, jehož usazeniny se později přetvářely na fylitické břidlice. Na jižní části můžeme nalézt spility, které vznikly při podmořském výlevu bazických láv. Paleozoikum zde zanechalo také své stopy. Ty se ale nacházejí pouze v jižní části území v podobě prekambriických porfyrových žilných vyvřelin. 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 křídy. Nejmladší mesozoikum je spjato s hlavním formováním Mělnické oblasti. Dochází k poklesu zemské kůry a ke vzniku mořské inundace¹⁶. Mořské sedimenty se později zpevňují a vznikají slepence a jílovité pískovce. Právě na tyto jílovité pískovce turonského stáří jsou vázány velké zásoby podzemní vody, které nás na této oblasti zajímají. V období terciéru dochází k vyzdvižení Českého masivu. V této době ve sledované oblasti dochází k peneplenizaci povrchu¹⁷ a k následnému rozlámaní 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 České křídové pánve. Tyto podzemní vody se akumulovaly především v období křídy. Jsou vodárensky velmi využívány. Ve vrstvách cenomanu můžeme nalézt artéskou 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 pískovcích s proměnlivým podílem jílovité složky. Hladina podzemní vody se sklání od severu směrem k Labi, a je ovlivněna drenážní činností hlavních

¹⁶ Inundace - záplava, zátopa

¹⁷ Peneplenizace - zrovnávání výškového rozdílu v krajině



vodotečí v oblasti. Jedná se hlavně o tok říčky Pšovky, dále pak Košáteckého potoka a Liběchovky. V údolí říčky Liběchovky se nalézají oblast s názvem Boží voda, kde dříve ze země prýštil pramen, známý svými domnělými léčebnými účinky. Největším zdrojem pitné vody je Mělnická Vrutice, která je napojena na hlavní vodovodní systém a zásobuje pitnou vodou celé okolí až směrem ke Kladnu. (upraveno podle www.chmi.cz, www.geology.cz/rebilance/rajony)

8.1 Mělnická Vrutice

(upraveno podle <http://www.geology.cz/rebilance/rajony>)

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

Oblast Mělnické Vrutice spadá do hydrogeologického rajonu číslo 4522. Tj. Křída Liběchovky a Pšovky. Plocha tohoto hydrogeologického rajonu zaujímá 335,2 km². Hydrogeologická struktura v oblasti pravostranných přítoků Labe mezi Brandýsem nad Labem a Litoměřicemi je určena středohorským zlomem a osou maršovické antiklinály a oproti okolním rajonům omezením proudových systémů a ukončením v celkové drenážní bázi, kterou představuje tok Labe. Oběh podzemních vod je vázán na souvislé zvodnění vrstev pískovců a slepenců jizerského pásma středního turonu. Propustnost sedimentů je vesměs průlino-puklinová a vysoká. Vlivem specifických hydrografických podmínek se ve struktuře vytvořily dílčí celky podle relativně samostatných proudových systémů a odlišných drenážních bází. Jejich společnou vlastností je výskyt mimořádných vývěrů podzemní vody na Obrtce, Pšovce a Košáteckém potoce. Velký pramen Mělnická Vrutice, v současné době ovlivněný vodárenským využíváním, má dokumentovanou původní vydatnost 140–240 l/s.

Velký Pramen se nachází přímo v centrální části obce (Obrázek 25. 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). 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. (upraveno podle www.mestomseno.cz)

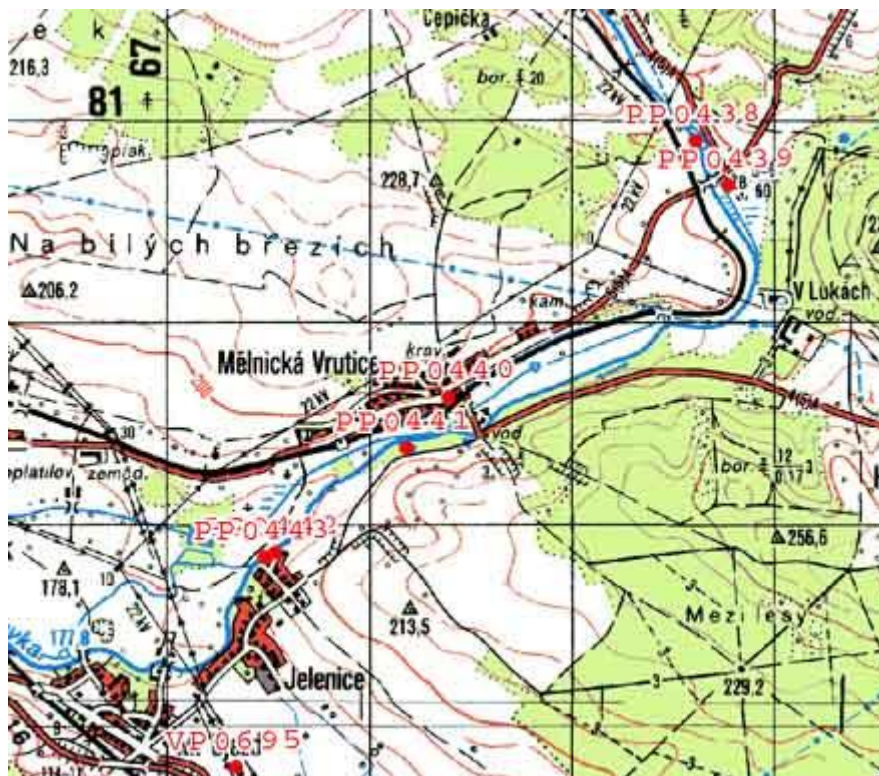


Obrázek č. 25 Velký pramen v centrální části Mělnické Vrutice (nyní vlivem odběrů bez vody)

