UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Chemie
Studijní obor: Chemie životního prostředí

Kateřina Vobecká

STUDIE KVALITY VODY VE STUDÁNKÁCH CHKO KŘIVOKLÁTSKO

The study of water quality in wells of Protected Landscape Area Křivoklátsko

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Libuše Benešová, CSc.

Praha, 2014

Prohlášení

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

V Praze dne 15. srpna 2014

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat zejména své školitelce Ing. Libuši Benešové, CSc. za toto krásné téma a za věcné rady, připomínky a čas, který mi po celou dobu věnovala.

Můj dík patří samozřejmě i zaměstnancům Správy CHKO Křivoklátsko, jmenovitě vedoucímu Správy RNDr. Petru Hůlovi za umožnění spolupráce a hlavně panu Miroslavu Trojanovi, který mě při odběrech ochotně vozil po všech koutech Křivoklátska bez ohledu na počasí a běžnou pracovní dobu.

Děkuji i zaměstnancům Státního zdravotního ústavu, konkrétně Mgr. Petru Pumannovi, za zpracování mikrobiologické analýzy, jejíž výsledky jsou v této práci použity. S tím souvisí i velké díky Katedře fyzikální a makromolekulární chemie, která mi na tuto analýzu poskytla nemalé finanční prostředky.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala dámám z laboratoře Ústavu životního prostředí, Sylvě Novákové a Blance Popelákové, za jejich skvělý přístup a pomoc při práci v laboratoři.

Osobní poděkování bych ráda věnovala své rodině a přátelům. Bez jejich pomoci, porozumění a podpory bych se zcela jistě nedostala tam, kde jsem teď.

Tuto práci věnuji svému tatínkovi.

ABSTRAKT

Kvalita vody je určujícím abiotickým faktorem životního prostředí, zejména pro na vodu vázané ekosystémy. Nezbytná je i pro lidskou společnost, pro kterou by absence pitné vody měla katastrofální důsledky. Tato diplomová práce je zaměřena na malé zdroje podzemní vody na území CHKO Křivoklátsko – na studánky a prameny. Voda ze sledovaných studánek byla podrobena základní fyzikálně-chemické analýze, u některých studánek byla provedena i analýza mikrobiologická. Výsledky měření byly srovnány s platnou legislativou zabývající se problematikou pitné vody a s bakalářskou prací Tomáše Brabence, na kterou předkládaná diplomová práce navazuje.

Klíčová slova: Křivoklátsko, studánky, prameny, kvalita vody

ABSTRACT

The water quality is an essential abiotic factor of the environment, particularly for water-linked ecosystems. It also necessary for human society for which the absence of drinking water could have disastrous consequences. This diploma thesis is focused on small resources of groundwater located in the protected area Křivoklátsko – the springs and wells. A water from the monitored wells was subjected to basic physico-chemical analysis plus some of these wells were also tested for microbiological contamination. These results were presented against current legislation and were also compared with results from Tomáš Brabenec's bachelor thesis.

Key words: Křivoklátsko, wells, springs, water quality

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK 8
ÚVOD 9
1 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ 10
1.1 Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES 10
1.1.1 Cíle Vodní rámcové směrnice 10
1.1.2 Ochrana podzemních vod pod Vodní rámcovou směrnicí 11
1.2 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách 11
1.3 Vyhláška č. 252/2004 Sb. 12
2 CHRÁNĚNÁ KRAJINNÁ OBLAST KŘIVOKLÁTSKO 14
2.1 Klima 16
2.2 Geologie 16
2.3 Hydrologie 18
3 PODZEMNÍ VODA 19
3.1 Sledované prameny a studánky 20
3.1.1 Katastrální území obce Zbečno 21
3.1.2 Katastrální území obce Křivoklát 21
3.1.3 Katastrální území obce Branov 23
3.1.4 Katastrální území obce Skryje nad Berounkou 25
3.1.5 Katastrální území obce Roztoky u Křivoklátu 27
3.1.6 Katastrální území obce Běleč 27
3.1.7 Katastrální území obce Sýkořice 28
3.1.8 Katastrální území obce Stradonice u Nižboru 29
3.1.9 Katastrální území obce Nový Jáchymov 29
3.1.10 Katastrální území obce Týřovice nad Berounkou 30
3.1.11 Katastrální území obce Velká Buková 30
4 SLEDOVANÉ UKAZATELE KVALITY VODY 31
4.1 Fyzikálně-chemické ukazatele 31

4.1.1 Konduktivita ... 31
4.1.2 pH ... 32
4.1.3 Neutralizační kapacita vody ... 33
4.1.4 Tvrdost vody ... 34
4.1.5 Vápník ... 34
4.1.6 Sloučeniny dusíku ... 35
4.1.7 Fosforečnany ... 38
4.1.8 Chloridy ... 39
4.1.9 Železo ... 40
4.1.10 Mangan ... 40
4.1.11 Chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným ... 41
4.2 Mikrobiologické ukazatele ... 42
4.2.1 Koliformní bakterie ... 43
4.2.2 Escherichia coli ... 44
4.2.3 Intestinální enterokoky ... 44
4.2.4 Stanovení kultivovatelných mikroorganismů ... 45
5 METODIKA PRÁCE ... 47
5.1 Metodika odběrů vzorků ... 47
5.2 Metodika fyzikálně-chemických měření kvality vody ... 48
5.3 Metodika mikrobiologických měření kvality vody ... 51
6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ ... 54
6.1 Základní rozbory (podzim, zima) ... 54
6.2 Kompletní (celoroční) rozbory a mikrobiologická analýza ... 64
6.2.1 Rozárka ... 64
6.2.2 U Rezavé vody ... 66
6.2.3 U Cvočkaře ... 67
6.2.4 Studánka Nový Jáchymov ... 69
6.2.5 Tři prameny ... 70
6.2.6 U Eremita ... 74
6.2.7 Na Škrobotech ... 75
6.2.8 U Zajíce ... 76

