

Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE)
Gemeinsam genutzte Grundwasserressourcen im tschechisch-sächsischen Grenzgebiet (GRACE)

Stáří a míšení podzemních vod Oblast 1: Hřensko - Křinice/Kirnitzsch

Závěrečná zpráva

Mgr. Pavel Šimek





Závěrečná zpráva

Stáří a míšení podzemních vod Oblast 1: Hřensko - Křinice/Kirnitzsch

Mgr. Pavel Šimek

Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30, 160 00 Praha 6

Ředitel:

Mgr. Mark Rieder

Zadavatel:

Saská rozvojová banka - dotační banka
Sächsisches Aufbaubank - Förderbank (SAB)

Zástupce zadavatele:

Centrum pro regionální rozvoj Chomutov

Zahájení a ukončení úkolu:

leden 2012 – prosinec 2013

Místo uložení zprávy:

SVTI VÚV TGM, v.v.i.

Náměstek pro výzkumnou a odbornou činnost:

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

Hlavní koordinátorka úkolu GRACE:

Ing. Marie Kalinová

Zástupce projektového partnera:

Dr. Anna-Katarina Böhm

Řešitel:

Mgr. Pavel Šimek

Spolupracovníci:

Mgr. Pavel Eckhardt, Ing. Eduard Hanslík, CSc., Mgr. Marta Martínková,
Ing. Kateřina Poláková, Mgr. Lenka Koubková, Ing. Adéla Trávníčková,
RNDr. Petr Lochovský, Jan Kašpárek, Michal Novák

Obsah:

1. Úvod	7
2. Obecná charakteristika zájmového území	7
2.1 Vymezení zájmové oblasti	7
2.2 Základní geologická a tektonická stavba oblasti Hřensko-Křinice/ Kirnitzsch	8
2.3 Obecná charakteristika podzemních vod	11
2.4 Hydrodynamika a stav podzemních vod v oblasti Hřensko-Křinice/ Kirnitzsch ..	11
2.5 Rešerše k vrtům v zájmové oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch	18
2.6 Monitoring podzemních vod na ÚV Hřensko a WW Endlerkuppe	22
3. Metodika a rozsah provedených prací	23
3.1 Odběr vzorků	23
3.2 Vlastnosti tritia	26
3.3 Metodika stanovení tritia, fyzikálně chemických a anorganických parametrů	28
3.4 Model	29
3.4.1 Model Piston-flow (PM)	29
4. Fyzikálně chemické a anorganické parametry podzemních vod. 33	
4.1 pH	33
4.2 Elektrická konduktivita	35
4.3 Hydrogenuhličitan HCO_3^-	36
4.4 Chloridy Cl^-	39
4.5 Sírany SO_4^{2-}	40
4.6 Dusičnany NO_3^-	42
4.7 Fosforečnany PO_4^{3-}	44
4.8 Sodík Na a Draslík K	46
4.9 Vápník Ca a Hořčík Mg	49
4.10 Železo Fe	52
4.11 Mangan Mn	55
4.12 Souhrn hodnocení fyzikálně chemických a anorganických parametrů podzemních vod	58
5. Odhad stáří podzemních vod	60
5.1 Vodárenské vrty	64
5.1.1 Vodárenské vrty na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch .	64
5.1.1.1 Vrt K8A2	64
5.1.1.2 Vrt V3	65
5.1.1.3 Vrt K1A2	65
5.1.1.4 Vrt V4A	65
5.1.1.5 Vrt V5A	65
5.1.1.6 Vrt V7A	66
5.1.1.7 Pramen Pytlův pramen	66
5.1.1.8 Pramen Pod Pravčickou bránou	66



5.1.1.9 Vrt J1	66
5.1.1.10 Vrt K-2-T	66
5.1.1.11 Vrt RY1	67
5.1.1.12 Vrt LO-18/NT	67
5.1.2 Vodárenské vrty na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch ..	67
5.1.2.1 Vrt Brunnen 1 Felsenmühle (50516005)	67
5.1.2.2 Vrt Brunnen 2 Neumannmühle (50516006)	68
5.2 Pozorovací vrty	68
5.2.1 Pozorovací vrty na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch ...	68
5.2.1.1 Vrt P10	68
5.2.1.2 Vrt Dkj-11 (Svatý Hubert přetok)	68
5.2.2 Pozorovací vrty na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch ...	69
5.2.2.1 Vrt Hy Sml 5/81 (51516002)	69
5.2.2.2 Vrt Hy Sml 6/81 (51516004)	69
5.2.2.3 Vrt 13Z/65 (50516010)	69
5.2.2.4 Vrt Hy SMIL 4/81 (50516003)	69
5.2.2.5 Vrt 13/65 (51516018)	70
5.2.2.6 Vrt Hy Sca 21/82/4 (50516026)	70
5.2.2.7 Vrt Hy Sca 21/82/2 (50516024)	70
5.3 Prameny	70
5.3.1 Prameny na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch	70
5.3.1.1 Pramen Suchá Bělá č. 3	71
5.3.1.2 Pramen Suchá Bělá č. 2	71
5.3.1.3 Pramen Mezná k soutěsce	71
5.3.1.4 Pramen U Cikánského smrku	71
5.3.1.5 Pramen Nad tůň	72
5.3.1.6 Pramen Hadí pramen	72
5.3.1.7 Pramen Jetřichovice	72
5.3.1.8 Pramen Studánka 1772	72
5.3.2 Prameny na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch	73
5.3.2.1 Pramen Ilmenquelle (51512002)	73
5.3.2.2 Pramen Marienquelle	73
5.4 Mapa stáří podzemních vod v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch	74
6. Míšení podzemních vod	76
6.1 Pole míšení I.	77
6.2 Pole míšení II.	77
6.3 Pole míšení III.	78
6.4 Pole míšení IV.	79
7. Závěr	80
8. Použitá literatura a podklady	83



9. Seznam použitých zkratk a symbolů	88
10. Přílohy	91
10.1 Příloha 1: Fyzikálně chemické a anorganické parametry podzemních vod pro českou část zájmovéhoúzemí.....	92
10.2 Příloha 2: Fyzikálně chemické a anorganické parametry podzemních vod pro saskou část zájmovéhoúzemí.....	93
10.3 Příloha 3: Tritium (³ H), monitoring 2012-2013.....	94
10.4 Příloha 4: Dusičnany (NO ₃ ⁻), monitoring 2012-2013	95
10.5 Příloha 5: Fotodokumentace.....	96



1. Úvod

Závěrečná zpráva je dílčím výstupem projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE), podporovaného z Programu Cíl 3 (Evropského fondu pro regionální rozvoj) na podporu přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko.

Projekt GRACE je zaměřen na ochranu vodních zdrojů a objasnění příčin klesání hladin podzemních vod ve vymezené přeshraniční oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch. Výsledky projektu přispějí k udržitelnému využívání podzemních vodních zdrojů a zlepšení jejich ochrany, dále zlepší ekologické povědomí veřejnosti, doplní odborné znalosti a pomohou vytvořit společné strategie ochrany podzemních vod těchto oblastí.

Závěrečná zpráva slouží k informaci o výsledcích prací, které se váží k území oblasti 1 – Hřensko-Křinice/Kirnitzsch v rámci studie Stáří a míšení podzemních vod. Stručné zadání této studie je uvedeno ve schváleném projektu prací:

V oblasti Hřensko - Křinice/Kirnitzsch provede LP doplňující radiochemické rozborů společných vzorků v návaznosti na předchozí studii na německé straně, kterou poskytne PP1.

Studie Stáří a míšení podzemních vod byla na vybraných lokalitách souběžně doplněna o navazující metody odhadu stáří a míšení podzemních vod. Jedná se o metody stanovení stabilních izotopů $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$, ^{14}C a ^3H - ^3He .

Řešitelé tímto děkují za spolupráci Správě Národního parku České Švýcarsko (NP ČS) a Správě Národního parku Saské Švýcarsko (NP SS). Dále Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy (PřF, UK), Českému hydrometeorologickému ústav (ČHMU), společnosti Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. (SČVK, a.s.) a také saským kolegům z Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Technische Universität Dresden (TUD) a Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Radebeul (BfUL).

2. Obecná charakteristika zájmového území

2.1 Vymezení zájmové oblasti

Zájmová oblast byla rámcově vymezena ve zprávě, která je přílohou 4 zápisu ze zasedání Stálého výboru Sasko v roce 2010 (SVS, 2010). Aktuální přehledná mapa vymezení zájmové oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch je uvedena na Obrázku 2.1 (VÚV TGM, 2013).

Západní hranici představuje tok Labe, jihozápadní hranici tvoří tok Kamenice, na severovýchodě je oblast ohraničena lužickým zlomem. Na severu vymezuje zájmové území průběh hranice NP Saské Švýcarsko. Hlavním vymezujícím faktorem jsou hydrogeologické poměry a možný dosah depresí hladin podzemních vod.

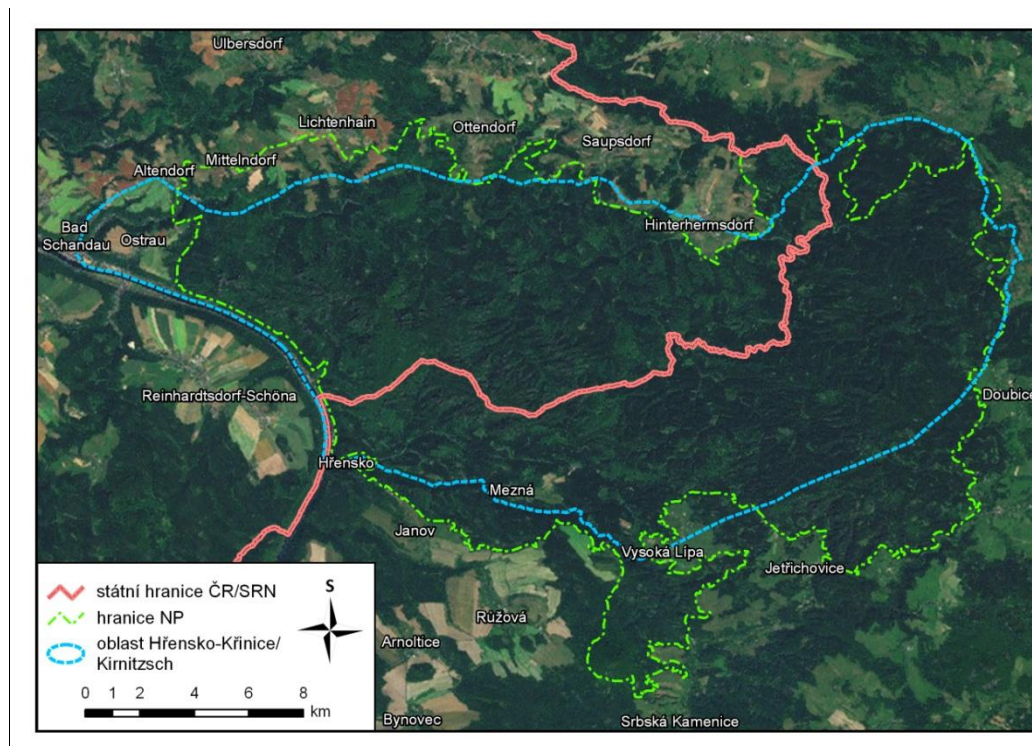
Česká část území leží v Ústeckém kraji. Německá část území je součástí Svobodného státu Sasko.

Nadmořská výška české části zájmového území Hřensko/Křinice-Kirnitzsch dosahuje hodnot od cca 109 m n. m. (hladina Labe při státní hranici v Hřensku) do cca 500 m. n. m. (předvrcholy Kamenného vrchu a vrchu Grosser Winterberg).

Nadmořská výška německé části zájmového území leží v rozmezí od cca 105 m. n. m. (hladina Labe u Bad Schandau) po 556 m. n. m. (vrchol hory Grosser Winterberg). Obě tyto extrémní hodnoty leží v Sasku.



Obrázek 2.1 – Mapa zájmové oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch (VÚV TGM, 2013).



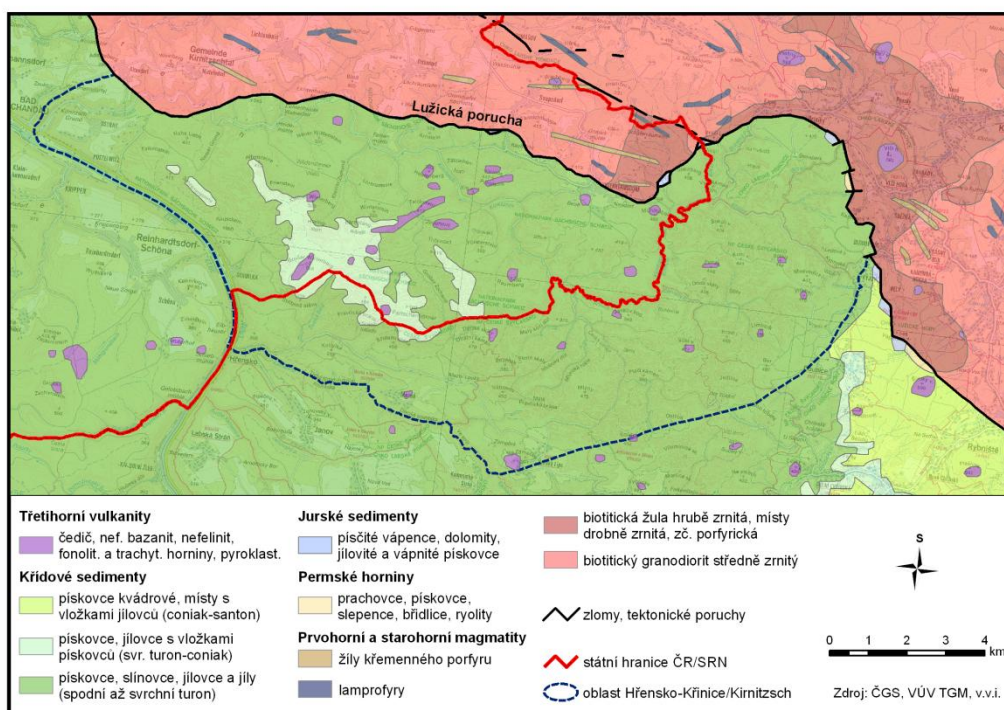
2.2 Základní geologická a tektonická stavba oblasti Hřensko – Křinice/ Kirnitzsch

Převážná část zájmového území je budována druhohorními (turonskými) kvádrovými pískovci. Tato pískovcová oblast je nejsevernější součástí rozlehlé české křídové pánve. Zájmová oblast je vyznačena modrou přerušovanou čarou v geologické mapě na Obrázku 2.2.

Přibližně před více než 90 milióny lety zde došlo k transgresi svrchnokřídového moře. Postupně při poklesu mořského dna se zde usadil významný vrstevní sled hornin, tvořený hlavně pískovci a slínovci, lokálně i prachovci a slepenci. Podloží křídových sedimentů a oblasti severně od lužické poruchy tvoří horniny lužického plutonu, převážně granodiority a granity (např. Valečka et al., 1997).

Střední část vrstevního sledu tvoří rozsáhlé 350-420 m mocné těleso pískovců. Z geologického hlediska sedimentovalo v poměrně krátké době, a to necelých tří milionů let (od středního turonu do začátku turonu svrchního, tzv. jizerské souvrství) a pokrývá v současnosti většinu daného území. Polohy staršího bělohorského souvrství (spodní turon) je možné nalézt např. v hluboce zaříznutém údolí říčky Kamenice. Pískovce Českého a Saského Švýcarska jsou obecně označovány jako „kvádrové“ podle typického blokového rozpadu podél puklin (Obrázek 2.3 a 2.4). V období terciéru zde probíhala intenzivní vulkanická činnost. V zájmové oblasti se zachovala většinou plošně nevelká podpovrchová tělesa, a to převážně výplně přírodních kanálů, která byla obnažena až po denudaci měkkých nadložních sedimentů (Valečka, 2000). Vulkanity tvoří vesměs bazalty, čediče a nerozlišené bazaltoidy. K nejvýraznějším vulkanickým elevacím v Českém Švýcarsku patří např. Růžovský vrch (Valečka, 1997). V Saském Švýcarsku reprezentuje nejvýraznější vulkanickou elevací Großer Winterberg.

Obrázek 2. 2. – Geologická mapa zájmové oblasti Hřensko – Křinice/Kirnitzsch (Valečka, 1992).



Západně od lokality Großer Winterberg se vyskytují vulkanické horniny, které procházejí křídovými vrstvami jako svislá žíla směrem k severovýchodu a způsobují určité rozdělení křídových kolektorů na severozápadní a na jihovýchodní část (Mibus, Szymczak, 1997).

Kvartérní akumulace reprezentují nejmladší horniny zájmové oblasti. Vlivem mrazového zvětrávání a eolické sedimentaci se vytvořily rozsáhlé pláště převážně kamenitých a balvanitých svahových uloženin. Typické jsou suťové lemy pokrývající příkřejší svahy a úpatí skalních stěn či kamenná moře na Růžovském vrchu i hojné plošné pokryvy sprašových hlín v okolí obce Vysoká Lípa. Říční sedimenty se vyskytují velmi ojediněle jako např. štěrková terasa Kamemice. Organické uloženiny reprezentují slatiny a vyplňují dna rokli a hlubokých soutěsek západně od Pravčické brány (Valečka, 1997).

Výraznou tektonickou poruchou je lužický zlom (Mísař et al., 1983). Tato přibližně 110 km dlouhá, složitá a velmi stará tektonická linie založená hluboko v zemské kůře má mezi Drážďany a Jitřavou charakter plochého přesmyku. Pohyby na lužickém zlomu se v průběhu geologických období mnohokrát opakovaly. Ve třetihorách zde došlo k nasunutí severní kry lužického plutonu na jižněji ležící křídové pískovce. Vznikla tak stratigrafická inverze - převrácený sled hornin, kdy se starší granitoidní horniny nacházejí v nadloží mladších pískovců. Podél lužické poruchy se dochovaly rovněž izolované výskyty hornin vyvlečených z podloží křídové tabule. Jsou to reliktu permských hornin (pískovce, prachovce, ryolity) a tektonické kry jurských sedimentů (dolomitické vápence, dolomity, vápnité pískovce) (Valečka, 2000).

Obrázek 2.3 – Pískovce v NP České Švýcarsko, lokalita Ve strži (foto © P. Šimek).



Obrázek 2.4 – Pískovce v NP České Švýcarsko, lokalita Jetřichovice (foto © P. Šimek).



2.3 Obecná charakteristika podzemních vod

Podzemní vodou se rozumí voda přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení, které je v přímém styku s horninami. Je to voda v zemských dutinách a zvodnělých zemských vrstvách. Za podzemní vody se považují též vody protékající drenážními systémy a vody ve studních a vrtech.

Útvar podzemní vody je vymezené soustředění podzemní vody v příslušném kolektoru. V hydrogeologii se kolektorem rozumí horninová vrstva nebo souvrství hornin s dostatečnou propustností, umožňující významnou spojitou akumulaci podzemní vody nebo její proudění či odběr. Naopak izolátorem se rozumí horninové těleso pro vodu málo propustné. Podzemní voda se v horninovém prostředí pohybuje převážně póry mezi jednotlivými částicemi hornin. V takovém případě se hovoří o průlinové propustnosti hornin, která se týká především sedimentárních hornin (písků, pískovců aj.) Naproti tomu omezeně propustné vyvěřelé nebo metamorfované horniny vedou vodu většinou po puklinách vzniklých v důsledku jejich rozpadu. V takovém případě se hovoří o puklinové propustnosti hornin. Pod názvem intersticinální voda, také průlinová nebo pórová voda, se rozumí voda zadržovaná v pórech (průlinách) mezi pevnými částicemi. Zvláštní skupinu tvoří horniny s krasovou propustností, kde si voda vytváří soustavu kanálů a těmi se pak pohybuje (Pitter, 2009).

Zásoby podzemních vod se doplňují trojím způsobem, a to infiltrací srážkových a povrchových vod, kondenzací vodních par v půdě a v neposlední řadě vznikem a kondenzací vodních par z magmatu. Nejvyšší podíl na doplňování podzemních vod má infiltrace srážkových a povrchových vod.

Zdroje podzemních vod jsou přednostně vyhrazeny pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou.

2.4 Hydrodynamika a stav podzemních vod v oblasti Hřensko – Křinice/Kirnitzsch

Z geologického hlediska je zájmová oblast Hřensko – Křinice/Kirnitzsch tvořena převážně sedimenty svrchní křída, zejména pískovci. Sedimenty jsou lokálně proráženy třetihorními vulkanity, jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2. Křídové sedimenty na české a německé straně jsou z litologického a hydrogeologického hlediska provázány. Vzhledem k tomuto faktu je oblast infiltrace plošně rozprostřena bez ohledu na státní hranici.

Z hydrologického hlediska leží přeshraniční oblast v povodí Labe a je odvodňována toky Křinice, Kamenice a samotnou řekou Labe (Rösner et al., 2007).

Zájmové území podle českého členění přibližně odpovídá hydrogeologickému rajónu 466 – Křída dolní Kamenice a Křinice (Olmer et al., 2006). Podle českého členění lze v zájmovém území rozlišit celkem tři základní zvodnělé kolektory. Hydrogeologický rajón 466 – Křída dolní Kamenice a Křinice je charakterizován jako oblast významná pro tvorbu a oběh podzemních vod, což je mimo jiné podmíněno dobrou puklinovo-průlinovou propustností hornin a velkou mocností jmenovaných kolektorů.

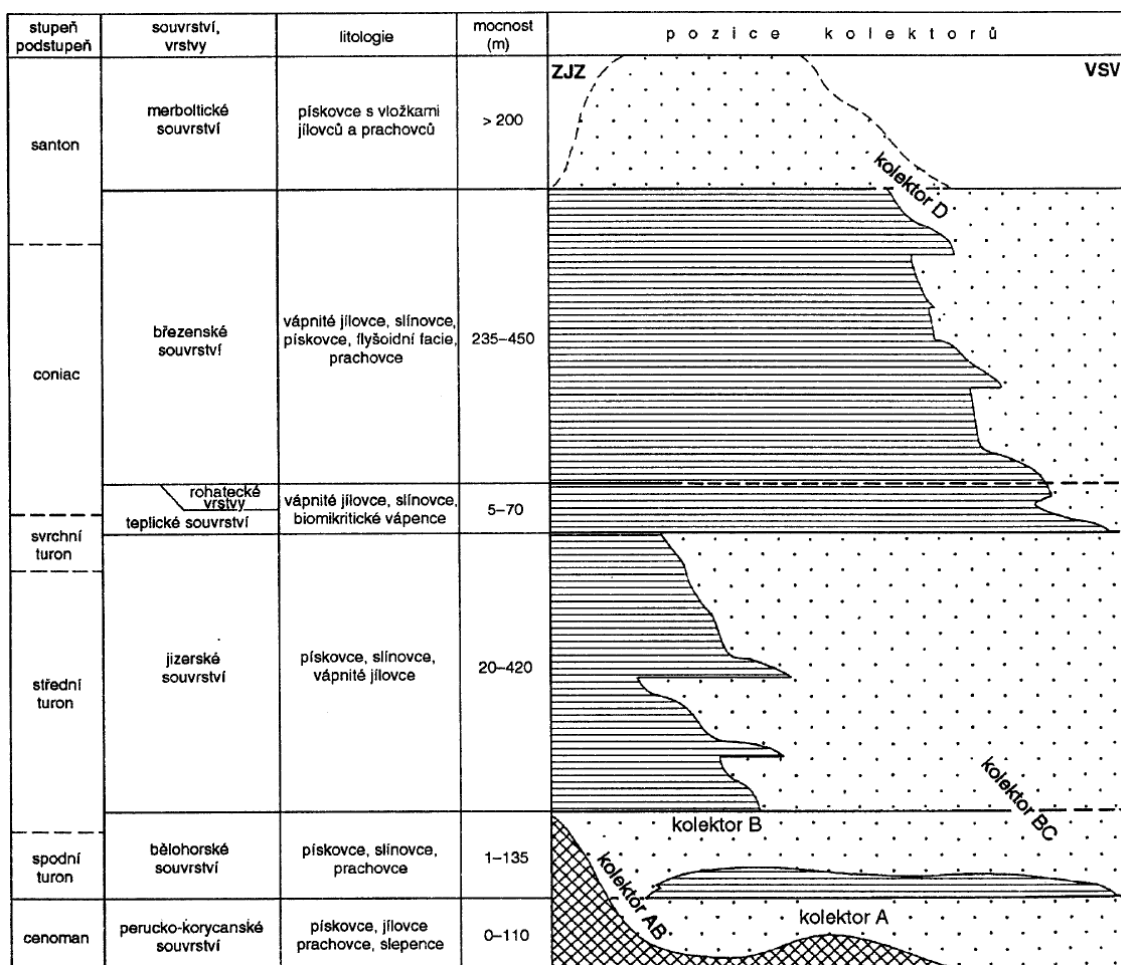
Saská část patří do útvaru podzemních vod EL 1-6-2. V zájmovém území jsou z hydrogeologického hlediska nejvýznamnější zvodně v křídových horninách (Dittrich et al., 2002).



Pozice kolektorů a izolátorů podle českého členění v hydrogeologickém rajónu 466 – Křída dolní Kamenice a Křinice je znázorněna na Obrázku 2.5 (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999)

Bazální kolektor A je tvořen sedimenty perucko-korycanského souvrství (cenoman). Kolektor tvoří převážně pískovce, pouze v oblasti peruckých vrstev jsou prokládány jílovci. Granodiority, granity pod bází kolektoru jsou považovány za izolátor. Stropní izolátor tvoří bazální část bělohorského souvrství tvořená slínovci. Mocnost kolektoru A se průměrně pohybuje v rozmezí 40 – 70 m. Směrem k lužickému zlomu dosahuje mocnosti až 110 m a směrem k JZ mocnost klesá pod 30 m. Hlavní infiltrační oblast je situována podél lužického zlomu na rozhraní křídových sedimentů a krystalinika. Propustnost kolektoru je průlinově-puklinová. Koeficient transmisivity T klesá od SV k JZ a jeho střední hodnota dosahuje 60 m²/d. Oběh podzemní vody v kolektoru A směřuje od lužického zlomu k západu a odvodňuje se v dolní části toku Kamenice. Vzhledem k velké hloubce a poměrně vysoké mineralizaci není kolektor A využíván pro vodárenské účely (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999).

Obrázek 2.5 – Pozice kolektorů a izolátorů podle českého členění v hydrogeologickém rajónu 466 – Křída dolní Kamenice a Křinice (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999).



Kolektor BC tvoří pískovce bělohorského B a jizerského C souvrství (spodní a střední turon). Nadloží kolektoru představuje teplické a březenské souvrství ve facii vápničitých jílovců a slínovců a tvoří stropní izolátor kolektoru BC. Ve značné části zájmového území má kolektor volnou hladinu, jeho stropní izolátor byl denudován. V místech absence stropního izolátoru A (například podél lužického zlomu) nebo kde je tento tektonicky porušen, dochází ke spojení kolektor A a BC v jeden kolektor ABC. Mocnosti kolektoru se pohybují v rozmezích od 60 m na JZ do 510 m na SV. Vzhledem k volné hladině kolektoru BC je napájen převážně srážkami prakticky v celém úseku povodí dolní Kamenice a Křinice. Odvodnění kolektoru BC zajišťuje tok Kamenice a jeho přítoky s výjimkou S okraje, kde je odvodněn na území Německa. Propustnost kolektoru je průlinově-puklinová a klesá od SV k JZ v závislosti na zvyšujícím se podílu prachovité a jílovité složky. Střední hodnota koeficientu transmisivity T je 232 m²/d. Kolektor BC je v oblasti prameniště Hřensko využíván k vodárenským účelům (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999).

Kolektor D reprezentují pískovce březenského a merboltického souvrství. U lužické poruchy jsou jeho součástí i pískovce teplického souvrství. Souvisle se kolektor D vyskytuje především v Lužických horách a u východního okraje Českého Středohoří, kde je vázán na teplické a především březenské souvrství. Podloží kolektoru D tvoří vápničné jílovce, slínovce a flyšové facie teplického a březenského souvrství. Horní hranici kolektoru tvoří volná hladina podzemní vody. Hlavní infiltrační činitele představují atmosférické srážky a drenáž křídových kolektorů. Přirozené odvodnění kvarterního kolektoru zajišťují toky Křinice a Kamenice. Propustnost kolektoru je průlinově-puklinová a střední hodnota koeficientu transmisivity T je 65 m²/d. Podobně jako v předchozích kolektorech, koeficient transmisivity T klesá od SV k JZ. Kolektor D není využíván pro vodárenské účely. Sedimenty Křinice a Kamenice tvoří zejména fluvialní a deluviofluvialní uloženiny štěrků a písků. Kolektor charakterizuje mělká zvodeň s volnou hladinou podzemní vody (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999).

Podle saského členění se v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch nacházejí tři významné kolektory podzemních vod: Pro zásobování vodou mají rozhodující význam kolektory 2 a 3, které komunikují s povrchovou vodou zájmové oblasti Křinice/Kirnitzsch a Kamenice. Podzemní vody těchto kolektorů slouží jako zdroje pitné vody pro vodárenské zásobování oblasti Pirna/Sebnitz a pro jímací území Hřensko (Rösner et al., 2007).

Cenomanská zvodeň 4 o mocnosti mezi cca 60 a 110 m je rozšířena v celém zájmovém území a tvoří vlastní zvodnělé patro. Zvodeň 4 leží přímo na zvětralé zóně granodioritu, který je považován za izolátor. Podzemní voda je ve zvodni 4 globálně silně napjatá, což je např. v oblasti Lachsbachu. Cenomanská zvodeň v zájmovém území je vzhledem k hloubkové poloze a relativně malé vydatnosti v porovnání s Pirnskou pánví vodárensky méně zajímavá. Čerpací zkouška na vrtu č. 10/65 ukázala u této zvodně 10x nižší vydatnost (0,17 l/s) než u zvodně 3. Z Pirnauské pánve byly na základě náročných průzkumů adekvátně rozdílným rámcovým podmínkám (tektonika) získány hodnoty koeficienty filtrace K od 5.10⁻⁵ do 1.10⁻⁴ m/s (Rösner et al., 2007).

Vyhodnocení starých čerpacích zkoušek na vrtech č. 2, č. 3/65 a č. 5/66 v údolí Labe mezi Königsteinem a Schmilkou přineslo koeficienty filtrace K pro Schandauskou pánev. Při zohlednění hydraulicky účinné mocnosti zvodně byly pro K vypočteny hodnoty 1,5 až 5.10⁻⁵ m/s na studních a 7.10⁻⁶ až 2.10⁻⁵ m/s na pozorovacích vrtech. Tyto hodnoty platí pro údolí Labe podél osy údolí, svisle k tomuto byla zjištěna výrazně nižší hodnota 6.10⁻⁶ m/s. Eventuální zákonitost tohoto chování momentálně ještě není možné hodnotit. V nadloží cenomanské zvodně jsou vymezeny mocné opuky labiatus, které reprezentují vápenaté prachovce o mocnosti cca 20 až 50 m s hodnotou



koeficientu filtrace K $5 \cdot 10^{-10}$ až $2 \cdot 10^{-9}$ m/s a tvoří bazální izolátor pro zvodeň 3 (Mibus, Szymczak, 1997).

Mibus, Szymczak (1997) a Dittrich et al. (2002) uvádí, že komunikace mezi oběma spodními zvodněmi v zájmovém území existuje pouze v oblasti poruchy a vyvýšení východně od Bad Schandau, kde je opuka labiatus posunuta s odskokem asi 90 m.

Zvodeň 3 tvoří pískovce spodního až středního turonu stupně labiatus t_1s a pískovcový stupeň a_1 . Mocnost zvodně dosahuje cca 80 až 140 m a rozkládá se v celé oblasti Labských pískovců. Reprezentuje nejvýznamnější kolektor podzemních vod. V zájmovém území je společně se zvodní 2 intenzívně vodohospodářsky využívána odběrem Sebnitz, a to čerpáním vodárenských vrtů na lokalitách Felsenmühle a Neumannmühle. V západní části zájmového území je pískovec labiatus překryt jílovito-sprašovou zónou, která způsobuje napjaté poměry podzemní vody a způsobuje v oblasti Labe a v dolní části údolí Křinice artézské výrony. Dále východně se tato zóna mění v písky, takže spodnoturonské pískovce labiatus a středněturonské pískovce stupně a_1 se už nedají oddělit. Zvodeň 3 vystupuje v údolí Labe nad Schmilkou a v údolí Kamenice na povrch, kde komunikuje s povrchovými vodami. Toto platí stejně tak i pro střední a horní část údolí Křinice. Koeficienty filtrace K byly stanoveny v rámci průzkumů Vilémovského potoka/Sebnitz pro společnou zvodeň 3 a 2 v údolí Křinice. Podle těchto výsledků jsou zde koeficienty filtrace K přibližně $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Pro zvodeň 3 byl stanoven koeficientu filtrace K $1,2 \cdot 10^{-5}$ m/s (Rösner et al., 2007)..

Vymezení ke zvodni 2 tvoří stupeň a_2 , komplex z jemného až velmi jemného pískovce s vysokým podílem spraše a častými mezivrstvami jílu a spraše. Ve střední a horní části údolí Křinice je stupeň a_2 vytvořen jako čistá pískovcová vrstva, takže zvodně 2 a 3 zde tvoří společně patro podzemních vod (Rösner et al., 2007).

Zvodeň 2, která se skládá ze středněturonského pískovce a_3 , b - díky převažující absenci stupně β zadržujícího podzemní vodu – ze stupně c_1 , má v zájmovém území vodohospodářsky pouze podřadný význam. Zvodeň 2 tvoří vlastní patro podzemní vody přibližně západně od Großer Zschand a směrem na západ získává na významu (Mibus, Szymczak, 1997). Koeficient filtrace K pro zvodeň 2 je $1 \cdot 10^{-5}$ m/s (Dittrich et al., 2002).

Jednoznačné vymezení zvodně 1 a až c neexistuje kvůli převažující absenci mezistupně β , který uvozuje svrchní střední turon, takže obě horní zvodně jsou ve velké části zájmového území vzájemně propojeny. Křídové sedimenty jsou v zájmovém území přerušovány terciárními vulkanity, výrony čediče či podlouhlými žilami. Hydrogeologicky působí velkou měrou jako izolátory. Kvartérní nezpevněné sedimenty reprezentují holocenní a pleistocenní sedimenty. Ve zkoumaném území jsou vázány na nivní oblasti vodotečí a na lokální sprašové a svahové hlinité pokryvy na vysoko položených plochách. Hydrogeologický význam získávají pouze pleistocenní sutě, a sice v těch oblastech, kde dosahují mocnosti od 5 do cca 10 metrů, jako uvnitř labské nivy nebo údolní nivy Křinice. Jedná se o převážně písčité pískovcové sutě s čedičovými a žulovými oblázky, které jsou překryty písčitou nivní hlínou o mocnosti v průměru 1 až 3 metry (Rösner et al., 2007)..

Nejpodrobnější popis poznatků o sedimentech křídý v saské části sledovaného území naposledy provedl Mibus, Szymczak (1997). Vzhledem k novějším komplexním vyhodnocením stávajících vrtů na saské straně byly rozpoznány velmi diferencované faciální poměry křídových sedimentů, a to jak vertikálně, tak i horizontálně. Starší klasifikace úváděla pro oblast Drážďan převážně hlinito-slínovité fácie křídových sedimentů, pro přechodnou oblast k Heidenau/Pirně převážně střídavě vápencovo-hlinito-písčité fácie křídových sedimentů a pro Saské Švýcarsko úváděla čistě pískové fácie křídových sedimentů. Aktuální hodnocení dokládají, že čistě písková fácie se týká



přednostně středního údolí Křinice a východní části zadního Saského Švýcarska, zatímco mezi Bad Schandau a Schmilkou se také vyskytují vápenato-sprašové vrstvy. Geologický průzkum ukázal na rozdílné mocnosti cenomanských a turonských skladeb sedimentů dvou zkoumaných území Königstein a Schmilka. V následující Tabulce 2.1 je podán přehled skladby vrstev křídových sedimentů pro zájmové území (Rösner et al., 2007).

Tabulka 2.1- Skladba vrstev křídý podle saského členění v zájmovém území (Mibus, Szymczak, 1997).

Stratigrafické členění	Königstein - Rathen	moc- nost v m	Schmilka – Zadní Saské Švýcarsko	moc- nost v m
coniac	pískovec stupeň <i>e</i>	20	pískovec stupeň <i>e</i>	30
svrchní turon	drobivý pískovec mezivrstva δ	> 1	drobivý pískovec mezivrstva δ	> 1
	pískovec stupeň <i>d</i> (80)	80	pískovec stupeň <i>d</i>	56
	drobivé pískovce mezivrstva γ_3	> 1	drobivé pískovce mezivrstva γ_3	> 1
	pískovce stupeň <i>c</i> ₃	35	pískovce stupeň <i>c</i> ₃	35
	hlinitý pískovec stupeň <i>c</i> ₂	20	drobivý pískovec stupeň <i>c</i> ₂	30
svrchní střední turon	pískovce stupeň <i>c</i> ₁	32	pískovce stupeň <i>c</i> ₁	40
	hlinitý pískovec	6	drobivý pískovec mezivrstva β	
spodní střední turon	pískovce stupeň <i>b</i>	8	pískovce stupeň <i>b</i>	20
	drobivé pískovce mezivrstva α_3	< 1	drobivé pískovce mezivrstva α_3	< 1
	pískovec, např. hlinitý stupeň <i>a</i> ₃	30	pískovce stupeň <i>a</i> ₃	30-50
	pískovce, hlinitý stupeň <i>a</i> ₂	15	pískovce stupeň <i>a</i> ₂ , částečně tmavě šedé, vápenaté	5-30
	pískovec stupeň <i>a</i> ₁	20	pískovec stupeň <i>a</i> ₁	40-50
spodní turon	pískovec labiatus <i>t</i> ₁ <i>s</i>	90	pískovec labiatus <i>t</i> ₁ <i>s</i>	50-90
	opuky labiatus	20	opuky labiatus	50
	podkladový slín <i>t</i> ₁ <i>m</i>	2,6		
cenomanské turony přechodová zóna (plenusová zóna) svrchní cenoman (cenoman mořský)	pískovce (unterquader) <i>c</i> ₁ <i>s</i>	0-23	pískovce (unterquader) <i>c</i> ₁ <i>s</i>	49-65
	← konglomerát transgrese →			0-60
spodní cenoman (cenoman terestrický)	wurmský pískovec <i>c</i> ₁ <i>c</i> Wu	0-5,5		
	Pískovec, střídavé uložení pískovce a prachovce, jílovce d _{k1} <i>c</i> ₁ <i>c</i> Wli d _{k1}	2-10		
	Pískovec, střídavé uložení pískovce a prachovce světlého <i>c</i> ₁ <i>c</i> Wli světlý	0-20		
	konglomerát <i>c</i> ₁ <i>c</i> Kongl	0-5		

V zájmovém území a také v přílehlajícím území na teritoriu ČR jsou adekvátně geologické stavbě vrstev křídly ze stávajících čtyř zvodní. Základní členění kolektorů v zájmovém území dle schématu zavedeném společností Wismut znázorňuje Tabulka 2.2 (Rösner et al., 2007).