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. Na obrázku č. 26 (<http://voda.chmi.cz/opzv/>) je mapa zájmového území Mělnická Vrutice. Na tomto obrázku je Velký pramen vyznačen jako PP0440. Dle údajů z Pozorovací sítě Českého hydrometeorologického úřadu je tento pramen v současné době evidován jako

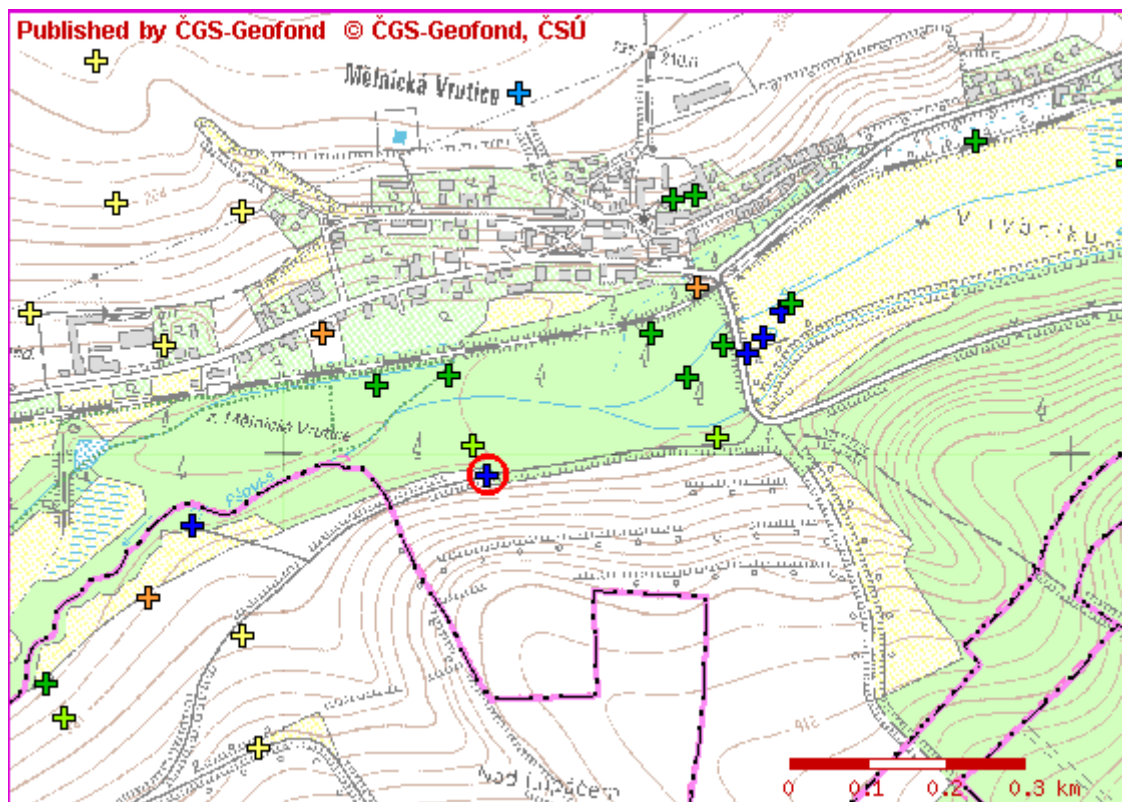


nepozorovaný. Druhý objekt na mapě značen jako PP0441 je pramen V olšinkách, v současné době též registrovaný jako nepozorovaný.



Obrázek č. 26 Topografická mapa s vyznačenými objekty

Pro bližší seznámení s vrtnou prozkoumaností zájmového území je vynikající aplikace Geofondu eEarth. V bezprostředním okolí obce Mělnická Vrutice je možno nalézt kolem 4 desítek vrtů (obrázek 27 <http://www.geofond.cz/mapsphere>). Nejhlubší vrty v okolí Mělnické Vrutice dosahují hloubek okolo 100 metrů. Ty nejměhlčí, kterých je více, mají hloubku okolo 25 m.



Obrázek č. 27

Vrtná prozkoumanost okolí Mělnické Vrutice

+	0 - 5 m	+	25 - 50 m
+	5 - 10 m	+	50 - 100 m
+	10 - 15 m	+	100 - 500 m
+	15 - 25 m	+	>500 m

Legenda k obrázku č. 27



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 tematicky 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 posloužily 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 byly 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. 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 práce splnila svůj účel. 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 POUŽITÉ LITERATURY

BISWAS, Asit K. Water resources: environmental planning, management, and development. New York: McGraw-Hill, c1997, x, 737 p. ISBN 00-700-5483-5.

BEAR Jacob. Hydraulics of groundwater, 1. ed.. -- New York : Osborne-McGraw-Hill, 1979.

CARRILLO-RIVERA, ORTEGA G., M. ADRIAN. Groundwater flow understanding: from local to regional scale. New York: Taylor, c2008, ix, 186 p. Hydrogeology (International Association of Hydrogeologists), v. 12. ISBN 04-154-3678-8.

CÍLEK, Václav. Voda v krajině: kniha o krajinných programech. Editor Jan Kender. Praha: Consult, 2004, 207 s. ISBN 80-902132-7-8.

DAVIS, Mackenzie L. Water. International ed. New York: Gardners Books, 2010. ISBN 978-007-1289-245.

DEMEK, Jaromír. Obecná geomorfologie. 1988.

Engineering and world water resources. -- 1. ed.. -- Princeton : Trustees of Princeton University, 1963. -- 103

HAMILL, Les. Understanding hydraulics. 3rd ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan. ISBN 978-023-0242-753.

HANZEL Vladimír. Puklinové a puklinovo-krasové vody a problémy ich ochrany: Zborník referátov z 8. Celoštátnej hydrogeologickej konferencie. Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra, 1984

HESTER, R a Roy M HARRISON. Sustainable water. Cambridge: Royal Society of Chemistry, c2011, xix, 169 p. Issues in environmental science and technology, 31. ISBN 18-497-3019-9.