7 DISKUZE 78
ZÁVĚR 80
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 82
SEZNAM TABULEK 86
SEZNAM OBRÁZKŮ 88
SEZNAM PŘÍLOH 88
PŘÍLOHY i

SEZNAM ZKRATEK

BP – bakalářská práce

ČR – Česká republika

DH – doporučené hodnoty

DP – diplomová práce

E.coli – Escherichia coli

EU – Evropská unie

CHKO – chráněná krajinná oblast

$CHSK_{Mn}$ – chemická spotřeba kyslíku (manganistanem) (mg l^{-1})

$KNK_{4,5}$ – kyselinová neutralizační kapacita (mmol l^{-1})

KTJ – kolonie tvořící jednotka

MH – mezní hodnota

MPN – metoda nejvíce pravděpodobného počtu (most probable number*)*

NK – neutralizační kapacita

NMH – nejvyšší mezní hodnota

NS – naučná stezka

PR – přírodní rezervace

$ZNK_{8,3}$ – zásadová neutralizační kapacita (mmol l^{-1})

ÚVOD

Vývoj lidské společnosti způsobil výrazné změny ovlivňující celé životní prostředí včetně jeho abiotických faktorů, mezi které patří i voda. Antropogenní činnost má významný dopad jak na povrchové, tak na podzemní vody, přičemž je ovlivněna jejich kvalita, odtokové poměry a vydatnost pramenů a samozřejmě i ekosystémy vázané na vodní prostředí.

V současnosti je ve většině vyspělých států světa stále sílící trend ochrany prostředí, čemuž odpovídá i legislativa. Ochrana vod a přísný dohled nad její kvalitou je prioritou, na kterou se musí lidská společnost v rámci udržitelného rozvoje zaměřit. Její nedostatek (platí zejména pro pitnou vodu) by mohl mít dalekosáhlé důsledky na celou společnost.

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko je rozmanitou a lidskou činností poměrně nedotčenou oblastí. Z hlediska živé i neživé přírody poskytuje spoustu možností ke studiu. Základním cílem práce je zmapovat co nejvíce pramenů a studánek, které se na Křivoklátsku vyskytují, dostatečně je popsat a chybějící umístit spolu s fotografiemi do Národního registru pramenů a studánek. Ten se nachází na serveru www.estudanky.eu. Předkládaná práce je zaměřena především na ty drobné vodní zdroje, které v historii sloužily, či stále slouží jako zdroje pitné vody. Hlavním cílem této diplomové práce je tedy posoudit kvalitu vody v těchto studánkách, a to jak po stránce fyzikálně-chemické, tak po stránce hygienické. Provedená měření mají ukázat, zda voda je, nebo není vhodná ke konzumaci člověkem. Zjištěné výsledky budou posléze konfrontovány s platnou legislativou, která upravuje parametry, jež musí pitná voda splňovat.

Dalším krokem pak bude srovnání naměřených hodnot s výsledky, které byly prezentovány v rámci bakalářské práce zpracované kolegou Tomášem Brabencem, na kterou předkládaná diplomová práce navazuje. Tato bakalářská práce nesoucí název *Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko* monitorovala osm studánek z oblasti během let 2011-2012. Takové srovnání by mělo poskytnout bližší informace o tom, jak (případně jestli vůbec) se měnila kvalita vody ve studánkách v průběhu času.

1 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ

V současnosti je kladen velký důraz na ochranu životního prostředí, tudíž i na velmi úzce související ochranu vod. Tato snaha pak více či méně proniká i do právních řádů nejen na úrovni států, ale i jim nadřazených politicko-ekonomických uskupení (zejm. Evropské unie). Jasným důkazem může být základní zákon České republiky, tedy Ústava. Zde je již v Základních ustanoveních, čl. 7 zakotvena povinnost státu dbát o šetrné využívání přírodních zdrojů a ochranu přírodního bohatství [1].

Ačkoliv je životní prostředí bráno jako celek, následující části kapitoly budou pro potřeby této práce zaměřeny na předpisy zabývající se ochranou vod, a to jak na úrovni ČR, tak v rámci EU.

1.1 Vodní rámcová směrnice 2000/60/ES

Vodní rámcová směrnice, celým názvem „Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky“, je hlavním nástrojem pro vodní politiku EU. Před vytvořením této směrnice vznikalo poměrně velké množství směrnic a rozhodnutí v závislosti na potřebě řešit konkrétní dílčí problémy související s ochranou vod – v celkovém součtu lze hovořit o více jak osmdesáti dokumentech [2]. Takový přístup byl nepřehledný a nevyhovující, tudíž se přistoupilo k vypracování sjednocujícího dokumentu, tedy směrnice 2000/60/EC.