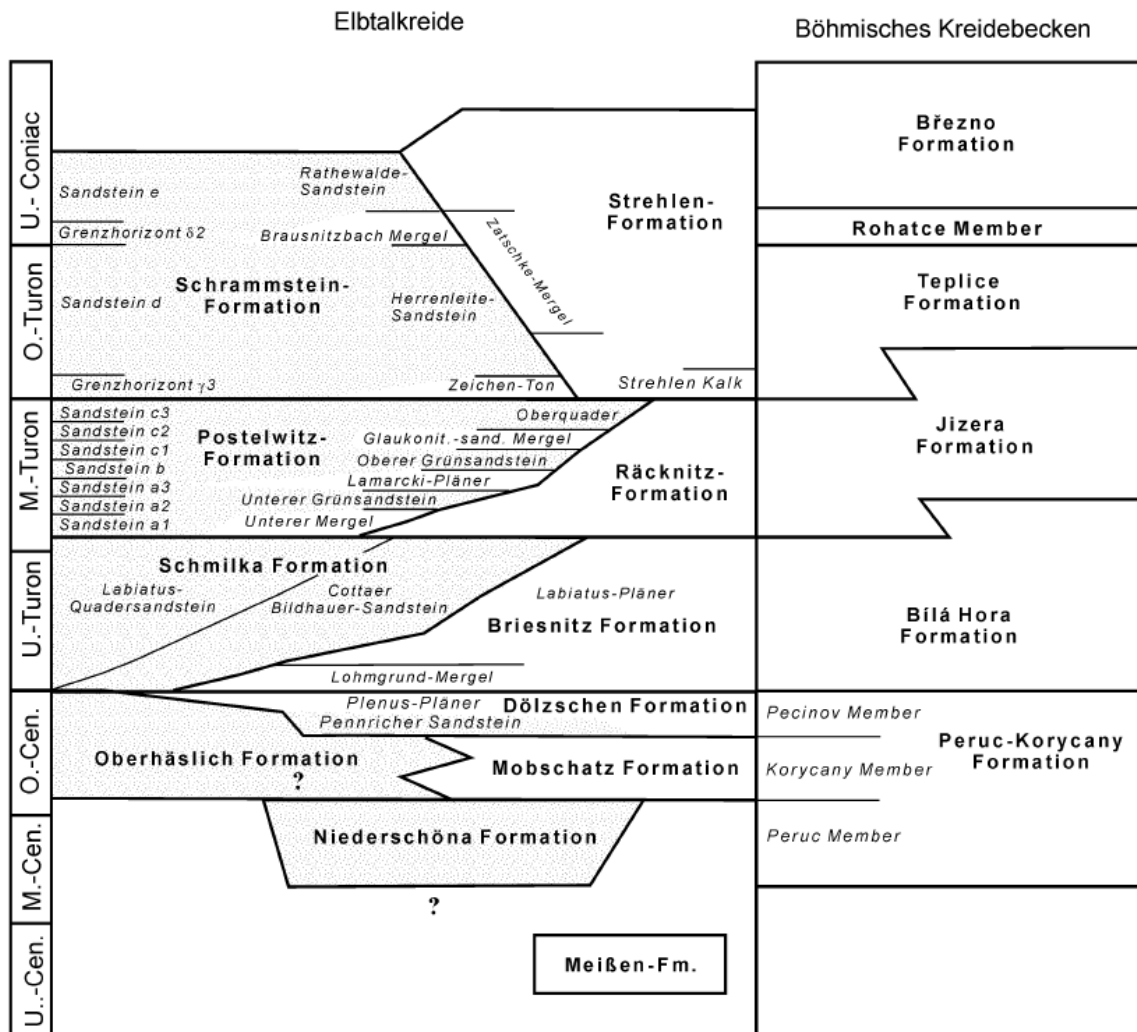
Tabulka 2.2 – Základní členění kolektorů v zájmovém území (Rösner et al., 2007).

zvodeň 1c	coniac	pískovcový stupeň e
zvodeň 1b	svrchní turon	pískovcové stupně c₃ a d
zvodeň 1a	svrchní střední turon	pískovcový stupeň c₁
zvodeň 2	spodní střední turon	pískovcové stupně a₃ a b
zvodeň 3	spodní turon	pískovec labiatus; spodní střední turon – pískovcový stupeň a₁
zvodeň 4	cenoman	pískovce kvádrové

Německé stratigrafické členění křídových sedimentů je podrobnější (např. Rösner et al., 2007). V cenomanu odpovídají korycanské vrstvy pískovcům tzv. spodního kvádru c_1s na spodu často s vrstvou slepence. Spodní turon začíná tzv. podkladovým slínem t_1m , nad ním jsou uloženy opuky labiatus, nad nimi pískovce labiatus t_1s . Spodní střední turon začíná pískovci a_1 , nad nimi jsou vápenaté pískovce a_2 , nad nimi pískovce a_3 . Následuje málo mocná vrstva pískovců α_3 , nad nimi pískovce stupně b . Svrchní střední turon začíná pískovci mezivrstvy β , pokračuje pískovci stupně c_1 . Svrchní turon začíná pískovci stupně c_2 , na něj navazují pískovce c_3 a dále mezivrstva pískovců γ_3 , pískovec stupně d a pískovec mezivrstvy δ . Souvrství je zakončeno pískovci stupně e coniackého stáří.

Korelace souvrství křídových sedimentů v české a saské části jsou zobrazeny na Obrázku 2.6. Březenské souvrství, rohatecké souvrství a teplické souvrství, která odpovídají svrchnímu turon a spodnímu coniacu, jsou na saské straně zastoupeny souvrstvími Strehlen-Formation a Schramstein-Formation. Jizerské souvrství, které je středně turonského stáří, je na saské straně zastoupeno souvrstvími Räcknitz a Postelwitz. Bělohorské souvrství, které odpovídá spodnímu turonu, je na saské straně zastoupeno souvrstvími Schmilka-Formation a Briesnitz-Formation. Perucko-korycanskému souvrství, které odpovídá svrchnímu až střednímu cenomanu, je na saské straně zastoupeno souvrstvími Dölzschon-Formation, Mobschatz-Formation, Oberhäslich-Formation a NiederSchöna-Formation. Jako izolátor jsou vyčleněny pouze krystalinické podloží a vrstvy Briesnitz-Formation (odpovídají spodní části bělohorského souvrství). Spodní kolektor 4 se nachází v cenomanských vrstvách Oberhäslich-Formation odpovídá kolektoru A. Vrstvy odpovídají z větší části perucko-korycanskému souvrství. Svrchní kolektor 2 až 3 ve vrstvách Postelwitz-Formation a Schramstein-Formation odpovídá českému kolektoru BC. Vrstvy odpovídají jizerskému a případně i teplickému souvrství a kolektor je proložen pouze jednotlivými poloizolátory (např. vrstvy a , γ_3 , δ_2) (Voigt et al., 2013).

Obrázek 2.6. – Korelace jednotek křídových sedimentů v české a saské části zájmové oblasti Hřensko - Křinice/Kirnitzsch (Voigt et al., 2013).



2.5 Rešerše k vrtům v zájmové oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch

Pro oblast Českého Švýcarska započaly rekognoskační práce v terénu pro zjištění vhodnosti jímacího území v Hřensku jako zdroj pitné vody pro obyvatelstvo v 60. letech minulého století.

Studie Žitného (1960) byla podkladem pro zahájení prvotního hydrogeologického průzkumu území pro potřeby Státního vodohospodářského plánu. Oproti navrhovanému plánu byly vyhloubeny pouze 4 předvrty pro strukturní vrty včetně ověřovacích čerpacích zkoušek. Jednalo se o vrty Kamenice-1-Pravčická brána, Kamenice-8-Panenský pramen, které byly hloubeny ve spodním turonu a vrty Kamenice-7-Vysoká Lípa, Kamenice-9-Mezná Louka byly situovány ve středním turonu. V následujících letech hydrogeologický průzkum a vrtné práce pokračovaly (Žitný, 1963), (Žitný, 1966), (Žitný, Tůma, 1968), (Žitný, 1971).

Informativní přehled geologických a hydrogeologických poměrů byl zpracován v projektu regionálního hydrogeologického průzkumu povodí Kamenice (Kačura, 1965). Dále v celkovém projektu regionálního hydrogeologického průzkumu povodí Kamenice-Ploučnice-Křinice (Hercog, 1967). Projekt byl dále doplněn a přepracován ve studii Jetelová (1968) a také ve studii hydrogeologického průzkumu v povodí Kamenice (Hercog, Jetelová, Urbánek, Vrba, 1969).

Základní regionální průzkum povodí Kamenice-Ploučnice-Křinice a jeho dílčí výsledky jsou zpracovány v etapové zprávě Jetelová (1968), a to včetně prognózy přírodních zásob podzemní vody v několika podobných jímacích oblastech (Jetelová, 1969).

Z následujících prací byly získány dobové údaje o množství využívání podzemních vod v oblasti Hřenska, které zajišťovaly zdroje pitné vody pro hotel Mezní Louka (Šefl, 1958), (Kopecký, 1969), pro obec Mezná (Folprecht, 1966) a farmu ČSSS v Růžové (Paserinová, 1964). Množství podzemních vod, využívaných k zásobování obyvatelstva, bylo do doby zahájení vrtných prací nízké. Asi 2,9 – 3,4 l/s podzemní vody jímaly dva gravitační vodovody pro zásobování Hřenska. Dále se zde odebíralo 1,0 – 2,0 l/s podzemní vody pro zásobování hotelu Mezní Louka a předpokládalo se, že pro zásobování obce Mezná bude nutné odebírat 2,0 – 3,0 l/s z vrtu M1. Sumární odběr podzemních vod byl tedy 3,9 – 5,4 l/s a mohl dosáhnout 5,9 – 8,4 l/s.

V návaznosti na předchozí hydrogeologické průzkumy v zájmové oblasti, resp. v povodí řeky Kamenice byl v srpnu 1968 vyhlášen konkurz Krajským vodohospodářským rozvojovým investičním střediskem v Teplicích pro zajištění zdroje pitné vody pro město Děčín. Následné hydrogeologické a technické práce provedl kolektiv pracovníků Stavební geologie n.p. Praha. Hydrogeologický průzkum byl proveden tak, aby navrhovaná soustava vrtů zajišťovala čerpaný objem podzemní vody 140 l/s.

Technické práce, t. j. vrtné práce a individuální čerpací zkoušky byly zahájeny 14. 12. 1968 hloubením vrtu V1 a ukončeny 29. 9. 1969 čerpací zkouškou na vrtu V8. Vyhloubeny a definitivně vystrojeny byly vrty V 1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, K1 a K8. Pro vodárenské účely byly následně v rámci ÚV Hřensko používány vrty V3, V4, V5, V6, V7, K1A a K8A (viz. Obrázek 2.5) (Herzog, 1968), (Herzog, 1970).

V 90. letech minulého století bylo nutné z technických důvodů stávající vrty pro čerpání podzemní vody na ÚV Hřensko odstavit a provést jejich revizi. Důvodem nevyhovujícího stavu vrtů bylo především snížení vydatnosti vrtů zapříčiněné kolmatací studňových filtrů hydroxidy a oxidy železa a zanášení otvorů perforace. Tomu nasvědčovaly obsahy rozpuštěného kyslíku (9,2-9,8 mg/l). U vrtů, kde nebyl zaznamenán výraznější pokles, se obsahy rozpuštěného kyslíku pohybovaly od 1,8 do



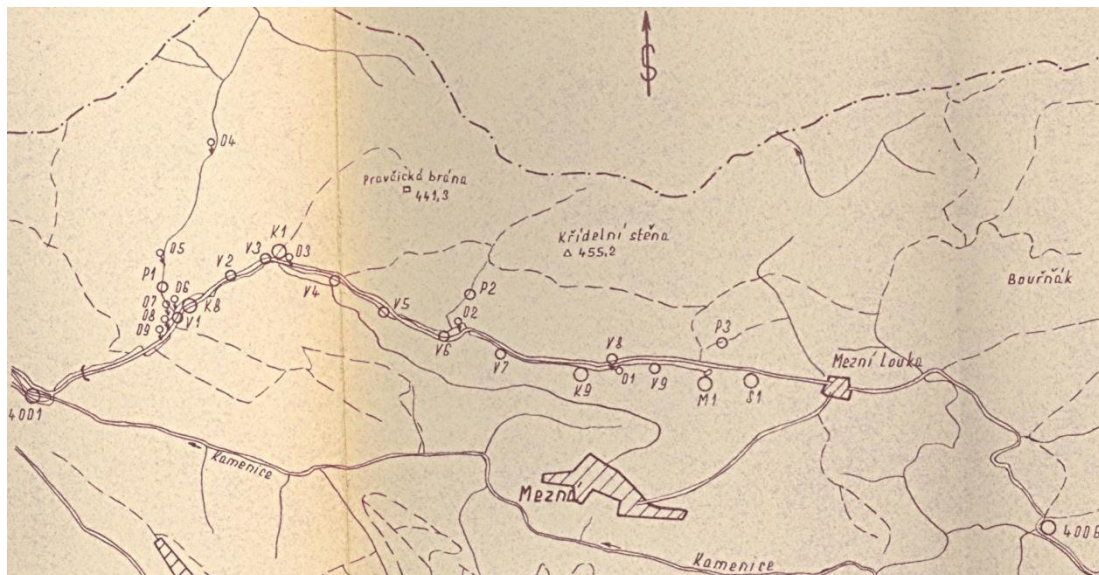
2,4 mg/l. Technické práce byly orientovány do 2 samostatných okruhů, a to regenerace stávajících vrtných studní s ověřením efektu čištění a hloubení nových – zdvojených vrtných studní s příslušnými hydrodynamickými zkouškami.

Vrtné práce a individuální hydrodynamické zkoušky byly započaty 22.8.1987 a ukončeny 21.7.1989. Cílem hloubení nových vrtných studní bylo zajistit možnosti exploatace prameniště ve velikosti 140 l/s. Vedle původních vrtů byly vyvrtány nové totožné vrty s vyhovujícími technickými parametry a s vyhovující čerpací kapacitou. S výjimkou vrtu V3, který se používá až do současnosti. Vyhlobeny a definitivně vystrojeny byly vrty V4A, V5A, V7A, K1A2 a K8A2 (Nakládal, 1990). Současný stav jímacího území ÚV Hřensko je schematicky zachycen na Obrázku 2.6 (SČVK, 2012). Hlubinné studny vodohospodářství Hřensko berou svoji podzemní vodu výlučně ze zvodně spodního až středního turonu a zásobují především město Děčín a přidružené oblasti.

Jímací území provozu Česká Kamenice se rozkládá JV v těsné blízkosti jímacího území ÚV Hřensko. Do jímacího území jsou zahrnuty vrty J1 v obci Jetřichovice, K-2-T v obci Vysoká Lípa, Lo-18/NT v obci Všemily. Po regionálním hydrogeologickém průzkumu v povodí Ploučnice, Kamenice a Křinice byly tyto vrty na přelomu let 1972 až 1973 předány k vodohospodářskému využití (Jetelová, Urbánjek, Jiřele, 1972), (Žitný et al., 1973).

V roce 1985 byl pro vodárenské účely v obci Rynartice vyvrtán vrt s označením RY1 (Řeháčková, 1985). Vrty v jímací území provozu Česká Kamenice jsou podobně jako vrty prameniště ÚV Hřensko situovány do středního až spodního turonu svrchnokřídových sedimentů.

Obrázek 2.5 – Umístění vrtů a pramenů východně od Hřenska podle Herzoga (1968).

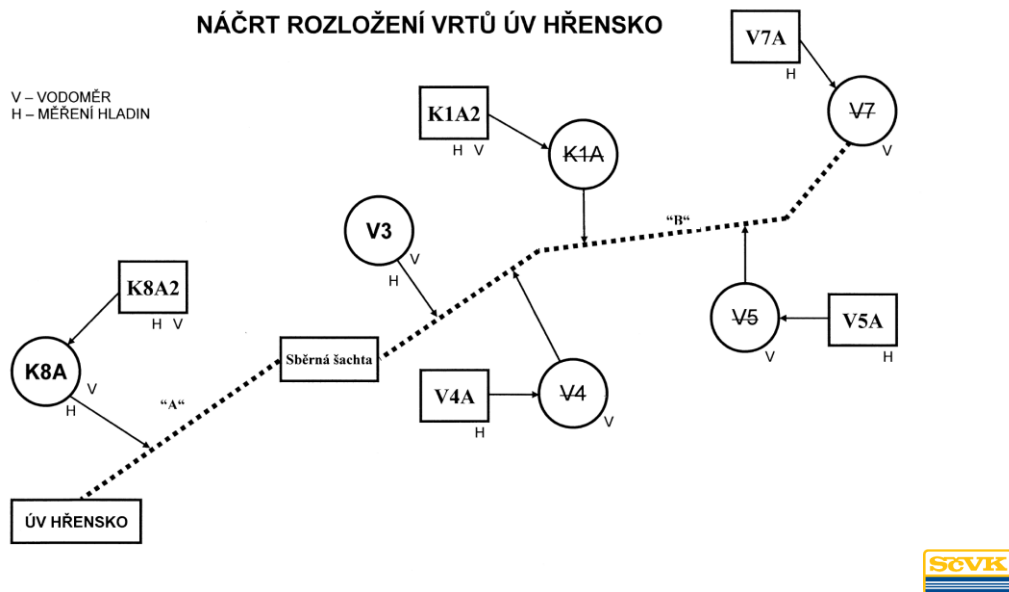


Saské Švýcarsko představuje stejně jako oblast Českého Švýcarska významnou zdrojovou oblast pro jímání pitné vody pro obyvatelstvo. Současný stav hodnotí nejnovější tematické práce ze zájmového území k vývoji a prognóze dynamiky podzemních vod od Mibus, Szymczak (1997). a k hydrologicko-hydrodynamickému a hydrochemickému vývoji hraničních vod od Dittrich et al. (2002).

Studny 1 Felsenmühle a 2 Neumannsmühle patří mezi významné odběrové zařízení

podzemních vod v údolí Křinice, které zásobují především město Sebnitz. Napojeny jsou mimo jiné obce Saupsdorf, Hinterhermsdorf, Ottendorf, Lichtenhain, Altendorf, Mittelndorf a Ulbersdorf. Studny 1 Felsenmühle a 2 Neumannsmühle zasahují zvodně 2 a 3. Studna 1 Felsenmühle s označením 1/61 byla vybudována v roce 1961 až 1962 a uvedena do provozu v roce 1969. Celková hloubka studny činí 240 m. Studna 2 Neumannsmühle s označením 1/73 byla vybudována v roce 1973, přesný údaj uvedení do provozu není znám. Celková hloubka studně činí 241 m.

Obrázek 2.6 – Rozložení vrtů na ÚV Hřensko, současný stav (SČVK, 2012).



V současné době je provozovatelem studní vodárna WW Endlerkuppe. Vodní zdroje vlastní Účelový svaz zásobování vodou Pirna/Sebnitz (Zweckverband Wasserversorgung Pirna/Sebnitz).

Studny 1 a 2 se např. v roce 1997 účastnily na celkovém odběru vody z 35, resp. z 65 %. Uvedená denní množství odebírané vody vyplývají z čistě matematického výpočtu provedeného na základě jednou měsíčně realizovaného odečtu celkově odebraného množství vody. Odběr vody je automaticky regulován a dlouhodobě odpovídá uváděným množstvím odebírané vody. Potvrzené zásoby vody dle usnesení STVK č. 322/1735 ze dne 27.9.1977 činily pro oba zdroje: 116 l/s (10.000 m³/d) jako bezpečně prokázané a 240 l/s (2.100 m³/d) jako odhadované. Vodoprávní povolení k užívání vod č. 411/303 (studny 1 a 2) WWD OEM ze dne 27.11.1975 potvrzovalo pro oba zdroje množství pro čerpání vody, které nemělo na každém z obou zdrojů 1 a 2 překročit 42 l/s (Mibus, Szymczak, 1997).

Existují zde dvě další studny. Studna 3 situovaná cca 1,5 km pod studnou 1 jižně od rozšířené části údolí u mlýna Lichtenhainer Mühle u Staré cesty. Studna 3 s označením 2/82 byla vybudována v roce 1982 až 83, přesný údaj uvedení do provozu není znám. Celková hloubka studně činí 295 m. Potvrzené zásoby podzemní vody podle rozhodnutí č. 2526 ze dne 17.1.1884 činily pro studnu 3 30 l/s (2.600 m³/d) jako bezpečně prokázaná zásoba a 20 l/s (1.700 m³/d) jako zásoba odhadovaná. Studna 4 se nachází cca 2 km pod studnou 1 na západním konci rozšířené části údolí u mlýna Lichtenhainer Mühle. Studna 4 s označením Hy LitStz 501/90 byla vybudována v roce 1990, přesný údaj uvedení do provozu není znám. Celková hloubka studně činí 267 m.

V podkladech StUFA Radebeul, referát podzemní vody, se uvádělo roční možné odběrové množství Q_{365} s hodnotou $2.500 \text{ m}^3/\text{d}$. Studny 3 a 4 byly zaslepeny. Zvažovalo se jejich napojení jako záložní v případě rekonstrukce či havárie studní 1 a 2. Částečně jsou k studni 2 přiřazeny dva staré vrty. Vrt 10/65 se nachází na poloviční vzdálenosti ke Křinici a zasahuje zvodeň 2 a 3. Vrt 10z/65 je situován na druhé straně Křinice na východním konci přístaviště převozu a zasahuje zvodeň 2. Vedle studny 3 existuje hladinoměrný vrt 1/82, který zasahuje zvodeň 2 a 3 (Mibus, Szymczak, 1997).

Myslivny a rekreační objekt Zeughaus byly pitnou vodou zásobovány studnou u saupsdorfské cesty (v lokalitě Pechloch). Tato nová studna v rekreačním objektu byla vybudována v roce 1977 a hloubka činí 62 m. Zásobovala vodou obě myslivny a rekreační objekt. Odběr vody závisel na počtu hostů v rekreačním objektu. Celkově se uvažovalo s čerpáním max. 1 l/s od roku 1990/91. Rekreační objekt je od 4/97 kvůli jeho nerentabilitě prozatím uzavřen. Jedna starší studna existuje v areálu rekreačního objektu, ale již se neužívá. Stará kopaná studna u objektu Zeughaus se od roku 1965 rovněž neužívá (Mibus, Szymczak, 1997).

Významná odběrová zařízení podzemních vod v oblasti Bad Schandau představovaly následující uvedené vodní zdroje, které patří Účelovému svazu zásobování vodou Pirna/Sebnitz (Zweckverband Wasserversorgung Pirna/Sebnitz). Studna Mittelbrunnen se nacházela v údolí Křinice nad ústím silnice od Ostrau. Voda byla čerpána z pleistocenních křinických štěrků (zvodeň 1) a používala se jako vodárenský zdroj pitné vody. Dle usnesení okresu Saské Švýcarsko ze dne 30.6.1996 byla tato studna nahrazena GWV Sebnitz. Tato studna dodávala v roce 1997 společně s pramenem v závislosti na sezónní spotřebě vody mezi 800 a $1.200 \text{ m}^3/\text{d}$ (Mibus, Szymczak, 1997).

Vodárenský pramen Wasserwerksquelle (Spaltenquelle) byl podchycen v roce 1880. Voda tohoto zdroje pocházela ze zvodně 2. Společně s vodou ze studny Mittelbrunnen se čerpala do sběrné nádoby a sloužila k zásobování pitnou vodou. Dle usnesení okresu Saské Švýcarsko ze dne 30.06.1996 byl tento zdroj zakrátko nahrazen GWV Sebnitz. Studna Eisenbrunnen byla vybudována v roce 1927 a nachází se v oblasti vodárny pod silnicí do Ostrau. Hloubka studny je 75 m. Při čerpací zkoušce v roce 1972 bylo pozorováno velké snížení vydatnosti hlubinné studny v Kirnitzschtalklinik a snížení vydatnosti pramene vzdáleného asi 70 m. Studna nebyla kvůli vysokému obsahu železa nikdy trvale užívaná a dle usnesení okresu Saské Švýcarsko ze dne 30.06.1996 oficiálně nahrazena GWV Sebnitz. Voda z této studny přetéká ze zvodně 3 artéským způsobem do Křinice (Mibus, Szymczak, 1997).

Pramen Ilmquelle ve Schmilce byl jako volně vyvěrající voda přiváděn k tamější vodovodní síti. Na základě usnesení okresu Saské Švýcarsko ze dne 30.06.1996 byl tento zdroj nahrazen GWV Sebnitz. Studna Kirnitzschtalklinik byla vybudována v roce 1924 a je součástí lázeňského komplexu Bad Schandau. Studna dávala vodu spodního turonu (zvodeň 2), která zde vyvěrá artéským způsobem (Mibus, Szymczak, 1997).

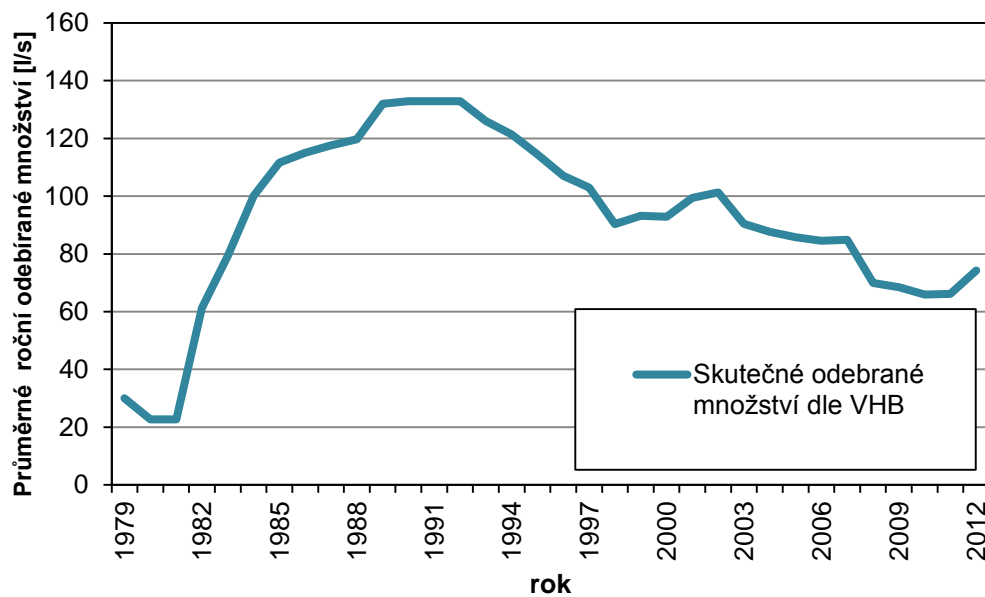
V údolí Křinice stojí dvě studny (mělké vodní zdroje) v křinických štěrcích, cca 500 m východojihozápadně od zdroje Eisenbrunnen, které sloužily k zásobování obce Ostrau vodou. Dle usnesení okresu Saské Švýcarsko ze dne 30.06.1996 byly tyto studny nahrazeny GWV Sebnitz u mlýna Neumannmühle existují jedna stará (7,5 m hluboká) a jedna nová studna z roku 1997 (hluboká 50 m). Nová studna slouží ke krytí spotřeby pitné vody obyvatel Neumannmühle. Odebírané množství vody je závislé na počtu hostů a je možné je odhadnout jako velmi malé. Nová studna se nachází u restaurace Lichtenhainer Wasserfall. Její voda se rovněž využívá jako pitná. Povolení k užívání vod (č. 584) bylo vydáno dne 14.11.1996 (Mibus, Szymczak, 1997).



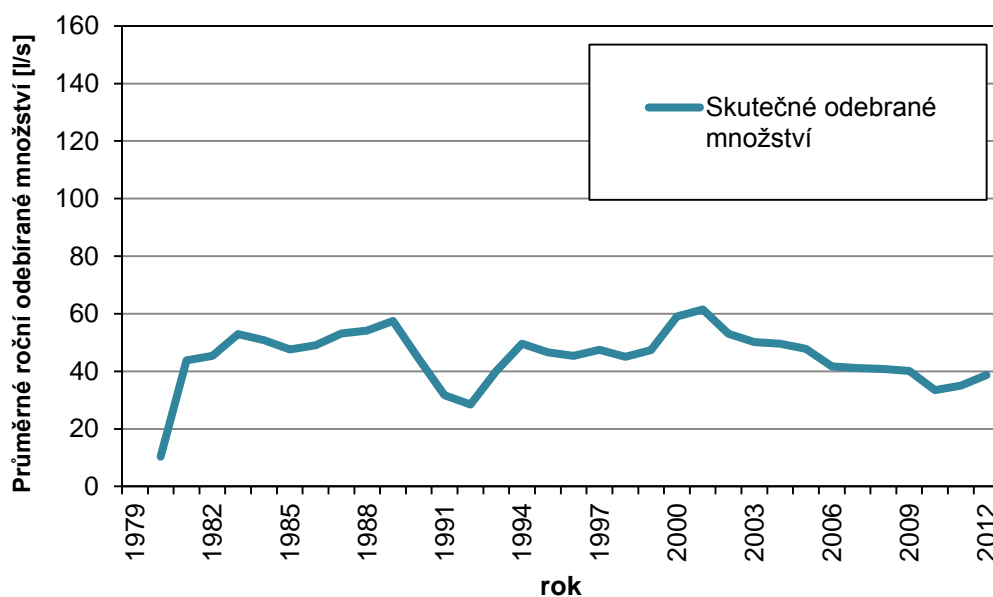
2.6 Monitoring podzemních vod na ÚV Hřensko a WW Endlerkuppe

Průměrné množství čerpané podzemní vody na úpravně vod Hřensko v kalendářním roce 2012 činilo 74,25 l/s. Data poskytl HEIS VÚV - Vodohospodářská bilance (VHB). Graf 2.1 prezentuje vývoj ročních průměrů čerpání podzemní vody na ÚV Hřensko za období 1979 až 2012. Z Grafu 2.1 je patrný poměrně výrazný nárůst

Graf 2.1 - Vývoj ročních průměrů čerpání podzemní vody na ÚV Hřensko (HEIS VÚV, 2012).



Graf 2.2 - Vývoj ročních průměrů čerpání podzemní vody na WW Endlerkuppe (LfULG, 2012)



množství čerpané podzemní vody v období 1981 až 1991. Nejvyšší množství podzemní vody bylo čerpáno v letech 1991 až 1992, kdy maximum dosahovalo hodnoty přibližně 132 l/s. V následujícím období 1993 až po současnost vykazuje trend čerpání podzemní vody sestupnou tendenci. K mírnému nárůstu čerpání došlo v období 1998 až 2002.

Průměrné množství čerpané podzemní vody na úpravně vod Wasserwerk Endlerkuppe v kalendářním roce 2012 činilo 38,69 l/s. Data poskytl LfULG. Z trendu vývoje ročních průměrů čerpání podzemní vody v Grafu 2.2 je patrný poměrně monotónní průběh. V období 1979 až 1989 docházelo k pozvolnému nárůstu čerpání s maximem 57,49 l/s v roce 1989. Následně zaznamenáváme pokles v období 1990 až 1992 s minimem 28,48 l/s v roce 1992. V následující periodě 1993 až 2001 vykazuje trend čerpání postupný nárůst s maximem 61,45 l/s v roce 2001. Od roku 2002 až po současnost vykazuje trend čerpání podzemních vod sestupnou tendenci.

3. Metodika a rozsah provedených prací

3.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků proběhl v období 2012 až 2013. Celkem byly odebrány vzorky podzemních vod z 12 vodárenských vrtů, 9 pozorovacích vrtů a 12 pramenů. Odběr vzorků podzemní vody probíhal v souladu s normou ČSN ISO 5667-11. Příklady odběrných míst jsou zachyceny na Obrázku 3.1.

Z vodárenských vrtů byly na české straně odebrány vzorky z funkčních vrtů provozu ÚV Hřensko, a to K8A2, V3, V4A, K1A2, V5A a V7A. Na saské straně byly vzorky odebrány z vodárenských vrtů Br.1 Felsenmühle (50516005) a Br.2 Neumannmühle (50516006), které provozuje vodárna WW Endlerkuppe.

Vzorky z pozorovacích vrtů byly na české straně odebrány z vrtů P10 a Dkj-11. Na saské straně byly vzorky odebrány z pozorovacích vrtů Hy Sca 21/82/2 (50516024), Hy Sca 21/82/4 (50516026), 13Z/65 (50516010), 13/65 (50516018), Hy SMIL 4/81 (50516003), Hy Sml 5/81 (51516002) a Hy Sml 6/81 (50516004).

U pramenů byly na české straně odebrány vzorky z Suchá Bělá č.1, Suchá Bělá č.2, Nad tůní, U cikánského smrku, Mezná k soutěsce, Studánka 1772, Jetřichovice a Hadí pramen. Dále byly vzorky odebrány ze dvou pramenů jímaných v rámci provozu ÚV Hřensko. Jedná se o prameny Pod Pravčickou bránou a Pytlův pramen. Na saské straně byly vzorky odebrány z pramenů Ilmenquelle (51512002) a Marienquelle.

Reprezentativní vzorek podzemní vody pro stanovení tritia byl vždy odebírán do dvoulitrové plastové vzorkovnice. Pro určení fyzikálně-chemických parametrů byl vzorek odebrán do dvou 250 ml a jedné 100 ml plastové vzorkovnice. Vzorky byly vždy odebírány v dynamickém stavu. V případě vodárenských vrtů probíhal odběr ze vzorkovacího kohoutu při spuštěném čerpadle, kdy čerpaný vrt byl v provozu minimálně 24 hod. U každé lokality byla pořízena fotodokumentace a proběhlo zaměření pomocí GPS.

Po zhruba 1 minutě odtoku vody ze vzorkovacího kohoutu byl odebrán reprezentativní vzorek. U pramenů probíhal odběr v těsné blízkosti prameniště z přirozeného vývěru, přepadového profilu nebo odtokové roury. Vzorky z pozorovacích vrtů byly odčerpány pomocí přenosné čerpací techniky. Vzorek z pozorovacího vrtu byl odebrán po odčerpání množství vody odpovídající minimálně třem objemům daného vrtu.



Schématické rozložení vodárenských vrtů, pozorovacích vrtů a pramenů v rámci zájmového území znázorňuje Obrázek 3.2.

Data k jednotlivým odběrovým lokalitám byla čerpána z archivů: Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. (SČVK,a.s.), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), www.geofond.cz, www.chmi.cz, www.umwelt.sachsen.de, www.gracecz.cz, www.sciencedirect.cz, www.geology.cz.

Obrázek 3.1 – Objekty pro odběry vzorků podzemních vod (foto © P. Šimek).



Pramen pod Pravčickou bránou



DKj-11 (přetok sv. Hubert)

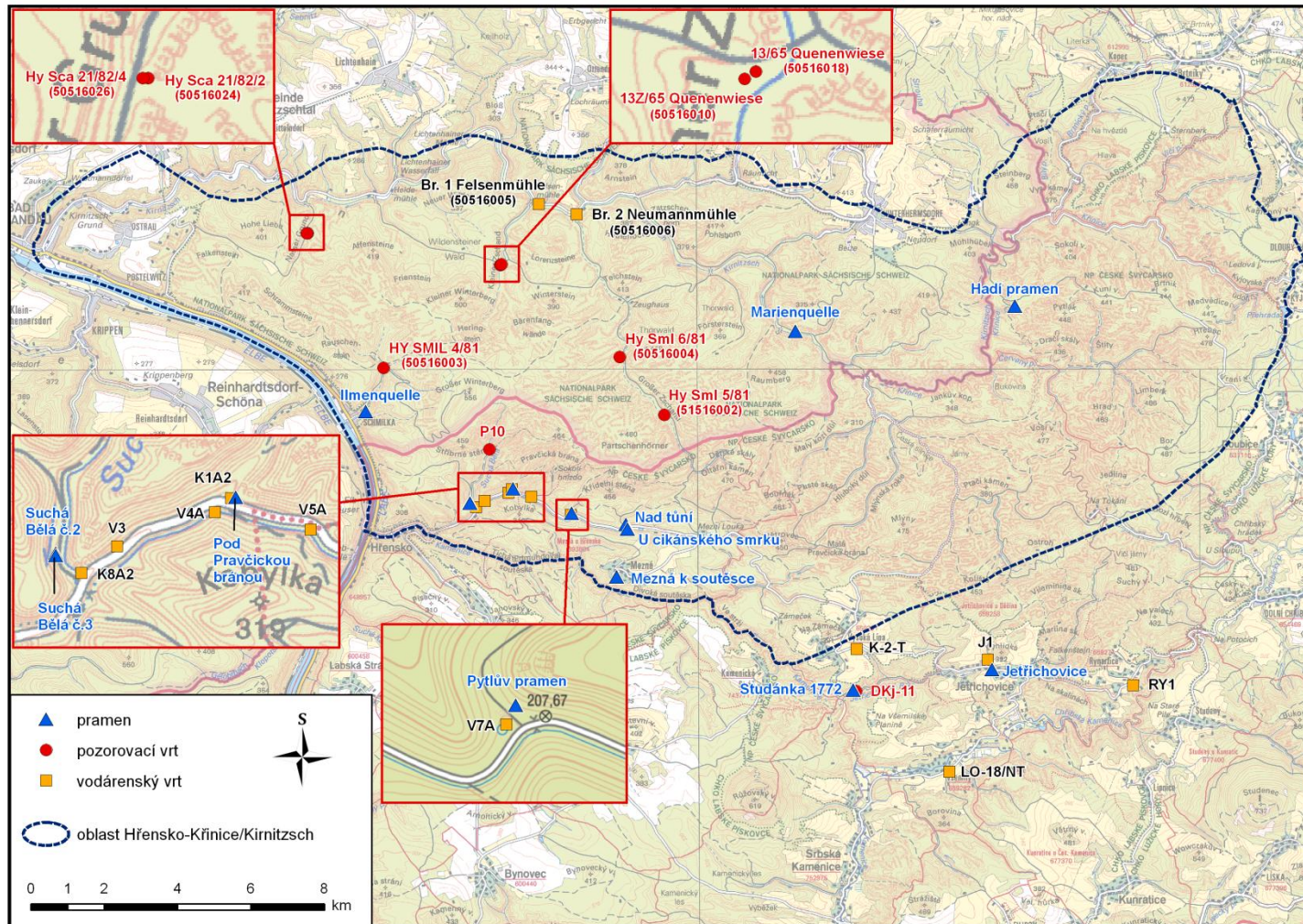


Pramen Suchá Bělá č.3



Vrt K1A8

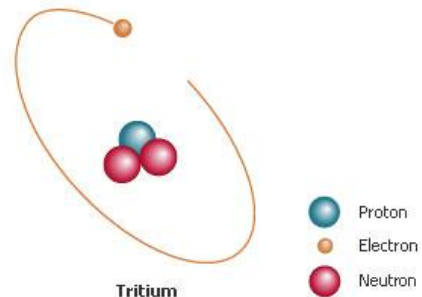
Obrázek 3.2 - Schématické rozložení vrtů a pramenů v rámci zájmové oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch.