FETTER, C. Applied hydrogeology. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001, xvii, 598 s. ISBN 0-13-088239-9.

HANZEL, Vladimír. Puklinové a puklinovo-krasové vody a problémy ich ochrany: Zborník referátov z 8. Celoštátnej hydrogeologickej konferencie. 1984.

JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. Hydraulika a hydrologie. Brno: CERM, 2011, 186 s. ISBN 978-80-7204-739-0.

KADLECOVÁ, Renáta, ŽÁK Karel, Krasové prameny Českého krasu. Český kras, 1998, č.24

KARAMOUZ, Mohammad, Azadeh AHMADI a Masih AKHBARI. Groundwater hydrology: engineering, planning, and management. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011, xxvi, 649 p. ISBN 14-398-3756-2.

KAZDA, Ivo. Proudění podzemní vody: řešení metodou konečných prvků. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1983, 230 s. ISBN 04-704-83.

KÖSSL, Stanislav. Základy fyzické geografie: (přehled hydrogeografie). Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, 1999. ISBN 80-704-0348-9.

KRESIC, Neven. Groundwater resources: sustainability, management, and restoration. New York: McGraw-Hill, c2009, xii, 852 p. ISBN 978-007-1492-737.

KŘÍŽ, Vladislav. Hydrometrie. 1. vyd. Praha: VÚV, 1977, 107 s. ISBN 14-512-88.

KULLMANN Eugen. Krasovo-puklinové vody. Bratislava: Geologický ústav Dionýza Štúra, 1990.

LIKENS E. Gene. Encyklopedia of inland waters. Oxford: Academic Press, 2009
ISBN 978-0-12-088462-9



LINSLEY, Ray K a Joseph B FRANZINI. Water-resources engineering. 3d ed. New York: McGraw-Hill, c1979, xii, 716 p. ISBN 00-703-7965-3.

MAYS, Larry W. Water resources engineering. 1st ed. New York: Wiley, c2001, xv, 761 p. ISBN 04-712-9783-6.

MYSLIL, Vlastimil. Voda, země, život. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1999, 85 s., 11 s. obr. příl. ISBN 80-721-2072-7.

NELSON, Vaughn. Introduction to renewable energy. Boca Raton, FL: CRC Press, c2011, xxiii, 384 p. Energy and the environment (Boca Raton, Fla.). ISBN 14-398-3449-0.

NEUWIRTH, Alois. Úvod do vodního hospodářství. 1. vyd. Ostrava: VŠB, 1996, 171 s. ISBN 80-707-8317-6.

POEHLS, D a Gregory J SMITH. Encyclopedic dictionary of hydrogeology. 1st ed. Boston: Academic Press/Elsevier, 2009, vii, 517 s. ISBN 978-012-5586-900.

POKORNÁ, Dana a Jana ZÁBRANSKÁ. Hydrologie a hydrogeologie. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2008, 218 s. ISBN 978-80-7080-707-1.

RINEHART, John Sargent. Geysers and geothermal energy. New York: Springer-Verlag, c1980, xvi, 223 p. ISBN 03-879-0489-1.

RUSHTON, K. Groundwater hydrology: conceptual and computational models. Chichester: Willey, c2003, xiv, 416 s. ISBN 04-708-5004-3.

SANDERS, Laura L. A manual of field hydrogeology. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c1998, xiii, 381 p. ISBN 01-322-7927-4.



ŠRÁČEK, Ondřej a Tomáš KUCHOVSKÝ. Základy hydrogeologie. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2003, 177 s., [9] s. slovníček. ISBN 80-210-3146-8.

TODD, David Keith a Larry w MAYS. Groundwater hydrology. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2005, xvii, 636 p. ISBN 04-710-5937-4.

TOURKOVÁ, Jana. Hydrogeologie. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1999, 165 s. ISBN 80-010-1501-7
WALTON WILLIAM C. Groundwater resource evaluation / -- New York : McGraw-Hill, 1970. -- vi, 664 s., lit.

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.environment.gov.au/water/locations/gab/index.html



11. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek 1 Pramen Labe
- Obrázek 2 Pramen Vltavy
- Obrázek 3 Prameny Ozarsk ve státě Missouri v USA
- Obrázek 4 Hydrogeologická rajonizace v.2005, používaná pro režimové zpracování podzemních vod od roku 2007
- Obrázek 5 Současný stav pozorovací sítě ČHMI
- Obrázek 6 Navrhovaný stav pozorovací sítě ČHMI
- Obrázek 7 Suťový pramen
- Obrázek 8 Pramen výstupný vrstevný
- Obrázek 9 Pramen výstupný vrstevný
- Obrázek 10 Pramen přelivný
- Obrázek 11 Pramen artéský
- Obrázek 12 Vyznačení Velké artéské pánve
- Obrázek 13 Závrt
- Obrázek 14 Ponor
- Obrázek 15 Vyvěračka
- Obrázek 16 Svatý Jan pod Skalou
- Obrázek 17 Pěnovcová jeskyně ve Svatém Janu pod Skalou
- Obrázek 18 Schéma vzniku horkých pramenů
- Obrázek 19 Vřídlo v Karlových Varech
- Obrázek 20 Důl Svornost v Jáchymově
- Obrázek 21 Schéma vzniku gejzíru
- Obrázek 22 Sintrové usazeniny okolo hrdla gejzíru Strokkur na Islandu
- Obrázek 23 Normalizovaný rozdíl průměrné vydatnosti pramenů v roce 2009 a průměrné vydatnosti za období 1971 – 2000