Směrnice 2000/60/ES vstoupila v platnost 22. prosince 2000. Lze ji považovat za jeden z nejkomplexnějších předpisů týkající se ochrany vod na světě. Je inovativní ve svém přístupu k ochraně a správě povodí řek, a to zejména vzhledem k důrazu na vodní ekosystémy [3].

1.1.1 Cíle Vodní rámcové směrnice

Cíle, kterých chce Evropská komise prostřednictvím Vodní rámcové směrnice 2000/60/ES dosáhnout, jsou shrnuty v Článku 1 této směrnice do několika bodů:

a) zabránění dalšímu zhoršování a ochrana a zlepšení stavu vodních ekosystémů;

b) podpoření trvale udržitelného užívání vod založené na dlouhodobé ochraně dosažitelných vodních zdrojů;
c) zavedení specifických opatření pro cílené snižování vypouštění, emisí a úniků prioritních látek a zastavení nebo postupné odstranění vypouštění, emisí a úniků prioritních nebezpečných látek;
d) zajištění cíleného snižování znečištění podzemních vod a zabránění jejich dalšímu znečišťování;
e) přispění ke zmírnění účinků povodní a období sucha [4].

1.1.2 Ochrana podzemních vod pod Vodní rámcovou směrnicí

Pro potřeby Směrnice jsou stanoveny pouze dvě třídy podzemní vody – dobrá a špatná. Na to, zdali je podzemní voda dobrá, či špatná, je nahlíženo ze dvou hledisek – dle kvantitativního a chemického stavu vody. Směrnice definuje dobrý kvantitativní stav jako situaci, kdy úroveň hladiny podzemní vody v útvaru podzemní vody je taková, že dosažitelná kapacita zdroje podzemní vody není převýšena dlouhodobým průměrným ročním odebíraným množstvím [4]. Chemický stav podzemní vody je určován na základě stanovení dvou hlavních ukazatelů – vodivosti a koncentrace znečišťujících látek.

Oba výše zmíněné stavy, tedy kvantitativní i chemický, by měly být sledovány monitorovací sítí.

1.2 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách

Cíl zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, tzv. vodní zákon, je vymezen již v §1 tohoto zákona. Dává si kromě jiného za cíl chránit povrchové a podzemní vody, dále též vodní ekosystémy a na nich přímo závisejících suchozemské ekosystémy [5].

Dále vodní zákon v §2 vymezuje některé velmi důležité pojmy, které s problematikou kvality podzemních vod souvisejí:

- *Podzemní vody* - vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající drenážními systémy a vody ve studních.

- *Dobrý stav podzemních vod* - takový stav útvaru podzemních vod, kdy je jeho kvantitativní i chemický stav přinejmenším dobrý.
- *Dobrý chemický stav podzemních vod* - stav potřebný pro dosažení cílů ochrany vod jako složky životního prostředí, při kterém koncentrace znečišťujících látek nepřekračují normy environmentální kvality.
- *Norma environmentální kvality* - koncentrace znečišťující látky nebo skupiny látek ve vodě, sedimentech nebo živých organismech, která nesmí být překročena z důvodů ochrany lidského zdraví a životního prostředí.
- *Kvantitativní stav podzemních vod* - vyjádření míry ovlivnění útvaru podzemních vod přímými a nepřímými odběry [5].

Vodní zákon tedy charakterizuje, co podzemní voda je, a zároveň určuje i její ideální kvalitu. V zákoně je dále ošetřeno nakládání s takovými vodami (Hlava II, §8), ochrana vody jako složky životního prostředí (Hlava IV, §23) a v neposlední řadě i sankce, které lze udělit při porušení nařízení daných tímto zákonem (Hlava XII).

1.3 Vyhláška č. 252/2004 Sb.

Vyhláška č. 252, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, vyšla v roce 2004 a byla vydána Ministerstvem zdravotnictví. Tato vyhláška definuje pitnou vodu jako vodu, která musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví [6]. Konkrétní vlastnosti, které musí pitná voda splňovat, jsou v této vyhlášce uvedeny v Příloze č. 1 a zahrnují jak fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele, tak i mikrobiologické a biologické ukazatele. Ty jsou uváděny spolu s konkrétními hygienickými limity.

U každého hygienického limitu je uvedeno, jak vážné je jeho překročení. Horní hranicí tedy může být:

- *mezní hodnota (MH)* – hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejích přirozených nebo provozních parametrů, jejíž překročení obvykle nepředstavuje riziko [6].

- *nejvyšší mezní hodnota (NMH)* – hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné [6]

Ve vyhlášce můžeme u některých hygienických limitů najít i zkratku „DH“. Jedná se o:

- *doporučené hodnoty (DH)* – nezávazné hodnoty ukazatelů jakosti pitné vody, které stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace dané látky [7].

Tento termín ovšem není vymezen vyhláškou č. 254/2000 Sb., ale zákonem č. 258/2000 Sb. ve znění zákona č. 274/2003 Sb., konkrétně v §3 odst. 1 tohoto zákona.

V další části vyhlášky (§4) jsou uvedeny požadavky na kontrolu pitné vody, a to zejména četnost odběrů vzorků k rozboru dle počtu obyvatel zásobované oblasti. Konkrétně je četnost odběrů uvedena v Příloze č. 4 této vyhlášky. Rozlišujeme krácený rozbor a úplný rozbor. Kráceným rozborem jsou získávány pravidelné zprávy o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úpravy vody. Úplný rozbor slouží k získání informace, zda jsou dodržovány limitní hodnoty všech ukazatelů stanovených touto vyhláškou [6].