3.2 Vlastnosti tritia

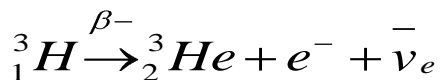
Tritium (^3H) je radioaktivní izotop vodíku, který objevil v roce 1934 lord Rutherford při ozařování těžké vody deuteriovým svazkem (Penzhorn, 2013). Protium (^1H) je nejhojnější izotop vodíku. Atom protia obsahuje jeden proton a relativní atomová hmotnost činí 1,00794. Jako deuterium (^2H) neboli těžký izotop vodík se označuje atom, který obsahuje v jádře jeden proton a jeden neutron a od běžného vodíku se liší především relativní atomovou hmotností, která činí 2,01363. Jádro tritia obsahuje jeden proton a dva neutrony. Skladba atomu tritia je schematicky znázorněn na Obrázku 3.3 (www.newenergyandfuel.com).

Obrázek 3.3 – Schéma skladby atomu tritia (www.newenergyandfuel.com).

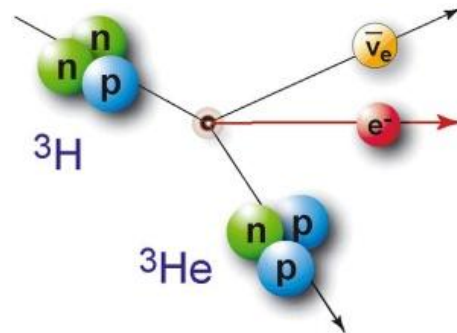


Relativní atomová hmotnost tritia je 3,016049. Národní institut pro standardy a technologie NIST (USA) uvádí poločas rozpadu tritia 4500 ± 8 dní (cca 12,32 roků), (Lucas, Unterweger, 2000).

Obrázek 3.4 – Schéma rozpadu tritia (^3H) na 3-helium (^3He) (www.newenergyandfuel.com).



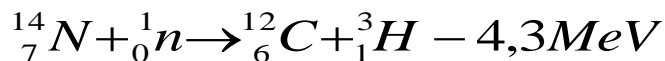
Tritium podléhá beta rozpadu (β^-) za vzniku 3-helia (^3He). Při rozpadu produkuje elektron (e^-), antineutrino ($\bar{\nu}_e$) a uvolňuje energie 18,6 keV (Lucas, Unterweger, 2000). Radioaktivní přeměna tritia (^3H) na 3-helium (^3He) je schematicky znázorněn na Obrázku 3.4 (www.newenergyandfuel.com).



K vyjádření aktivity tritia se kromě SI jednotek (Bq/kg, Bq/l) často používá i tritiová jednotka (tritium unit, TU). Je vyjádřena jako poměr atomů ^3H a ^1H (Rozanski, Gröning, 2004).

$$1\text{TU} = \left[\frac{^3\text{H}}{^1\text{H}} \right] \times 10^{-18} = 0,11919 \pm 0,00021 \text{ Bq/kg}$$

Přírodní tritium vzniká v oblasti vrchní troposféry a zejména spodní stratosféry reakcí rychlých neutronů kosmického záření s atmosférickým dusíkem. Vzhledem k tomu, že jde o endotermické reakce, jsou potřebné neutrony o energii vyšší než 4 MeV. Jedná se zejména o reakci dusíku ^{14}N (Penzhorn, 2013).



K určení koncentrace ^3H ve srážkách v době před jadernými testy, tj. koncentrace odpovídající pouze přirozeným procesům, byla využita měření ^3H ve víně (z uzavřených lahví, bez přístupu vzduchu, známého ročníku). Z těchto měření byla stanovena přirozená koncentrace ^3H ve srážkách v oblasti Bordeaux (Francie) 4,3 TU, v oblasti jezera Michigan (USA) 7,7 TU a v oblasti povodí Mississippi (USA) 5,2 TU.

V zemské kůře vzniká tritium přirozenými procesy samovolného štěpení a radioaktivní přeměnou izotopů thoria a uranu, dále pak absorpcí neutronu borem, ^6Li , ^3He nebo ^2H . Tyto zdroje představují méně než 1 % celkové produkce tritia přírodními procesy a mohou být tedy zanedbány.

Nejvýznamnějším umělým zdrojem tritia v životním prostředí byly v minulosti testy jaderných zbraní, a to především ty v atmosféře. Ostatní umělé zdroje mají hlavně lokální význam. Jedná se o výpustě z jaderných reaktorů, závodů na přepracování vyhořelého jaderného paliva, velká experimentální technická, civilní nebo vojenská zařízení (Penzhorn, 2013).

Atmosférické jaderné testy byly prováděny v období 1945–1980 především Spojenými státy americkými a bývalým Sovětským svazem. Další státy, které také tyto testy realizovaly, byly Velká Británie, Francie a Čína. Nejvíce testů bylo uskutečněno v obdobích 1951–1958 a 1961–1962. Na základě jednání mezi oběma mocnostmi došlo ke krátkodobému omezení testů v letech 1959–1960, avšak následovaly mohutné testy v dalším období. Politická situace nakonec vedla k dohodě mocností a v roce 1963 byla uzavřena Smlouva o částečném zákazu jaderných zkoušek (Partial Test Ban Treaty), která zakazovala jaderné testy v atmosféře, pod vodou a ve vesmíru. Některé země, např. Francie a Čína, k dohodě nikdy nepřistoupily a pokračovaly s nadzemními testy až do roku 1974, resp. 1980. Mezinárodní snahy o zákaz testů jaderných zbraní vedly k uzavření Smlouvy o úplném zákazu jaderných zkoušek (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty) v roce 1996 (Marešová, 2012).

Celkově vyprodukované ^3H do roku 1963 je odhadováno na 323 kg, během počátku sedmdesátých let došlo k navýšení na 550 ± 160 kg. Tritium se primárně dostalo do vysokých vrstev stratosféry a postupně dochází k pronikání ^3H do troposféry. Nejvyšší koncentrace ^3H v atmosféře byla pozorována v roce 1963, a to 6000 TU (Ottawa, Kanada, měsíční měření ve srážkách), (Penzhorn, 2013).

Testy probíhaly především na severní polokouli. V důsledku toho byly i nejvyšší koncentrace ^3H v oceánech pozorovány v oblastech mezi padesátým a dvacátým stupněm severní šířky, což je zesíleno i jarním zeslabením tropopauzy, které závisí na zeměpisné šířce. V osmdesátých letech došlo k postupnému snížení ^3H ve srážkách a vyrovnání koncentrací mezi severní a jižní hemisférou, a to v důsledku radioaktivního rozpadu a také postupného ředění umělé vneseného tritia v oceánech (Penzhorn, 2013).

V jaderných elektrárnách obsahuje vyhořelé palivo z reaktorů významné množství tritia. Je ovšem pevně vázáno přibližně z 60 % ve formě tritidu zirkonia a ze 40 % v oxidech uranu. Pouze velmi malá část je v plynné formě, která se může uvolnit během přepracování paliva. I když z celkového obsahu tritia ve vyhořelém palivu jde o minoritní podíl, vzhledem k množství zpracovávaného paliva ve výsledku se jedná o významné výpustě. Závody na přepracování vyhořelého paliva za běžného provozu vypouštějí o 1–2 řády více tritia než jaderné reaktory (Penzhorn, 2013).

K méně významným zdrojům tritia patří velká výzkumná fúzní zařízení a další civilní i vojenská výzkumná zařízení nakládající s tritiem. Mezi nejvýznamnější patří „The Joint European Torus“ (JET). V současnosti jde o největší provozované výzkumné fúzní zařízení na světě, které se nachází ve Velké Británii. Ve výstavbě je také tokamak ve



Francii, Cadarache, „International thermonuclear experimental reactor“ (ITER). Mezi světově nejvýznamnější výzkumné laboratoře pracující s koncentrovaným tritiem patří laboratoře v Karlsruhe (Německo), v Tokaimura (Japonsko) nebo Savannah River Site (USA), (Marešová, 2012).

Vysoké koncentrace tritia ve srážkách na počátku šedesátých let nabízí jedinečnou příležitost pro datování mladších podzemních systémů v poměrně široké škále věkových kategorií. Tritium je stále nejvhodnější pro sledování mladších vod (cca 5–50 let), zejména na severní polokouli (Maloszewski, Zuber, 1996).

3.3 Metodika stanovení tritia, fyzikálně chemických a anorganických parametrů

Studie je založená na datování podzemních vod pomocí tritia (viz. kapitola 3.4). Analýzu tritia provedla Laboratoř radioekologie VÚV TGM pomocí kapalinové scintilační metody po elektrolytické koncentraci vzorku (Rozanski, Gröning, 2004), (Marešová, 2012).

Pro doplnění byly u vybraných lokalit stanoveny fyzikálně chemické parametry, a to pH, sírany (SO_4^{2-}), chloridy (Cl^-), orto-fosforečnany (o-PO_4^{3-}), dusičnany (NO_3^-), hydrogenuhličitan (HCO_3^-), sodík (Na) a draslík (K), vápník (Ca), železo (Fe), hořčík (Mg) a mangan (Mn). Analýzy fyzikálně chemických parametrů provedla Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů VÚV TGM a Zkušební laboratoř technologie vody VÚV TGM.

Aktivita tritia byla stanovena za použití nízkopozadového kapalinové scintilačního detektoru Quantulus 1220 vyrobeného firmou Wallac. Stanovení radionuklidu tritia bylo v souladu se standardem ČSN ISO 9698 (1996). Relativní detekční účinnost byla 22%. Detekční limit pro směs 8 ml vzorku a 12 ml scintilačního roztoku Ultima Gold a času měření 700 min byl 1,2 Bq/l. Výsledky analýzy se vyjadřují v Bq/l s nejistotou měření na hladině 2 sigma.

Stanovení pH proběhlo potenciometricky v souladu se standardem ČSN ISO 10523. Nejistota stanovení je $\pm 0,2$. Dusičnany (NO_3^-) byly stanoveny fotometricky v souladu se standardem ČSN ISO 7890-3. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření $\pm 10\%$. Orto-fosforečnany (o-PO_4^{3-}) byly stanoveny fotometricky v souladu se standardem ČSN ISO 6878. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření $\pm 10\%$. Chloridy (Cl^-) byly stanoveny titračně v souladu se standardem ČSN ISO 9297. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření $\pm 10\%$. Kyselinová neutralizační kapacita ($\text{KNK}_{4,5}$) byly stanoveny titračně v souladu se standardem ČSN ISO 9963-1. Výsledky analýzy se vyjadřují v mmol/l s nejistotou měření $\pm 10\%$. Sírany (SO_4^{2-}) byly stanoveny fotometricky v souladu se standardem EPA 375.4. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření $\pm 10\%$. Hydrogenuhličitan (HNO_3^-) byly vypočítány na základě znalosti pH a $\text{KNK}_{4,5}$. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l.

Stanovení sodíku (Na) a draslíku (K) proběhlo pomocí plamenné atomové absorpční spektrometrie (AAS) v souladu se standardem ČSN ISO 9964 1-2. Výsledky analýzy se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření $\pm 5\%$. Stanovení vápníku (Ca), železa (Fe), hořčíku (Mg) a manganu (Mn) proběhlo pomocí optické emisní spektrometrie v induktivně vázaném plazmatu (ICP- AES) v souladu se standardem ČSN EN ISO 11885. Nejistota stanovení je $\pm 10\%$. Výsledky analýzy vápníku (Ca) a hořčíku (Mg) se vyjadřují v mg/l s nejistotou měření $\pm 10\%$. Výsledky analýzy železa (Fe) a manganu (Mn) se vyjadřují v $\mu\text{g/l}$ s nejistotou měření $\pm 10\%$. Do stanovení Na, K, Ca, Fe, Mg, Mn byly zahrnuty i jejich nerozpuštěné formy.



3.4 Model

Pod pojmem stáří podzemní vody se rozumí časový rozdíl t , který leží mezi okamžikem odběru vzorku v měřicí stanici (t) podzemních vod a okamžikem, kdy začal vzorek vody jako srážky prosakovat do půdy (t_0). Střední dobou zdržení se rozumí střední stáří všech složek vzorku podzemní vody, který se skládá ze směsi složek různého stáří. Ekologické indikátory jsou stopové látky, které celosvětově současně prosakují prostřednictvím srážek do podzemí a značkují tak podzemní vodu. Mohou tak být použity k identifikaci doby zdržení podzemní vody v podzemí bez nutnosti je samotné injektovat.

Pro určení stáří vzorku podzemní vody je nutné porovnání koncentrace ekologického indikátoru tohoto vzorku s koncentrací indikátoru ve srážkách daného regionu. Koncentrace ve srážkách podléhá časovým a místním změnám. Zaznamenáváme-li koncentraci ve srážkách po určitou dobu, hovoříme o inputové funkci příslušné odběrové lokality (Rösner et al., 2007),(Bruthans, Churáčková, 2010),(Bruthans, 2011).

Abychom z koncentrace ekologického indikátoru mohli vypočítat stáří vzorku, potřebujeme k tomu matematické modely. Jsou to „koncepční blokové modely“, které popisují pouze nejdůležitější vlastnosti migračního prostoru mezi oblastí průsaku a lokalitou odběru vzorku.

3.4.1 Model Piston-flow (PM)

Model Piston-flow je nejjednodušší vyhodnocovací model, který je k dispozici. Popisuje způsob pístového proudění v napjatém podzemním zásobníku ve zvodnělé vrstvě. Model je schematicky znázorněn na Obrázku 3.5. Model Piston-flow je použitelný i pro nenapjaté zvodně, jejíž infiltrační zóna je poměrně malá. Model má homogenní strukturu stáří. Pro výpočet byly použity následující rovnice (1),(2):

$$c_v(t) = c_v(t_0) \times \exp^{(-\lambda \times t)} \quad (1)$$

- Kde: t stáří podzemní vody (r)
 λ rozpadová konstanta tritia (1/r)
 $c_v(t)$ objemová aktivita tritia v čase t (Bq/l)
 $c_v(t_0)$ objemová aktivita tritia ve srážkách t_0 (Bq/l)

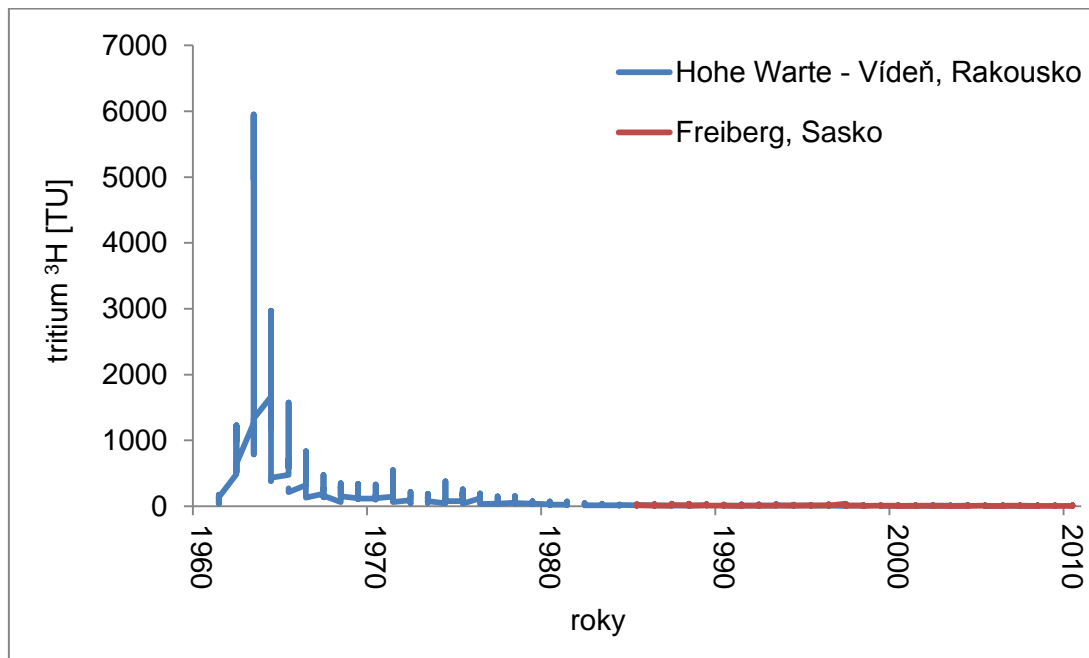
rozpadovou konstantu tritia λ lze vyjádřit z rovnice:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (2)$$

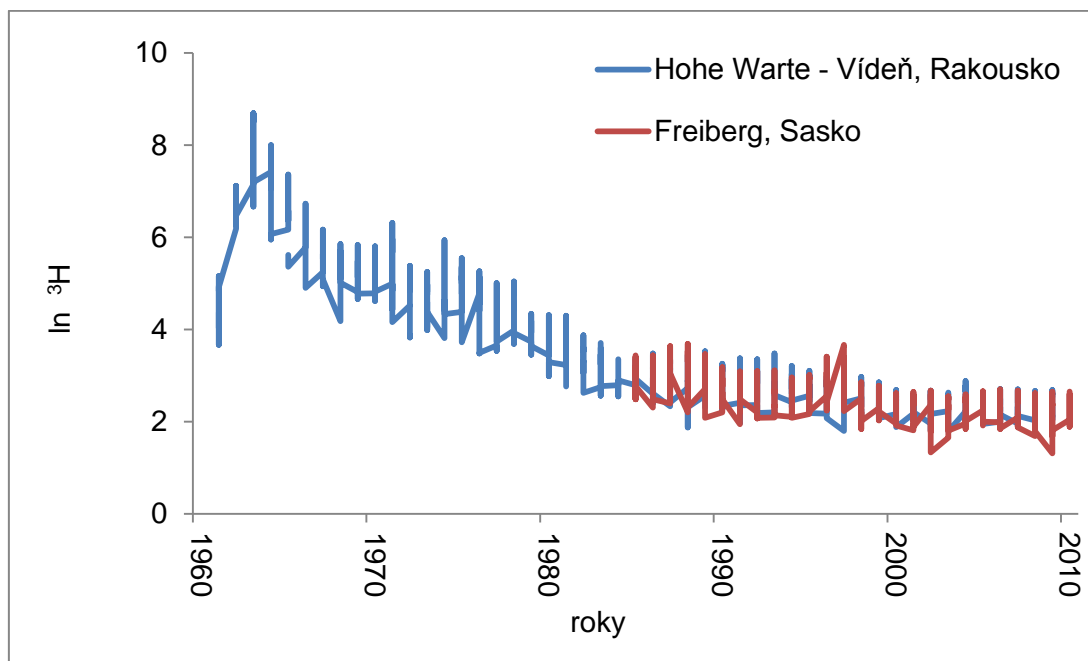
Kde: $T_{1/2}$ poločas rozpadu (r)
 λ rozpadová konstanta tritia (1/r)

Pro vstupní hodnotu objemové aktivity tritia ve srážkách byly použity dvě časové řady ze dvou lokalit. Lokalita Freiberg se nachází 50 km jihozápadně od Drážďan v SRN. Monitoring tritia ve srážkách zde probíhá kontinuálně v měsíční periodě od roku 1985. Použitá data zahrnují periodu 1985 až 2010 (LfULG, 2012). Lokalita Hohe Warte se nachází ve Vídni v Rakousku a monitoring tritia ve srážkách zde probíhá kontinuálně v měsíční periodě od roku 1961. Použitá data zahrnují periodu 1961 až 2009 (IAEA, 2014). Trend obsahu tritia ve srážkách na stanici Freiberg a Hohe Warte je znázorněn na Grafu 3.4. Vzhledem k vyšším rozdílům mezi maximálními a minimálními hodnotami je obsah tritia ve srážkách vynesena v přirozeném logaritmickém měřítku na Grafu 3.5.

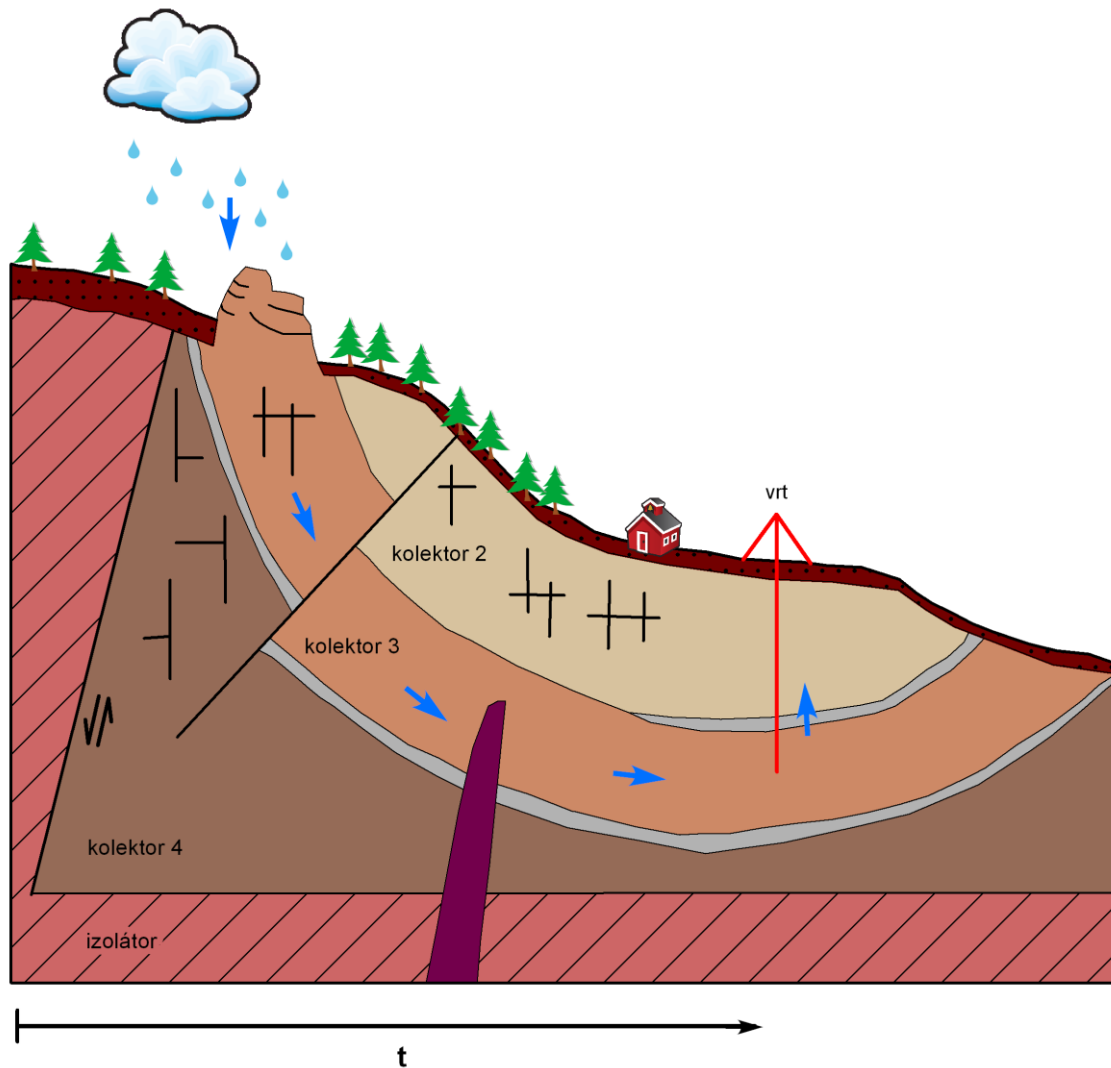
Graf 3.4 - Trend obsahu tritia ve srážkách na stanici Freiberg, Sasko (LfULG, 2012) a Hohe Warte - Vídeň, Rakousko (IAEA, 2014).



Graf 3.5 - Trend obsahu tritia ve srážkách v přirozeném logaritmickém měřítku na stanici Freiberg, Sasko (LfULG, 2012) a Hohe Warte - Vídeň, Rakousko (IAEA, 2014).



Obrázek 3.5 – Model Piston-flow (PM) (VÚV TGM, 2014).



4. Fyzikálně chemické a anorganické parametry podzemních vod

Vzorky podzemní vody byly odebrány v dynamickém stavu. Pro doplnění studie byly u vybraných lokalit stanoveny fyzikálně chemické a anorganické parametry, a to pH, konduktivita, sírany (SO_4^{2-}), chloridy (Cl^-), orto-fosforečnany (o-PO_4^{3-}), dusičnany (NO_3^-), hydrogenuhličitan (HCO_3^-), sodík (Na) a draslík (K), vápník (Ca), železo (Fe), hořčík (Mg) a mangan (Mn).

Výše jmenované parametry byly na české straně stanoveny u lokalit vodárenských vrtů K1A2, K8A2, V4A, V5A, J1, RY1, LO-18/NT, K-2-T a vodárenských pramenů Pod Pravčickou bránou a Pytlův pramen. U pozorovacích vrtů byly parametry stanoveny na lokalitě P10, Dále byly parametry stanoveny u pramenů Hadí pramen, Suchá Bělá č.2 a Suchá Bělá č.3

Na saské straně byly parametry stanoveny u lokalit vodárenských vrtů Br.1 Felsenmühle (50516005), Br.2 Neumannmühle (50516006). U pozorovacích vrtů byly parametry stanoveny na lokalitách Hy Sca 21/82/2 (50516024), Hy Sca 21/82/4 (50516026), 13Z/65 (50516010), 13/65 (50516018), Hy SMIL 4/81 (50516003), Hy Sml 5/81 (51516002) a Hy Sml 6/81 (50516004). Dále byly parametry stanoveny u pramene Marienquelle.

Anorganické látky ve vodách se člení podle chemické příbuznosti. Formy výskytů jednotlivých prvků totiž závisejí na hodnotě pH, na oxidačně redukčním potenciálu a na komplexotvornosti reakcí. V přírodních a užitkových vodách se prvky vyskytují ve formě kationtů, aniontů a neiontové formě.

4.1 pH

Hodnota pH významně ovlivňuje chemické procesy ve vodách a proto je stanovení pH nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody. V čistých přírodních vodách (povrchových a prostých podzemních) je hodnota pH v rozmezí asi od 4,5 do 9,5. U podzemních vod se pH pohybuje nejčastěji v rozmezí přibližně od 5,5 do 7,5. V tomto rozmezí se uplatňuje vápenato-uhličitá rovnováha, která v podstatě určuje hodnotu pH. Výjimečně je pH nižší než 5,5 nebo vyšší než 8,0. Výrazně acidické mohou být vody důlní a podzemní vody z okolí nalezišť a těžby sulfidických rud. Naopak alkalické jsou některé podzemní vody cenomanské zvodně, kdy se pH pohybuje od 8,0 až 8,5 (Pitter, 2009).

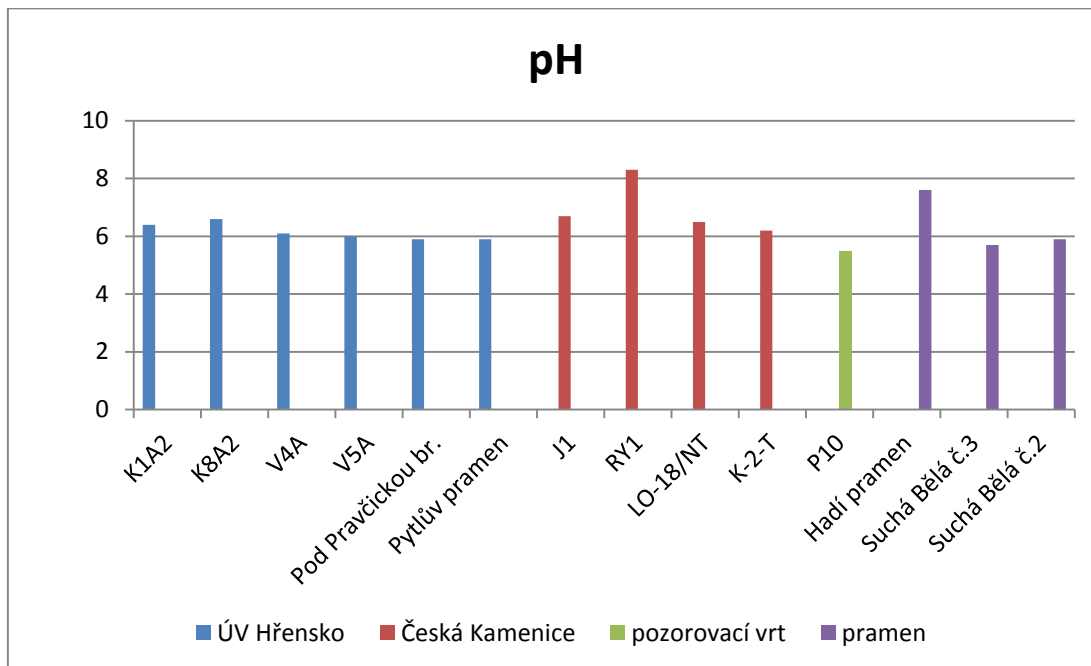
V české části zájmového území byla v případě pH zaznamenána maximální hodnota 8,3 na lokalitě RY1 a minimální hodnota 5,5 na lokalitě P10. Průměrná hodnota pH činila 7,3.

Na saské straně zájmového území byla v případě pH zaznamenána maximální hodnota 7,7 na lokalitě 16/65 a minimální hodnota 5,4 na lokalitě Hy Sca 21/82/2. V průměru dosahovala hodnota pH 6,8.

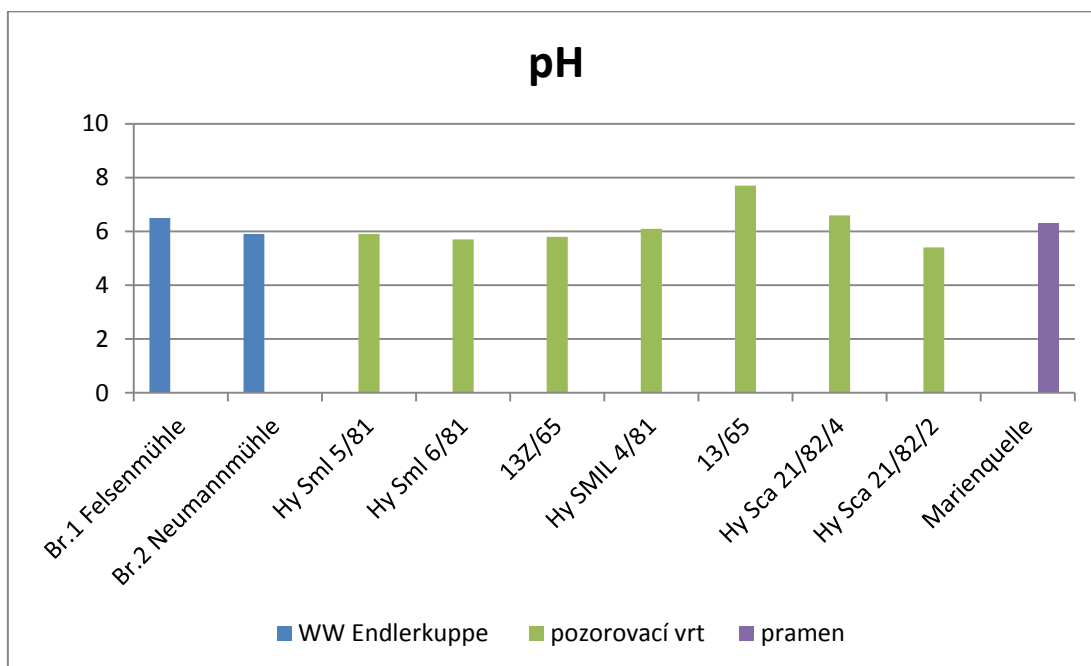
Graf 4.1 a 4.2 znázorňuje hodnoty pH vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabelární výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.



Graf 4.1 – pH na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.2 – pH na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



4.2 Elektrická konduktivita

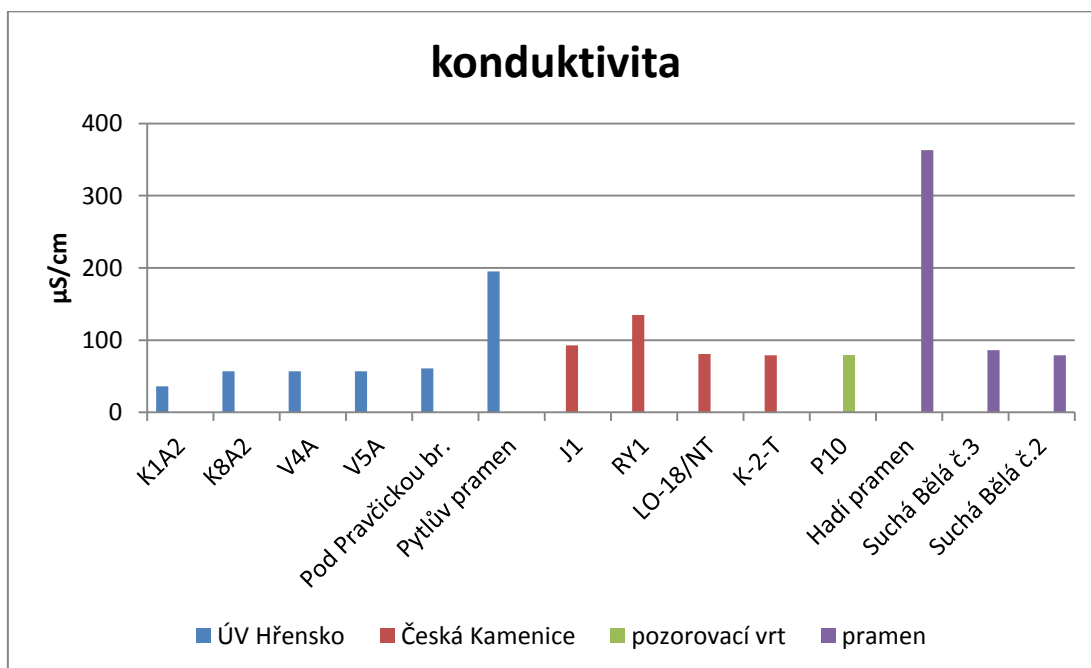
Elektrická konduktivita, která se v rozborech vody označuje obvykle jen jako konduktivita, je míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. V přírodních a užitkových vodách, s velmi nízkým obsahem organických látek, je konduktivita mírou obsahu anorganických elektrolytů (anionů a kationů). Konduktivita se obvykle označuje značkou κ a je převrácenou hodnotou odporu roztoku (Ω) mezi dvěma elektrodami o ploše 1m^2 , které jsou od sebe vzdáleny jeden metr. Jednotkou vodivosti (konduktance) je siemens (S) a jednotkou konduktivity je $\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$. V hydrochemii a analytice vody jsou hodnoty konduktivity zpravidla malé, a proto se běžně uvádí v $\mu\text{S}/\text{cm}$ nebo mS/m ($1\ \mu\text{S}/\text{cm} = 0,1\ \text{mS}/\text{m}$). Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě. Konduktivita vody se obvykle měří při $25\ ^\circ\text{C}$ nebo se na tuto teplotu přepočítává (Pitter, 2009).

Na české straně zájmového území byla v případě konduktivity zaznamenána maximální hodnota $363\ \mu\text{S}/\text{cm}$ na lokalitě Hadí pramen a minimální hodnota $36\ \mu\text{S}/\text{cm}$ na lokalitě K1A2. Průměrná hodnota konduktivity činila $97,2\ \mu\text{S}/\text{cm}$.

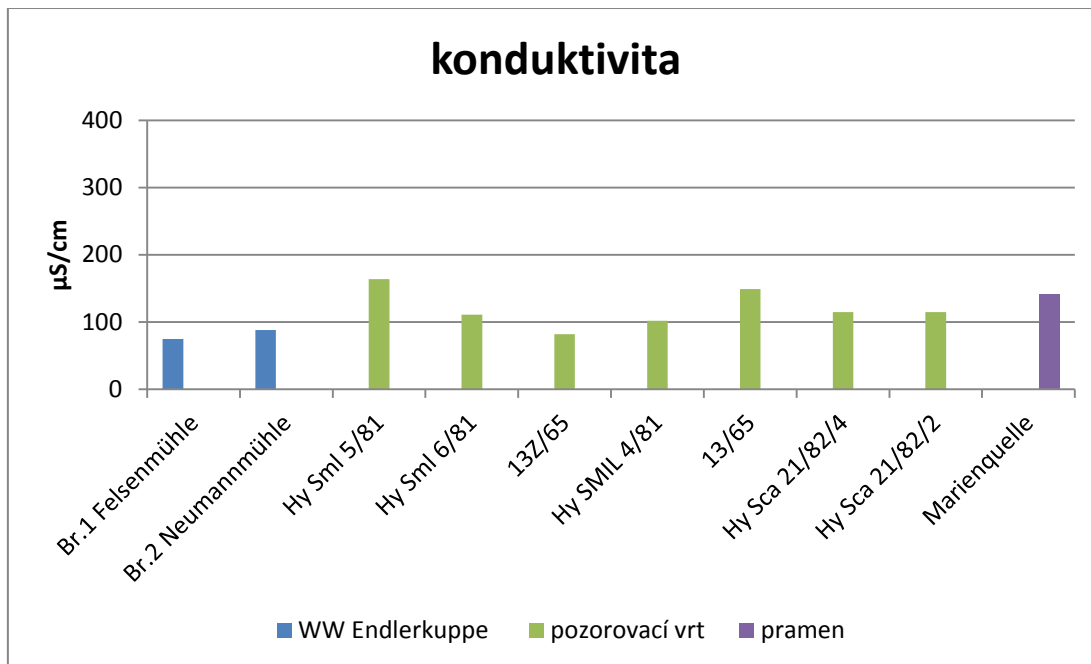
V saské části zájmového území byla v případě konduktivity zaznamenána maximální hodnota $164\ \mu\text{S}/\text{cm}$ na lokalitě Hy Sml 5/81 a minimální hodnota $75\ \mu\text{S}/\text{cm}$ na lokalitě Br.1 Felsenmühle. Průměrná hodnota konduktivity činila $114,2\ \mu\text{S}/\text{cm}$.

Graf 4.3 a 4.4 znázorňuje hodnoty konduktivity vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

Graf 4.3 – Konduktivita na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.4 – Konduktivita na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.