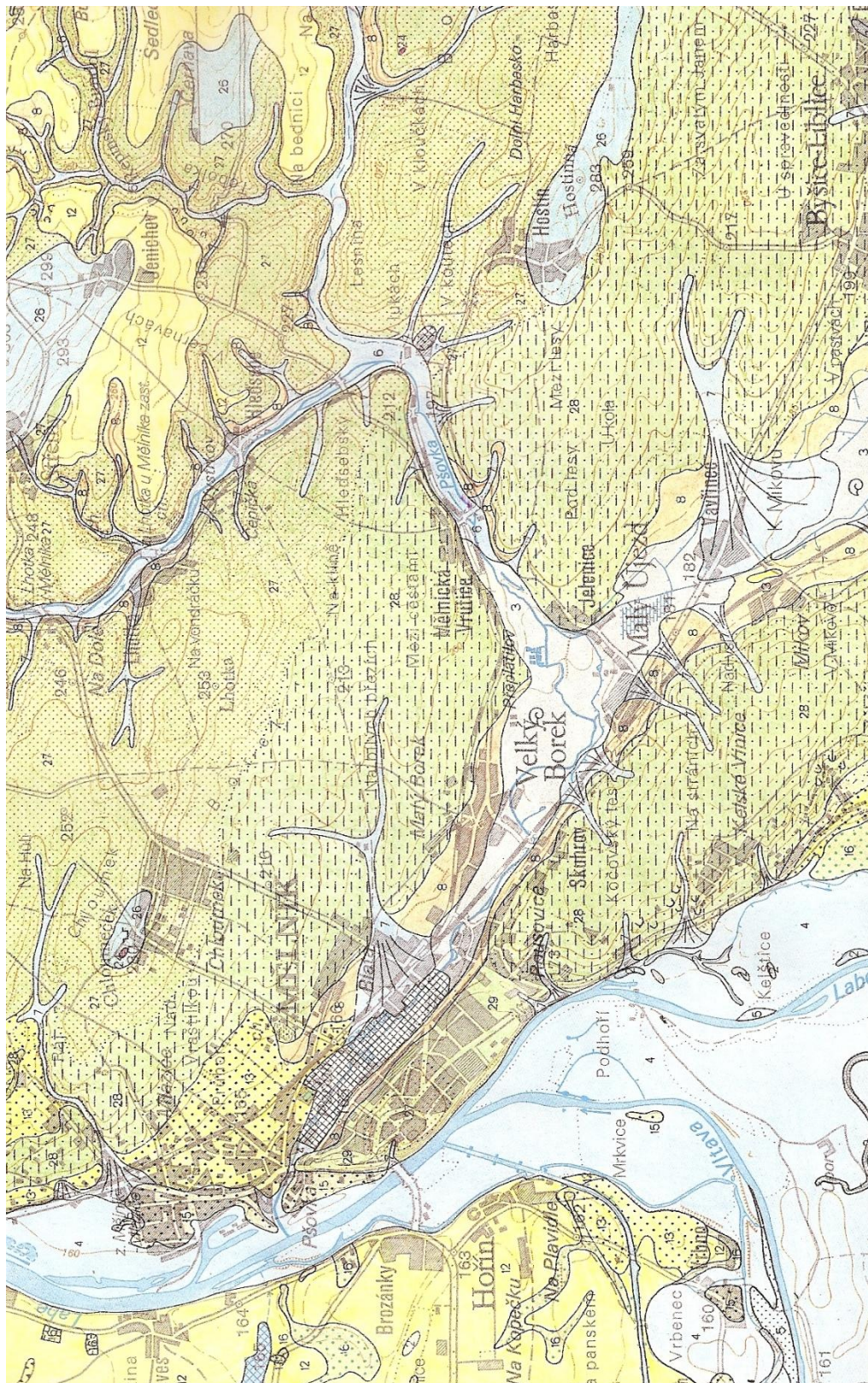


- Obrázek 24 Mapa vydatnosti pramenů pro měsíc prosinec 2012
- Obrázek 25 Velký pramen v centrální části Mělnické Vrutice (nyní vlivem odběrů bez vody)
- Obrázek 26 Topografická mapa s vyznačenými objekty
- Obrázek 27 Vrtná prozkoumanost okolí Mělnické Vrutice + legenda k obrázku č. 28



12. PŘÍLOHA A

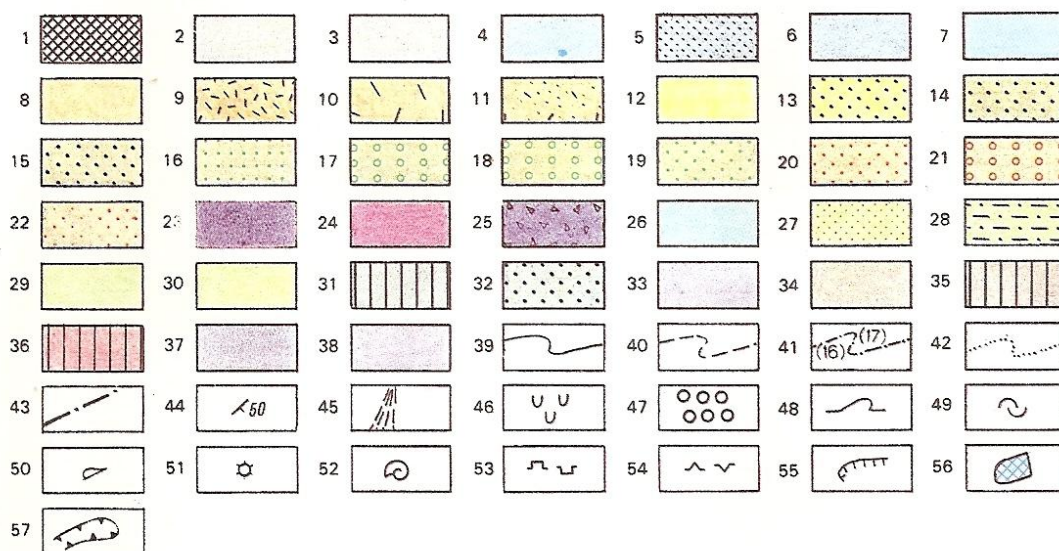
Mapový podklad – geologická mapa zájmové oblasti Mělnicko