2 CHRÁNĚNÁ KRAJINNÁ OBLAST KŘIVOKLÁTSKO

Křivoklátsko je rozmanitá a lidskou činností poměrně nedotčená oblast rozkládající se podél toku řeky Berounky zhruba 30 km západně od Prahy a zabírající téměř celý geomorfologický celek Křivoklátské vrchoviny a severní cíp Plaské pahorkatiny [8].

Z administrativního hlediska zasahuje CHKO Křivoklátsko do Středočeského a Západočeského kraje na území bývalých okresů Rakovník, Beroun, Kladno, Plzeň-sever a Rokycany a zabírá území o rozloze cca 628 km^2.

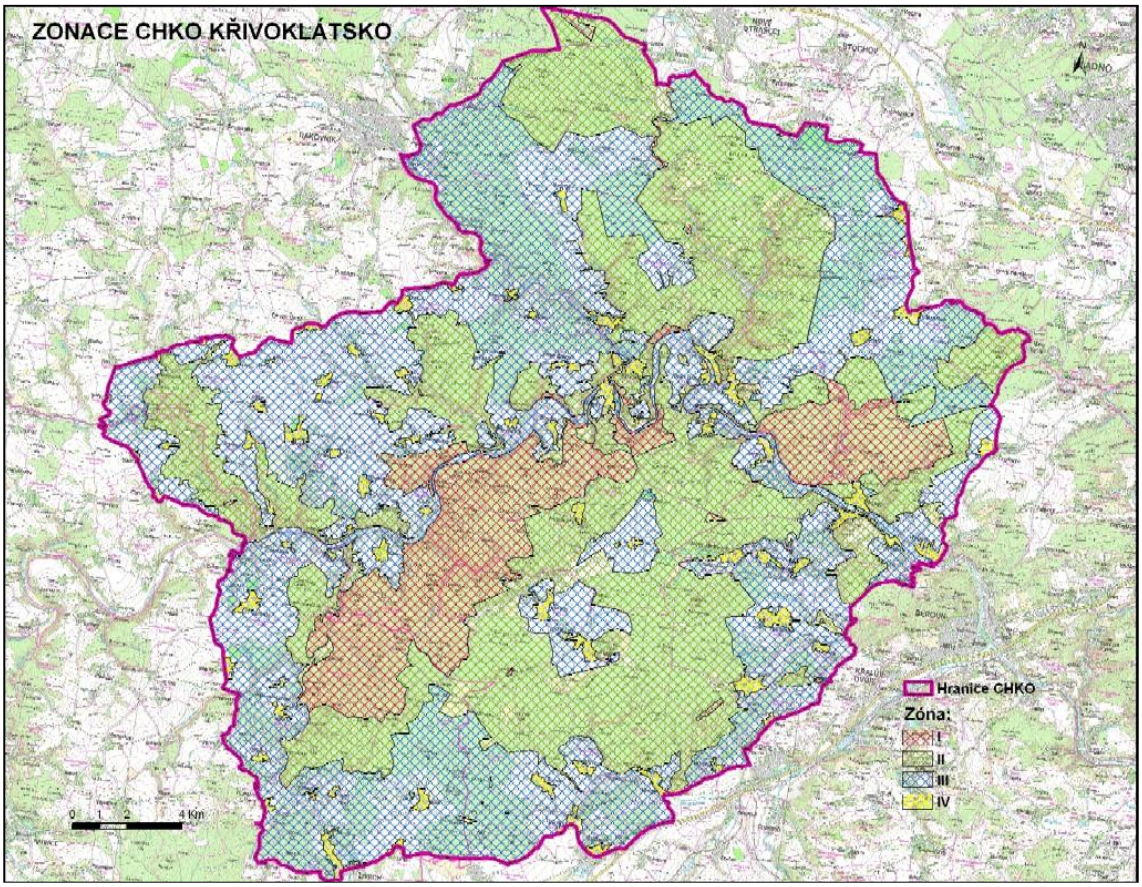
Dominantou CHKO Křivoklátsko je meandrující řeka Berounka, která spolu se svými přítoky v oblasti vytvořila síť hlubokých až kaňonovitých údolí se strmými svahy a úzkými záplavovými oblastmi. Hladina řeky zároveň tvoří nejnižší bod v celém CHKO (223 m n. m.), a to na místech, kde řeka dané území opouští. Naopak nejvýše položenou částí Křivoklátska je Zbirožská vrchovina a její vrchol Těchovín s kótou 616 m n. m.

Většinu oblasti tvoří převážně listnaté a smíšené lesy, a to z celých 64 % [9]. Takové zastoupení lesnatých porostů je výrazně vyšší, než je celostátní průměr u pahorkatin a vrchovin [10]. V nižších polohách lze nalézt nalezneme zejm. černýšové dubohabřiny, ve vyšších polohách lipové bučiny. Charakteristické jsou též suťové porosty, kde hojně roste tis červený (*Taxus baccata*) [10].

Vegetace na Křivoklátsku je obecně velmi bohatá, podle dlouholetého průzkumu, který vedl RNDr. J. Kolbek CSc., byla prokázána přítomnost přes 1800 taxonů cévnatých rostlin (včetně některých kriticky ohrožených).