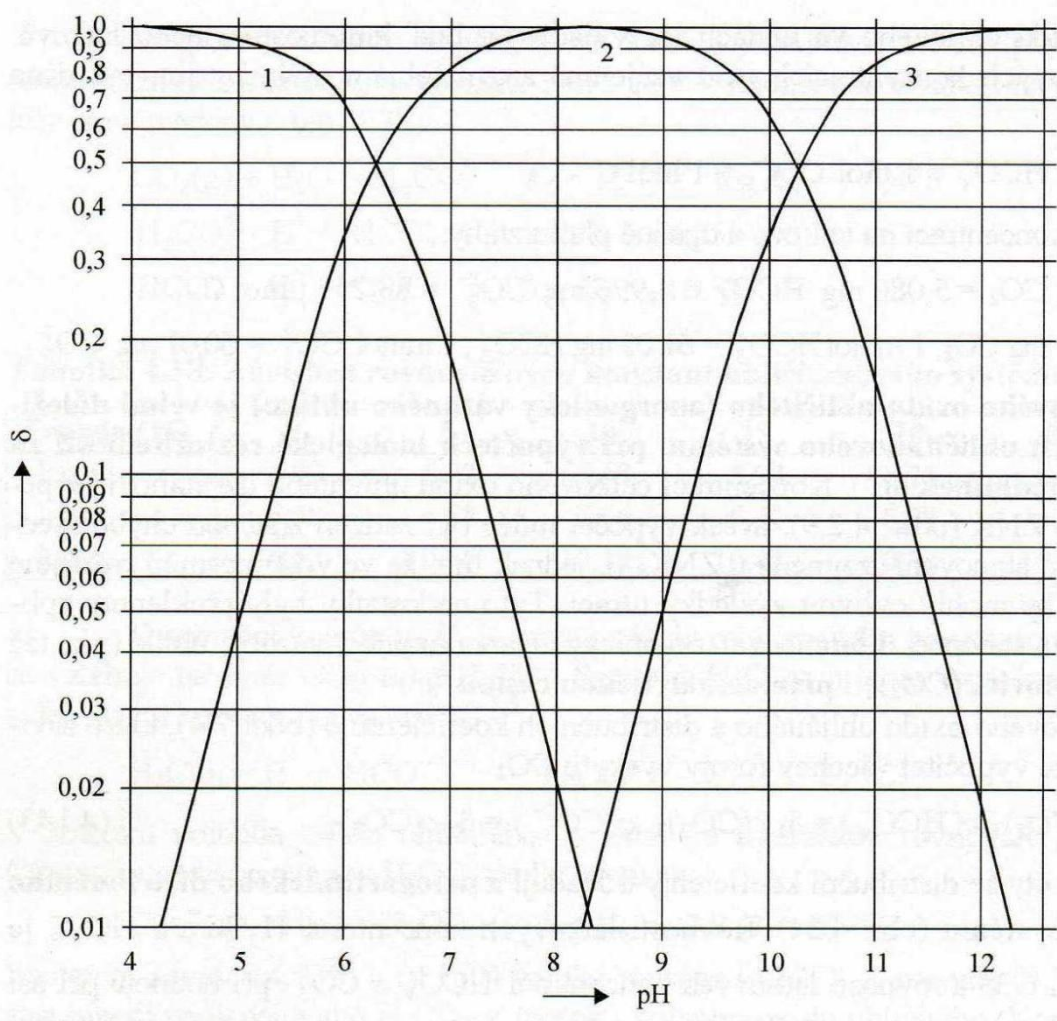


4.3 Hydrogenuhlíčitany HCO_3^-

Nejdůležitějším protolytickým systémem v přírodních a užitkových vodách je uhličitánový systém ($\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$), který výrazně ovlivňuje složení a vlastnosti vod (pH, neutralizační a tlumivou kapacitu, agresivitu, inkrustační účinky) a také všechny procesy jejich chemické nebo fyzikálně chemické úpravy (koagulace, adsorpce, odkyselování aj.). Oxid uhličitý (CO_2) přítomný ve vodách může být původu atmosférického, biogenního a hlubinného. Genezi oxidu uhličitého lze odhadnout i z izotopového složení uhlíku. Oxid uhličitý rozpuštěný ve vodě se nazývá volný oxid uhličitý. Ve vodě je rozpuštěn převážně v podobě volně hydratované molekuly, označované obvykle jako $\text{CO}_2(\text{aq})$. Volný oxid uhličitý je obsažen ve všech přírodních vodách, jejichž hodnota pH nepřesahuje 8,3. Hydrogenuhlíčitany (HCO_3^-) vznikají při chemickém zvětrávání hlinitokřemičitanů působením CO_2 a H_2O a reakcí mezi uhličitánovými minerály (např. kalcitem) a CO_2 . Hydrogenuhlíčitany jsou běžně zastoupeny v přírodních i užitkových vodách a v málo mineralizovaných vodách nad ostatními přírodními anionty převažují. V přírodních vodách jsou hydrogenuhlíčitany obsaženy při hodnotách pH od cca 4,2 až do 12,4. Uhličitany (CO_3^{2-}) se v přírodních vodách vyskytují ve vyšších koncentracích jen zřídka, protože jsou odstraňovány srážením málo rozpustných uhličitánů některých kovů, a to především jako CaCO_3 . Ve vyšších koncentracích se mohou vyskytovat jen v alkalických vodách, kdy je hodnota pH vyšší než 8,3 (Pitter, 2009).

Z distribučního diagramu na Obrázku 4.1 je patrné, že v rozmezí obvyklých hodnot pH přírodních a užitkových vod zcela převládají formy H_2CO_3^* a HCO_3^- a koncentrace CO_3^{2-} jsou zanedbatelné. Distribuční diagram je vyneseno za podmínek $T = 25^\circ\text{C}$ a $I=0$. Křivka s označením 1 náleží H_2CO_3^* , dále křivka s označením 2 náleží HCO_3^- a křivka s označením 3 náleží CO_3^{2-} (Pitter, 2009).

Obrázek 4.1 – Distribuční diagram uhličitánového systému (Pitter, 2009).

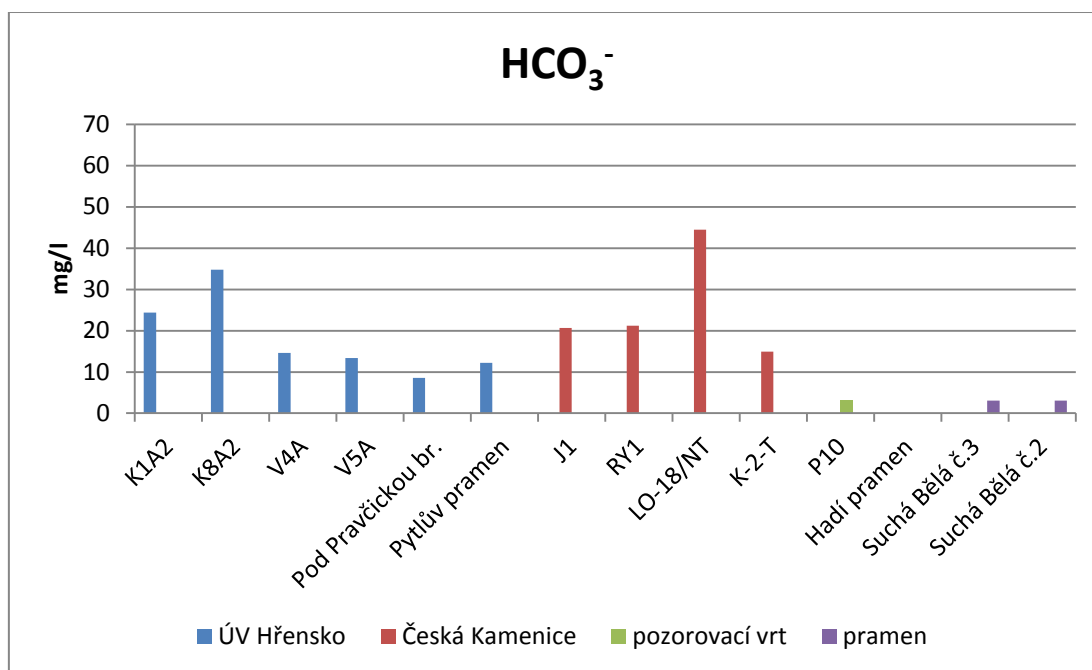


Na české straně zájmového území byla v případě HCO_3^- zaznamenána maximální hodnota 44,5 mg/l na lokalitě LO-18/NT a minimální hodnota 3,05 mg/l na lokalitě Suchá Bělá č.3 a Suchá Bělá č.2. V průměru dosahovaly HCO_3^- hodnoty 16,8 mg/l.

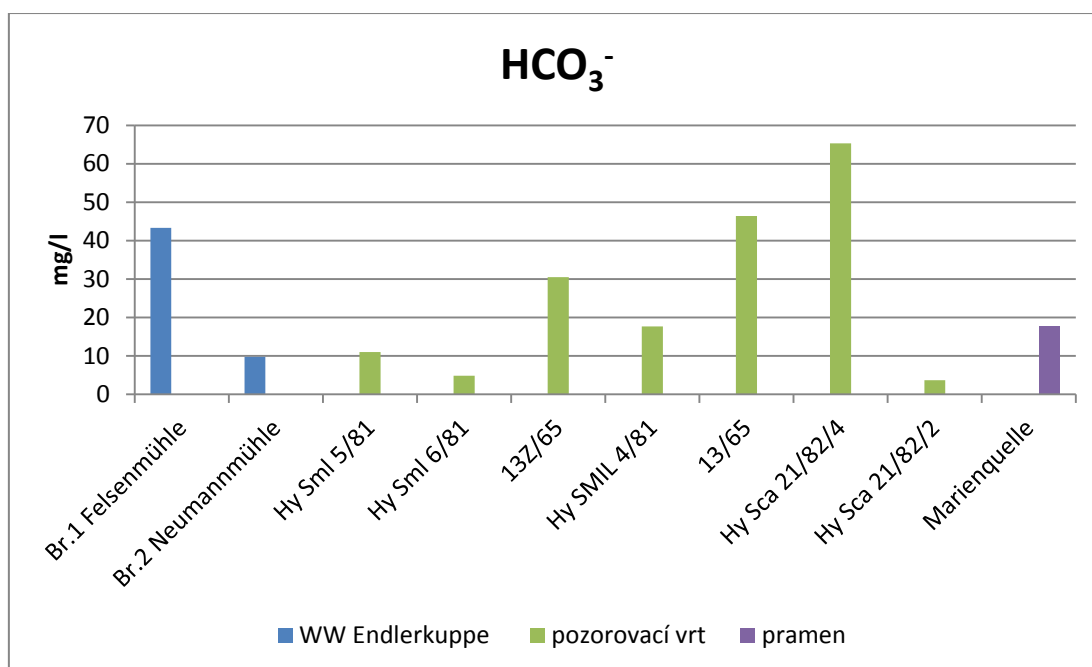
V saské části zájmového území byla v případě HCO_3^- zaznamenána maximální hodnota 65,3 mg/l na lokalitě Hy Sca 21/82/4 a minimální hodnota 3,66 mg/l na lokalitě Hy Sca 21/82/2. Průměrná hodnota HCO_3^- činila 25,0 mg/l.

Graf 4.5 a 4.6 znázorňuje hodnoty hydrogenuhličitanů vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabelární výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

Graf 4.5 – Obsah HCO_3^- na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



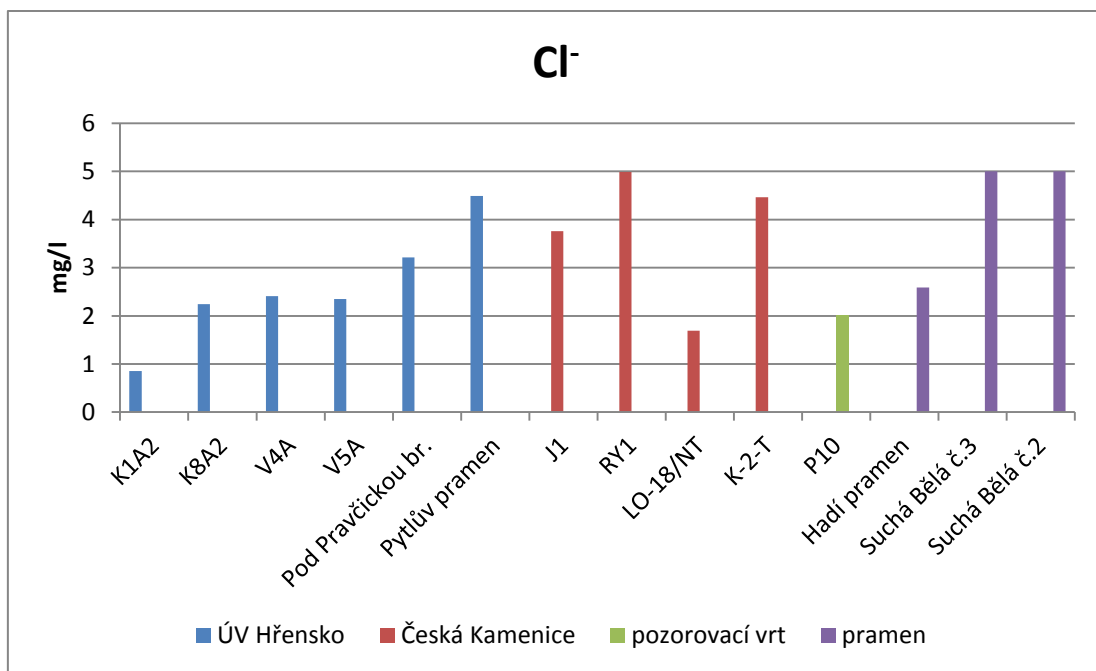
Graf 4.6 – Obsah HCO_3^- na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.

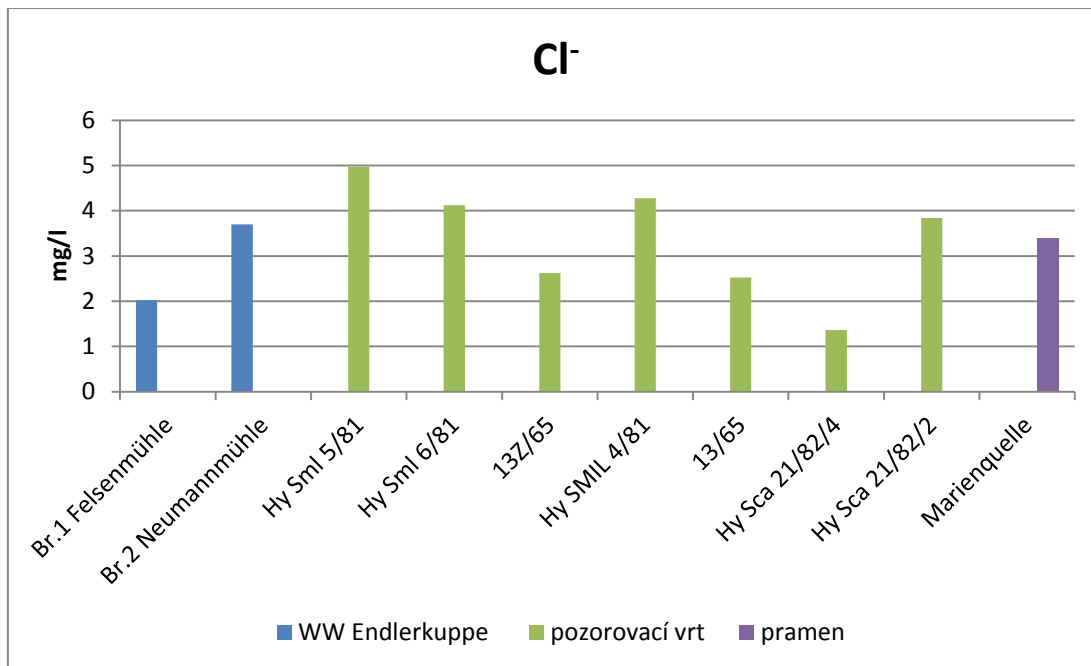


4.4 Chloridy Cl⁻

Základní druhy hornin a půd obsahují průměrně 10 mg až 500 mg chloridů v 1 kg. Jejich zvětráváním a vyluhováním přecházejí chloridy do vody. Zdaleka nejvyšší koncentrace chloridů pochází z ložisek kamenné soli nebo draselných solí. Dále mohou být také vulkanického původu. Významným zdrojem je také člověk, neboť denně vyloučí močí asi 9 g chloridů a ty pak přecházejí do splaškových vod. V souvislosti s činností člověka můžeme nalézt významný zdroj chloridů v zemědělských odpadech a živočišné výrobě. Nejrozšířenější formou výskytu sloučenin chloru ve vodách jsou chloridy. Jsou přítomné jako jednoduchý ion Cl⁻. Chloridy patří mezi základní anionty vyskytující se v přírodních i užitkových vodách. Vzhledem k dobré rozpustnosti jejich koncentrace stoupá se vzrůstající mineralizací. V neznečištěných atmosférických vodách se nacházejí koncentrace chloridů i pod 1 mg/l. V prostých podzemních a povrchových vodách dosahuje koncentrace chloridů obvykle jednotek až desítek mg/l. Poměrně vysokých koncentrací dosahují v minerálních vodách a solankách, a to až několik tisíc mg/l (Pitter, 2009).

Graf 4.7 – Koncentrace Cl⁻ na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.8 – Koncentrace Cl^- na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.

Ve vodách jsou chloridy chemicky i biochemicky stabilní. Netvoří málo rozpustné sloučeniny ani minerály. Na tuhých fázích se adsorbují jen málo, takže se v půdě při infiltraci zadržují jen nepatrně. Díky chemické a biochemické stabilitě se chlorid sodný používá jako stopovač při průzkumu podzemních vod (Pitter, 2009).

V české části zájmového území byla v případě Cl^- zaznamenána maximální hodnota 4,99 mg/l na lokalitě K1A2 a minimální hodnota 0,86 mg/l na lokalitě RY1. Průměrná hodnota Cl^- činila 2,92 mg/l.

Na saské straně zájmového území byla v případě Cl^- zaznamenána maximální hodnota 4,97 mg/l na lokalitě Hy Sml 5/81 a minimální hodnota 1,36 mg/l na lokalitě Hy Sca 21/82/4. V průměru dosahovaly koncentrace Cl^- hodnoty 3,28 mg/l.

Graf 4.7 a 4.8 znázorňuje hodnoty Cl^- vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

4.5 Sířany SO_4^{2-}

Ve vodách se vyskytuje síra anorganicky i organicky vázaná. Anorganické sloučeniny síry mohou být v oxidačním stupni -II, 0, II, IV a VI. Jde o sulfan (H_2S) a jeho iontové formy (HS^- , S^{2-}), thiokyanaty (SCN^-), elementární síru (S^0), thiosířany ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), siřičitany (SO_3^{2-}), sířany (SO_4^{2-}). Organické sloučeniny síry představují např. některé bílkoviny (Greenwood, Earnshaw, 1993).

Koloběh sloučenin síry v přírodě, a tedy i ve vodách, je založen především na jejich biochemických přeměnách, a to na biochemickém rozkladu organických látek obsahujících síru ve skupinách -SH, SO_3H a -S-S- a na asimilaci anorganicky vázané síry rostlinami a mikroorganismy. Spolu s hydrogenuhličitanem, chloridy a dusičnany patří sířany mezi hlavní anionty přírodních vod. Hlavním zdrojem síranů v přírodě jsou

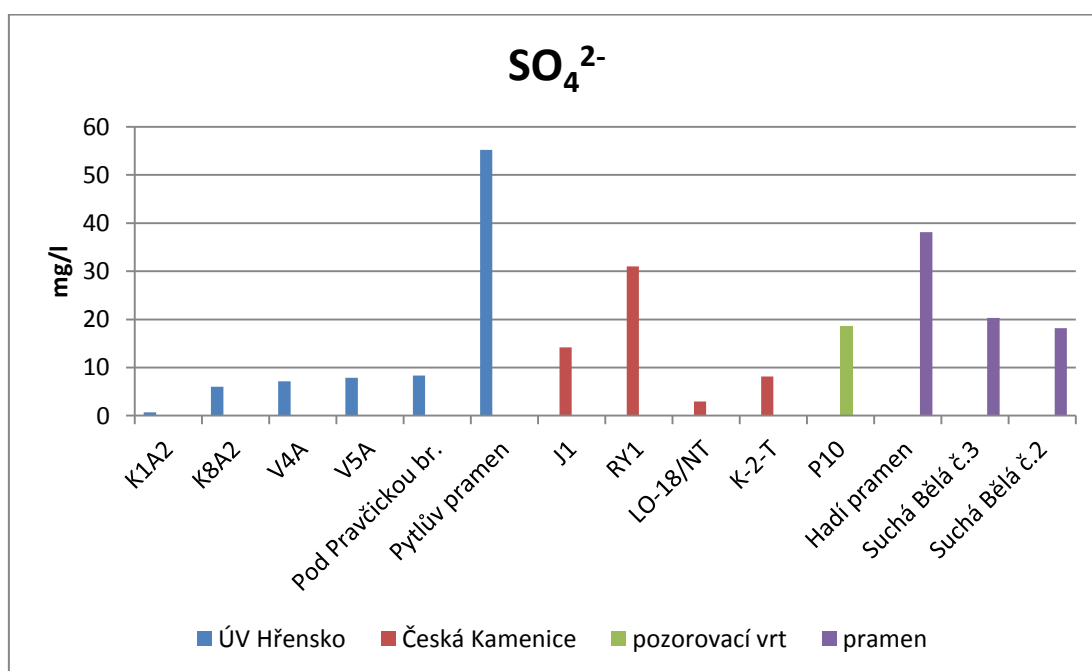
sádrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a anhydrit (CaSO_4). Dále vznikají oxidací sulfidických rud (např. pyritu FeS_2). Z antropogenních zdrojů je nutné jmenovat především odpadní vody z průmyslu, kde se používá kyselina sírová. Dalším zdrojem jsou městské a průmyslové exhalace obsahující SO_2 a SO_3 . Z rozpuštěných forem síranů ve vodách se především vyskytuje jednoduchý síranový anion SO_4^{2-} . Ve vodách s vysokou koncentrací síranů (síranové vody) mohou být přítomné i iontové asociáty, tzv. sulfátokomplexy. Jedná se především o průmyslové vody. Rozdíly v izotopovém složení kyslíku a síry v molekule rozpuštěných síranů ve vodě umožňuje v některých případech určit jejich genezi. Koncentrace síranů ve vodách se nejčastěji vyjadřuje v mg SO_4^{2-} v 1 litru vody. Atmosférické vody obsahují sírany v desítkách až jednotkách mg/l, avšak v průmyslových oblastech mohou být mnohonásobně vyšší. V prostých podzemních vodách činí jejich koncentrace obvykle desítky až stovky mg/l. Stejně hodnoty platí i pro povrchové vody. Zvláště bohaté na sírany jsou některé minerální vody, kde koncentrace dosahuje až tisíců mg/l. Sírany v koncentraci běžně se vyskytujících v povrchových a prostých podzemních vodách nemají hygienický význam. Při vysokých koncentracích ovlivňují chuť vody. Spolu s vyššími koncentracemi hořčíku a sodíku způsobují, že voda má laxativní účinky (Pitter, 2009).

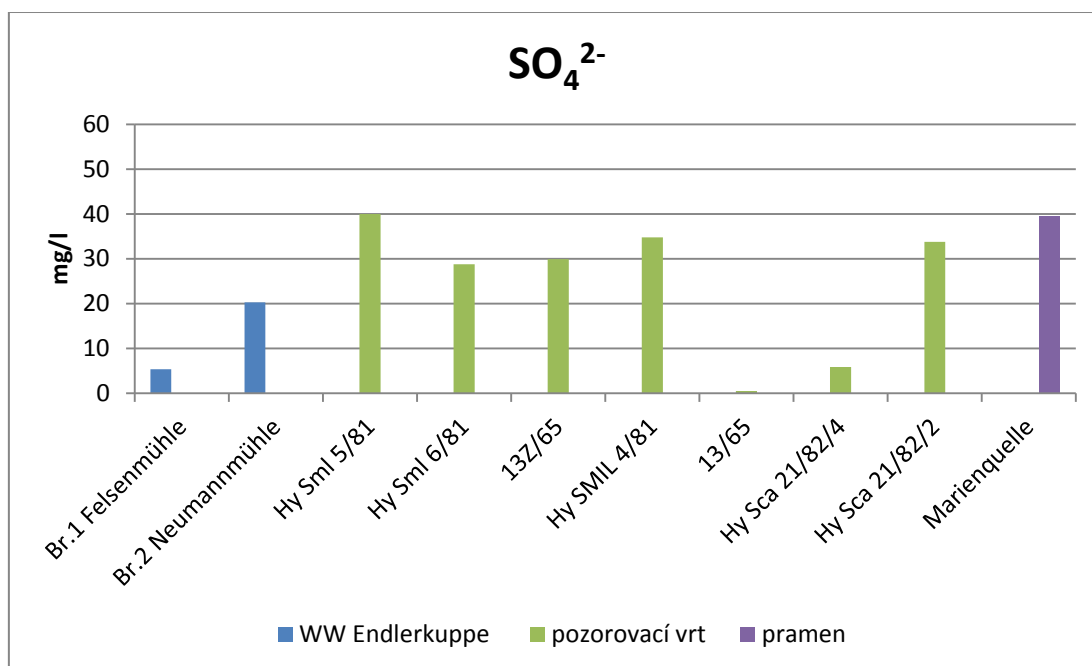
V české části zájmového území byla v případě SO_4^{2-} zaznamenána maximální hodnota 55,2 mg/l na lokalitě Pytlův pramen a minimální hodnota 0,72 mg/l na lokalitě K1A2. V průměru dosahovaly koncentrace SO_4^{2-} hodnoty 16,9 mg/l.

V případě SO_4^{2-} na saské straně zájmového území byla zaznamenána maximální hodnota 40,0 mg/l na lokalitě Hy Sml 5/81 a minimální hodnota <0,5 mg/l na lokalitě 13/65 (51516018). Průměrná hodnota SO_4^{2-} činila 26,5 mg/l.

Graf 4.9 a 4.10 znázorňuje hodnoty SO_4^{2-} vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledků jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

Graf 4.9 – Koncentrace SO_4^{2-} na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.10 – Koncentrace SO_4^{2-} na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.

4.6 Dusičnany NO_3^-

Dusík spolu s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Sloučeniny dusíku mohou být buď anorganického, nebo organického původu. Sloučeniny dusíku v biosféře neovlivněné antropogenní činností jsou převážně biogenního původu. Vznikají rozkladem organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu (Greenwood, Earnshaw, 1993).

Dusík se vyskytuje ve vodách v různých oxidačních stupních, v iontové i neiontové formě, a to 3-, 1-, 0, 1+, 3+, 5+. Ve vodách se stanovuje celkový dusík (TN=total nitrogen), který se dále dělí na anorganicky vázaný dusík a organicky vázaný dusík. Mezi hlavní formy anorganicky vázaného dusíku patří amoniakální (N-NH_4^+ , N-NH_3), dusitanový (N-NO_2^-) a dusičnanový dusík (N-NO_3^-). Organicky vázaný dusík se ve vodách vyskytuje např. ve formě bílkovin a jiných rozkladných produktů. Dusičnany (NO_3^-) jsou v minerálech obsaženy jen velmi zřídka (např. dusičnan sodný – chilský ledek). Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku a jeho konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Významným zdrojem dusičnanů je vliv antropogenní činnosti. Dusičnany se vyskytují téměř ve všech vodách a jejich koncentrace v povrchových i podzemních vodách vzrůstají v důsledku vzrůstajícího počtu obyvatel a zemědělské činnosti v jednotlivých regionech. Jsou významným indikátorem lidské činnosti. V podzemních vodách mohou koncentrace dusičnanů kolísat v závislosti na jejich genezi. V podzemních vodách má také vliv na obsah dusičnanů klimatický a půdní charakter oblasti. V přírodních vodách se také koncentrace dusičnanů mění v závislosti na vegetačním období. V pitných vodách jsou zvýšené koncentrace dusičnanů nebezpečné tím, že v gastro-intestinálním traktu mohou redukovat v důsledku bakteriální činnosti na toxičtější dusitany. Dusitany v krvi reagují s hemoglobinem a omezují jeho schopnost přenášet kyslík (dusičnanová alimentární methemoglobinaemie). Ohroženou skupinou obyvatelstva jsou především

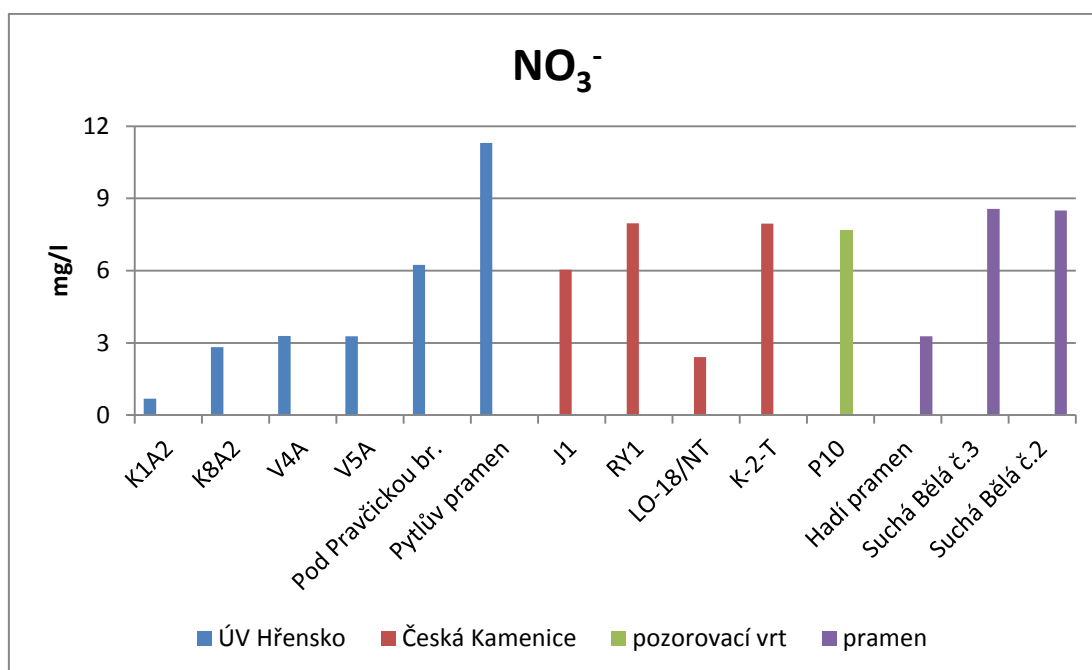
kojenci. Denní dávka dusičnanů přijatá pitnou vodou by neměla překročit 100 mg. To znamená, že při průměrné spotřebě 2 l pitné vody na obyvatele za 1 den by neměla být koncentrace dusičnanů (NO_3^-) větší než 50 mg/l (Pitter, 2009).

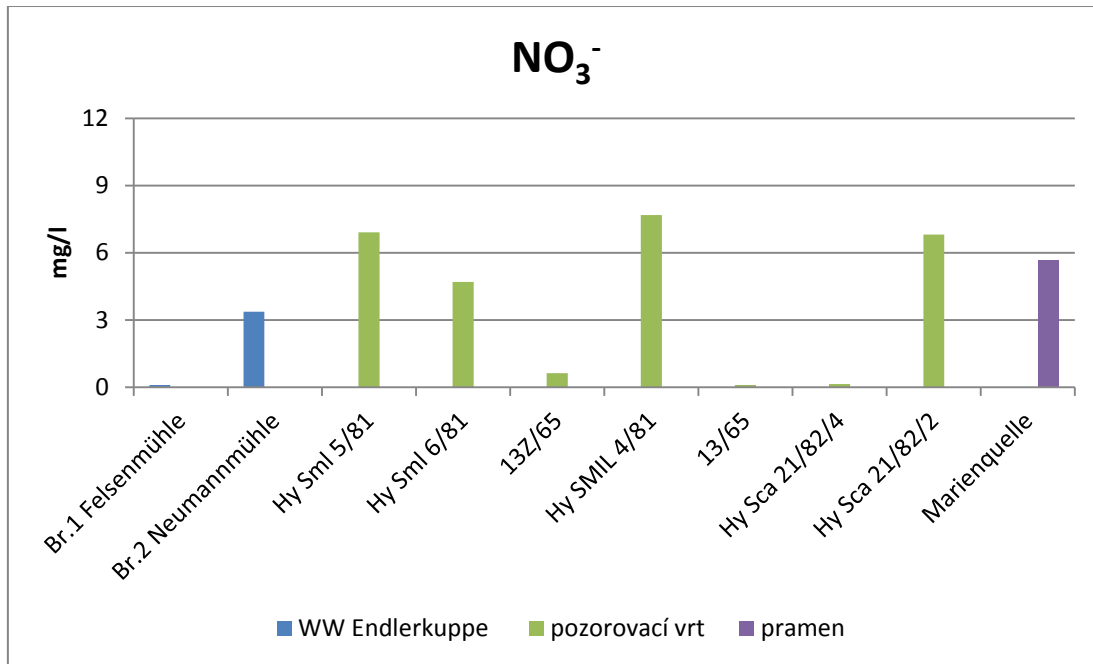
Na české straně zájmového území byla v případě NO_3^- zaznamenána maximální hodnota 11,3 mg/l na lokalitě Pytlův pramen a minimální hodnota 0,69 mg/l na lokalitě K1A2. Průměrná hodnota NO_3^- činila 5,71 mg/l.

V saské části zájmového území byla v případě NO_3^- zaznamenána maximální hodnota 7,69 mg/l na lokalitě Hy SMIL 4/81 a minimální hodnota <0,1 mg/l na lokalitě 13/65 a Br.1 Felsenmühle. V průměru dosahovaly koncentrace NO_3^- hodnoty 4,5 mg/l.

Graf 4.11 a 4.12 znázorňuje hodnoty NO_3^- vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

Graf 4.11 – Koncentrace NO_3^- na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.12 – Koncentrace NO_3^- na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.

4.7 orto – Fosforečnany o-PO_4^{3-}

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpouštění a vyluhování některých půd, minerálů a zvětralých hornin. Obsah fosforu v horninách se obvykle pohybuje v rozmezí od 400 do 1200 mg/kg. Hlavním primárním minerálem je např. apatit (Greenwood, Earnshaw, 1993).

Antropogenním zdrojem anorganického fosforu mohou být některé prací, odmašťovací a čisticí prostředky. Velkoplošným zdrojem anorganického fosforu je aplikace fosforečných hnojiv v zemědělství. Významným bodovým zdrojem mohou být velkochovy hospodářských zvířat. Zdrojem anorganického i organického fosforu je fosfor obsažený v živočišných odpadech. Člověk vylučuje denně asi 1,5 g fosforu, který přechází do splaškových vod. Zdrojem fosforu organického původu je rozkládající se bioma (Pitter, 2009).

Sloučeniny fosforu se dostávají do povrchových vod také z atmosférických depozic. Celkový fosfor (P_T) ve vodách se dělí na rozpuštěný (P_{rozp}) a nerozpuštěný (P_{nerozp}). Rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor se dále dělí na anorganicky vázaný (P_{anorg}) a organicky vázaný (P_{org}). Rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor se dále dělí na orthofosforečnanový (P_{ortho}) a polyfosforečnanový (P_{poly}). Běžně se analyticky rozlišuje celkový fosfor, orthofosforečnanový fosfor a fosfor vázaný v hydrolyzovatelných fosforečnanech (polyfosforečnanech a některých organofosforečných sloučeninách). Z ortofosforečnanů se vyskytují např. formy PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- . Z polyfosforečnanů se ve vodách vyskytují zejména difosforečnany a trifosforečnany v jednoduchých nebo komplexních formách. Jedná se např. o $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$, $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$ (Pitter, 2009).

Vzhledem k tvorbě málo rozpustných fosforečnanů s Ca, Mg apod. a vzhledem k jejich významné chemisorpci na tuhých fázích (např. hlinítokřemičitanech) se fosforečnany vyskytují v přírodních a užitkových vodách jen ve velmi nízkých koncentracích, které

jen výjimečně převyšují 1 mg/l (Pitter, 2009).

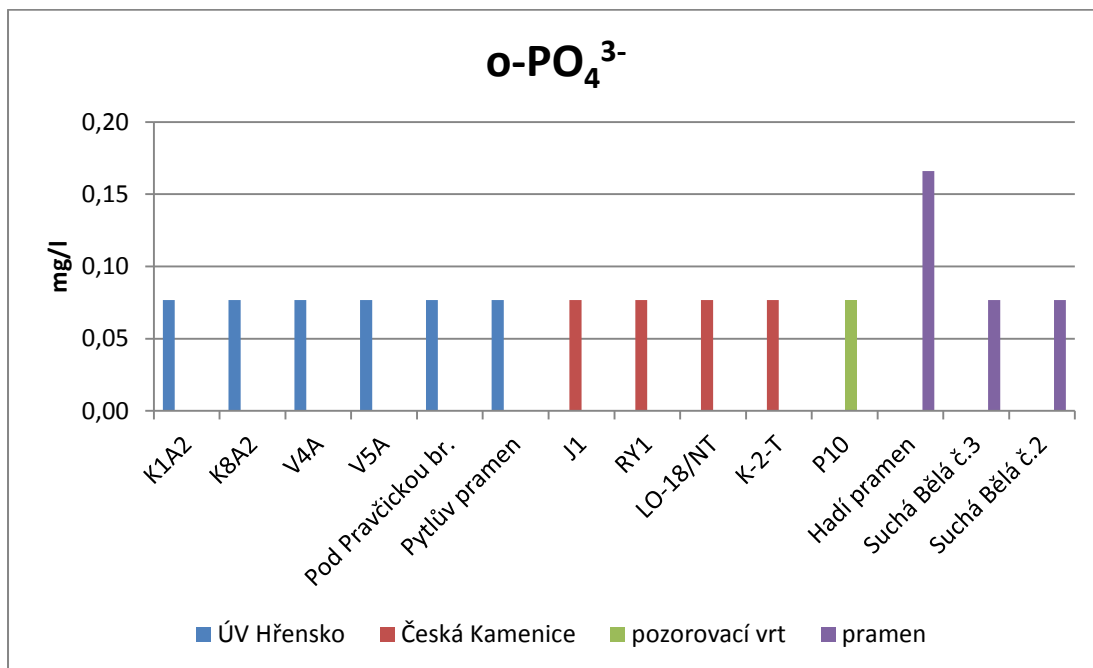
Koncentrace fosforu v minerálních vodách je velmi nízká vzhledem k přítomnosti vyšších koncentrací kovů, které tvoří málo rozpustné fosforečnany. Podstatně vyšší koncentrace fosforu se vyskytuje ve splaškových odpadních vodách a drenážních vodách ze zemědělských aglomerací. Sloučeniny fosforu mají významnou úlohu při koloběhu látek. Jsou nezbytné pro nižší i vyšší organismy, které je přeměňují na organicky vázaný fosfor. Zvláště významně se fosforečnany uplatňují při růstu řas a sinic ve vodě. Fosfor má klíčový význam pro eutrofizaci povrchových vod. V podzemních vodách mají fosforečnany indikační význam, a to při zvýšených koncentracích indikujících např. možnosti znečištění z povrchu (Pitter, 2009).