12.1 Příloha A.a

Legenda k příloze A



KVARTÉR-holocén: 1 - antropogenní uloženiny (navážky); 2 - hnilokaly; 3 - slatiny, karbonátové slatiny, slatinné zeminy; 4 - fluvální hlíny až písčité hlíny; 5 - fluvální hlinité písky až písky; 6 - fluvální hlíny, písky a písčité štěrky nerozlišené; 7 - deluviofluvální převážně písčito-hlinité sedimenty;

holocén-pleistocén: 8 - deluviální převážně hlinitopísčité sedimenty; 9 - deluviální hlinitokamenité sedimenty;

pleistocén: 10 - deluviální převážně soliflukční kamenité, jílovito-hlinité sedimenty; 11 - eolicko deluviální hlinité písky až písčité hlíny; 12 - spraše a sprašové hlíny; 13 - naváté písky; 14 - fluvální štěrkovité písky svrchního pleistocénu (würm 2); 15 - fluvální štěrkovité písky svrchního pleistocénu (würm 1); 16 - fluvální štěrkovité písky středního pleistocénu (riss 1); 17 - fluvální písčité štěrky středního pleistocénu (riss 2); 18 - fluvální písčité štěrky středního pleistocénu (mindel 2); 19 - fluvální štěrkovité písky středního pleistocénu (mindel 1); 20 - fluvální a fluválně lakustrinní štěrky, písky a jíly spodního pleistocénu (günz 2); 21 - fluvální písčité štěrky spodního pleistocénu (günz 1); 22 - fluvální a fluválně lakustrinní štěrkovité písky spodního pleistocénu (donau);

TERCIÉR: 23 - olivinitický nefelinit; 24 - nefelinit s olivínem, sodalitický nefelinitický analcimit; 25 - subvulkanická brekcie bazaltické horniny;

MEZOZOIKUM - křída: 26 - teplické a březenské souvrství (svrchní turon-coniak) - vápnité jílovce, slínovce a prachovce s polohami silicifikovaných vápenců; 27 - jizerské souvrství (stř. turon) - pískovce převážně kvádrové; 28 - jizerské souvrství (střední turon) - prachovce a jemnozrné pískovce s polohami jílovitých vápenců; 29 - jizerské souvrství (střední turon) - vápnité jílovce, slínovce, prachovce s polohami jílovitých vápenců; 30 - bělohorské souvrství (spodní turon) - vápnité jílovce, slínovce a prachovce; 31 - korycanské vrstvy (svrchní cenoman) - vápence; 32 - korycanské vrstvy (svrchní cenoman) - pískovce.

PROTEROZOIKUM-PALEOZOIKUM - Neratovické těleso granitizovaných metabazaltů: 33 - granitizovaný metabazalt;

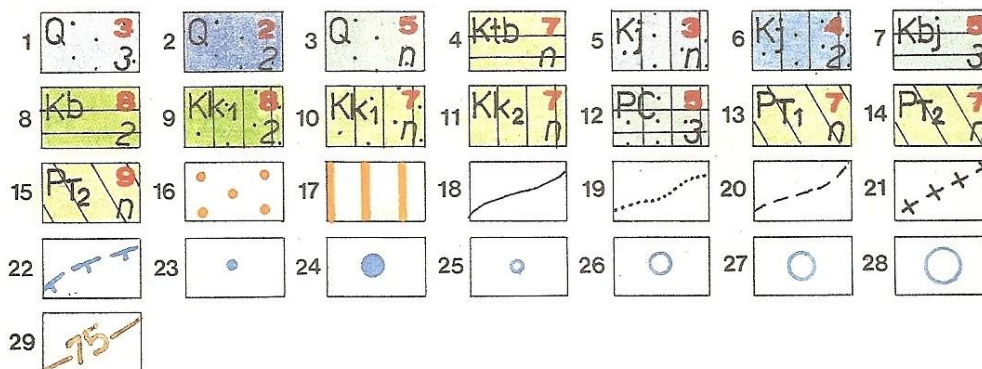
MLADŠÍ PROTEROZOIKUM - kralupsko-zbraslavská skupina: 34 - slabě metamorfované droby; 35 - střídání drob a břidlic s převahou drob; 36 - střídání břidlic a drob s převahou břidlic; 37 - silicity; 38 - slabě metamorfovaný metabazalt;

39 - zjištěná hranice stratigrafických jednotek a hornin; 40 - pravděpodobná, přesně nezjištěná hranice stratigrafických jednotek a hornin; 41 - podpovrchová hranice jednotlivých úrovní fluválních sedimentů, čísla v závorkách odpovídají číslům těchto úrovní v legendě; 42 - litologický a petrografický přechod hornin; 43 - předpokládaný zlom, zakrytý mladšími útvarmi; 44 - vrstevnatost; 45 - výplavové kužely; 46 - sesuvy a sesuvná území; 47 - roztroušené valouny; 48 - přesypy; 49 - mrazové proviření; 50 - soliflukce; 51 - reziduální silicity; 52 - fosilní malakofauna; 53 - lom v provozu; opuštěný; 54 - pískovna v provozu; opuštěná; 55 - vytěžený prostor; 56 - těžba z vody; 57 - suché koryto.