Vysoká diverzita platí i pro faunu vyskytující se na území Křivoklátska. Především v rozsáhlých lesích, které jsou nejzachovalejším ekosystémem oblasti, žije řada vzácných druhů od hmyzu až po obratlovce [12]. Zatím bylo na Křivoklátsku pozorováno 60 druhů savců, 30 druhů ryb, 12 druhů obojživelníků a 8 druhů plazů. U bezobratlých jsou nejlépe prozkoumaní měkkýši (110 druhů), brouci (1500 druhů), motýli (750 druhů), mravenci (53 druhů) a vážky (28 druhů). Z doposud zjištěných živočichů se jich 111 řadí k zákonem chráněným [10]. Pro svou druhovou pestrost bylo toto území zařazeno například mezi význačná ptačí území Evropy. Bylo zde pozorováno 120 druhů ptáků hnízdících a 35 druhů ptáků na průtahu [10].

Právě pro své velké přírodní bohatství bylo Křivoklátsko dne 24. listopadu 1978 výnosem Ministerstva kultury uznáno jako chráněná krajinná oblast. CHKO je v současné době rozděleno do čtyř zón odstupňované ochrany přírody, kterými se určují limity hospodaření a dalšího využívání přírodních zdrojů (viz Obrázek 1). 1. zóna (přírodní) zahrnuje oblast s nejvýznamnějšími přírodními hodnotami. Je tedy nejpřísněji chráněným územím CHKO a jejím cílem je uchování nebo postupná obnova samořídících funkcí a maximální omezení lidských zásahů [10]. Do 2. zóny, tzv. řízené polopřírodní, jsou zařazena území s významnými přírodními hodnotami, převážně lesní ekosystémy s jen částečně pozměněnou druhovou skladbou. 3. zóna (kompromisní) v sobě zahrnuje území pozměněná lidskou činností a je v podstatě přechodem mezi harmonicky utvářenou krajinou a územím mnohdy značně ovlivněným lidskou činností. Do 4. zóny, která se nazývá okrajová, patří oblasti se souvislou zástavbou a intenzivně využívanou zemědělskou krajinou.



Obrázek 1: Mapa zonace CHKO Křivoklátsko [10]

2.1 Klima

Kromě zeměpisné polohy uprostřed Evropy ovlivňuje klimatické poměry CHKO Křivoklátsko hlavně protékající řeka Berounka. Vliv vody a vlhkého okolního vzduchu se odráží, zejména v zimním období, v mírně vyšších průměrných teplotách v oblasti.

Křivoklátsko patří mezi sušší území, protože je situováno do srážkového stínu Krušných hor. Průměrné roční množství srážek činí pouze 530 mm, přičemž v některých letech bylo zaznamenáno jen 350 mm [9]. Nejdeštivějším měsícem v roce je červenec s průměrným úhrnem srážek 75 mm, nejsušším pak únor s 27 mm [10].

Celkově se klima na Křivoklátsku dá hodnotit jako mírně teplé a mírně suché. Průměrná roční teplota se zde pohybuje mezi 7,5-8,5 °C [13]. Údolí řeky se ovšem vyznačuje inverzními klimatickými jevy, tzn., že dna údolí jsou chladná a vlhká, zatímco horní poloviny okolních svahů jsou spíše suché a teplé. Tyto jevy mají za následek zejména změnu typické vegetace – v údolích je možné nalézt podhorské a horské organismy, zatímco na vrcholcích svahů organismy teplomilné [13].

Křivoklátské zimy jsou krátké a spíše teplé a suché – sněhová pokrývka se zde udrží okolo 50 dní s maximální průměrnou výškou 20 cm. Léta jsou na Křivoklátsku dlouhá, teplá a suchá [10].