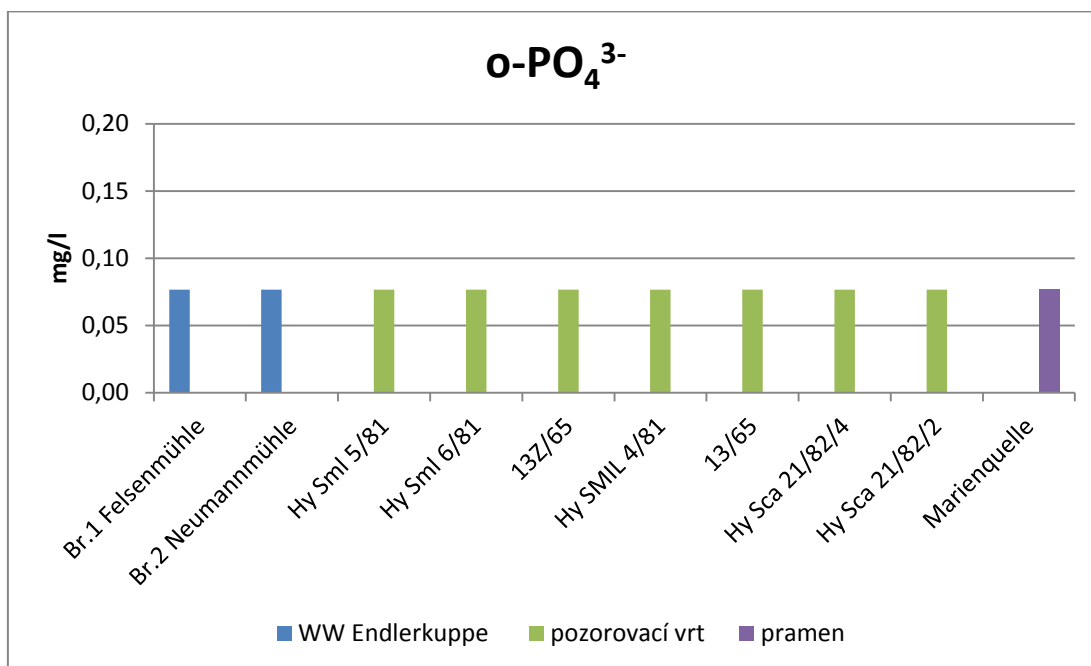
V české části zájmového území byla v případě o-PO_4^{3-} zaznamenána hodnota 0,166 mg/l na lokalitě Hadí pramen. Na ostatních lokalitách byly hodnoty o-PO_4^{3-} pod mezí detekce $<0,0767$ mg/l.

Na saské straně zájmového území byly v případě o-PO_4^{3-} zaznamenány všechny hodnoty pod mezí detekce $<0,0767$ mg/l.

Graf 4.13 a 4.14 znázorňuje hodnoty o-PO_4^{3-} vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabelární výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

Graf 4.13 – Koncentrace o-PO_4^{3-} na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.14 – Koncentrace $o\text{-PO}_4^{3-}$ na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.

4.8 Sodík Na a Draslík K

Sodík a draslík jsou v zemské kůře jako prvky rozšířené přibližně stejně, a to asi 2,5%. Do vody se uvolňují při zvětvávání některých živců (např. albitu, ortoklasu) a slíd. Ve větším množství se sodík a draslík vyluhují ze solných ložisek (halit) (Greenwood, Earnshaw, 1993).

Antropogenním zdrojem sodíku jsou některé průmyslové odpadní vody, aplikace draselných hnojiv a dále např. aplikace posypové soli (NaCl) na komunikace v zimních měsících. Ve vodách se sodík a draslík vyskytují převážně jako jednoduché kationty Na^+ a K^+ , protože jejich komplexační schopnost je malá. Výjimkou jsou např. důlní vody nebo alkalické vody s vyšší koncentrací uhličitánů. Patří mezi čtyři základní kationty přírodních a užitkových vod, ale z kvantitativního hlediska se většinou řadí až za vápník (Ca^{2+}) a hořčík (Mg^{2+}). V litosféře (zemská kůra a horní část pláště) je zastoupení sodíku a draslíku přibližně stejné, ale v podzemních a povrchových vodách je téměř vždy více sodíku než draslíku. V atmosférických vodách v neznečištěných oblastech se pohybují koncentrace sodíku a draslíku obvykle v desetinách až setinách mg/l. V podzemních a povrchových tekoucích vodách se vyskytují koncentrace obvykle o řád vyšší, a to jednotky až desítky mg/l. V minerálních vodách se koncentrace sodíku pohybují i v tisících mg/l a koncentrace draslíku převyšují i 100 mg/l. Ve vodě světových oceánů činí průměrná koncentrace sodíku asi 10 g/l a průměrná koncentrace draslíku asi 0,4 g/l. Sodík a draslík v povrchových a podzemních vodách nejsou příliš významné a jejich koncentrace není limitována. Představují však esenciální prvky pro člověka. Vody obsahující draslík jsou slabě radioaktivní, protože draslík vyskytující se v přírodě obsahuje asi 0,011% radioaktivního izotopu ^{40}K , který emituje záření β a γ . Tato radioaktivita tvoří přírodní pozadí radioaktivity vod. Sodík a draslík mají významnou úlohu při klasifikaci chemického složení vod, při určení genezi

podzemních vod a při kontrole výsledků chemického rozboru vody (Pitter, 2009).

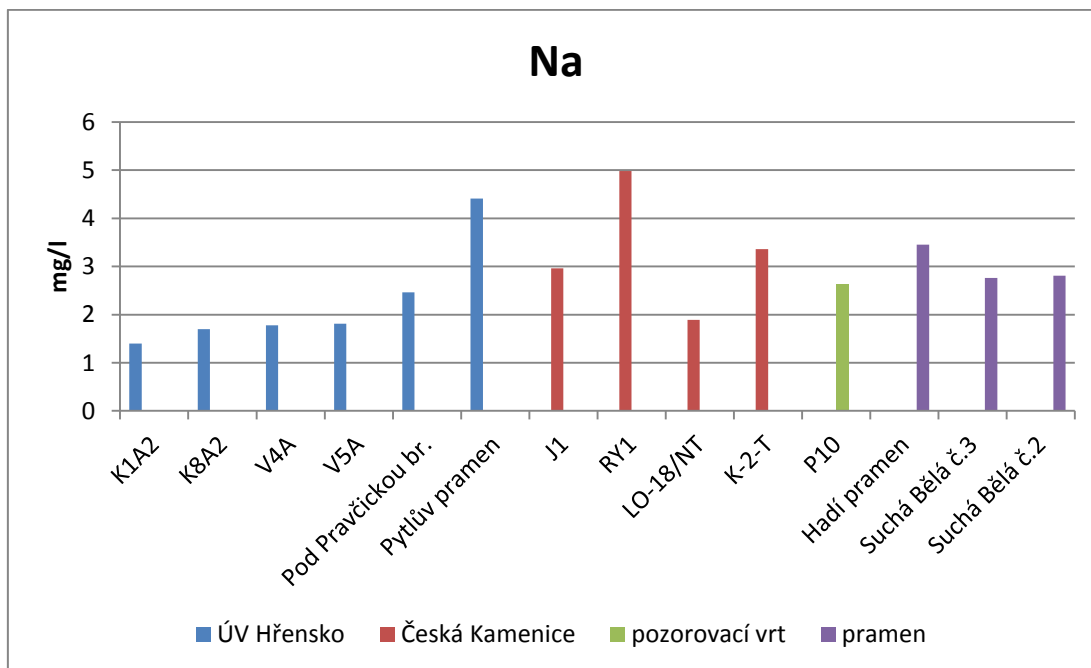
Zaznamenaná maximální hodnota Na v české části zájmového území činila 4,98 mg/l na lokalitě RY1 a minimální hodnota činila 1,40 mg/l na lokalitě K1A2. V průměru dosahoval Na hodnoty 2,74 mg/l. V saské části zájmového území byla v případě Na zaznamenána maximální hodnota 3,73 mg/l na lokalitě 13/65 a minimální hodnota 1,38 mg/l na lokalitě Br.1 Felsenmühle. Průměrná hodnota Na činila 2,86 mg/l.

Na české straně zájmového území byla v případě K zaznamenána maximální hodnota 3,64 mg/l na lokalitě RY1 a minimální hodnota 1,22 mg/l na lokalitě K-2-T. Průměrná hodnota K činila 1,99 mg/l. V případě K na saské části zájmového území byla zaznamenána maximální hodnota 3,21 mg/l na lokalitě 13/65 a minimální hodnota 1,13 mg/l na lokalitě 13Z/65. V průměru dosahovala koncentrace K hodnoty 2,25 mg/l.

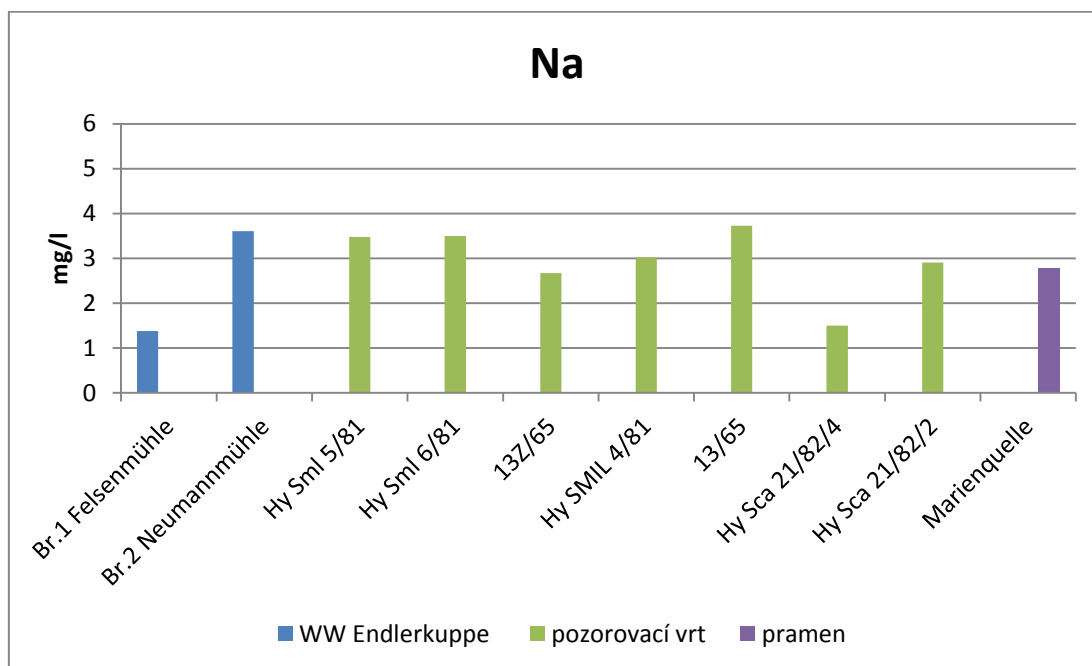
Graf 4.15 a 4.16 znázorňuje hodnoty Na vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

Graf 4.17 a 4.18 znázorňuje hodnoty K vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

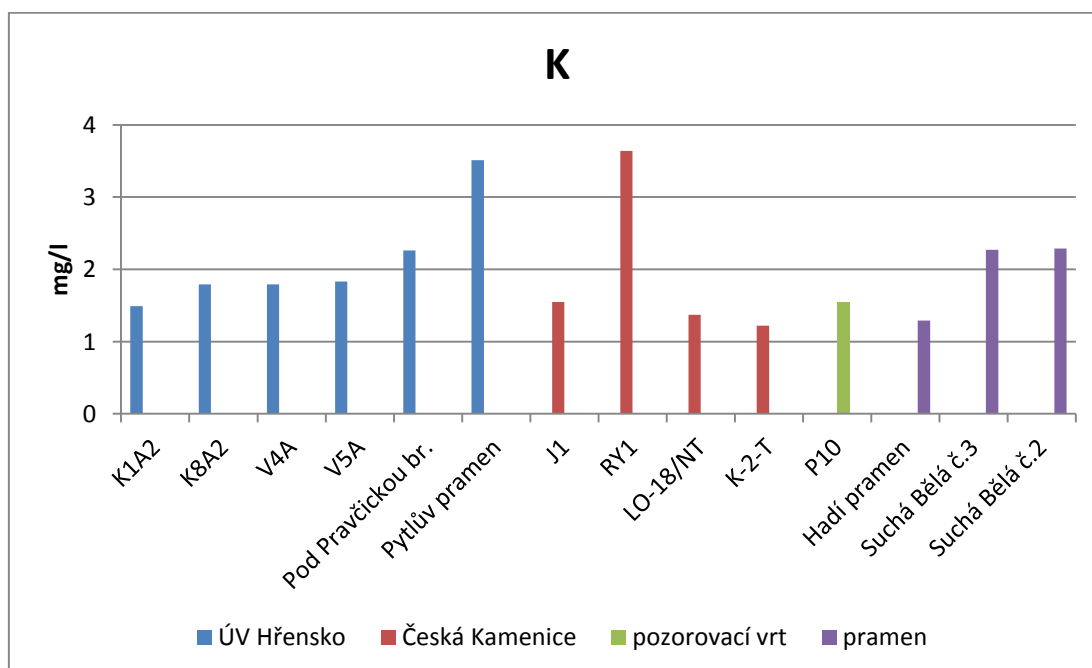
Graf 4.15 – Koncentrace Na na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



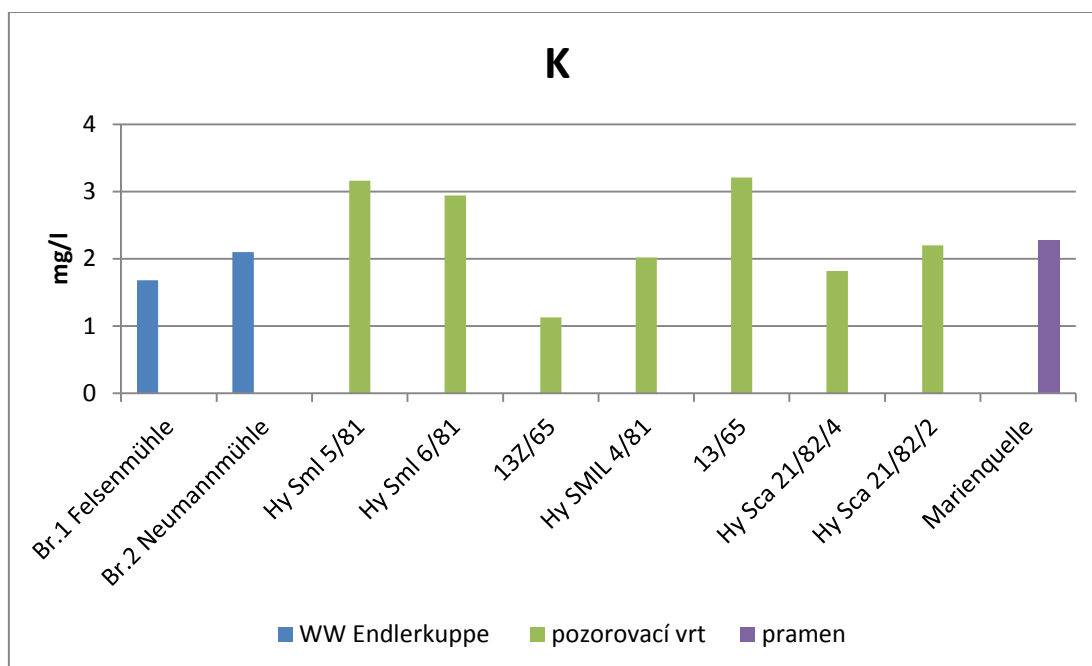
Graf 4.16 – Koncentrace Na na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



Graf 4.17 – Koncentrace K na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.18 – Koncentrace K na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



4.9 Vápník Ca a Hořčík Mg

Vápník a hořčík jsou v přírodě dosti rozšířené. Zemská kůra obsahuje asi 0,035% vápníku a 0,020% hořčíku. Vápník a hořčík se dostávají do vody rozkladem vápenatých a hořečnatých hliníkokřemičitanů, a to např. anortitu či chloritu. Ve větších koncentracích rozpouštěním vápence, dolomitu, magnezitu, sádrovce a dalších minerálů. Na obohacení podzemních vod vápníkem a hořčíkem má vliv množství rozpuštěného CO₂, který podstatně zvyšuje rozpustnost minerálů na bázi uhličitánů (Greenwood, Earnshaw, 1993).

Antropogenním zdrojem vápníku a hořčíku mohou být některé průmyslové odpadní vody. V málo až středně mineralizovaných vodách se vápník a hořčík vyskytují převážně jako jednoduché ionty Ca²⁺ a Mg²⁺. Ve více mineralizovaných vodách s vyšší koncentrací hydrogenuhličitánů a síranů se mohou tvořit iontové asociáty (např. [CaCO₃(aq)]₀). V neznečištěných atmosférických vodách bývají koncentrace vápníku a hořčíku obvykle nižší než 1 mg/l. V prostých podzemních a povrchových vodách se koncentrace vápníku pohybuje od desítek až do několika stovek mg/l a koncentrace hořčíku od jednotek až do několika desítek mg/l. U minerálních vod se mohou koncentrace vápníku a hořčíku pohybovat v širokém rozmezí. U hořčíku se jedná o desítky mg/l a u vápníku se jedná o koncentrace vyšší než sto mg/l. Hořčík je ve vodách obvykle méně zastoupen než vápník. V prostých podzemních a povrchových vodách je hmotnostní koncentrace vápníku obvykle několikanásobně vyšší než hmotnostní koncentrace hořčíku. V minerálních vodách se poměr obou prvků obvykle zmenšuje (Pitter, 2009).

Z málo rozpustných sloučenin vápníku má v hydrochemii značný význam např. uhličitán vápenatý (CaCO₃). Z málo rozpustných sloučenin hořčíku má v hydrochemii značný význam např. uhličitán vápenatý (MgCO₃), který se může vyskytovat jako

bezvodý, trihydrát nebo pentahydrát. Vápník, hydrogenuhličitany a oxid uhličitý mají významnou úlohu při posuzování agresivních nebo inkrustačních účinků vod včetně procesu vedoucích k tzv. stabilizaci vody, respektive "úprava tvrdosti vody". Z hygienického hlediska jsou vápník a hořčík netoxické, naopak jejich přítomnost v pitné vodě je žádoucí. Vápník a hořčík představují důležité prvky pro stavbu lidského organismu (Pitter, 2009).

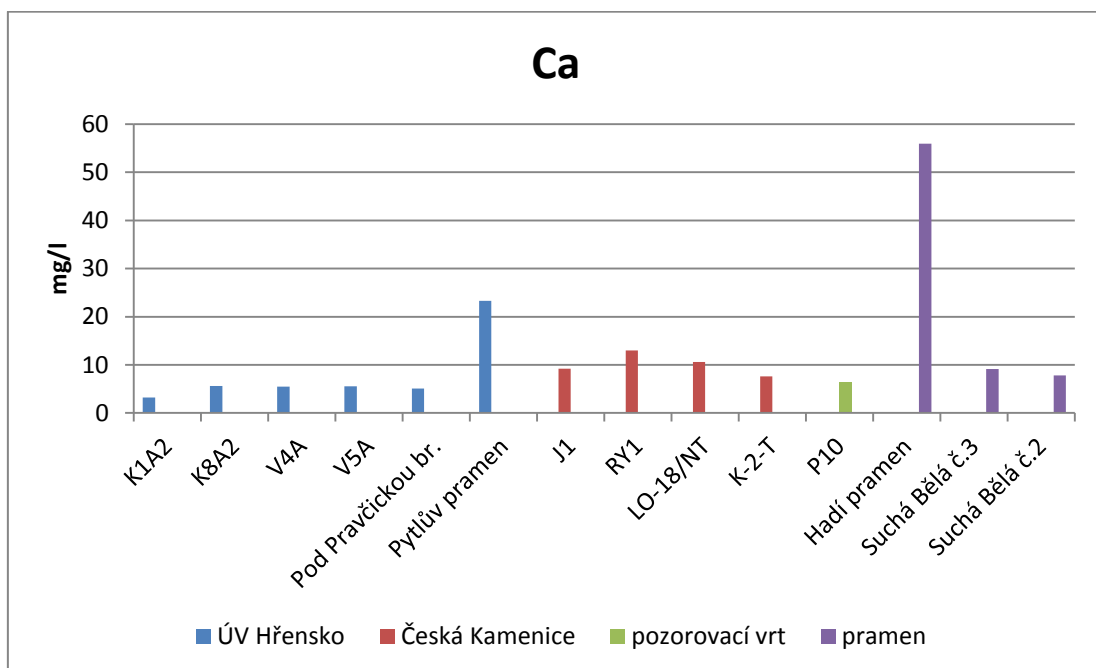
Na české straně zájmového území byla v případě Ca zaznamenána maximální hodnota 55,9 mg/l na lokalitě Hadí pramen a minimální hodnota 3,20 mg/l na lokalitě K1A2. Průměrná hodnota Ca činila 12,0 mg/l. Zaznamenaná maximální hodnota Ca v saské části zájmového území činila 15,7 mg/l na lokalitě Hy Sca 21/82/4 a minimální hodnota činila 6,78 mg/l na lokalitě Hy SMIL 4/81. V průměru dosahoval koncentrace Ca hodnoty 10,5 mg/l.

V české části zájmového území byla v případě Mg zaznamenána maximální hodnota 8,72 mg/l na lokalitě Hadí pramen a minimální hodnota 0,43 mg/l na lokalitě K1A2. Průměrná hodnota Mg činila 1,87 mg/l. V případě Mg na saské straně zájmového území byla zaznamenána maximální hodnota 4,45 mg/l na lokalitě Marienquelle a minimální hodnota 0,58 mg/l na lokalitě 13/65. V průměru dosahovala koncentrace Mg hodnoty 2,25 mg/l.

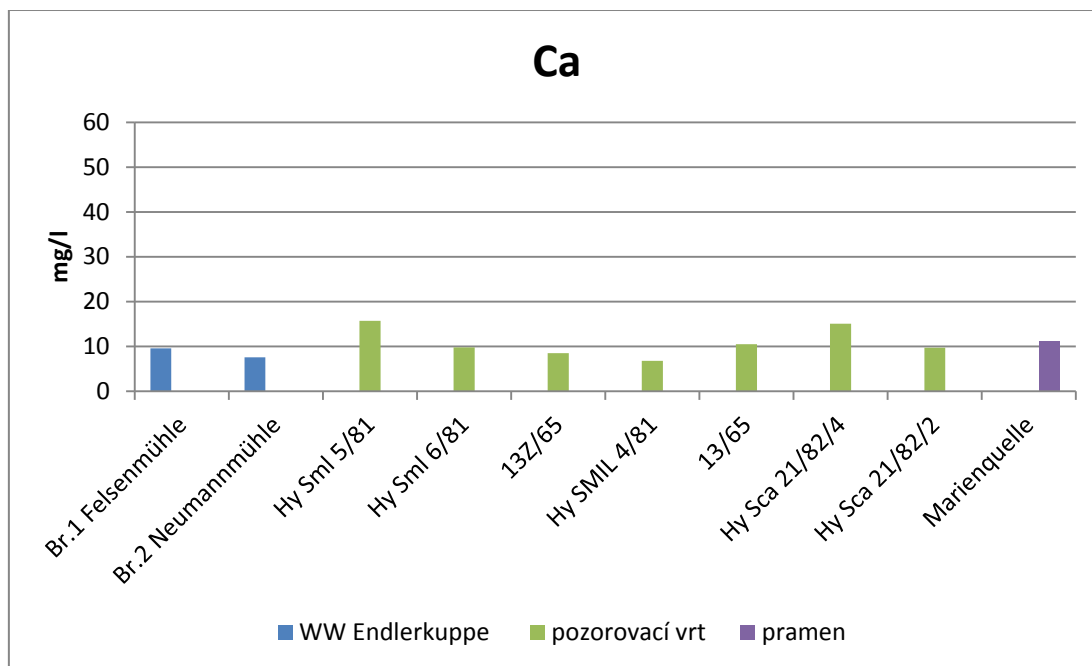
Graf 4.19 a 4.20 znázorňuje hodnoty Ca vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

Graf 4.21 a 4.22 znázorňuje hodnoty Mg vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

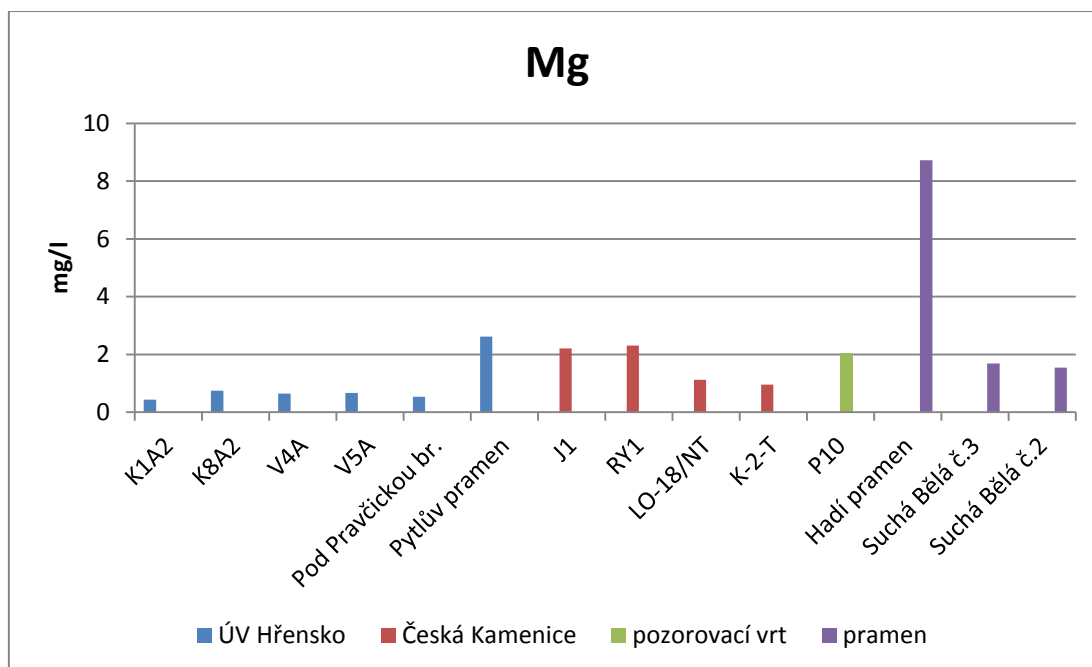
Graf 4.19 – Koncentrace Ca na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



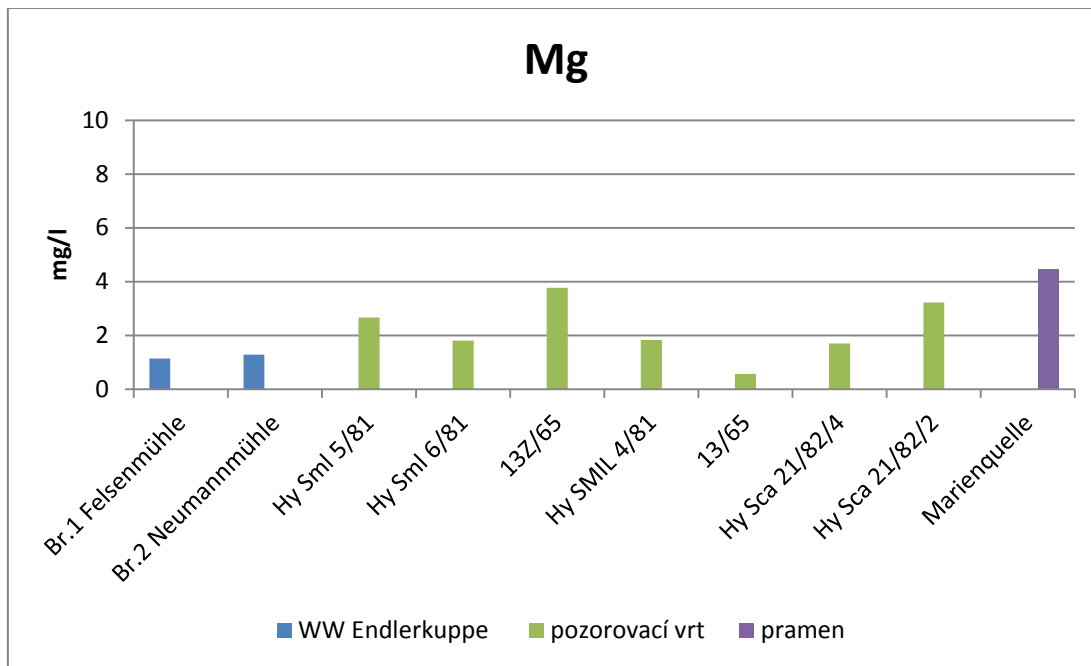
Graf 4.20 – Koncentrace Ca na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



Graf 4.21 – Koncentrace Mg na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.22 – Koncentrace Mg na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



4.10 Železo Fe

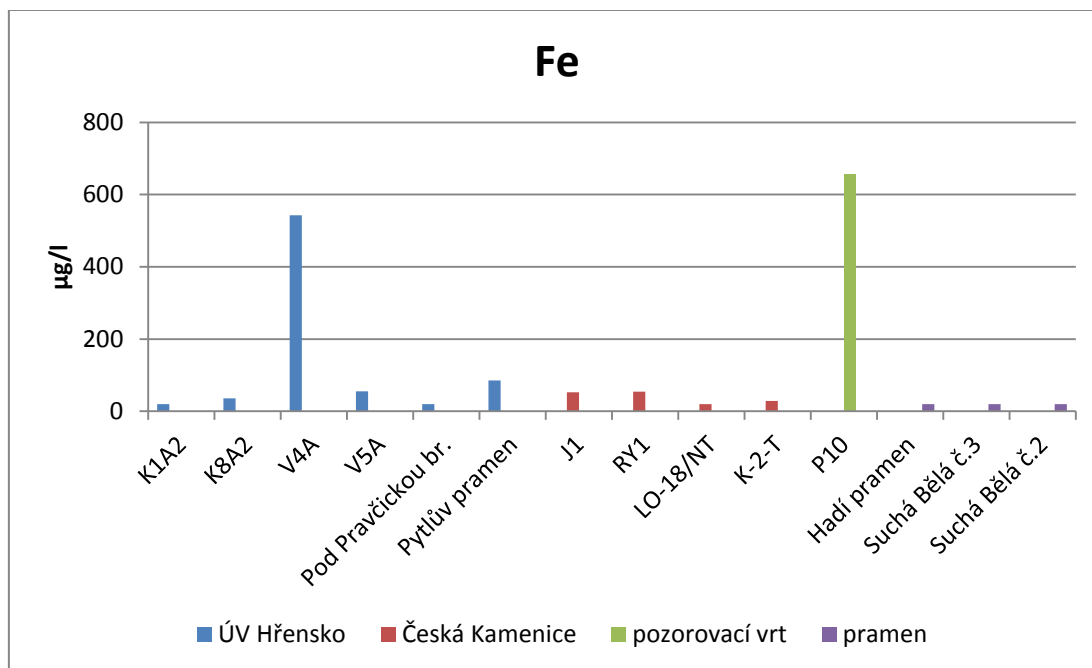
Nejrozšířenější železné rudy jsou pyrit FeS_2 , lepidokrokít Fe_2O_3 , magnetove Fe_3O_4 , limonit $\text{Fe}_3\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a siderit FeCO_3 . Pouhým rozpuštěním uvedených látek se vody obohacují železem jen málo. Rozpuštění ale napomáhá přítomnost oxidu uhličitého (CO_2) a huminových látek. Antropogenním zdrojem železa v přírodních a užitkových vodách mohou být některé průmyslové odpadní vody, důlní odpadní vody a korozní procesy ve vodním potrubí (Greenwood, Earnshaw, 1993).

Formy výskytu rozpuštěného a nerozpuštěného železa ve vodách závisejí na hodnotě pH, oxidačně-redukčních podmínkách a komplexotvorných látkách přítomných ve vodě. Železo se vyskytuje ve vodách v oxidačním stupni 2+ nebo 3+. V bezkyslíkatém (anoxickém) redukčním prostředí podzemních vod a v povrchových vodách u dna umělých nádrží a jezer se vyskytuje železo v oxidačním stupni II. V této formě je železo (Fe^{2+}) rozpustné ve vodě. Ve vodách obsahující rozpuštěný kyslík (oxické prostředí) je železo v oxidačním stupni 3+ nejstabilnější formou výskytu. V oxických podmínkách dochází k oxidaci Fe^{2+} na Fe^{3+} , následující hydrolýze a k vysrážení tuhých fází Fe^{3+} (Pitter, 2009).

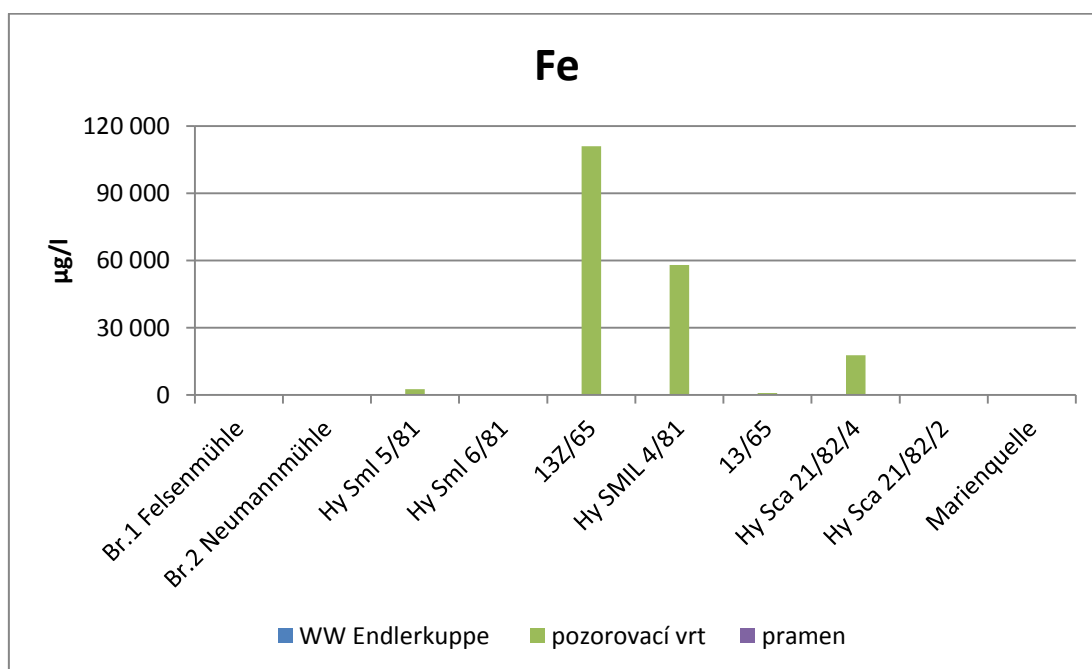
V nízkých koncentracích je železo běžnou součástí přírodních i užitkových vod. V atmosférických vodách jsou koncentrace železa velmi nízké, obvykle v setinách mg/l. v povrchových vodách se železo vyskytuje obvykle v obsahu setin až desetin mg/l. V podzemních vodách, které neobsahují rozpuštěný kyslík, se může vyskytovat rozpuštěné železo v oxidačním stupni II v koncentracích dosahujících i desítky mg/l. V silně kyselých vodách, které pochází např. z důlních děl, mohou koncentrace železa přesahovat i tisíc mg/l. U minerálních vod, kde koncentrace železa převyšuje deset mg/l, hovoříme o železnatých minerálních vodách a využívají se ve zdravotnictví. Železo přítomné ve vodách způsobuje především technické závady. Z hygienického

hlediska ovlivňuje negativně organoleptické vlastnosti vody, barvu, chuť i zákal. Negativně mohou ovlivňovat chuť a zákal vody již koncentrace nad 0,5 mg/l (Pitter, 2009).

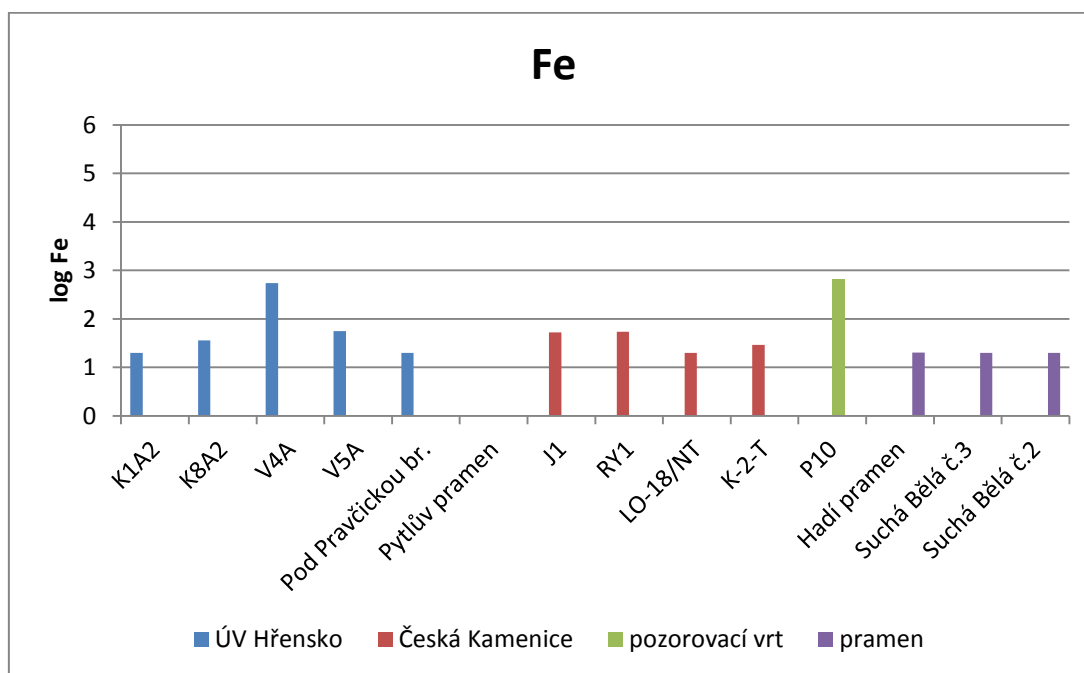
Graf 4.23 – Koncentrace Fe na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



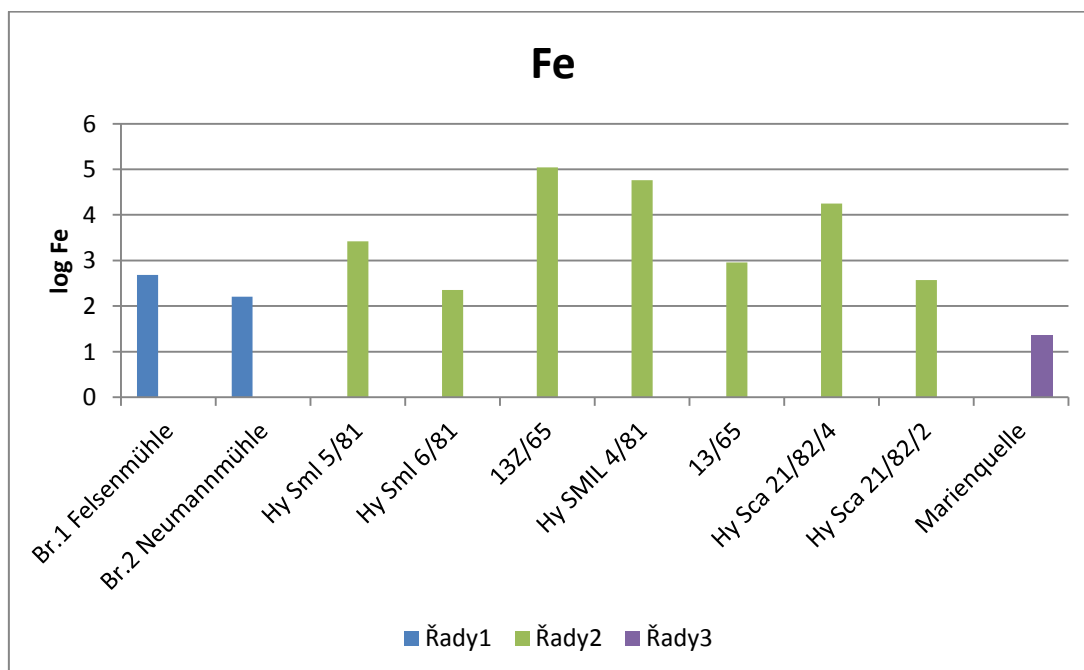
Graf 4.24 – Koncentrace Fe na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



Graf 4.25 – Koncentrace Fe v logaritmickém měřítku na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.26 – Koncentrace Fe v logaritmickém měřítku na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



Na české straně zájmového území byla v případě Fe zaznamenána maximální hodnota 656 µg/l na lokalitě P10. Hodnota pod mezí detekce <20 µg/l byla zaznamenána na lokalitách K1A2, Pod Pravčickou bránou, LO-18/NT, Suchá Bělá č.2 a Suchá Bělá č.3. Průměrná hodnota Fe činila 170 µg/l.