13.1 Příloha B.b

Legenda k příloze B



TYP KOLEKTORU A JEHO KVANTITATIVNÍ CHARAKTERISTIKA: Na mapě jsou vyjádřeny typy kolektorů a jejich kvantitativní charakteristiky. U zvodněného kolektoru je tato charakteristika vyjádřena barvou vyplývající z odhadnuté nebo zjištěné průměrné hodnoty koeficientu transmisivity T ($m^2 \cdot s^{-1}$). Intenzita barvy vyjadřuje variabilitu transmisivity kolektoru (plošnou filtrační nehomogenitu) a řídí se hodnotou směrodatné odchylky indexu transmisivity s_y . Hodnota s_y je vyjádřena černými číselnými indexy 1 - 4 nebo indexem n (s_y nelze stanovit). Nejintenzivnější barvy na mapě, s indexem 1 nebo 2 zobrazují kolektor s nejnižší variabilitou transmisivity t.j. s relativně nejnižší nehomogenitou. Pro snazší rozlišení barev a lepší čitelnost mapy a legendy jsou užitá červená čísla 1 - 12, z nichž sudá čísla označují intenzivnější barvy příslušného odstínu. Stratigrafická příslušnost kolektoru je v mapě vyjádřena zjednodušenými indexy, které označují převládající typy hornin. Kvalita podzemní vody příslušného kolektoru je vyjádřena v kategoriích jakosti I až III ve smyslu ČSN 83 0611 a využití podzemní vody k pitným účelům; 1 - průlinový kolektor kvartérních fluviálních písků, hlinitých písků místy i štěrků (holocén) a písčitých štěrků teras Labe a Vltavy (pleistocén), (Q), T $4,8 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-2} m^2 \cdot s^{-1}$, $s_y = 0,7$ (variabilita transmisivity vyznačena indexem 3, odstín barvy červeným indexem 3); 2 - dtto, T $1,6 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2} m^2 \cdot s^{-1}$, $s_y = 0,1$ (variabilita transmisivity vyznačena indexem 2, odstín barvy červeným indexem 2); 3 - dtto, menší plošný rozsah i mocnost, T $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 5); 4 - regionální izolátor teplického a březenského souvrství (svrch. turon - coniak, Ktb), kde jako kolektor funguje pouze připovrchová zóna; vápnité jílovce, slínovce, prachovce; T připovrchové zóny $1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit ani odhadnout (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 5); 5 - puklinovo-průlinový kolektor jizerského souvrství (stř. turon, Kj); pískovce, převážně kvádrové: T $1 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 3); 6 - dtto v Řepinském údolí: T $9,7 \cdot 10^{-4} - 6,3 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot s^{-1}$, $s_y = 0,4$ (variabilita transmisivity vyznačena indexem 2, odstín barvy červeným indexem 4); 7 - regionální izolátor spodní části jizerského souvrství (stř. turon) a bělohorského souvrství (spodní turon, Kbj), kde jako kolektor funguje pouze připovrchová zóna; prachovce, jílovité vápence, jílovce, slínovce; T připovrchové zóny $5 \cdot 10^{-5} - 1,3 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot s^{-1}$, $s_y = 0,7$ (variabilita transmisivity vyznačena indexem 3, odstín barvy červeným indexem 5); 8 - regionální izolátor bělohorského souvrství (spodní turon, Kb), kde jako kolektor funguje pouze připovrchová zóna; vápnité jílovce, slínovce, prachovce; T připovrchové zóny $2,8 \cdot 10^{-5} - 1,4 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot s^{-1}$, $s_y = 0,36$ (variabilita transmisivity vyznačena indexem 2, odstín barvy červeným indexem 8); 9 - puklinovo-průlinový kolektor korycanských vrstev (svrchní cenoman, Kk₁), jz. okraj listu, pískovce, T $4,2 \cdot 10^{-5} - 2,3 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot s^{-1}$, $s_y = 0,37$ (variabilita transmisivity vyznačena indexem 2, odstín barvy červeným indexem 8); 10 - dtto, překrytý turonským izolátorem v hlubších částech pánve; T $1 \cdot 10^{-5} - 1,1 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 7); 11 - puklinový kolektor korycanských vrstev svrchní cenoman, Kk₂); vápence: T $1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 7); 12 - nepravidelné střídání puklinovo-průlinových kolektorů a izolátorů permokarbonu (PC); pískovce, slepence, arkózy, jílovce: T $5,4 \cdot 10^{-5} - 1,2 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot s^{-1}$, $s_y = 0,7$ (variabilita transmisivity vyznačena indexem 3, odstín barvy červeným indexem 5); 13 - puklinový kolektor připovrchové zóny amfibol pyroxenického dioritu proterozoického stáří (Pt₁): T $1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 7); 14 - dtto, střídání drob a břidlic (Pt₂): T $1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 7); 15 - dtto, T $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5} m^2 \cdot s^{-1}$, s_y není možno stanovit (variabilita transmisivity vyznačena indexem n , odstín barvy červeným indexem 9).

KVALITA PODZEMNÍ VODY Z HLEDISKA VYUŽITELNOSTI PRO ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU: Území s málo vyhovující nebo nevyhovující kvalitou vody (ve smyslu ČSN 83 0611) jsou vyznačena pětiskem výrazné oranžové šrafy. Území vod I. kategorie s vyhovující kvalitou podzemní vody, která kromě desinfekce a mechanického odkyselení nevyžaduje úpravu se vyskytuje v Řepinském údolí. Hlavní kritérii pro vyčlenění území s vodami II. a III. kategorie jsou tyto koncentrace rozhodujících složek:
II. kategorie: Ca + Mg méně než $1 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ nebo $3,5 - 9 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$, Fe $0,3 - 30 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, NH_4 více než $0,1 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, NO_3 $15 - 50 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, Mn $0,1 - 10 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, NO_2 více než $0,1 \text{ mg} \cdot l^{-1}$;
III. kategorie: Ca + Mg více než $9 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$, Fe více než $30 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, NO_3 více než $50 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, celková mineralizace více než $1 \text{ g} \cdot l^{-1}$, NO_3 více než $50 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, celková mineralizace více než $1 \text{ g} \cdot l^{-1}$,
Tam, kde je zařazení do horší kategorie podmíněno pouze jediným z uvedených kritérií, je v daném území uveden i zkrácený symbol kritické složky, Fe pro Fe + Mn, M pro mineralizaci, N pro dusičnany, vše oranžovým písmem;
16 - vody vyžadující složitější úpravu (vody II. kategorie); 17 - vody málo vhodné nebo nevhodné (vody III. kategorie).