2.2 Geologie

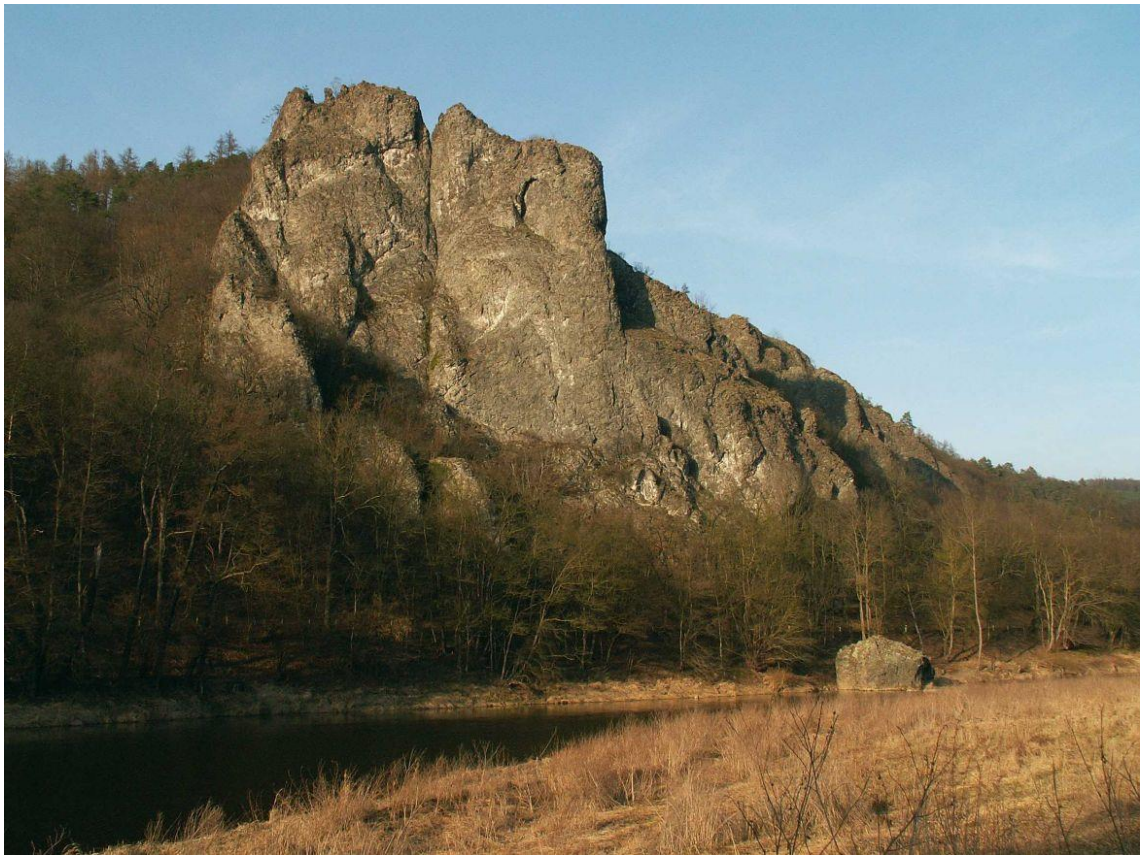
Na Křivoklátsku jsou převládající horninou břidlice a droby. Oba druhy, tedy jak břidlice, tak droby, jsou sedimentární horniny vzniklé usazováním na proterozoickém (starohorním) mořském dně. Břidlice jsou ovšem složené převážně z jílu a prachu, tzv. siltu, kdežto droba je vlastně zvláštní druh pískovce, který je tvořen zrny křemene, živce a dalšími minerály v původní jílovité hmotě.

Kromě usazených břidlic a drobů se na Křivoklátsku velmi často vyskytují horniny vulkanického původu. Pokud došlo k vývěru horniny pod mořskou hladinou, jedná se o tzv. spility. Spility na Křivoklátsku pocházejí též z období proterozoika a vytvořily nápadné skalní útvary – ukázkou může být Čertova skála nacházející se v údolí Berounky (viz Obrázek 2). K mohutným vývěrům sopečných hornin docházelo i na pevnině, a to na konci kambria (ve starších prvohorách). Tak vzniklo i cca 5 km

široké vulkanické křivoklátsko-rokycanské pásmo, které se táhne od Sýkořice k Rokycanům [10].

Zejména na pravém břehu řeky Berounky se hojně vyskytují i morfologicky velmi výrazné buližníkové suky, které jsou na rozdíl od ostatních hornin odolné vůči všem typům eroze. Z tohoto důvodu často nápadně vyčnívají z okolního plochého reliéfu břidlic, a tím vytvářejí hodnotné krajinotvorné prvky, např. Velíz [13]. Oproti tomu na levém břehu převládají jen mírně zvlněné břidlicové plošiny.

Křivoklátsko (zejména okolí Skryjí a Týřovic) je známé pro svá bohatá naleziště zkamenělin trilobitů a dalších mořských živočichů. Na počátku prvohor se zde vytvořil mělký mořský záliv, kde se usazovaly pískovce a břidlice, které všechny zbytky zde žijící fauny pohřbily [10]. Nejznámějším trilobitem této lokality je trilobit *Sao hirsuta*. Na tomto trilobitu byla francouzským paleontologem Joachimem Barrande popsána všechna jeho vývojová stádia (od larválního až po dospělce), a to jako na prvním na světě [9].



Obrázek 2: Fotografie Čertovy skály v údolí Berounky [10]

2.3 Hydrologie

Páteř celého hydrologického systému Křivoklátska tvoří řeka Berounka. Jedná se o největší místní vodní tok protékající napříč celým CHKO od JZ k SV, který odvodňuje většinu povrchových i podzemních vod v oblasti. Délka toku činí 42,5 km a průměrný průtok řeky v profilu Křivoklát je 31,8 $m^3 s^{-1}$ [10]. Výkyvy v průtoku Berounky mohou být značné – od 2 $m^3 s^{-1}$ v obdobích sucha po 1400 $m^3 s^{-1}$ při stoleté vodě.

Po cestě Křivoklátskem se do Berounky vlévá celkem 36 přítoků zejm. bystřinného charakteru – 17 z levé strany a 19 z pravé. Z levostranných přítoků Berounky v oblasti CHKO Křivoklátsko lze vyjmenovat např. potoky Javornice, Klíčava a Vůznice. Z pravostranných přítoků Berounky pak Zbirožský potok, Klucnou a Žloukavu.

Kromě řeky Berounky a jejích přítoků se v CHKO Křivoklátsko nachází na 340 vodních nádrží a větších či menších rybníků [10]. Největším a nejvýznamnějším vodním dílem území je se svými 72,5 ha akumulační vodní nádrž Klíčava.