V případě Fe na saské straně zájmového území byla zaznamenána maximální hodnota 111000 µg/l na lokalitě 13Z/65 a minimální hodnota 23,3 µg/l na lokalitě Marienquelle. V průměru dosahovala koncentrace Fe hodnoty 19162 µg/l.

Graf 4.23 a 4.24 znázorňuje hodnoty Fe vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Vzhledem k vyšším rozdílům mezi maximálními a minimálními hodnotami je koncentrace Fe vynesena v logaritmickém měřítku na Grafu 4.25 a 4.26. Tabele výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

4.11 Mangan Mn

Mangan obvykle doprovází železné rudy. Z manganových rud se v přírodě vyskytuje zejména burel či pyroluzit (MnO_2), braunit Mn_2O_3), hausmanit (Mn_3O_4) a manganit [$MnO(OH)$]. Mangan přechází do vod také z půd a sediment. Antropogenními zdroji manganu mohou být některé průmyslové odpadní vody (Greenwood, Earnshaw, 1993).

Mangan se může vyskytovat ve vodách v rozpuštěné a nerozpuštěné formě, především v oxidačních stupních 2+, 3+, 4+ a dále taky organicky vázaný. V redukčních podmínkách za nepřítomnosti kyslíku a jiných oxidačních činidel je nejstabilnější formou manganu ve vodě Mn^{2+} , v kyselém a neutrálním prostředí převažuje z rozpuštěných forem jednoduchý hydratovaný kation $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$. V závislosti na hodnotě pH a složení vody se mohou vyskytovat komplexy, např. $[MnOH]^+$. Koncentrace rozpuštěného manganu v přírodních vodách v anoxických až anaerobních podmínkách je limitována rozpustností uhličitanu, hydroxidu nebo sulfidu. Mangan v oxidačním stupni II je ve vodách obsahujících rozpuštěný kyslík nestabilní, zejména v alkalickém prostředí se rychle oxiduje na oxidační stupně 3+ a 4+. Zvýšené koncentrace železa v přírodních vodách je obvykle doprovázena i zvýšenou koncentrací manganu. Poměrově vůči železu bývá manganu méně. Vzhledem k omezené rozpustnosti oxidů manganu převyšuje jeho koncentrace ve vodách zřídka hranici 1 mg/l (Pitter, 2009).

V atmosférických vodách je jeho koncentrace velmi nízká. Koncentrace manganu jsou v podzemních vodách vyšší než v povrchových, kde probíhají oxidační procesy. Obvykle se jedná o koncentrace v setinách až desetínách mg/l. Ani minerální vody nejsou na mangan zvláště bohaté, koncentrace nad 1 mg/l jsou výjimečné. Mimořádně vysoké koncentrace manganu můžeme nalézt v kyselých vodách z okolí rudních ložisek, kde koncentrace dosahují až desítek mg/l. U průmyslových odpadních vod činí koncentrace manganu až stovky mg/l. V chemii přírodních a užitkových vod mají mimořádnou roli oxidačně-redukční procesy manganu. Mangan představuje esenciální prvek nezbytný pro rostliny a živočichy. Významně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody, a to již v koncentraci vyšší než 0,3 mg/l (Pitter, 2009).

Na české straně byla v případě Mn zaznamenána maximální hodnota 46,7 µg/l na lokalitě P10. Dále byly zaznamenány hodnoty 5,0 µg/l na lokalitě J1 a 5,10 µg/l na lokalitě K-2-T. U ostatních lokalit byla hodnota pod mezí detekce <5 µg/l. Průměrná hodnota Mn činila 19,1 µg/l.

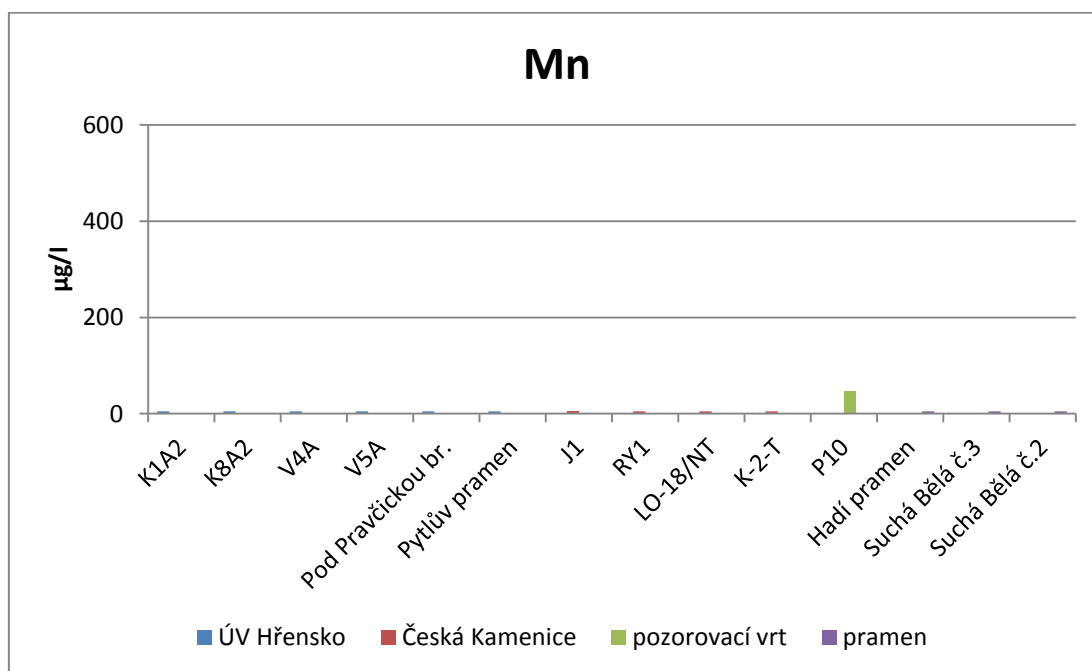
V případě Mn na saské straně byla zaznamenána maximální hodnota 506 µg/l na



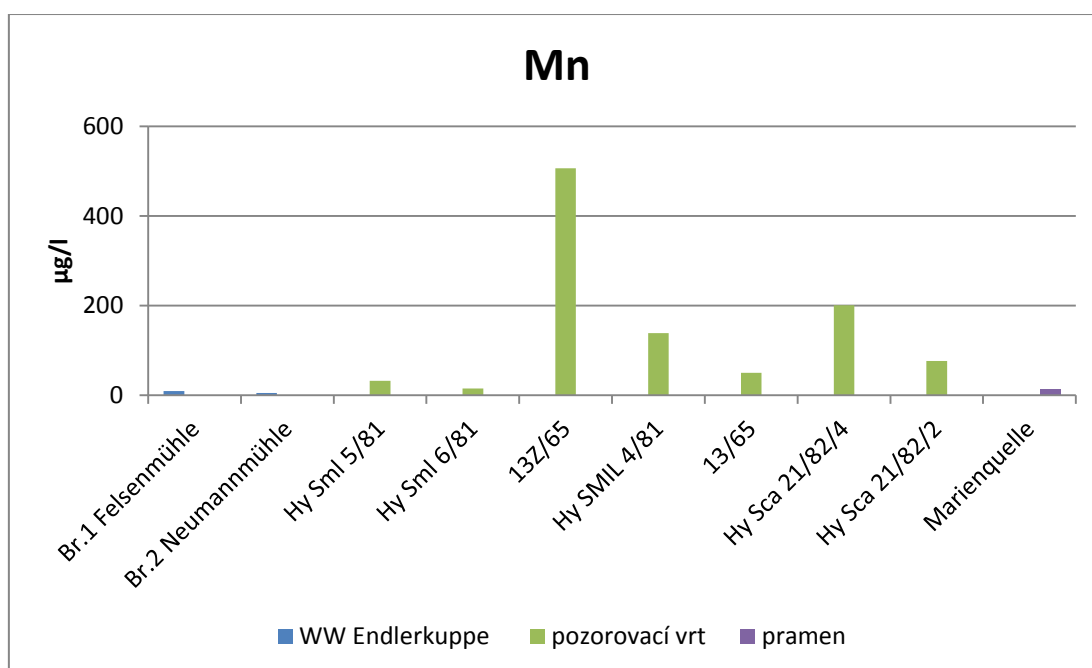
lokalitě 13Z/65 a hodnota pod mezí detekce $<5 \mu\text{g/l}$ byla zjištěna na lokalitě Br.2 Neumannmühle. V průměru dosahovala koncentrace Mn hodnoty $116 \mu\text{g/l}$.

Graf 4.27 a 4.28 znázorňuje hodnoty Mn vybraných lokalit na české a saské straně zájmové oblasti. Koncentrace Mn je z důvodu vyšších rozdílů mezi maximálními a minimálními hodnotami vynesena v logaritmickém měřítku na Grafu 4.29 a 4.30. Tabulární výsledky jsou sumarizovány v Příloze 1 a 2.

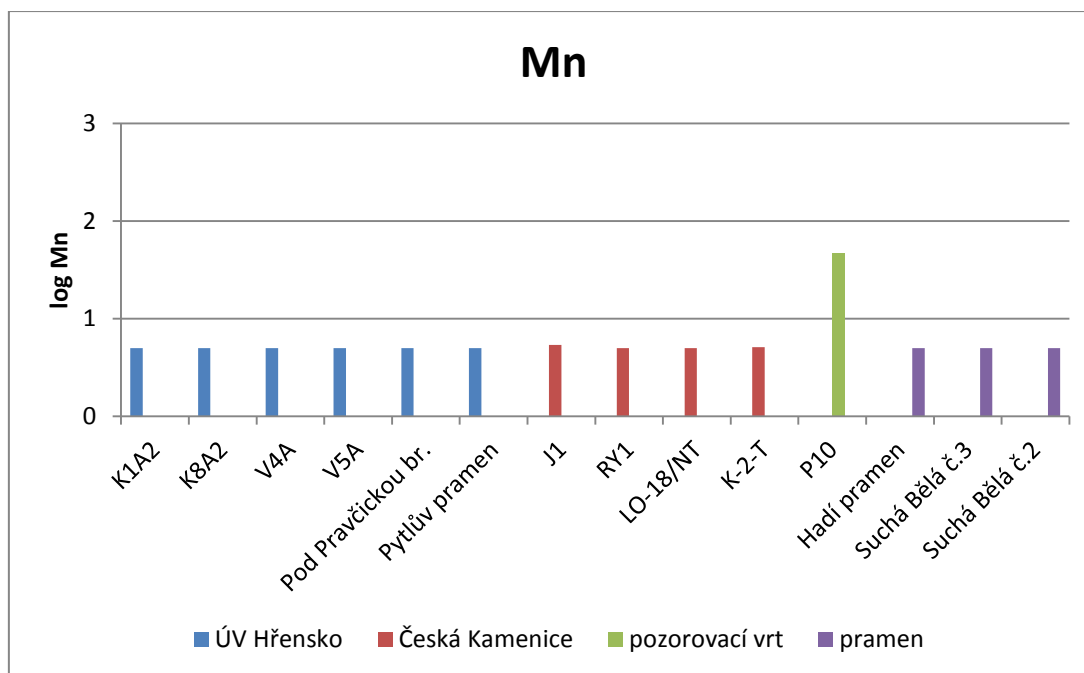
Graf 4.27 – Koncentrace Mn na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



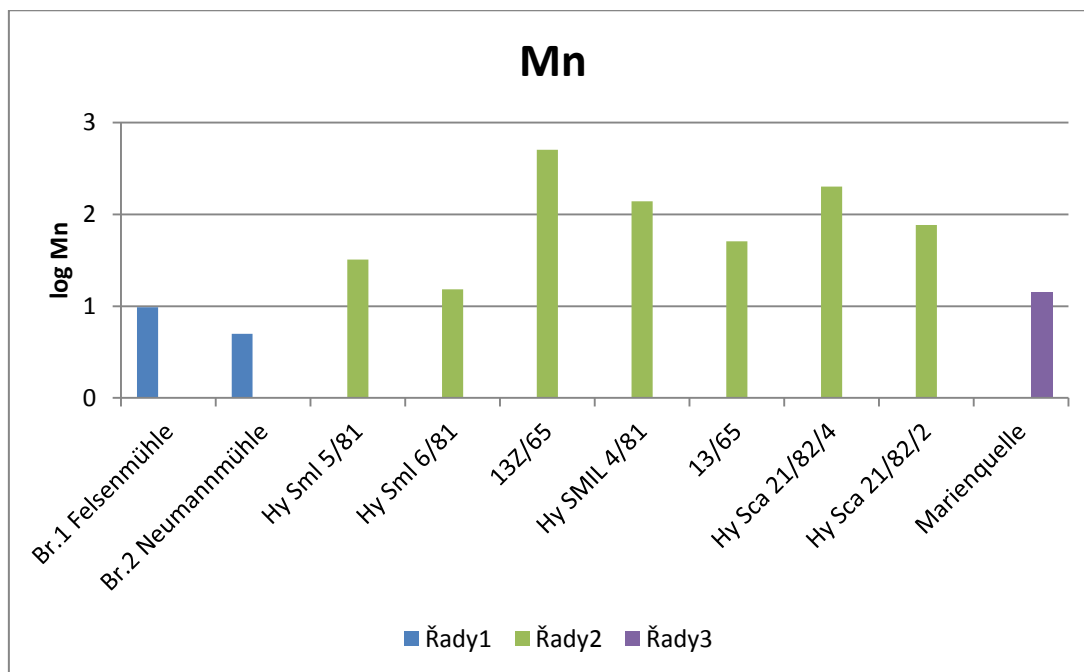
Graf 4.28 – Koncentrace Mn na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



Graf 4.29 – Koncentrace Mn v logaritmickém měřítku na vybraných lokalitách na české části zájmové oblasti.



Graf 4.30 – Koncentrace Mn v logaritmickém měřítku na vybraných lokalitách na saské části zájmové oblasti.



4.12 Souhrn hodnocení fyzikálně chemických a anorganických parametrů podzemních vod

Souhrnné hodnocení prezentuje srovnání vybraných fyzikálně chemických a anorganických parametrů podzemních vod s limity pro pitnou vodu v ČR, a to dle vyhlášky č.252/2004 Sb. (dále jen limit) Pro českou část zájmové oblasti je hodnocení zobrazeno v Tabulce 4.1 a pro saskou část zájmové oblasti je hodnocení zobrazeno v Tabulce 4.2.

Na české části zájmového území jsou hodnoty pH mírně pod limitem u vodárenských vrtů a pramenů K1A2, V4A, V5A, Pod Pravčickou bránou, Pytlův pramen, K-2-T, dále pozorovacího vrtu P10 a pramenů Suchá Bělá č.3, Suchá Bělá č.2.

Tabulka 4.1 – Srovnání fyzikálně chemických a anorganických parametrů podzemních vod s limity pro pitnou vodu (ČR), vyhláška č.252/2004 Sb. pro českou část zájmové oblasti.

ukazatel	pH	konduktivita	NO ₃ ⁻	Mg	Cl ⁻	Mn	SO ₄ ²⁻	Na	Ca	Fe
jednotky		μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l
K1A2	6,4	36	0,69	0,43	0,86	<5	0,72	1,40	3,20	<20
K8A2	6,6	57	2,83	0,75	2,24	<5	6,01	1,70	5,60	36,2
V4A	6,1	57	3,29	0,65	2,41	<5	7,16	1,78	5,51	543
V5A	6,0	57	3,28	0,67	2,35	<5	7,90	1,81	5,57	55,6
Pod Pravčickou br.	5,9	61	6,24	0,54	3,21	<5	8,36	2,46	5,08	<20
Pytlův pramen	5,9	-	11,3	2,62	4,49	<5	55,2	4,41	23,3	85,9
J1	6,7	93	6,04	2,21	3,76	5,40	14,2	2,96	9,23	52,9
RY1	8,3	135	7,97	2,31	4,99	<5	31,0	4,98	13,0	54,3
LO-18/NT	6,5	81	2,41	1,12	1,69	<5	2,97	1,89	10,6	<20
K-2-T	6,2	79	7,96	0,96	4,46	5,10	8,15	3,36	7,60	29,0
P10	5,5	79	7,66	2,03	2,02	46,7	18,7	2,63	6,27	656
Hadí pramen	7,6	363	3,27	8,72	2,59	<5	38,1	3,45	55,9	20,2
Suchá Bělá č.3	5,7	86	8,56	1,69	<5	<5	20,3	2,76	9,11	<20
Suchá Bělá č.2	5,9	79	8,50	1,55	<5	<5	18,2	2,81	7,80	<20

limit pro pitnou vodu (ČR), vyhláška č.252/2004 Sb.	6,5-9,5	1250	50	10	100	50	250	200	40-80	200
typ limitu	MH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH

Použité zkratky: MH – mezní hodnota, NMH – nejvyšší mezní hodnota, DH – doporučená hodnota

Koncentrace vápníku (Ca) je v souladu s limitem pouze u Hadího pramene, u zbylých lokalit jsou koncentrace pod limitem. Koncentrace železa (Fe) je výrazně nad limitem u vodárenského vrtu V4A a pozorovacího vrtu P10. V případě zbylých parametrů, a to konduktivity, dusičnanů (NO₃⁻), hořčíku (Mg), chloridů (Cl⁻), manganu (Mn), síranů (SO₄²⁻) a sodíku (Na) nebyl limit překročen.



Na saské části zájmového území jsou hodnoty pH mírně pod limitem u vodárenského vrtu Br.2 Neumannmühle (50516006), dále u pozorovacích vrtů Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 6/81 (51516004), 13Z/65 (50516010), Hy SMIL 4/81 (50516003), Hy Sca 21/82/2 (50516024) a pramene Marienquelle. Koncentrace manganu (Mn) je výrazně nad limitem u pozorovacího vrtu 13Z/65 (50516010) a dále koncentrace manganu překračuje limit u pozorovacího vrtu Hy SMIL 4/81 (50516003), 13/65 (51516018), Hy Sca 21/82/4 (50516026) a Hy Sca 21/82/2 (50516024). Zjištěné koncentrace vápníku (Ca) je pod limitem na všech lokalitách. Koncentrace železa (Fe) je nad limitem u vodárenského vrtu Br.1 Felsenmühle (50516005) a u pozorovacích vrtů Hy Sml 6/81 (51516004) a Hy Sca 21/82/2 (50516024). Dále koncentrace železa výrazně překračuje limit u pozorovacích vrtů Hy Sml 5/81 (51516002), 13Z/65 (50516010), Hy SMIL 4/81 (50516003), 13/65 (51516018) a Hy Sca 21/82/4 (50516026). V případě zbylých parametrů, a to konduktivity, dusičnanů (NO_3^-), hořčíku (Mg), chloridů (Cl^-), síranů (SO_4^{2-}) a sodíku (Na) nebyl limit překročen.

Tabulka 4.2 – Srovnání fyzikálně chemických a anorganických parametrů podzemních vod s limity pro pitnou vodu (ČR), vyhláška č.252/2004 Sb. pro saskou část zájmové oblasti.

ukazatel	pH	konduktivita	NO_3^-	Mg	Cl^-	Mn	SO_4^{2-}	Na	Ca	Fe
jednotky		$\mu\text{S/cm}$	mg/l	mg/l	mg/l	$\mu\text{g/l}$	mg/l	mg/l	mg/l	$\mu\text{g/l}$
Br.1 Felsenmühle (50516005)	6,5	75	<0,1	1,15	2,02	9,70	5,35	1,38	9,61	481
Br.2 Neumannmühle (50516006)	5,9	88	3,37	1,29	3,70	<5	20,3	3,61	7,61	160
Hy Sml 5/81 (51516002)	5,9	164	6,92	2,67	4,97	32,1	40,0	3,48	15,7	2650
Hy Sml 6/81 (51516004)	5,7	111	4,70	1,81	4,12	15,2	28,8	3,50	9,84	227
13Z/65 (50516010)	5,8	82	0,63	3,77	2,62	506	29,9	2,67	8,52	111000
Hy SMIL 4/81 (50516003)	6,1	102	7,69	1,84	4,28	139	34,8	3,02	6,78	58000
13/65 (51516018)	7,7	149	<0,1	0,58	2,52	50,6	<0,5	3,73	10,5	911
Hy Sca 21/82/4 (50516026)	6,6	115	0,15	1,71	1,36	201	5,88	1,50	15,1	17800
Hy Sca 21/82/2 (50516024)	5,4	115	6,82	3,23	3,84	76,7	33,8	2,91	9,73	372
Marienquelle	6,3	141	5,68	4,45	3,40	14,3	39,6	2,77	11,2	23,3

limit pro pitnou vodu (ČR), vyhláška č.252/2004 Sb.	6,5-9,5	1250	50	10	100	50	250	200	40-80	200
typ limitu	DH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH

Použité zkratky: MH – mezní hodnota, NMH – nejvyšší mezní hodnota, DH – doporučená hodnota



5. Odhad stáří podzemních vod

V oblasti NP České a Saské Švýcarsko proběhla v minulosti řada výzkumných studií, které se mimo jiné zabývaly také odhadem stáří podzemních vod. Výzkumné studie byly prováděny v jednotlivých částech území NP Saské Švýcarsko a NP České Švýcarsko. Z nejaktuálnějších můžeme na české straně považovat např. studii firmy Aquatest, a.s., která se mimo jiné zabývala odhadem stáří vybraných vrtů na ÚV Hřensko a v širším okolí NP České Švýcarsko (Skořepa, Pacl, 2007), (Skořepa, 2011). Dále lze uvést dílčí studie VÚV TGM v rámci projektu GRACE, které zde byly provedeny v roce 2012 (Eckhardt, Bílý, Šimek, 2012), (Šimek, Novák, 2013). Na saské straně můžeme za nejaktuálnější považovat např. studii firmy G.E.O.S., která se poměrně komplexně zabývala odhadem stáří podzemních vod na vybraných vrtech v rámci celého území NP Saské Švýcarsko (Rösner et al., 2007). Zmíněné studie využívaly k odhadu stáří podzemních vod následující metody, a to tritia (^3H), stabilních izotopů ($\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$), freonů, SF_6 , ^{14}C a ^3H - ^3He . Z výše jmenovaných studií se však žádná nezabývala komplexně oběma částmi NP České a Saské Švýcarsko, jak je tomu v této studii Stáří a míšení podzemních vod v zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.

Dosavadní výsledky analýz tritia, freonů a SF_6 na vybraných lokalitách v oblasti NP Saské Švýcarsko provedené firmou G.E.O.S. v roce 2007 jsou sumarizovány v Tabulce 5.1 (Rösner et al., 2007). Pro porovnání jsou v Tabulce 5.2 prezentovány výsledky analýz tritia na vybraných lokalitách v oblasti NP Saské Švýcarsko provedené VÚV TGM, v.v.i. v rámci projektu GRACE 2012-2013. V roce 2011 provedla firma Aquatest, a.s. odhad střední doby zdržení podzemních vod v oblasti Hřensko, které jsou sumarizovány v Tabulce 5.3 (Skořepa, 2011). Firma G.E.O.S. v roce 2007 stanovila střední a minimální doby zdržení podzemních vod v oblasti NP Saské Švýcarsko. Výsledky této studie jsou prezentovány v Tabulce 5.4 (Rösner et al., 2007).

Případné významnější rozdíly ve stanovení jednotlivých ukazatelů nebo odhadu stáří jsou způsobeny použitím konkrétní analytické metody nebo odlišného modelu pro odhad stáří podzemních vod. V úvahu musíme brát také datum odběru vzorků.

Pro odhad míry zastoupení podílu mladší složky ve studované vodě byl v této studii použit přirozený stopovač tritium, jehož koncentrace byla uměle zvýšena v 60. až 70. letech minulého století, viz Kapitola 3.3.

Vzorky podzemní vody byly odebrány v dynamickém stavu. Na základě analýzy tritia byly stanoveny předpokládané intervaly stáří. Výsledky měření vzorků podzemních vod z vodárenských vrtů, pozorovacích vrtů a pramenů na české a saské části zájmového území jsou sumarizovány v Tabulce 5.5. Odhad stáří proběhl k referenčnímu roku 2013.



Tabulka 5.1 – Výsledky analýz tritia, freonů a SF₆ na vybraných lokalitách v oblasti NP Saské Švýcarsko provedené firmou G.E.O.S. v roce 2007 (Rösner et al., 2007).

Označení měřicí stanice		Tritium TU	F12 pmol/l	F11 pmol/l	F113 pmol/l	SF ₆ nmol/l
GWM 1/28 - MP	GWM 1/82 - MP	0	-	-	-	-
Hy Sml 6/81, Richterschl.	50516004	17,5	-	-	-	-
Nasser Grund Sca 21/82/2	50516024	9,5	1,2	2,9	0,23	0,3
Schmilka, Ilmenquelle	51512002	9,3	-	-	-	-
Hy Sml 5/81, Hickelschl.	51506002	20	-	-	-	-
Br. 1 Felsenmühle	50516005	0,6	0	0	0	0
13z/65 Quenenwiese	50516010	7,5	-	-	-	-

Tabulka 5.2 – Výsledky analýz tritia na vybraných lokalitách v oblasti NP Saské Švýcarsko provedené VÚV TGM, v.v.i. v rámci projektu GRACE 2012-2013.

Označení měřicí stanice		Tritium TU
GWM 1/28 - MP	GWM 1/82 - MP	-
Hy Sml 6/81, Richterschl.	50516004	11,53
Nasser Grund Sca 21/82/2	50516024	7,27
Schmilka, Ilmenquelle	51512002	6,51
Hy Sml 5/81, Hickelschl.	51506002	12,5
Br. 1 Felsenmühle	50516005	<0,62
13z/65 Quenenwiese	50516010	6,42

Tabulka 5.3 – Srovnání střední doby zdržení podzemních vod v oblasti Hřensko provedené firmou Aquatest, a.s. v roce 2011 (Skořepa, 2011).

Objekt	Doba zdržení podle stopovačů (roky)					
	Tritium	SF ₆	CFC 113	CFC 12	CFC 11	Souhrn
K1A	>100	>50	>60	>70	>70	>100
K8A	90	27	40	50	50	40-90 mimo SF ₆ (27)
P12	1-5 nebo 27	35	40	35	45	27-45
P10	1-5 nebo 25	12	25	30	29	12-35
PR	1-5 nebo 25	17	32	40	40	17-40
V7A	>100	>50	>60	>70	>70	>100
VP-8429	1-5 nebo 27	40	-	>70	>70	27-40 mimo CFC 11 a 12
VP-8430	1-20 nebo 80	>50	>60	>70	>70	70-80
VP-8431	1-20 nebo 80	35	32	35	26	20-35

Tabulka 5.4 – Srovnání střední a minimální doby zdržení podzemních vod v oblasti NP Saské Švýcarsko provedené firmou G.E.O.S. v roce 2007 (Rösner et al., 2007).

Označení měřící stanice		zvodeň	střední doba zdržení τ_M , a (roky)	minimální doba zdržení τ_0 , a (roky)
GWM 1/28 - MP	GWM 1/82 - MP	2	>54	>54
Hy Sml 6/81, Richterschl.	50516004	2	34 až 60	29 až 32
Nasser Grund Sca 21/82/2	50516024	2	45 až 55	7 až 13
Schmilka, Ilmenquelle	51512002	2	77	13
Hy Sml 5/81, Hickelschl.	51506002	2	35 až 55	31
Br. 1 Felsenmühle	50516005	2-3	>54	>54
13z/65 Quenenwiese	50516010	3	0 až 100	0 až 42

Tabulka 5.4 – Výsledky odhadu stáří podzemních vod pomocí tritia na české a saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.

místo odběru	typ	odhad stáří v rocích (rozsah)	nalezené intervaly po roce 1961 (interval v rocích)	nalezené intervaly po roce 1961 (interval v letopočtu)
K8A2	vodárenský vrt	18 - 43	30; 27 - 21	1983; 1986-1992
V3		>52	<52	starší než 1961
K1A2		>52	<52	starší než 1961
V4A		18 - 43	28 - 20	1985-1993
V7A		>52	<52	starší než 1961
V5A		3 - 32	31 - 0	1961; 1982-2013
Pytlův pramen		0 - 23	52; 40; 37 - 32; 26 - 24; 17 - 15; 9 - 0	1961; 1973; 1976-1981; 1987-1989; 1996-1998; 2004-nyní
Pod Pravčickou bránou		0 - 23	52; 41 - 32; 17 - 16; 9 - 0	1961; 1972-1981; 1996-1997; 2004-2013
J1		18 - 43	52; 31; 29 - 18; 14 - 10	1961; 1982; 1984-1995; 1999-2003
K-2-T		18 - 43	28 - 20	1985-1993
RY1		3 - 32	52; 31; 37 - 30; 27 - 14; 9 - 0	1961; 1973; 1976-1983; 1986-1999; 2004-2013
LO-18/NT		>52	<52	starší než 1961
Br.1 Felsenmühle (50516005)		>52	<52	starší než 1961
Br.2 Neumannmühle (50516006)		3 - 32	52; 45; 41 - 0	1961; 1968; 1972 - 2013
P10	pozorovací vrt	0 - 23	52; 41 - 40; 38 - 30; 25 - 24; 20 - 14; 11 - 0	1961; 1972-1973; 1975-1983; 1988-1989; 1993-1999; 2002-2013
Dkj-11 (přetok Sv. Hubert)		>52	<52	starší než 1961
Hy Sml 5/81 (51516002)		3 - 32	46 - 35; 32; 16; 13	1967-1978; 1981; 1997; 2010
Hy Sml 6/81 (51516004)		3 - 32	46 - 32; 17 - 16; 4 - 3	1967-1981; 1996-1997; 2009-2010
13Z/65 (50516010)		3 - 32	46 - 32; 16; 13	1967-1981; 1997, 2010
Hy SMIL 4/81 (50516003)		0 - 23	52; 42 - 30; 27 - 0	1961; 1971-1983; 1986-2013
13/65 (51516018)		>52	<52	starší než 1961
Hy Sca 21/82/4 (50516026)		>52	<52	starší než 1961
Hy Sca 21/82/2 (50516024)		0 - 23	52; 42 - 30; 26 - 0	1961; 1971-1983; 1987-2013
Suchá Bělá č.2		0 - 23	46; 44 - 31; 26 - 24; 22 - 14; 9 - 0	1967; 1969-1982; 1987-1989; 1991-1999; 2004-2013
Suchá Bělá č.3		0 - 23	46; 44 - 31; 26 - 24; 22 - 14; 11 - 0	1966; 1969-1982; 1987-1989; 1991-1999; 2002-2013
Mezná k soutěsce		0 - 23	52; 42 - 40; 38 - 0	1961; 1971-1973; 1975-2013
Nad tůň		0 - 23	52; 42 - 40; 38 - 30; 27 - 0	1961; 1971-1973; 1975-1983; 1986-2013
U cikánského smrku		0 - 23	52; 42 - 39; 37 - 30; 28 - 0	1961; 1971-1974; 1976-1983; 1985-2013
Hadí pramen	0 - 23	52; 42 - 30; 28 - 0	1961; 1971-1983; 1985-2013	
Jetřichovice	0 - 23	52; 45; 41 - 36; 34 - 0	1961; 1968; 1972-1977; 1979-2013	
Studánka 1772	18 - 43	52; 37; 33 - 9, 6	1961; 1976; 1980-2004; 2007	
Ilmenquelle	3 - 32	52; 42 - 39; 38 - 30; 27 - 0	1961; 1971-1974; 1975-1983; 1985-2013	
Marienquelle	3 - 32	52; 45; 42 - 0	1961; 1968; 1971-2013	
	pramen	0 - 23	46; 44 - 31; 26 - 24; 22 - 14; 9 - 0	1967; 1969-1982; 1987-1989; 1991-1999; 2004-2013
		0 - 23	46; 44 - 31; 26 - 24; 22 - 14; 11 - 0	1966; 1969-1982; 1987-1989; 1991-1999; 2002-2013
		0 - 23	52; 42 - 40; 38 - 0	1961; 1971-1973; 1975-2013
		0 - 23	52; 42 - 40; 38 - 30; 27 - 0	1961; 1971-1973; 1975-1983; 1986-2013
		0 - 23	52; 42 - 39; 37 - 30; 28 - 0	1961; 1971-1974; 1976-1983; 1985-2013
		0 - 23	52; 42 - 30; 28 - 0	1961; 1971-1983; 1985-2013
		0 - 23	52; 45; 41 - 36; 34 - 0	1961; 1968; 1972-1977; 1979-2013
		18 - 43	52; 37; 33 - 9, 6	1961; 1976; 1980-2004; 2007
		3 - 32	52; 42 - 39; 38 - 30; 27 - 0	1961; 1971-1974; 1975-1983; 1985-2013
		3 - 32	52; 45; 42 - 0	1961; 1968; 1971-2013

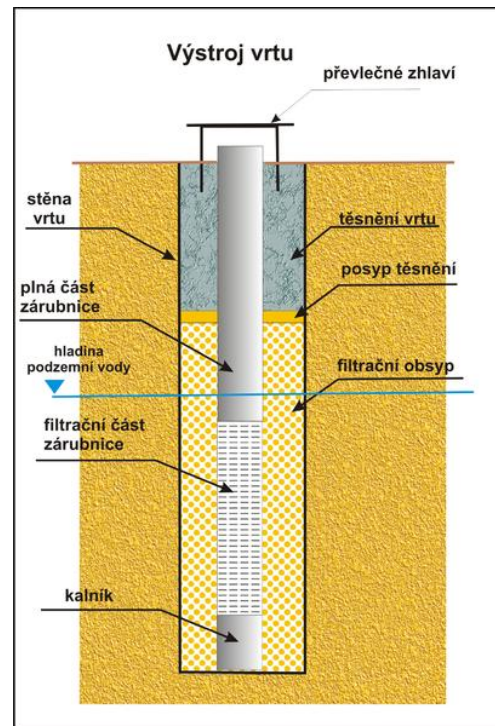
Odhad stáří proběhl k referenčnímu roku 2013.



5.1 Vodárenské vrty

Vodárenské vrty reprezentují významné zdroje vody pro využití v technologickém procesu (zásobování, zavlažování), nebo jako zdroj pitné vody pro zásobování obyvatelstva (vodárny). Vodárenské vrty jsou obvykle většího průměru, a to více jak 150 mm. Vrty jsou vystrojeny kovovou, plastovou nebo betonovou zárubnicí. Těsnění vrtu zabraňuje kontaminaci vrtu s povrchu. Charakteristickým znakem vodárenských vrtů je snaha o zastížení a provrtání vodonosné vrstvy (zpravidla v plné její mocnosti) a zajištění stěn vrtu výstrojí, jež má umožnit přítok vody do vrtu bez strhávání jemnozrnných frakcí hornin z okolí výstroje vrtu. Výstroj vodárenského vrtu se skládá zpravidla z kolony trubek (zárubnic), plných ve spodní části, perforovaných přes vodonosnou vrstvu (kolektor) a plných v horní (nástavné) části. Prostor mezi zárubnicí a stěnou vrtu je vyplněn zpravidla obsypem z vhodně zvoleného materiálu jako např. z říčního štěrku (kačírek). Materiál obsypu zabraňuje vnosu jemnozrnných frakcí hornin z okolí a plní tak funkci filtru. Vodárenské vrty jsou v místě perforovaných zárubnic osazeny čerpadlem odpovídajícího výkonu, které zajišťuje stále čerpání podzemní vody do vodárenské sítě. Schéma výstroje vrtu je znázorněno na Obrázku 5.1 (www.studnysat.cz).

Obrázek 5.1 – Schéma výstroje vrtu (www.studnysat.cz).



5.1.1 Vodárenské vrty na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Oblast prameniště ÚV Hřensko reprezentuje nejvýznamnější zdroj pitné vody na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch. Stáří podzemních vod bylo odhadnuto na 6 vodárenských vrtech a 2 pramenech jímaných v rámci vodárny ÚV Hřensko.

Oblast vodárenského provozu Česká Kamenice reprezentuje zdroj pitné vody na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch, a to především pro obce Jetřichovice, Krásná Lípa, Rynartice a Všemily. Stáří podzemních vod zde bylo odhadnuto na 4 vodárenských vrtech.

5.1.1.1 Vrt K8A2

Vrt K8A2 byl vybudován v roce 1987. Celková hloubka vrtu činí 90 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 159 mm se nachází v hloubce 44,47 až 86 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří kačírek o frakci 18/16 a nachází se v hloubce

15 až 90 metrů. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Nakládal, 1990). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 18 - 43 let.

5.1.1.2 Vrt V3

Vrt V3 byl vybudován v roce 1969. Celková hloubka vrtu činí 50 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 355 mm se nachází v hloubce 14,14 až 45,1 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří provodínský kačírek VP-III a nachází se v hloubce 7,2 až 50 m. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Herzog, 1970). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.1.1.3 Vrt K1A2

Vrt K1A2 byl vybudován v roce 1987. Celková hloubka vrtu činí 117 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 219 mm se nachází v hloubce 41,17 až 58,05 metrů pod úrovní terénu a dále perforované pažnice o průměru 150 mm se nachází v hloubce 58,05 až 112,19 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří kačírek a nachází se v hloubce 13 až 117 m. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Nakládal, 1990). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.1.1.4 Vrt V4A

Vrt V4A byl vybudován v roce 1988. Celková hloubka vrtu činí 112 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 216 mm se nachází v hloubce 24,3 až 66,9 metrů pod úrovní terénu a dále perforované pažnice o průměru 159 mm se nachází v hloubce 66,9 až 112 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří kačírek o frakci 18/16 a nachází se v hloubce 16 až 112 m. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Nakládal, 1990). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 18 – 43 let.

5.1.1.5 Vrt V5A

Vrt V5A byl vybudován v roce 1987. Celková hloubka vrtu činí 116,51 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 159 mm se nachází v hloubce 44,25 až 114,01 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří kačírek o frakci 18/12,5 a nachází se v hloubce 12 až 116,51 m. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Nakládal, 1990). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 18 - 43 let.