HRANICE ZVODNĚNÝCH KOLEKTORŮ A ZVODNĚNÝCH SYSTÉMŮ: 18 - hranice zvodněného kolektoru nebo zvodněného systému bez vyjádření okrajových podmínek; 19 - rozhraní mezi plochami o různé průtočnosti nebo o různém stupni variability průtočnosti; 20 - hranice geologické jednotky uvnitř jednoho typu kolektoru; 21 - hlavní rozvodnice podzemní vody v první zvodni; 22 - linie přechodu volné zvodně do napjaté (směr proudění do napjaté části).

PRAMENNÍ VÝVĚRY (rozišení podle průměrné vydatnosti v $l \cdot s^{-1}$): 23 - pramen s vydatností do 0,1; 24 - pramen s vydatností 1 - 10;

UMĚLÉ HYDROGEOLOGICKY VÝZNAMNÉ OBJEKTY: hydrogeologický vrt, z něhož se odebírá voda; rozlišení vrtu podle jednotkové specifické vydatnosti q ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$): 25 - q do 0,1; 26 - q 0,1 - 1; 27 - q 1 - 10; 28 - q více jak 10; Vybrané vrtu jsou označeny vlevo pořadovým číslem a jejich údaje jsou náplní přehledné tabulky.

STRUKTURNĚ TEKTONICKÉ PRVKY: 29 - izolacie podloží křídové pánve;

ZNÁZORNĚNÍ SUPERPOZICE KOLEKTORU: A - regionální izolátor bělohorského souvrství nad bazálním kolektorem korycanských vrstev; B - kvartérní kolektor teras Labe a Vltavy oddělený od bazálního křídového regionálním izolátorem bělohorského souvrství; C - puklinovo-průlinový kolektor jizerských vrstev, překrytý izolátorem teplických a březenských vrstev a od bazálního kolektoru oddělený regionální izolátorem bělohorského souvrství.



14. PŘÍLOHA C

Vysvětlivky pro obrázek č.4 – Hydrologická rajonizace

Číslo	Název rajonu	Plocha [km ²]
1	Rajony v kvartérních a propojených kvartérních a neogenních sedimentech	
1110	Kvartér Orlice	295
1121	Kvartér Labe po Hradec Králové	146
1122	Kvartér Labe po Pardubice	128
1130	Kvartér Loučné a Chrudimky	182
1140	Kvartér Labe po Týnec	147
1151	Kvartér Labe po Kolín	88
1152	Kvartér Labe po Nymburk	239
1160	Kvartér Urbanické brány	105
1171	Kvartér Labe po Jizeru	89
1172	Kvartér Labe po Vltavu	294
1180	Kvartér Labe po Lovosice	58
1190	Kvartér a neogén odravské části Chebské pánve	127
1211	Kvartér Lužnice	27
1212	Kvartér Nežárky	33
1230	Kvartér Otavy a Blanice	95
1310	Kvartér Úhlavy	26
1320	Kvartér Radbuzy	12
1330	Kvartér Mže	17
1410	Kvartér Liberecké kotliny	21
1420	Kvartér a miocén Žitavské pánve	21
1430	Kvartér Frýdlantského výběžku	172
1510	Kvartér Odry	263
1520	Kvartér Opavy	125
1550	Kvartér Opavské pahorkatiny	302
1610	Kvartér Horní Moravy	92
1621	Pliopleistocén Hornomoravského úvalu	
	- severní část	357
1622	Pliopleistocén Hornomoravského úvalu - jižní část	289
1623	Pliopleistocén Blaty	100
1624	Kvartér Valové, Romže a Hané	84
1631	Kvartér Horní Bečvy	52
1632	Kvartér Dolní Bečvy	53
1641	Kvartér Dyje	167
1642	Kvartér Jevišovky	102



1643	Kvartér Svratky	152
1644	Kvartér Jihlavy	51
1651	Kvartér Dolnomoravského úvalu	168
1652	Kvartér soutokové oblasti Moravy a Dyje	217
2	Rajony v terciérních a křídových sedimentech pánví	
2110	Chebská pánev	329
2120	Sokolovská pánev	302
2131	Mostecká pánev - severní část	542
2132	Mostecká pánev - jižní část	488
2140	Třeboňská pánev - jižní část	551
2151	Třeboňská pánev - severní část	260
2152	Třeboňská pánev - střední část	202
2160	Budějovická pánev	449
2211	Bečevská brána	169
2212	Oderská brána	307
2220	Hornomoravský úval	1 257
2230	Vyškovská brána	734
2241	Dyjsko-svratecký úval	1 461
2242	Kuřimská kotlina	80
2250	Dolnomoravský úval	1 417
2261	Ostravská pánev - ostravská část	250
2262	Ostravská pánev - karvinská část	139
3	Rajony v sedimentech paleogénu a křídý Karpatské soustavy	
3110	Pavlovské vrchy a okolí	62
3211	Flyš v povodí Olše	515
3212	Flyš v povodí Ostravice	700
3213	Flyš v mezipovodí Odry	555
3221	Flyš v povodí Bečvy	1 292
3222	Flyš v povodí Moravy	1 682
3223	Flyš v povodí Váhu - severní část	288
3224	Flyš v povodí Váhu - jižní část	140
3230	Středomoravské Karpaty	1 174
4	Rajony v sedimentech svrchní křídý	
4110	Polická pánev	214
4110	Polická pánev	214
4210	Hronovsko-poříčská křída	40
4221	Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje	253
4222	Podorlická křída v povodí Orlice	434