Celková rozloha stojatých a tekoucích vod v oblasti je asi 4 km^2, tj. asi 0,6 % z celkové plochy chráněného území. Z toho zaujímá Berounka asi 230 ha, potoky asi 30 ha a stojaté vody asi 140 ha [13].

Na podzemní vody je Křivoklátsko poměrně chudé, a to díky nízkému množství srážek a geologickému podloží, které je nevhodné pro tvorbu jejích kolektorů. Jak již bylo řečeno, značná část území je tvořena břidlicemi, které jsou samy o sobě téměř nepropustné. Pohyb vody skalním podložím je tak ovlivněn jeho zvětráváním. I značně zvětralá zóna má ovšem velmi nízkou propustnost vlivem jílovitého charakteru vzniklé zeminy.

Ani ta část území, která je tvořena vulkanickými horninami, nevytváří ideální podmínky pro tvorbu zásob podzemní vody. Propustnost vulkanických hornin je sice vyšší než je tomu u břidlic, nicméně se stále jedná o značně nepropustnou horninu. Většina zdrojů podzemních vod je tak vázána především na poruchové a drcené zóny nebo na přípovrchovou zvodeň kvartérních sedimentů, které mají průlinovou nebo průlinově-puklinovou propustnost [13].

3 PODZEMNÍ VODA

Druhy vod jsou rozlišovány dle výskytu, použití a původu. Podle výskytu rozlišujeme vody, které se vyskytují v atmosféře (atmosférické), na zemském povrchu (povrchové) a pod zemským povrchem (podpovrchová). Vodou podpovrchovou je myšlena voda nacházející se pod zemským povrchem ve všech skupenstvích a formách, přičemž se dále dělí na vodu půdní (voda ve všech skupenstvích obsažená v půdě, která nevytváří souvislou hladinu) a vodu podzemní, která zpravidla vytváří souvislou hladinu v dutinách zvodnělých hornin [14] – tedy v různých puklinách, pórech, krasových dutinách, apod. Pro pohyb vody horninou je nutná dostatečná velikost pórů. Pokud je malá, dochází k vázání vody kapilárními silami a voda se v hornině prakticky nepohybuje. Ukázkou mohou být jíly, které mají sice značné množství pórů, ovšem o velmi malém průměru.

Půdní vláha má vliv především na rostliny, které jsou na ní bezprostředně závislé, zatímco voda podzemní je především zásobárnou pitné vody, faktorem ovlivňujícím vodnost řek, atd.

Vznik podpovrchových vod je dán převážně infiltrací, tj. vsakem srážek (dešťových, sněhových) a povrchových vod (z toků, nádrží) a kondenzací atmosférické vlhkosti v dutinách hornin a pórech půdy [15]. Největší podíl má právě infiltrace srážkových a povrchových vod, kdy z ročního objemu srážek připadá asi 75 % na výpar, půdní vláhu a doplňování podzemních vod. Zbylých 25 % připadá na odtok s povrchovými vodami [16].

Podzemní voda vyvěrá z hydrogeologické struktury přirozeně nebo vlivem umělého zásahu, a to ve formě skrytých vývěrů (voda vyvěrá přímo do toků nebo povrchových nádrží), či jako prameny [15]. Prameny většinou vznikají tam, kde zvodnělá vrstva protíná terén [14]. Lze je třídit dle různých hledisek – např. dle vydatnosti (viz Tabulka 1) nebo podle chemických vlastností vyvěrající vody. Právě chemické vlastnosti podzemní vody jsou ovlivňovány mnoha faktory – jedná se zejména o složení srážkových a povrchových vod, jejich vzájemné působení a složení okolních půd a hornin [16].

Tabulka 1: Klasifikace pramenů dle vydatnosti dle Pazdra [15]

Třída pramene	Vydatnost pramene $l\ s^{-1}$
I	nad 10 000
II	1000 – 10 000
III	100 - 1000
IV	10 - 100
V	1 - 10
VI	0,1 - 1
VII	0,01 – 0,1
VIII	Méně než 0,01

3.1 Sledované prameny a studánky

Tato práce navazuje, jak již bylo zmíněno v úvodu, na bakalářskou práci *Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko*, jejímž autorem je Tomáš Brabenec [17]. Studánky sledované Tomášem Brabencem jsou monitorovány i v této diplomové práci, aby bylo možné výsledky obou prací srovnat. Snahou je zejména pokusit se zjistit, zda došlo za uplynulé časové období k nějakým významným změnám v kvalitě vody těchto studánek.

Dalším důležitým zdrojem, který byl při mapování studánek použit, byl server www.estudanky.eu. Jedná se o národní registr pramenů a studánek, který je provozován Mladými ochránci přírody za podpory organizací, jako jsou Lesy ČR nebo Ministerstvo životního prostředí. Na serveru lze najít tzv. studánkovou mapu, která zobrazuje všechny přístupné zdroje evidované v národním registru [18]. Data jsou do registru přidávána registrovanými uživateli spolu s fotografií pramenu či studánky, s GPS souřadnicemi, nadmořskou výškou a ve výjimečných případech i s výsledky rozborů kvality vody.

V neposlední řadě byly informace o přibližných polohách studánek získávaný od místních obyvatel (starousedlíků a chatařů) a od zaměstnanců CHKO Křivoklátsko, kteří mají o dané oblasti vynikající přehled. Místní byli obecně velmi cenným zdrojem

informací – nejenže věděli, kde se studánky nachází, ale často byli schopni vypovědět něco zajímavého o její historii, zejména o tom, zda byla v minulosti využívána jako zdroj pitné vody.