5.1.1.6 Vrt V7A

Vrt V7A byl vybudován v roce 1988. Celková hloubka vrtu činí 130 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 219 mm se nachází v hloubce 42,1 až 127 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří kačírek o frakci 18/16 a nachází se v hloubce 26 až 130 m. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Nakládal, 1990). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.1.1.7 Pramen Pytlův pramen

Pytlův pramen se nachází v horní části prameniště ÚV Hřensko v blízkosti vrtu V7A. Pramen leží mimo oplocení jímacího území, severně od silnice Hřensko – Mezná Louka. Je upraven chátrajícím měrným přepadem a z vrchu kryt šachticí a uzamykatelným poklopem. Jeho voda je gravitačně svedena do potrubí k úpravně vody Hřensko. Tímto projektem změřená vydatnost dne 30. 4. 2013 byla 1,91 l/s, dne 30. 7. 2013 činila 1,95 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrtu v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.1.1.8 Pramen Pod Pravčickou bránou

Pramen Pod Pravčickou bránou se nachází ve střední části prameniště ÚV Hřensko v blízkosti vrtu K1A2. Pramen se nachází v oplocení jímacího území v lokalitě Tři prameny v blízkosti jímáního vrtu. Je upraven betonovým měrným přepadem a svrchu kryt šachticí a uzamykatelným poklopem. Jeho voda je svedena do potrubí k úpravně vody Hřensko. Vydatnost pramene není pravidelně měřena. Tímto projektem změřená vydatnost dne 30. 4. 2013 byla 9,85 l/s, dne 30. 7. 2013 dosahovala 11,35 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrtu v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.1.1.9 Vrt J1

Vrt J1 se nachází u obce Jetřichovice a byl vybudován v roce 1968. Celková hloubka vrtu činí 81 metrů pod úrovní terénu. Informace o výstroji vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Žitný, 1973). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 3 - 32 let.

5.1.1.10 Vrt K-2-T

Vrt K-2-T se nachází u obce Krásná Lípa a byl vybudován v roce 1968. Celková hloubka vrtu činí 165 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 377 mm



se nachází v hloubce 88,50 až 114,00 metrů pod úrovní terénu a dále perforované pažnice o průměru 273 mm se nachází v hloubce 120,40 až 157,80 metrů pod úrovní terénu.. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Žitný, 1973). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 18 - 43 let.

5.1.1.11 Vrt RY1

Vrt RY1 se nachází u obce Rynartice a byl vybudován v roce 1984. Perforované pažnice o průměru 530 mm se nachází v hloubce 117,5 až 135,2 metrů pod úrovní terénu a dále perforované pažnice o průměru 530 mm se nachází v hloubce 138,5 až 147 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří kačírek o granulaci 4/8 mm a nachází se v hloubce 41 až 150 m. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Řeháčková, 1985). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.1.1.12 Vrt LO-18/NT

Vrt LO-18/NT se nachází u obce Všemily. Celková hloubka vrtu činí 91 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 324 mm se nachází v hloubce 38 až 88 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Žitný, 1973). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.1.2 Vodárenské vrty na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Oblast jímacího území vodárny WW Endlerkuppe reprezentuje nejvýznamnější zdroj pitné vody na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch. Odhad stáří podzemních vod zde proběhlo na 2 vodárenských vrtech.

5.1.2.1 Vrt Brunnen 1 Felsenmühle (50516005)

Vrt Brunnen 1 Felsenmühle (50516005) byl vybudován v roce 1961/62 a uvedení do provozu proběhlo v roce 1969. Celková hloubka vrtu činí 240 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 400 mm se nachází v hloubce 139,5 až 234,4 metrů pod úrovní terénu. Obsyp vrtu tvoří štěrk a nachází se v hloubce 126,8 až 234,4 metrů. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.



5.1.2.2 Vrt Brunnen 2 Neumannmühle (50516006)

Vrt Brunnen 2 Neumannmühle (50516006) byl vybudován v roce 1973. Celková hloubka vrtu činí 241 metrů pod úroveň terénu. Perforované pažnice o průměru 550 mm se nachází v hloubce 99,51 až 132,0 metrů pod úroveň terénu a dále perforované pažnice o průměru 285 mm se nachází v hloubce 156,7 až 228,0 metrů pod úroveň terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.2 Pozorovací vrtý

Pro doplňující informace byly do studie začleněny i pozorovací vrtý na české a saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch. Tento typ vrtu slouží především k dlouhodobému sledování hladin podzemních vod. Výstroj pozorovacích vrtů se shoduje s výstrojí vodárenských vrtů (viz Obrázek 5.1). U těchto vrtů však musíme dbát zvýšené opatrnosti, neboť jim není věnována taková péče a stálý servis jako u vodárenských vrtů. Můžeme se tak setkat s částečně zasypanými nebo poškozenými vrtý. Údaje získané z analýz z takto poškozených vrtů mohou být zkreslující.

5.2.1 Pozorovací vrtý na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch bylo do studie pro doplňující informace začleněny 2 pozorovací vrtý.

5.2.1.1 Vrt P10

Vrt P10 se nachází v horní části údolí Suché Bělé. Celková změřená hloubka vrtu činí 22 metrů pod úroveň terénu. Informace o výstroji vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje kolektor 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.2.1.2 Vrt Dkj-11 (Svatý Hubert přetok)

Vrt Dkj-11 (Svatý Hubert přetok) se nachází v údolí Jetřichovické Bělé v lokalitě Svatý Hubert. Informace o výstroji vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt je upraven pomocí dřevěné stříšky do podoby napajedla. Voda zde vyvěrá jako přetok cenomanské zvodně (kolektor 4) a vlevá se přepadem do Jetřichovické Bělé. Vydatnost přetoku je stabilní v úrovni 0,17 l/s (Eckhardt, 2013). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.



5.2.2 Pozorovací vrtý na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch bylo do studie pro doplňující informace začleněno 7 pozorovacích vrtů.

5.2.2.1 Vrt Hy Sml 5/81 (51516002)

Vrt Hy Sml 5/81 (51516002) se nachází v lokalitě Großer Zschand, Hickelschlüchte a byl vybudován v roce 1981. Celková hloubka vrtu činí 75,3 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 50 mm se nachází v hloubce 51,1 až 57,2 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 2 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 3 - 32 let.

5.2.2.2 Vrt Hy Sml 6/81 (51516004)

Vrt Hy Sml 6/81 (51516004) se nachází v lokalitě Großer Zschand, Richterschlüchte a byl vybudován v roce 1981. Celková hloubka vrtu činí 41 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 50 mm se nachází v hloubce 30,5 až 36,7 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 2 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 3 - 32 let.

5.2.2.3 Vrt 13Z/65 (50516010)

Vrt 13Z/65 (50516010) se nachází v lokalitě Kleiner Zschand, Quenenwiese a byl vybudován v roce 1965. Celková hloubka vrtu činí 76,5 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 50 mm se nachází v hloubce 60,5 až 76,5 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 3 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 3 - 32 let.

5.2.2.4 Vrt Hy SMIL 4/81 (50516003)

Vrt Hy SMIL 4/81 (50516003) se nachází v lokalitě Schmilka, Zwiesel a byl vybudován v roce 1981. Celková hloubka vrtu činí 110,2 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 50 mm se nachází v hloubce 73,2 až 79,3 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 2 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.



5.2.2.5 Vrt 13/65 (51516018)

Vrt 13/65 (51516018) se nachází v lokalitě Kleiner Zschand, Quenenwiese a byl vybudován v roce 1981. Celková hloubka vrtu činí 366,9 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 130 mm se nachází v hloubce 271 až 355,9 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 4 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.2.2.6 Vrt Hy Sca 21/82/4 (50516026)

Vrt Hy Sca 21/82/4 (50516026) se nachází v lokalitě Nasser Grund, Eulentilke a byl vybudován v roce 1983. Celková hloubka vrtu činí 156 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 243 mm se nachází v hloubce 150 až 156 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 3 (LfULG, 2012). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.2.2.7 Vrt Hy Sca 21/82/2 (50516024)

Vrt Hy Sca 21/82/2 (50516024) se nachází v lokalitě Nasser Grund, Eulentilke a byl vybudován v roce 1983. Celková hloubka vrtu činí 97 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 243 mm se nachází v hloubce 93 až 97 metrů pod úrovní terénu. Informace o obsypu vrtu se nepodařilo v archivních materiálech dohledat. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 3 (LfULG, 2012). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.3 Prameny

Prameny reprezentují významné hydrogeologické objekty, neboť mohou poskytovat důležité údaje o stavu a změnách hydrogeologického prostředí. Jejich vydatnost může citlivě reagovat na změny prostředí, často je ale obtížné zjistit, který typ změny prostředí danou výchylku ve vydatnosti vyvolal. Pramenů bývá početně podstatně více než využitelných hydrogeologických vrtů. Prameny mohou upozornit na některé jevy, jakými je třeba zpřesnění stratifikace kolektorů.

5.3.1 Prameny na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Z pramenů bylo na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch analyzováno 8 lokalit.



5.3.1.1 Pramen Suchá Bělá č. 3

Pramen Suchá Bělá č. 3 leží na pravém břehu potoka Suchá Bělá. Jedná se o jediný dlouhodobě pravidelně sledovaný pramen v celém zájmovém území, kde je sledován průtok od šedesátých let minulého století až do současnosti. Pravidelné sledování prováděl a provádí na českém území Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a jeho předchůdce HMÚ (například Daňková et al. 1975). Takto bylo v minulosti sledováno 7 pramenů v oblasti Hřenska, tedy v jihozápadní části zájmového území. Do současnosti je z nich sledován jediný – pramen Suchá Bělá č. 3. Tímto projektem změřená vydatnost v roce 2012 dne 30. 3. byla 3,4 l/s, dne 18. 6. pak 3,46 l/s a dne 26. 9. dosahovala 3,05 l/s. V roce 2012 bylo měřeno na profilu při odtoku vody pramene do příkopu cesty, tedy asi 6 m pod vývěrem pramene, hodnoty průtoku byly o něco nižší, než změřené v témže období ČHMÚ, dochází tu zřejmě k vsaku části vody. V roce 2013 bylo měřeno přímo na měrném přepadu, hodnoty vydatnosti tak byly vyšší a srovnatelné s měřením ČHMÚ – dne 29. 3. 2013 dosahovala vydatnost 4,27 l/s, dne 30. 7. 2013 byla 4,41 l/s a dne 29. 8. 2013 odtékalo 4,14 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrty v jímácím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 – 23 let.

5.3.1.2 Pramen Suchá Bělá č. 2

Pramen Suchá Bělá č. 2 leží na pravém břehu potoka Suchá Bělá. Pramen vyvěrá ze sutě a jeho odtok je upraven měrným přelivem. Pravidelné sledování ČHMÚ bylo ukončeno. Aktuálně sledovaný pramen Suchá Bělá č. 3 se nachází velmi blízko – asi 20 m jižně v obdobné výškové úrovni. Tímto projektem změřená vydatnost dne 30. 3. 2012 byla 1,35 l/s, dne 18. 6. 2012 pak 1,02 l/s, dne 26. 9. 2012 dosahovala 0,93 l/s, dne 29. 3. 2013 byla 1,31 l/s, dne 30. 7. 2013 dosahovala 1,13 l/s a dne 29. 8. 2013 odtékalo 1,1 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrty v jímácím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.3.1.3 Pramen Mezná k soutěsce

Pramen Mezná k soutěsce se nachází v obci Mezná pod hotelovým komplexem. Pramen je uměle podchycen a přetok vyveden jako dřevěné korýtko. Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrty v jímácím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.3.1.4 Pramen U Cikánského smrku

Pramen U Cikánského smrku leží na levém břehu potoka Dlouhá Bělá. Pramen je upraven skruží s rezavou rourou, na jeho odtoku je zarostlý měrný přepad. Úprava



pramene je v havarijním stavu. Tímto projektem změřená vydatnost dne 30. 3. 2012 byla 0,31 l/s, dne 8. 8. 2012 pak 0,32 l/s, dne 10. 10. 2012 dosahovala 0,13 l/s a dne 29. 8. 2013 byla 0,12 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrtv v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.3.1.5 Pramen Nad tůní

Na druhé straně údolí severně naproti pramenu U Cikánského smrku vyvěrá jiný vydatný pramen, který byl v minulosti podchycen čtvercovou jímkou. Vzhledem k chybějícím jednoznačným archivním podkladům byl tímto projektem nazván „Nad tůní“. Morfologicky leží na jihozápadní patě svahu skalního bloku severně od údolí Dlouhé Bělé. Jeho vydatnost kolísá mezi 0,68 a 1,15 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrtv v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.3.1.6 Pramen Hadí pramen

Hadí pramen se nachází východně od hraničního úseku toku Křinice v centru NP České Švýcarsko. Hadí pramen patří mezi nejvydatnější v této části NP, kdy dosahuje vydatnosti mezi 0,09 a 0,33 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrtv v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 3 - 32 let.

5.3.1.7 Pramen Jetřichovice

Pramen Jetřichovice se nachází přímo v obci Jetřichovice v těsné blízkosti hlavní silnice. Přibližně 50 metrů severně od pramene se nachází vodárenský vrt J1. Pramen je uměle podchycen a upraven do podoby kamenného napajedla. Vydatnost u tohoto pramene nebyla stanovena. Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrtv v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.3.1.8 Pramen Studánka 1772

Pramene Studánka 1772 se nachází pod skálou jižně od Vysoké Lípy v údolí Jetřichovické (Velké) Bělé v lokalitě Svatý Hubert a vytváří pravostranný přítok Jetřichovické (Velké) Bělé. V současnosti je pramen upraven jako dřevem zastřešená studánka, na pískovcové stěně nad studánkou je vytesán letopočet 1772. Tímto projektem měřený průtok pramene 31 dne 18. 6. 2012 byl 0,84 l/s, dne 8. 11. 2013 činil 0,99 l/s. Vydatnost pramene je hůře měřitelná (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto



pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrty v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 18 - 43 let.

5.3.2 Prameny na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Z pramenů byly na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch analyzovány tyto dvě lokality.

5.3.2.1 Pramen Ilmenquelle (51512002)

Pramen Ilmenquelle (51512002) leží na pravém břehu Labe v osadě Schmilka. Jedná se o nejvydatnější pramen, který se nám na saské části zájmového území podařilo ověřit.

Tento pramen je dlouhodobě sledován, pravidelně jsou prováděny chemické rozborů jeho vody, není však soustavně měřena jeho vydatnost. Důvodem je údajný odběr části vody pro osadu Schmilka. Pramen skrytě vyvěrá v horní části osady Schmilka, před jeho vyústěním na povrch je umístěna jímka. Část vody vytéká nerezovou trubkou. Kvalita vody je pravidelně sledována, vydatnost nikoliv. Ve Schmilce jsou zřejmě ještě další drobné prameny, vše je ale skryto pod zástavbou. Tímto projektem změřená vydatnost přístupné části pramene Ilmenquelle (51512002) dne 30. 8. 2012 činila 3,2 l/s. Dne 8. 11. 2013 byla vydatnost přístupné části pramene 3,8 l/s. Při ústí do Labe činila vydatnost drobného toku, napájeného tímto pramenem, okolo 6,6 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrty v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 3 - 32 let.

5.3.2.2 Pramen Marienquelle

Pramen Marienquelle leží na pravém břehu Křinice, sestává z několika vývěřů, z nichž nejsilnější je podchycen. Cedule u pramene Marienquelle uvádí, že pramen má vydatnost okolo 2 l/s, tímto je nejvydatnějším pramenem Zadního Saského Švýcarska. Pramen byl v roce 1978 rekonstruován pod vedením G. Kassnera z Drážďan. O. E. Schmit se domnívá, že odběr pramene a jeho pojmenování pochází již ze 16. Století. Údržbu provádí od roku 2002 správa NP Saské Švýcarsko společně s místní lesní správou a vlasteneckým spolkem z Hinterhermsdorfu. Tímto projektem měřená vydatnost pramene dne 14. 9. 2012 byla 0,54 l/s a dne 15. 4. 2013 činil odtok 0,58 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda tohoto pramene s největší pravděpodobností pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrty v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 18 - 43 let.



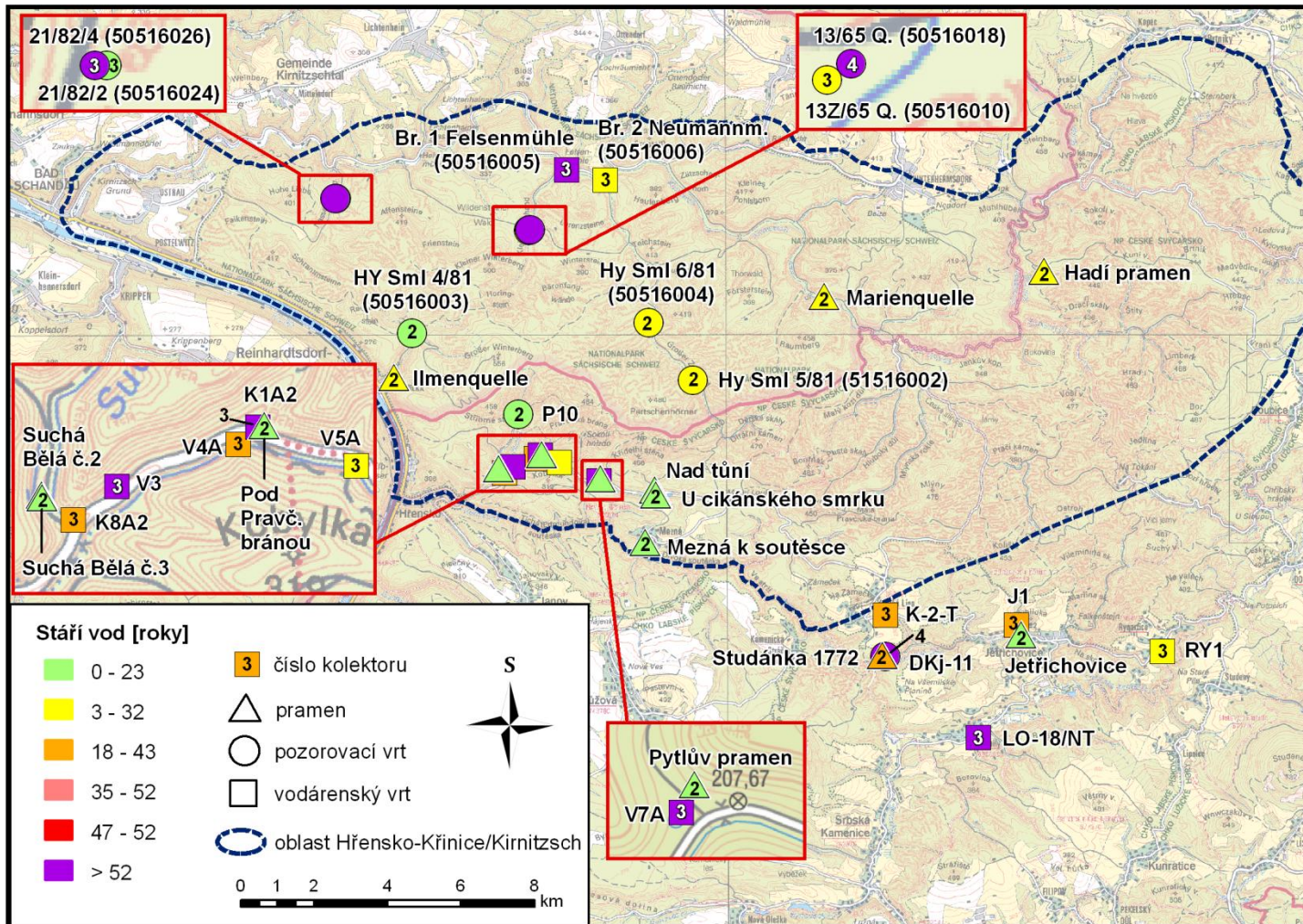
5.4 Mapa stáří podzemních vod v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Výsledky stáří podzemních vod byly pro lepší přehlednost rozčleněny na 6 časových intervalů a graficky vyneseny do mapy. K níže uvedeným intervalům stanoveným na základě jednoho odběru je zapotřebí zahrnout také rok 1961 kdy docházelo k rychlému nárůstu aktivity 3H následkem atmosférických testů jaderných zbraní. Pokud by byl proveden další odběr, u kterého by nebylo pozorováno prudké navýšení aktivity, lze období začátku bombového píku (1961) vyloučit. Mapa stáří podzemních vod na Obrázku 5.2 zobrazuje jednotlivé zkoumané objekty rozčleněné do časových intervalů.

- 0 – 23 roků - Reprezentuje kategorii nejmladších objektů. Jedná se z větší části o prameny v oblasti prameniště ÚV Hřensko, dále pak v menší míře některé mělké pozorovací vrty a jeden vrt vodárenský. Do tohoto intervalu spadají prameny Suchá Bělá č.2, Suchá Bělá č.3, Nad tůní, U Cikánského smrku, Pytlův pramen, Pod Pravčickou bránou, Mezná k soutěsce, Jetřichovice. Dále sem patří pozorovací vrty Hy SMIL 4/81 (50516003), Hy Sca 21/82/2 (50516024), P10 a vodárenský vrt RY1.
- 3 – 32 roků - Reprezentuje kategorii mladších objektů. Jedná se z větší části o prameny v západní části zájmového území, dva vrty vodárenské a tři vrty pozorovací. Do tohoto intervalu spadají prameny Ilmenquelle (51512002), Hadí pramen. Dále sem spadá vodárenský vrt Brunnen 2 Neumannmühle (50516006) a J1. Z pozorovacích vrtů sem patří Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 6/81 (51516004) a 13Z/65 (50516010)
- 18 – 43 roků - Reprezentuje kategorii středně starých objektů. Jedná se o vodárenské vrty a prameny. Do tohoto intervalu spadají vodárenské vrty K8A2, V4A, V5A, K-2-T, a prameny Studánka 1772, Marienquelle.
- 35 – 52 roků - Reprezentuje kategorii starších objektů. Žádný objekt v zájmové oblasti do této kategorie nespadá. Voda tohoto stáří by pocházela přímo z období testů jaderných zbraní.
- 47 – 52 roků - Reprezentuje kategorii starých objektů. Žádný objekt v zájmové oblasti do této kategorie nespadá. Voda tohoto stáří by pocházela přímo z období testů jaderných zbraní.
- > 52 roků - Reprezentuje kategorii nejstarších objektů. Jedná se o vodárenské a pozorovací vrty. Do tohoto intervalu spadají vodárenské vrty K1A2, V3, V7A, LO-18/NT a Brunnen 1 Felsenmühle (50516005) a dále pozorovací vrty DKj-11, Hy Sca 21/82/4 (50516026) a 13/65 (51516018).



Obrázek 5.2 – Mapa stáří podzemních vod s vyznačenými kolektory v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.

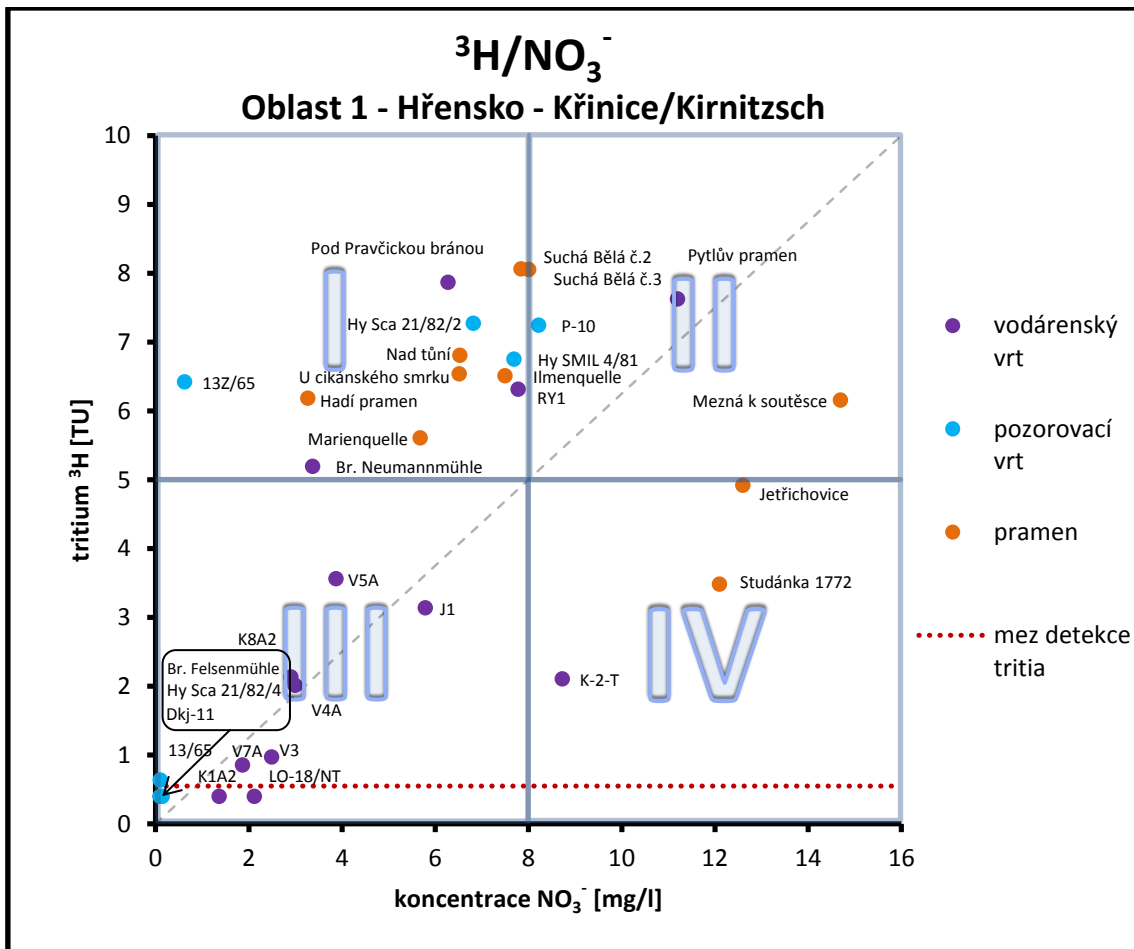


6. Míšení podzemních vod

Dusičnany jsou ve vodě dobře rozpustné, dostávají se do podzemních vod především vlivem antropogenní činnosti – znečištěním povrchových vod a srážek. Přítomnost dusičnanů v podzemních vodách, které jsou obecně na dusičnany chudé, indikuje jejich míšení s povrchovými vodami (Churáčková et al., 2010).

Identifikace infiltrace mladších vod do kolektoru je nezbytná pro odhadnutí přiměřeného věku podzemních vod v kolektoru. Tento jev lze spolehlivě vysledovat porovnáním koncentrací tritia a dusičnanů, které jsou produkty moderní antropogenní činnosti. Dusičnany se obvykle vyskytují ve zvýšené míře v zemědělských oblastech a pouze v mělkých vrstvách, protože snadno podléhají redukci v průběhu jejich přechodu do hloubky. Koncentrace dusičnanů zřídka překročí 5,0 mg/l. Například koncentrace dusičnanů 31,0 mg/l a 22,2 mg/l byly pozorovány v cenomanském a turonském kolektoru podél údolí řeky Jizery, což je nepochybně v důsledku silně rozvinuté zemědělské činnosti (Jiráková et al., 2010)

Graf 6.1 – Míšení podzemních vod s povrchovými vodami v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.



Míšení podzemních vod s povrchovými bylo posouzeno na základě korelace aktivity tritia a koncentrace dusičnanů. V úvahu byl brán u výše jmenovaných ukazatelů průměr za období 2012 až 2013. Ukazatelé byly stanoveny z totožného vzorku podzemní vody, který byl odebrán v daný odběrový den. Pokud to technické možnosti nedovolovaly, byly vzorky odebrány pro jednotlivé ukazatele separátně.

Výsledky analýz obou ukazatelů byly vyneseny do společného Grafu 6.1. Osa X reprezentuje koncentraci dusičnanů v jednotkách mg/l v rozmezí 0 až 16 mg. Mez detekce pro dusičnany se pohybuje kolem 0,1 mg/l. Osa Y reprezentuje aktivitu tritia v jednotkách TU v rozmezí 0 až 10 TU. Mez detekce pro tritium se pohybuje kolem 0,6 TU. Výsledné pole grafu bylo rozděleno do čtyř polí, které charakterizují lokality v nich obsažené. Pro názornost byla grafem uměle proložena křivka míšení, která znázorňuje ideální poměr míšení tritia a dusičnanů pro tento soubor dat.

Tabulka s průměrnými hodnotami pro tritium za období 2012 až 2013 je uvedena v Příloze 3. Tabulka s průměrnými hodnotami pro dusičnany za období 2012 až 2013 je uvedena v Příloze 4.

6.1 Pole míšení I.

Pole míšení I. zasahuje výšeč grafu v rozsahu tritia 5 až 10 TU a dusičnanů v rozsahu 0 až 8 mg/l. V poli I se nacházejí nejmladší vody mělkého oběhu s nejvyšší objemovou aktivitou tritia, ale nižší koncentrací dusičnanů. Jsou to zejména mělké pozorovací vrty a prameny nacházející se v centru národních parků České a Saské Švýcarsko, kde vliv antropogenní činnosti je minimální. Do této oblasti spadají následující pozorované lokality.

Z vodárenských objektů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Vrt RY1 vykazuje průměrnou aktivitu tritia 6,31 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 7,78 mg/l. Pramen Pod Pravčickou bránou vykazuje průměrnou aktivitu tritia 7,87 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 6,28 mg/l.

Z vodárenských vrtů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadá lokalita Brunnen 2 Neumannmühle (50516006). Průměrná hodnota aktivity tritia zde dosahuje 5,19 TU a průměrná koncentrace dusičnanů 3,37 mg/l

Žádný z pozorovacích vrtů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli I. nevyskytuje.

Z pozorovacích vrtů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Vrt Hy Sca 21/82/2 (50516024) vykazuje průměrnou aktivitou tritia 7,27 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 6,82 mg/l. Vrt 13Z/65 (50516010) vykazuje průměrnou aktivitou tritia 6,42 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 0,63 mg/l. Vrt Hy SMIL 4/81 (50516003) vykazuje průměrnou aktivitu tritia 6,75 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 7,69 mg/l.

Z pramenů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Pramen Suchá Bělá č.2 vykazuje průměrnou aktivitou tritia 8,06 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 7,84 mg/l. Pramen Suchá Bělá č.3 vykazuje průměrnou aktivitu tritia 8,05 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 7,83 mg/l. Pramen Nad tůňí vykazuje průměrnou aktivitu tritia 6,81 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 6,54 mg/l. Pramen U Cikánského smrku vykazuje průměrnou aktivitu tritia 6,54 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 6,52 mg/l. Hadí pramen vykazuje průměrnou aktivitu tritia 6,18 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 3,27 mg/l.



Z pramenů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Pramen Ilmenquelle (51512002) vykazuje průměrnou aktivitu tritia 6,51 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 7,5 mg/l. Pramen Marienquelle vykazuje průměrnou aktivitu tritia 5,61 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 5,68 mg/l.

6.2 Pole míšení II.

Pole míšení II. Zasahuje výšeč grafu v rozsahu tritia 5 až 10 TU a dusičnanů v rozsahu 8 až 16 mg/l. Pole míšení II. Reprezentuje nejmladší vody mělkého oběhu s nejvyšší objemovou aktivitou tritia a koncentrací dusičnanů, jsou to zejména mělké pozorovací vrtý a prameny. Do této oblasti spadají následující pozorované lokality.

Z vodárenských objektů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadá Pytlův pramen. Průměrná hodnota aktivity tritia zde dosahuje 7,63 TU a průměrná koncentrace dusičnanů 11,2 mg/l.

Žádný z vodárenských objektů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

Z pozorovacích vrtů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadá P10. Průměrná hodnota aktivity tritia zde dosahuje 7,24 TU a průměrná koncentrace dusičnanů 8,22 mg/l.

Žádný z pozorovacích vrtů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

Z pramenů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Pramen Mezná k soutěsce vykazuje průměrnou aktivitu tritia 6,16 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 14,7 mg/l. Pramen Jetřichovice vykazuje průměrnou aktivitu tritia 4,92 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 12,6 mg/l.

Žádný z pramenů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

6.3 Pole míšení III.

Pole míšení III. zasahuje výšeč grafu v rozsahu tritia 0 až 5 TU a dusičnanů v rozsahu 0 až 8 mg/l. Pole míšení III. reprezentuje nejstarší vody hlubokého oběhu s nejnižší objemovou aktivitou tritia a koncentrací dusičnanů, jsou to zejména vrtý využívané k vodárenským účelům. Do této oblasti spadají následující pozorované lokality.

Z vodárenských objektů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Vrt K8A2 vykazuje průměrnou aktivitu tritia 2,13 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 2,91 mg/l. Vrt V3 vykazuje průměrnou aktivitu tritia 0,97 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 2,49 mg/l. Vrt K1A2 vykazuje průměrnou aktivitu tritia <0,54 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 1,37 mg/l. Vrt V4A vykazuje průměrnou aktivitu tritia 2,01 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 3 mg/l. Vrt V7A vykazuje průměrnou aktivitu tritia 0,85 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 3,87 mg/l. Vrt J1 vykazuje průměrnou aktivitu tritia 3,14 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 5,79 mg/l. Vrt LO-18/NT vykazuje průměrnou aktivitu tritia <0,56 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 2,12 mg/l.

Z vodárenských vrtů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem



spadá lokalita Brunnen 1 Felsenmühle (50516005). Průměrné hodnoty aktivity tritia zde dosahuje <0,62 TU a průměrná koncentrace dusičnanů <0,1 mg/l.

Z pozorovacích vrtů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Vrt Dkj-11 (Svatý Hubert přetok) vykazuje průměrnou aktivitu tritia <0,57 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů <0,1 mg/l.

Z pozorovacích vrtů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Vrt 13/65 (51516018) vykazuje průměrnou aktivitu tritia 0,64 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů <0,1 mg/l. Vrt Hy Sca 21/82/4 (50516026) vykazuje průměrnou aktivitu tritia <0,64 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 0,15 mg/l.

Žádný z pramenů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

Žádný z pramenů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

6.4 Pole míšení IV.

Pole míšení IV. Zasahuje výšeč grafu v rozsahu tritia 0 až 5 TU a dusičnanů v rozsahu 8 až 16 mg/l. Pole míšení IV reprezentuje nejstarší vody hlubokého oběhu s nejnižší objemovou aktivitou tritia, ale vyšší koncentrací dusičnanů. Jsou zde zastoupeny především vodárenské vrty a prameny v blízkosti aglomerací.

Z vodárenských objektů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadá K-2-T. Průměrná hodnota aktivity tritia zde dosahuje 2,11 TU a průměrná koncentrace dusičnanů 8,73 mg/l.

Žádný z vodárenských objektů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

Žádný z pozorovacích vrtů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

Žádný z pozorovacích vrtů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.

Z pramenů na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch sem spadají následující lokality. Pramen Studánka 1772 vykazuje průměrnou aktivitu tritia 3,48 TU a průměrnou koncentrací dusičnanů 12,1 mg/l.

Žádný z pramenů na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch se v poli II. nevyskytuje.



7. Závěr studie Stáří a míšení podzemních vod

Studie shrnuje výsledky monitoringu za účelem odhadu stáří a míšení podzemních vod, který v zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch probíhal v roce 2012 až 2013. Celkem byly odebrány vzorky podzemních vod z 12 vodárenských vrtů, 9 pozorovacích vrtů a 12 pramenů.

Studie je založená na základě datování podzemních vod pomocí tritia. Na základě měření tritia bylo možné rozpoznat značnou změnu věkové struktury od nadloží k podloží. Pro odhad stáří podzemních vod byl využit výpočet na základě modelu Piston-flow (PM), do kterého vstupují zjištěné objemové aktivity tritia v podzemních vodách a objemové aktivity tritia ve srážkách. Koncentrace dusičnanů v závislosti na aktivitě tritia v podzemních vodách indikují míru míšení podzemních vod s povrchovými vodami.

V oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch byly identifikovány podzemní vody různého stáří, což pomáhá identifikovat jejich původ v kolektorech podzemní vody. Oblast Hřensko-Křinice/Kirnitzsch rozkládající se na území národních parků České a Saské Švýcarsko představuje významnou oblast zásob podzemních vod s vysokým stářím nad 30 let.

Infiltrační oblast významných pramenišť ÚV Hřensko a WW Endlerkupe v zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch není přesně vymezena. Rozvodnice mezi českou a saskou částí jetřichovické antiklinály není doposud definována. Kolísání hladin podzemní vody a odhad vzdálenosti infiltrační zóny pravděpodobně úzce koresponduje s poklesem hladin podzemní vody na německém území. V případě výskytu podílu mladší vody v křídových kolektorech lze předpokládat, že infiltrační zóna se nachází v blízkém okolí prameniště Hřensko. U starších vod bez krátké doby zdržení dochází k dotaci kolektoru BC (kolektor 3) ve větší vzdálenosti na německém území. Vzhledem k výskytu polo izolátoru mezi kolektory 2 a 3 je komunikace mezi kolektory omezená, což je patrné především v západní části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.

Ze souhrnného hodnocení vybraných fyzikálně chemických a anorganických parametrů podzemních vod s limity pro pitnou vodu v ČR, a to dle vyhlášky č.252/2004 Sb. vyplývá, že podzemní vody v zájmové oblasti jsou vhodné pro čerpání a úpravu pitné vody. Významně pozitivně se na kvalitě podzemních vod promítá poměrně husté zalesnění a minimální antropogenní činnost v zájmové oblasti. Nižší hodnoty pH a koncentrace vápníku jsou u čerpaných podzemních vod pro vodárenské účely upravovány pomocí vápnění. Nadlimitní koncentrace železa, které jsou především charakteristické u pozorovacích vrtů, jsou způsobeny především korozí výstroje vrtů a celkovým technickým stavem vrtů. Zvýšené koncentrace železa mohou být také způsobeny v důsledku vyloučení železitého tmelu z pískovců (viz Obrázek 2.4 v Kapitole 2.2). Zvýšené hodnoty manganu souvisí s lokálním charakterem geologického podloží.

Vodárenské vrty reprezentují významné zdroje vody pro využití v technologickém procesu, nebo jako zdroj pitné vody pro zásobování obyvatelstva. Vodárenské vrty se ukázaly jako vhodné odběrové lokality pro odběr reprezentativního vzorku podzemní vody pro odhad stáří, neboť jsou pravidelně monitorovány a udržovány v dobrém technickém stavu.

Vodárenské vrty na české i saské straně zastihují bázi spodního až středního turonu, resp. kolektor 3. Lze předpokládat, že čerpaná voda z vodárenských vrtů K1A2, V7A, V3, LO-18/NT a Brunnen 1 Felsenmühle (50516005) pochází z hlubšího oběhu. Infiltrační oblast této vody je pravděpodobně situována na vzdálenějším území. K infiltraci vody do kolektoru dochází v místě, kde kolektor BC (kolektor 3) není překryt



poloizolátorem, který odděluje svrchní a spodní turomský kolektor na německém území. Delšímu oběhu podzemních vod, a tedy i vyššímu stáří, nasvědčuje i nižší koncentrace tritia ve srovnání s vrtů K8A2, V4A, V5A, J1, K-2-T, RY1 a Brunnen 2 Neumannmühle (50516006). U těchto vodárenských vrtů pravděpodobně dochází k míšení vody s vyšší dobou zdržení s vodou s velmi krátkou dobou zdržení. Tento stav může být způsoben celkovým stavem vrtu, způsobem těsnění nebo přítokem vod mělkého oběhu ze svrchního kolektoru 2 nebo povrchové vody. Nejmarkantnější je tento stav pozorovatelný u vrtů RY1 a Brunnen 2 Neumannmühle (50516006). Míšení podzemních vod nasvědčuje i vyšší koncentrace dusičnanů.