4231	Ústecká synklinála v povodí Orlice	176
4231	Ústecká synklinála v povodí Orlice	176
4232	Ústecká synklinála v povodí Svitavy	358
4232	Ústecká synklinála v povodí Svitavy	358
4240	Královédvorská synklinála	145
4250	Hořicko-miletínská křída	435
4261	Kyšperská synklinála v povodí Orlice	171
4262	Kyšperská synklinála - jižní část	236
4270	Vysokomýtská synklinála	800
4270	Vysokomýtská synklinála	800
4270	Vysokomýtská synklinála	800
4280	Velkoopatovická křída	50
4280	Velkoopatovická křída	50
4291	Králický prolom - severní část	61
4292	Králický prolom - jižní část	45
4310	Chrudimská křída	596
4310	Chrudimská křída	596
4320	Dlouhá mez - jižní část	66
4330	Dlouhá mez - severní část	60
4340	Čáslavská křída	276
4340	Čáslavská křída	276
4350	Velimská křída	279
4350	Velimská křída	279
4360	Labská křída	2 846
4360	Labská křída	2 846
4410	Jizerská křída pravobřežní	685
4420	Jizerský coniak	152
4430	Jizerská křída levobřežní	899
4430	Jizerská křída levobřežní	899
4510	Křída severně od Prahy	603
4510	Křída severně od Prahy	603
4521	Křída Košáteckého potoka	338
4522	Křída Liběchovky a Pšovky	335
4523	Křída Obrtky a Úštěckého potoka	309
4530	Roudnická křída	406
4540	Ohárecká křída	476
4550	Holedeč	28
4611	Křída Dolního Labe po Děčín - levý břeh, jižní část	280
4612	Křída Dolního Labe po Děčín - levý břeh, severní část	332
4612	Křída Dolního Labe po Děčín - levý břeh, severní část	332
4620	Křída Dolního Labe po Děčín - pravý břeh	290



4620	Křída Dolního Labe po Děčín - pravý břeh	290
4630	Děčínský Sněžník	98
4630	Děčínský Sněžník	98
4640	Křída Horní Ploučnice	833
4640	Křída Horní Ploučnice	833
4650	Křída Dolní Ploučnice a Horní Kamenice	481
4650	Křída Dolní Ploučnice a Horní Kamenice	481
4660	Křída Dolní Kamenice a Křinice	180
4660	Křída Dolní Kamenice a Křinice	180
4710	Bazální křídový kolektor na Jizeře	1 882
4720	Bazální křídový kolektor od Hamru po Labe	1 340
4730	Bazální křídový kolektor v benešovské synklinále	949
5	Rajony v sedimentech permokarbonu	
5110	Plzeňská pánev	467
5120	Manětínská pánev	226
5131	Rakovnická pánev	930
5132	Žihelská pánev	100
5140	Kladenská pánev	569
5151	Podkrkonošský permokarbon	863
5152	Náchodský perm	60
5161	Dolnoslezská pánev - západní část	147
5162	Dolnoslezská pánev - východní část	171
5211	Poorlický perm - severní část	72
5212	Poorlický perm - jižní část	210
5221	Boskovická brázda - severní část	323
5222	Boskovická brázda - jižní část	129
6	Rajony v horninách krystalinika, proterozoika a paleozoika	
6111	Krystalinikum Smrčín a západní části Krušných hor	694
6112	Krystalinikum Slavkovského lesa	530
6120	Krystalinikum v mezípodolí Ohře po Kadaň	991
6131	Krystalinikum Krušných hor od Chomutovky po Moldavu	457
6132	Krystalinikum východní části Krušných hor	101
6133	Teplický ryolit	134
6211	Krystalinikum Českého lesa v povodí Kateřinského potoka	200
6212	Krystalinikum v povodí Mže po Stříbro a Radbuzy po Staňkov	1 821
6213	Krystalinikum Českého lesa v povodí Schwarzach	208
6221	Krystalinikum v mezípodolí Mže pod Stříbrem	752
6222	Krystalinikum a proterozoikum v povodí Úhlavy a dolního toku Radbuzy	1 278
6230	Krystalinikum, proterozoikum a paleozoikum v povodí Berounky	2 863



6240	Svrchní silur a devon Barrandienu	259
6250	Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy	1 182
6310	Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy	5 860
6320	Krystalinikum v povodí Střední Vltavy	5 727
6411	Krystalinikum Šluknovské pahorkatiny	189
6412	Krystalinikum Lužických hor	94
6413	Krystalinikum Jizerských hor v povodí Lužické Nisy	702
6414	Krystalinikum Krkonoš a Jizerských hor v povodí Jizery	900
6420	Krystalinikum Orlických hor	567
6431	Krystalinikum severní části Východních Sudet	923
6432	Krystalinikum jižní části Východních Sudet	1 423
6510	Krystalinikum v povodí Lužnice	1 534
6520	Krystalinikum v povodí Sázavy	2 677
6531	Kutnohorské krystalinikum	817
6532	Krystalinikum Železných hor	726
6540	Krystalinikum v povodí Dyje	1 823
6550	Krystalinikum v povodí Jihlavy	2 569
6560	Krystalinikum v povodí Svatky	1 608
6570	Krystalinikum brněnské jednotky	501
6611	Kulm Nízkého Jeseníku v povodí Odry	2 866
6612	Kulm Nízkého Jeseníku v povodí Moravy	791
6620	Kulm Dražanské vrchoviny	1 216
6630	Moravský kras	89
6640	Mladečský kras	75