Pozorovací vrtů se ukázaly jako vhodné odběrové lokality pro odběr reprezentativního vzorku podzemní vody pro odhad stáří, avšak u těchto vrtů musíme dbát zvýšené opatrnosti. Pozorovacím vrtům není věnována taková péče a stálý servis jako u vodárenských vrtů. Můžeme se tak setkat s částečně zasypanými nebo poškozenými vrtů. Údaje získané z analýz z takto poškozených vrtů mohou být zkreslující.

Pozorovací vrtů na české i saské straně zastihují střední, spodní turom až cenoman, resp. kolektor 2, 3 a 4.

Pozorovací vrtů P10, Hy Sml 5/81 (51516002), Hy Sml 6/81 (51516004), Hy SMIL 4/81 (50516003) zastihují spodní střední turom, resp. kolektor 2. Pozorovací vrtů 13Z/65 (50516010), Hy Sca 21/82/2 (50516024) zastihují spodní turom, resp. kolektor 3. Z výše uvedené nízké střední doby zdržení a vyššímu obsahu dusičnanů (ve srovnání s podzemní vodou z vodárenských vrtů) lze u hodnocených objektů předpokládat, že dochází k míšení vody s vyšší dobou zdržení s vodou s velmi krátkou dobou zdržení. Tento stav může být způsoben celkovým technickým stavem vrtu, způsobem těsnění nebo přítokem povrchové vody.

Pozorovací vrt Hy Sca 21/82/4 (50516026) zastihuje spodní turom, resp. kolektor 3. Lze předpokládat, že čerpaná voda z tohoto vrtu pochází z hlubšího oběhu a zjištěným stářím odpovídá vodárenským vrtům. Infiltrační oblast této vody je pravděpodobně situována na vzdálenějším území. K infiltraci vody do kolektoru dochází v místě, kde kolektor BC (kolektor 3) není překryt poloizolátorem, který odděluje svrchní a spodní turomský kolektor na německém území. Delšímu oběhu podzemních vod nasvědčuje i nižší koncentrace dusičnanů.

Pozorovací vrt Dkj-11 (Svatý Hubert přetok) a 13/65 (51516018) zastihují nejhlubší cenoman, resp. kolektor 4. Jedná se o nejstarší podzemní vodu, která je dotována přetokem v místě lužické poruchy z turomského kolektoru 2 a 3. Zjištěné aktivity tritia i koncentrace dusičnanů jsou pod mezí detekce. Voda z kolektoru 4 není využívána pro vodárenské účely.

Dále bylo odhadnuto stáří podzemní vody z pramenů, které se ukázaly jako vhodné lokality pro odběr reprezentativního vzorku podzemní vody pro odhad stáří. Prameny reprezentují významné hydrogeologické objekty, neboť mohou poskytovat důležité údaje o stavu a změnách hydrogeologického prostředí. Jejich vydatnost může citlivě reagovat na změny prostředí.

Prameny na české i saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch odvodňují svrchní až střední turom, resp. kolektor 2 až 1. Na základě odhadu stáří vykazují prameny Suchá Bělá č.3., Suchá Bělá č.2., Pytlův pramen, Pod Pravčickou bránou, Mezná k soutěsce, U Cikánského smrku, Nad tůní a Ilmenquelle (51512002) nízké střední doby zdržení a vyšší obsah dusičnanů (ve srovnání s podzemní vodou z vrtů). Lze u hodnocených pramenů předpokládat, že dochází k míšení vody s vyšší dobou zdržení s vodou s velmi krátkou dobou zdržení. Tento stav může být způsoben výrazným přítokem vod mělkého oběhu ze svrchního kolektoru nebo povrchové vody.

Prameny Suchá Bělá č.3. a Suchá Bělá č.2. vykazují ze všech hodnocených pramenů nejvyšší podíl složky velmi mělkého oběhu. Poměrně vyšší hodnotu koncentrace dusičnanů u pramene Mezná k soutěsce a lze vysvětlit přítomností zástavby a hotelového komplexu nad pramenem v obci Mezná. Na stáří vod se také významně podílí přítomnost poloizolátoru mezi kolektorem 2 a 3, který neumožňuje ve větší míře dotaci pramenů ze spodního kolektoru 3.

Naopak prameny Hadí pramen, Jetřichovice, Studánka 1772 a Marienquelle vykazuje ze všech hodnocených pramenů nejvyšší podíl složky s vyšší dobou zdržení. Vyšší hodnotu koncentrace dusičnanů u pramene Jetřichovice lze vysvětlit polohou pramene, který se nachází uprostřed obce Jetřichovice. Na stáří vod se také významně podílí absence poloizolátoru mezi kolektorem 2 a 3, kdy prameny jsou částečně dotovány i starší vodou z kolektoru 3.



8. Použitá literatura a podklady

Archiv Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. (SČVK,a.s.)

Archiv Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Bruthans, J., Svetlík, D., Soukup, J., Schweigstillova, J., Valek, J., Sedlackova, M., Mayo, L.,A. (2012): Fast evolving conduits in clay-bonded sandstone: Charakterization, erosion processes and significance for the origin of sandstone landforms, Geomorphology (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.028>

Bruthans, J., Churáčková, Z. (2011): Využití stopovačů pro studium proudění, původu a vývoje chemického složení vody pramene (Sv. Vojtěch, česká křídová pánev), Zprávy o geologických výzkumech v roce 2010, Česká geologická služba Praha, ISSN 0514-8057, ISBN 978-80-7075-769-7.

ČSN ISO 5667-11. Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 11: Návod pro odběr vzorků podzemních vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 32 stran, Třídící znak 75 7051.

ČSN ISO 9698. Jakost vod: Stanovení objemové aktivity tritia – Kapalinná scintilační měřicí metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 26 stran, Třídící znak 75 7635.

ČSN ISO10523. Jakost vod: Stanovení pH. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 20 stran, Třídící znak 75 7365.

ČSN ISO 7890-3. Jakost vod: Stanovení dusičnanů. Část 3: Spektrometrická metoda s kyselinou sulfosalicylovou. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 1995, 8 stran, Třídící znak 75 7453.

ČSN EN ISO 6878. Jakost vod: Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2005, 24 stran, Třídící znak 75 7465.

ČSN ISO 9297. Jakost vod: Stanovení chloridů – Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra). Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 1996, 8 stran, Třídící znak 75 7420.

ČSN ISO 9963-1. Jakost vod: Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK), Část 1: Stanovení KNK4,5 a KNK8,3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 1997, 12 stran, Třídící znak 75 7371.

ČSN ISO 9964-1. Jakost vod: Stanovení sodíku a draslíku. Část 1: Stanovení sodíku metodou atomové absorpční spektrometrie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 1996, 8 stran, Třídící znak 75 7378.

ČSN ISO 9964-2. Jakost vod: Stanovení draslíku a draslíku. Část 2: Stanovení sodíku metodou atomové absorpční spektrometrie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 1996, 8 stran, Třídící znak 75 7378.

ČSN EN ISO 11885. Jakost vod: Stanovení vybraných prvků optickou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2009, 28



stran, Třídící znak 75 7387.

- Dittrich, J., Kunoth, K., Münch, A., Wahren, A. (2002): Vorbereitendes Gutachten Grenzgewässer Kirnitzsch/Krinice-Hrensko. – Dr. Dittrich & Partner, Januar 2002, unveröff.
- Eckhardt, P., Bílý, M., Šimek, P. (2012): „Souhrn výsledků monitoringu projektu GRACE za rok 2012.“ – MS VÚV TGM, v.v.i. Praha, prosinec 2012, 47 stran.
- Eckhardt, P. (2013): Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch, – MS VÚV TGM, v.v.i. Praha, prosinec 2013, 91stran.
- EPA 375.4. Sulfate (Turbidimetry): Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes (MCAWW) (EPA/600/4-79/020), Editorial Revision 1978. 26th West Martin Luther King Drive, Cincinnati, Ohio 45268-0001: U.S.EPA National Exposure Research Laboratory (NERL), Microbiological and Chemical Exposure Assessment Research Division (MCEARD), Issued 1971.
- Folprecht, J. (1968): Zhodnocení průzkumu hydrogeologického vrtu M1 v Mezné, okr. Děčín, Geofond Praha.
- Greenwood, N.,N., Earnshaw, A., (1993): Chemie prvků, svazek 1.- Pergamon Press plc, Praha, ISBN: 80-85427-38-9.
- HEIS VÚV, <http://heis.vuv.cz>, Odběry podzemních vod pro lidskou spotřebu > 500 m³/měs nebo 6000 m³/rok (data od státních podniků Povodí a VÚV TGM, v.v.i. za období 1979 – 2012).
- Hercog, F. (1967): Celkový projekt regionálního hydrogeologického průzkumu povodí Kamenice-Ploučnice-Křinice, IGHP Praha.
- Hercog, F. (1968): „Projekt hydrogeologického průzkumu pro zajištění zdrojů podzemní vody pro zásobování města Děčín (I. a II. Alternativa).“ – Stavební geologie Praha, archiv VÚV TGM Praha, 9 stran.
- Hercog, F. (1970): „Zdroj pitné vody pro město Děčín.“ – Stavební geologie Praha, MS ČGS – Geofond, 87 stran.
- Hercog, F., Jetelová, J., Urbánek, P., Vrba, J. (1969): Ideový projekt hydrogeologického průzkumu pro zajištění zdrojů podzemní vody pro zásobování města Děčína-Stavební geologie Praha.
- Churáčková, Z., Bruthans, J., Lachman, V., Musil, V., Kadlecová, R. (2010): Proudění podzemní vody ve východní a severovýchodní částí české křídové pánve (³H, ¹⁴C a SF₆ stopovače, obsahy dusičnanů): doba zdržení a otázky efektivního monitoringu kontaminace. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2009, Česká geologická služba Praha, ISSN 0514-8057.
- Jetelová, J. (1968): Hydrogeologické poměry v dolním povodí Kamenice-IGHP Praha.
- Jetelová, J. (1969): Kamenice – Ploučnice – Křinice (dílčí zpráva) – Stavební geologie Praha.
- Jiráková, H., Huneau, F., Hrkal, Z., Celle-Jeanton, H., Le Coustumer, P. (2010): Carbon isotopes to constrain the origin and circulation pattern of groundwater in the north-western part of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic), Applied Geochemistry 25 (2010), 1265–1279.



- Kopecký, J. (1969): Zpráva o výsledku čerpací zkoušky ze stávajícího vrtu pro hotel Mezná Louka-IGHP Praha, Stavební geologie.
- Kučera, G. (1965): Regionální hydrogeologický průzkum povodí kamenice. Ideový projekt průzkumu na rok 1966. ÚÚG Praha.
- Lucas, L.,L., Unterweger, M.,P., (2000). „Comprehensive Review and Critical Evaluation of the Half-Life of Tritium“. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology 105 (4): 541. Doi:10.6028/jres.105.043.
- Maloszewski, P., Zuber, A. (1996): Lumped parameter models for interpretation of environmental tracer data, In: Manual on mathematical models in isotope hydrology. IAEA-TECDOC-910, Austria, 1996, Strany 9-58, ISSN: 1011-4289.
- Marešová, D. (2012): Metoda elektrolytického nabohacení tritia ve VÚV TGM,v.v.i., In: XIX. Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří, Marešová Diana (Edit.), str.: 53 – 55, VÚV TGM, Praha, 2012, ISBN: 978-80-87402-24-5.
- Marešová, D., Hanslík, E. (2012): Tvorba tritia, jeho uvolňování do hydrosféry a bilance hlavních zdrojů v životním prostředí, In: XIX. Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří, Marešová Diana (Edit.), str.: 44 – 49, VÚV TGM, Praha, 2012, ISBN: 978-80-87402-24-5.
- Mibus, H.-P., Szymczak, P. (1997): Gutachten zur Entwicklung und Prognose der Grundwasserdynamik im Gebiet Hinterhermsdorf (Landkreis Sächsische Schweiz) und Hrensko (Tschechische Republik). – G.E.O.S. Freiberg ImbH, Dresden.
- Mísař, Z., Dudek, A., Havlena, V., Weiss, J. (1983): „Geologie ČSSR I Český masív.“ – Státní pedagogické nakladatelství v Praze, 333 strany, 1. Vydání.
- Nakládal, V. (1990): „Geologickoprůzkumné práce Hřensko prameniště.“ – Stavební geologie Praha, MS ČGS – Geofond pod P070796, 76 stran.
- Olmer, M., Herrmann, Z., Kadlecová, R., Prchalová, H., Burda, J., Čurda, J., Krejčí, Z., Skořepa, J., Hartlová, L., Michlíček, E. (2006): „Hydrogeologická rajonizace České republiky.“ – Sborník geologických věd 23, vydala Česká geologická služba Praha, 32 stran, 1. Vydání.
- Opletal, M., et al. (2006): „Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000. 02-223 Mikulášovice, 02-214 Dolní Poustevna.“ – Česká geologická služba, Praha, 58 stran, 1.vydání.
- Paserinová, J. (1964): Zpráva o hydrogeologickém průzkumu pro zajištění zdrojové vody pro farmu státního statku Česká Kamenice v Růžové, okr. Děčín. – IGHP Praha.
- Penzhorn, R.-D. (2013): Natural and man-made sources of tritium: applications of tritium, In: Tritium in fusion, Tosti Silvano, Ghirelli Nicholas (Edit.), Nova Science Publishers, Inc., New York, 2013, ISBN: 978-1-62417-270-0.
- Pitter, P (2009): Hydrochemie, 4. aktualizované vydání, VŠCHT Praha, 2009, ISBN: 978-80-7080-701-9.
- Rozansky, K., Gröning, M. (2004): Quantifying uncertainties of tritium assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation



- Spectrometry, In: Quantifying uncertainties in nuclear analytical measurements, IAEA-TECDOC-1401, Austria, 2004, ISBN: 92-0-108404-8, ISSN: 1011-4289.
- Rösner, S., Szymczak, P., Höhn, R. (2007): Gutachten Zustandsüberwachung Grenzgrundwasser / Operatives Messnetz. Regierungspräsidium Dresden, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Seitenzahl/ Text 59, Zahl Anlagen 10, mit 101 Blatt, unveröff.
- Řeháčková, O. (1985): Zhodnocení hydrogeologického průzkumu v Rynarticích, Vodní zdroje, n.p. Praha, 3 -14 strana, archiv ČGS (Geofond) Praha.
- Skořepa J., Pacl A. (2007): „Hydrogeologický monitoring hraničních vod povodí Kamenice a Křinice v Národním parku České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce. Závěrečná zpráva za hydrologický rok 2006.“ Aquatest, a.s., Praha.
- Skořepa, J. (2011): Hydrogeologické práce v rajonu 4660-křída dolní kamenice a části rajonu 4661-krystalinikum šluknovské pahorkatiny. Závěrečná zpráva za rok 2010/11. Aquatest, a.s., Praha.
- SVS (2010): „Zápis o 12. Zasedání Stálého výboru Sasko Česko-německé komise pro hraniční vody.“ – Karlštejn, 8.-10.červen 2010, 38 stran.
- Šimek, P., Novák, M. (2013): Stáří a míšení podzemních vod na prameništi ÚV Hřensko v NP České Švýcarsko, monitoring za rok 2012, In: Radiologické metody v hydrosféře 13, 14.-15. května 2013, hotel Buchlovice, Buchlovice, Česká republika, Hanslík Eduard, Kánská Klára (Edit.), str.: 89 - 97, Vodní zdroje EKOMONITOR, s.r.o, ISBN: 978-80-86832-71-5.
- Štefl, I. (1958): Zpráva o hydrogeologickém průzkumu a zajištění vodního zdroje na Mezné Louce u Hřenska, IGHP – Stavební geologie Praha.
- Valečka, J. (1992): „Geologická mapa ČR. List 02-23 Děčín. Měřítko 1 : 50 000.“ – sestavil a vydal Český geologický ústav.
- Valečka, J., et al. (1997): „České Švýcarsko. Geologická a přírodovědná mapa, měřítko 1 : 25 000.“ – vydal Český geologický ústav ve spolupráci s Geoprintem Liberec, Správou CHKO Labské pískovce a MŽP, 1.vydání.
- Valečka, J., Herčík, F., Herrmann, Z. (1999): Hydrogeologie české křídové pánve, Český geologický ústav, Praha, ISBN 80-7075-309-9.
- Valečka, J., et al. (2000): „Geologie národních parků České republiky – České Švýcarsko.“ – Český geologický ústav.
- Valečka, J., et al. (2006): „Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000. 02-242 Dolní Podluží.“ – Česká geologická služba, Praha, 58 stran, 1.vydání.
- Voigt, T., Franke, J., Franke, S. (2013): „Grundlagen für ein geologisch-tektonisches Modell der Kreideablagerungen im Sächsisch-Böhmischen Grenzgebiet im Rahmen des Ziel 3 – Projektes GRACE. Abschlussbericht.“ – Jena, 15.3.2013, 41 stran.
- Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Sbírka zákonů České Republiky 2004, Ministerstvo vnitra, Praha, 5402 – 5423 strana.

www.geofond.cz (2013)



www.chmi.cz (2013)

www.umwelt.sachsen.de (2013)

www.gracecz.cz (2013)

www.sciencedirect.cz (2013)

www.geology.cz (2013)

www.newenergyandfuel.com (2013)

www.studnysat.cz (2013)

www.iaea.org (2014)

Žitný, L. (1960): „Návrh hydrogeologického výzkumu v povodí Kamenice a Křinice.“ – archiv ČGS (Geofond) Praha.

Žitný, L. (1963): „Zhodnocení hydrogeologických prací provedených do 30.července 1963 na akci Hřensko v povodí Dolní Kamenice.“ – Vodní zdroje, n.p., Praha, archiv ČGS (Geofond).

Žitný, L. (1966): „Možnost zajištění pitné vody pro zásobování obce Mezná u Hřenska.“ – archiv ČGS (Geofond) Praha.

Žitný, L., Tůma, W. (1968): „Hydrogeologická studie povodí Kamenice s ohledem na možnosti zachycení většího množství podzemní vody pro zásobování Děčína.“ – Vodní zdroje, n.p., Praha, archiv VÚV TGM, v.v.i. Praha.

Žitný, L. (1971): „Dílčí zpráva o současném stavu technických prací v povodí dolní a střední Kamenice.“ – Vodní zdroje, n.p., Praha, archiv VÚV TGM, v.v.i. Praha.

Žitný, L., et al. (1973): „Zhodnocení regionálního průzkumu Dolní Kamenice. I.etapa“ – Vodní zdroje, n.p., Praha, archiv VÚV TGM, v.v.i. Praha.



9. Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratky:

AAS	Atomic absorption spectrometry
a.s.	akciová společnost
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Radebeul
č.	číslo
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČS	České Švýcarsko
ČSN	Česká technická norma
EPA	U. S. Environmental Protection Agency
EU	Evropská unie
GRACE	projekt Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí
G.E.O.S	G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
GPS	globální poziční systém
GWV	grundwasserversorgung
HEIS VÚV	Hydroekologický informační systém VÚV TGM, v.v.i
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAEA-TECDOC	IAEA Technical Documents
ICP- AES	inductively coupled plasma optical emission spectrometry
ISBN	International Standard Book Number
ISSN	International Standard Serial Number
ISO	International Organization for Standardization
ITER	International thermonuclear experimental reactor
JET	The Joint European Torus
JZ	jihozápad
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
m. n. m.	metrů nad mořem
MCAWW	Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes
MCEARD	Microbiological and Chemical Exposure Assessment Research Division



NERL	National Exposure Research Laboratory
NIST	National Institute of Standards and Technology
NP	národní park
n.p.	národní podnik
PM	Model Pistonflow
PřF UK	Přírodovědecká fakulta University Karlovy
Q ₃₆₅	průtok, který je dosažen nebo překročen 365 dní v roce
S-JTSK	Systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SAB	Sächsische Aufbaubank
Sb.	Sbírka zákonů
SČVK	Severočeské vodovody a kanalizace
SRN	Spolková republika Německo
SS	Saské Švýcarsko
str.	strana
střed.	Střední
StUFA	Staatliche Umweltfachamt
SV	severo-východ
SVS	Stálý výbor pro saský hraniční úsek (Stálý výbor Sasko) Česko-německé komise pro hraniční vody
TUD	Technische Universität Dresden
USA	United States of America
ÚV	úpravna vod
v.v.i.	veřejná výzkumná instituce
VHB	Vodohospodářská bilance
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka
WW	Wasserwerk



Symboly:

značka	veličina	název jednotky	jednotky
c	koncentrace	gramy na litr miligramy na litr mikrogramy na litr miligramy na kilo	g/l mg/l µg/l mg/kg
c	molarita	milimol na litr	mmol/l
c _v	objemová aktivita	Becquerel na litr	Bq/l
a	hmotnostní aktivita	Becquerel na kilogram	Bq/kg
A	aktivita	tritiová jednotka (tritium unit)	TU
κ	konduktivita	milisiemens na metr mikrosiemens na centimetr	mS/m µS/cm
K	koeficient filtrace	metr za sekundu	m/s
T	koeficient transmisivity	metr čtverečný za den	m ² /d
s	délka	kilometr metr milimetr	km m mm
Q	průtok	litry za sekundu litry za minutu metry krychlové za sekundu metry krychlové za den metry krychlové za měsíc metry krychlové za rok	l/s l/min m ³ /s m ³ /d m ³ /měsíc m ³ /rok
t	čas	rok	r
E	energie	kiloelkelectronvolt megaelkelectronvolt	keV MeV
T	teplota	stupeň Celsia	°C
R	elektrický odpor	ohm	Ω
m	hmotnost	kilogram gram miligram	kg g mg
S	plocha	centimetr čtverečný metr čtverečný kilometr čtverečný	cm ² m ² km ²

(Pitter, 2009)



10. Přílohy



10.1 Příloha 1: Fyzikálně chemické a anorganické parametry podzemních vod pro českou část zájmového území

lokalita	pH	konduktivita	HCO ₃ ⁻	KNK _{4,5}	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	o-PO ₄ ³⁻	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn
		μS/cm	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	μg/l
K1A2	6,4	36	24,4	0,40	0,86	0,72	0,69	<0,0767	1,40	1,49	3,20	0,43	<20	<5
K8A2	6,6	57	34,8	0,57	2,24	6,01	2,83	<0,0767	1,70	1,79	5,60	0,75	36,2	<5
V4A	6,1	57	14,6	0,24	2,41	7,16	3,29	<0,0767	1,78	1,79	5,51	0,65	543	<5
V5A	6,0	57	13,4	0,22	2,35	7,90	3,28	<0,0767	1,81	1,83	5,57	0,67	55,6	<5
Pod Pravčickou bránou	5,9	61	8,54	0,14	3,21	8,36	6,24	<0,0767	2,46	2,26	5,08	0,54	<20	<5
Pytlův pramen	5,9	195	12,2	0,20	4,49	55,2	11,3	<0,0767	4,41	3,51	23,3	2,62	85,9	<5
J1	6,7	93	20,7	0,34	3,76	14,2	6,04	<0,0767	2,96	1,55	9,23	2,21	52,9	5,40
RY1	8,3	135	21,2	0,35	4,99	31,0	7,97	<0,0767	4,98	3,64	13,0	2,31	54,3	<5
LO-18/NT	6,5	81	44,5	0,73	1,69	2,97	2,41	<0,0767	1,89	1,37	10,6	1,12	<20	<5
K-2-T	6,2	79	14,9	0,24	4,46	8,15	7,96	<0,0767	3,36	1,22	7,60	0,96	29,0	5,10
P10	5,5	79	3,11	0,05	2,02	18,7	7,66	<0,0767	2,63	1,55	6,27	2,03	656	46,7
Hadí pramen	7,6	363	-	-	2,59	38,1	3,27	0,166	3,45	1,29	55,9	8,72	20,2	<5
Suchá Bělá č.3	5,7	86	3,05	0,05	<5	20,3	8,56	<0,0767	2,76	2,27	9,11	1,69	<20	<5
Suchá Bělá č.2	5,9	79	3,05	0,05	<5	18,2	8,50	<0,0767	2,81	2,29	7,80	1,55	<20	<5
max	8,3	363	44,5	0,73	4,99	55,2	11,3	0,166	4,98	3,64	55,9	8,72	656	46,7
min	5,5	36	3,05	0,05	0,86	0,72	0,69	<0,0767	1,40	1,22	3,20	0,43	<20	<5
prům	7,3	97	16,8	0,28	2,92	16,9	5,71	-	2,74	1,99	12,0	1,87	170	19,1



10.2 Příloha 2: Fyzikálně chemické a anorganické parametry podzemních vod pro saskou část zájmového území

lokalita	pH	konduktivita	HCO ₃ ⁻	KNK _{4,5}	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	o-PO ₄ ³⁻	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn
		μS/cm	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	μg/l
Br.1 Felsenmühle (50516005)	6,5	75	43,3	0,71	2,02	5,35	<0,1	<0,0767	1,38	1,68	9,61	1,15	481	9,70
Br.2 Neumannmühle (50516006)	5,9	88	9,76	0,16	3,70	20,3	3,37	<0,0767	3,61	2,10	7,61	1,29	160	<5
Hy Sml 5/81 (51516002)	5,9	164	11,0	0,18	4,97	40,0	6,92	<0,0767	3,48	3,16	15,7	2,67	2650	32,1
Hy Sml 6/81 (51516004)	5,7	111	4,88	0,08	4,12	28,8	4,70	<0,0767	3,50	2,94	9,84	1,81	227	15,2
13Z/65 (50516010)	5,8	82	30,5	0,50	2,62	29,9	0,63	<0,0767	2,67	1,13	8,52	3,77	111000	506
Hy SMIL 4/81 (50516003)	6,1	102	17,7	0,29	4,28	34,8	7,69	<0,0767	3,02	2,02	6,78	1,84	58000	139
13/65 (51516018)	7,7	149	46,4	0,76	2,52	<0,5	<0,1	<0,0767	3,73	3,21	10,5	0,58	911	50,6
Hy Sca 21/82/4 (50516026)	6,6	115	65,3	1,07	1,36	5,88	0,15	<0,0767	1,50	1,82	15,1	1,71	17800	201
Hy Sca 21/82/2 (50516024)	5,4	115	3,66	0,06	3,84	33,8	6,82	<0,0767	2,91	2,20	9,73	3,23	372	76,7
Marienquelle	6,3	141	17,7	0,29	3,40	39,6	5,68	<0,0767	2,77	2,27	11,2	4,45	23,3	14,3
max	7,7	164	65,3	1,07	4,97	40,0	7,69	-	3,73	3,21	15,7	4,45	111000	506
min	5,4	75	3,66	0,06	1,36	<5	0,15	<0,0767	1,38	1,13	6,78	0,58	23,3	9,70
prům	6,8	114	25,0	0,41	3,28	26,5	4,49	-	2,86	2,25	10,5	2,25	19162	116



10.3 Příloha 3: Tritium (³H), monitoring 2012-2013

místo odběru	typ	Tritium (³ H) [TU]											
		datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	průměr 2012-2013	
		14.05.12	30.08.12	28.08.12	30.08.12	28.11.12	17.04.13	29.05.13	21.06.13	03.07.13	30.07.13		
K8A2 V3 K1A2 V4A V7A V5A Pytlův pramen Pod Pravčickou bránou	vodárenský vrt		2,35 ± 0,38			1,91 ± 0,39		2,14 ± 0,43				2,13 ± 0,40	
			< 0,51			0,97 ± 0,34		< 0,60				0,97 ± 0,34	
			2,31 ± 0,41			< 0,49		1,72 ± 0,36				< 0,54	
			0,85 ± 0,33									2,01 ± 0,38	
						4,44 ± 0,51	3,52 ± 0,49	2,73 ± 0,47				0,85 ± 0,33	
						8,13 ± 0,67		7,13 ± 0,65				3,56 ± 0,49	
						8,63 ± 0,64		7,11 ± 0,66				7,63 ± 0,66	
J1 K-2-T RY1 LO-18/NT	vodárenský vrt					3,08 ± 0,43			3,20 ± 0,46			3,14 ± 0,45	
						2,22 ± 0,42			2,00 ± 0,42			2,11 ± 0,42	
						7,16 ± 0,63			5,47 ± 0,55			6,31 ± 0,59	
						< 0,57			< 0,55			< 0,56	
Br.1 Felsenmühle (50516005) Br.2 Neumannmühle (50516006)							< 0,62				< 0,62		
							5,19 ± 0,61				5,19 ± 0,61		
P10 Dkj-11 (přetok Sv. Hubert)			< 0,50	< 0,50	7,88 ± 0,65				6,61 ± 0,61		7,24 ± 0,63		
		< 0,72		< 0,57							< 0,57		
Hy Sml 5/81 (51516002) Hy Sml 6/81 (51516004) 13Z/65 (50516010) Hy SMIL 4/81 (50516003) 13/65 (51516018) Hy Sca 21/82/4 (50516026) Hy Sca 21/82/2 (50516024)	pozorovací vrt							12,50 ± 0,91				12,50 ± 0,91	
								11,53 ± 0,79				11,53 ± 0,79	
								6,42 ± 0,60				6,42 ± 0,60	
								6,75 ± 0,66				6,75 ± 0,66	
								0,64 ± 0,35				0,64 ± 0,35	
								< 0,64				< 0,64	
Suchá Bělá č.2 Suchá Bělá č.3 Mezná k soutěsce Nad tůni U cikánského smrku Hadi pramen Jetřichovice Studánka 1772 Ilmenquelle (51512002) Marienquelle	pramen		8,88 ± 0,68							7,25 ± 0,64		8,06 ± 0,66	
		8,64 ± 0,97								7,46 ± 0,66		8,05 ± 0,81	
		6,16 ± 0,87										6,16 ± 0,87	
			6,81 ± 0,60									6,81 ± 0,60	
			6,67 ± 0,60			6,40 ± 0,54				6,18 ± 0,67		6,54 ± 0,57	
											4,92 ± 0,57		6,18 ± 0,67
						3,48 ± 0,42							4,92 ± 0,57
					6,51 ± 0,61								3,48 ± 0,42
						5,61 ± 0,64					6,51 ± 0,61		
											5,61 ± 0,64		



10.4 Příloha 4: Dusičnany (NO₃⁻), monitoring 2012-2013

místo odběru	typ	Dusičnany (NO ₃ ⁻) [mg/l]										
		datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	datum odběru	průměr 2012-2013
		14.05.12	30.08.12	28.08.12	30.08.12	28.11.12	17.04.13	29.05.13	21.06.13	03.07.13	30.07.13	
K8A2	vodárenské vrty		2,86 ± 0,29			3,03 ± 0,30		2,83 ± 0,28				2,91 ± 0,29
V3						2,49 ± 0,25					2,49 ± 0,25	
K1A2		1,47 ± 0,15				1,95 ± 0,20		0,69 ± 0,07				1,37 ± 0,14
V4A		2,70 ± 0,27						3,29 ± 0,33				3,00 ± 0,30
V7A		1,87 ± 0,19										1,87 ± 0,19
V5A						4,30 ± 0,43	4,04 ± 0,40	3,28 ± 0,33				3,87 ± 0,39
Pytlův pramen						11,10 ± 1,11		11,30 ± 1,13				11,2 ± 1,12
Pod Pravčickou bránou						6,32 ± 0,63		6,24 ± 0,62				6,28 ± 0,63
J1						5,54 ± 0,55			6,04 ± 0,60			5,79 ± 0,58
K-2-T						9,50 ± 0,95			7,96 ± 0,80			8,73 ± 0,87
RY1					7,59 ± 0,76			7,97 ± 0,80			7,78 ± 0,78	
LO-18/NT					1,83 ± 0,18			2,41 ± 0,24			2,12 ± 0,21	
Br.1 Felsenmühle (50516005)								< 0,10			< 0,10	
Br.2 Neumannmühle (50516006)								3,37 ± 0,34			3,37 ± 0,34	
P10	pozorovací vrty					8,78 ± 0,88				7,66 ± 0,77		8,22 ± 0,82
Dkj-11 (přetok Sv. Hubert)				< 0,10	< 0,10	< 0,10						< 0,10
Hy Sml 5/81 (51516002)								6,92 ± 0,69				6,92 ± 0,69
Hy Sml 6/81 (51516004)								4,70 ± 0,47				4,70 ± 0,47
13Z/65 (50516010)								0,63 ± 0,06				0,63 ± 0,06
Hy SMIL 4/81 (50516003)								7,69 ± 0,77				7,69 ± 0,77
13/65 (51516018)								< 0,10				< 0,10
Hy Sca 21/82/4 (50516026)								0,15 ± 0,01				0,15 ± 0,01
Hy Sca 21/82/2 (50516024)								6,82 ± 0,68				6,82 ± 0,68
Suchá Bělá č.2		pramen		7,18 ± 0,72								8,50 ± 0,85
Suchá Bělá č.3				7,46 ± 0,75							8,56 ± 0,86	8,01 ± 0,80
Mezná k soutěsce				14,70 ± 1,47								14,7 ± 1,47
Nad tóní	6,03 ± 0,60					7,04 ± 0,70						6,54 ± 0,65
U cikánského smrku	6,08 ± 0,61					6,96 ± 0,70						6,52 ± 0,65
Hadí pramen									3,27 ± 0,33			3,27 ± 0,33
Jetřichovice									12,60 ± 1,26			12,6 ± 1,26
Studánka 1772						12,10 ± 1,21						12,1 ± 1,21
Ilmenquelle (51512002)					7,50 ± 0,75							7,50 ± 0,75
Marienquelle								5,68 ± 0,57				5,68 ± 0,57



10.5 Příloha 5: Fotodokumentace

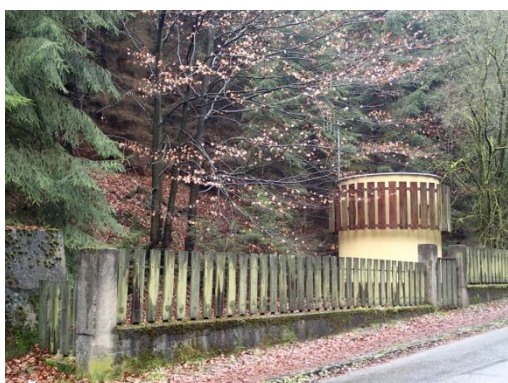
NP České Švýcarsko

(foto © P. Šimek)



K8A2 **ÚV Hřensko** **zpráva GeoFond: P 70796**

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50° 52,687' E: 14° 15,725'	-741918,971566	-954348,9552



V3 **ÚV Hřensko** **zpráva GeoFond: FZ 5068**

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50° 52,767' E: 14° 15,887'	-741710,248635	-954228,345626



V4A **ÚV Hřensko** **zpráva GeoFond: P 70796**

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50° 52,836' E: 14° 16,132'	-741407,9354	-954141,390882





K1A2 **ÚV Hřensko** **zpráva GeoFond: P 70796**

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50° 52,868' E: 14° 16,239'	-741275,430177	-954099,983931



V5A **ÚV Hřensko** **zpráva GeoFond: P 70796**

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50° 52,575' E: 14° 17,062'	-740394,361945	-954771,41819



V7A **ÚV Hřensko** **zpráva GeoFond: P 70796**

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50° 52,625' E: 14° 17,109'	-740326,955422	-954687,21356



Pytlův pramen ÚV Hřensko

zpáva GeoFond: -

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°52,629' E: 14°17,122'	-740310,827771	-954681,973698



Pod Pravčickou bránou ÚV Hřensko

zpáva GeoFond: -

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°52,858' E: 14°16,248'	-741267,538514	-954119,806532



P10

Hřensko zpáva GeoFond: -

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°53,219' E: 14°15,912'	-741565,272021	-953402,402491



Suchá bělá č.3.

Hřensko

zpáva GeoFond: -

GPS
N: 50°52,734' E: 14°15,624'

S-JTSK POINT_X
-742024,246765

S-JTSK POINT_Y
-954246,255079



Suchá bělá č.2.

Hřensko

zpáva GeoFond: -

GPS
N: 50°52,734' E: 14°15,651'

S-JTSK POINT_X
-741992,880319

S-JTSK POINT_Y
-954250,638297



U Cikánského smrku

Hřensko

zpáva GeoFond: -

GPS
N: 50°52,532' E: 14°17,916'

S-JTSK POINT_X
-739397,819099

S-JTSK POINT_Y
-955048,784483



Nad tůní	Hřensko	zpáva GeoFond: -
GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°52,501' E: 14°17,936'	-739413,131361	-954988,620951



Mezná k soutěsce	Mezná	zpáva GeoFond: -
GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°52,049' E: 14°17,739'	-739742,309151	-955846,95797



Dkj-11(přetok sv .Hubert)	Jetřichovice	zpáva GeoFond: -
GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°50,980' E: 14°21,301'	-735874,571938	-958385,087003



Studánka 1772

Jetřichovice zpáva GeoFond: -

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°50,980' E: 14°21,301'	-735874,571938	-958385,087003



K-2-T

Vysoká Lípa zpáva GeoFond: P23604

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°51,373' E: 14°21,312'	-735761,850012	-957665,08126



J1

Jetřichovice zpáva GeoFond: F75928

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°51,278' E: 14°23,241'	-733543,41588	-958149,559462



RY1 Rynartice zpáva GeoFond: P4668

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°51,037' E: 14°25,385'	-731111,589804	-958935,655971



LO-18/NT Všemily zpáva GeoFond: F75928

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°50,232' E: 14°22,677'	-734464,512631	-959980,163832



Hadí pramen NP České Švýcarsko zpáva GeoFond: -

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°54,567' E: 14°23,642'	-732244,028018	-952172,837533



Jetřichovice (pramen) Jetřichovice zpáva GeoFond: -

GPS

N: 50°51,185' E: 14°23,305'

S-JTSK POINT_X

-733492,319575

S-JTSK POINT_Y

-958331,480604



NP Saské Švýcarsko

(foto © P. Eckhardt)



HY SMIL 4/81 (50516003) Schmilka

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°53.991' E: 14°14.352'	-743178,377234	-951731,659997

Hy Sml 6/81 (50516004) Großer Zschand

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°54.091' E: 14°17.826'	-739118,482556	-952110,411658

13Z/65 (50516010) Kleiner Zschand

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°54.947' E: 14°16.066'	-740943,139925	-950254,631411

13/65 (50516018) Kleiner Zschand

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°54.955' E: 14°16.086'	-740918,403878	-950242,710847



Hy Sca 21/82/2 (50516024) Nasser Grund

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°55.243' E: 14°13.232'	-744156,442708	-949250,629415





Hy Sca 21/82/4 (50516026) Nasser Grund

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°55.243' E: 14°13.223'	-744167,599418	-949249,064288

Hy Sml 5/81 (51516002) Großer Zschand

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°53.555' E: 14°18.482'	-738494,525736	-953201,607345



Br. 1 Felsenmühle (50516005)

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°55.516' E: 14°16.632'	-740140,961771	-949300,803734



Br. 2 Neumannmühle (50516006)

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°55.421' E: 14°17.195'	-739511,806135	-949565,827617



Marienquelle NP Saské Švýcarsko

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°54.332' E: 14°20.409'	-736058,061087	-952085,287971



Ilmenquelle (51512002) Schmilka

GPS	S-JTSK POINT_X	S-JTSK POINT_Y
N: 50°53.583' E: 14°14.090'	-743587,625393	-952438,921395