3.1.1 Katastrální území obce Zbečno

- Rozárka

Studánku Rozárku lze najít na okraji zástavby obce Zbečno v těsné blízkosti řeky Berounky. Jméno má Rozárka dle svaté Rozálie, křesťanské světice, která měla za úkol chránit proti nakažlivým chorobám [19]. Jedná se o pramen vytékající ze skály, který vytváří poměrně hlubokou tůni (viz Příloha 9). Okolí studánky je upraveno jen málo – ke studánce vedou schody a je, jako jedna z mála, označena cedulí s informací, že se jedná o užitkovou vodu. Studánka je většinou pokryta vrstvou napadaného listí a i poměrně časté povodně, z nichž ta z roku 2002 studánku i zaplavila, mají na Rozárku a její okolí neblahý vliv. Nicméně snahy o rekultivaci studánky (a její obnově jako zdroje pitné vody) jsou ve Zbečně značné, zejména pak ze strany majitele pozemku, na kterém se Rozárka nachází. Důkazem je jím založená webová stránka [19] zaměřená právě na záchranu tohoto vodního zdroje a úpravu jejího okolí.

Jak již bylo řečeno, Rozárka dříve sloužila jako zdroj pitné vody. Dle informací plynoucí z kroniky z roku 1909 tato studánka zásobovala pitnou vodou více jak polovinu obyvatel obce [19].

Poloha zdroje: 50°2'9.423"N, 13°55'21.145"E

Nadmořská výška: 240 m n. m.

Studánka byla sledována v BP Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko [17].

3.1.2 Katastrální území obce Křivoklát

- Štíhlice

Štíhlice je studánka nacházející se na naučné stezce (NS) Brdatka. NS Brdatka je spojnicí mezi městysem Křivoklát a obcí Zbečno na území přírodní rezervace Brdatka. Začíná nad hradem Křivoklát a vede skrz údolí potoka Štíhlice až k řece

Berounce. Je zhruba 6,5 km dlouhá a má 16 zastávek, které poskytují základní informace o flóře, fauně a s dalších přírodních poměrech rezervace.

Sama studánka je opatřena dřevěnou stříškou a ohraničena kameny (viz Příloha 10). Ze studánky pak v malém množství vytéká voda dál přes cestu. Studánka Štíhlice se nachází u stanoviště naučné stezky č. 15 s názvem Potoční luh a obklopuje ji listnatý les.

Poloha zdroje: 50°3'9.540"N, 13°54'9.432"E

Nadmořská výška: 268 m n. m.

Studánka byla sledována v BP Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko [17].

- Brdatka

Několik set metrů od studánky Štíhlice se na NS Brdatka nachází další, nově zrekonstruovaná studánka. Voda z ní vytéká kovovou trubkou z kamenné podezdívky, na které je pak umístěna dřevěná stříška (viz Příloha 11).

Během mapování studánek byl u této studánky spatřen mlok skvrnitý (*Salamandra Salamandra*). Ten je v ČR dle vyhlášky 395/1992 Sb. silně ohroženým druhem [20]. Na vině je především činnost člověka, a to zejména znečišťováním přírodních zdrojů vody (jezírek, studánek) a vysazováním jehličnatých monokultur (mlok skvrnitý vyhledává lesy listnaté).

Poloha zdroje: 50°3'18.792"N, 13°54'11.161"E

Nadmořská výška: 310 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty zaměstnanci Správy CHKO Křivoklátsko.

- U Poloviční trubky

Tento pramen se nachází u chaty v přírodní rezervaci (PR) Brdatka, nedaleko břehu řeky Berounky. V PR je výstavba nových staveb zakázána, přesto se zde nachází několik rekreačních objektů, pravděpodobně z doby před vyhlášením PR (1984).

Prameniště se nachází ve stráni a voda je svedena do plastových trubek tak, aby vytékala přímo u chaty (viz Příloha 12).

Poloha zdroje: 50°2'58.488"N, 13°53'40.992"E

Nadmořská výška: 245 m n. m.

Pramen byl nalezen náhodně při mapování studánek na území CHKO Křivoklátsko.

3.1.3 Katastrální území obce Branov

- Tři prameny

Tři prameny jsou skutečně tři různé prameny ústící do mělkého kamenného bazénku vysypaného drobnými oblázky. Bazének slouží jako Kneippovy lázně. Jedná se o léčbu studenou vodou pro podporu prokrvení dolních končetin, která by zároveň měla zabraňovat bolestem hlavy, syndromu studených nohou, atd.

Jak již bylo řečeno, jedná se o tři různé prameny – hlavní pramen nese poetický název *Voda z lesních tišin* a je opatřen dřevěnou stříškou (viz Příloha 13). U tohoto pramene se nachází i hrneček a i na serveru estudanky.eu je veden jako pitný, nicméně zde není žádná oficiální informační tabule, která by nezávadnost vody potvrzovala. Další pramen nazvaný *Studánka tekoucí do koryta* vytéká z menšího dřevěného koryta do druhého většího a odtud pak dále do bazénku (viz Příloha 14). Hned vedle se nachází *Studánka tekoucí volně*, která je také opatřena dřevěným korýtkem, nicméně, jak název napovídá, vytéká z něj rovnou na zem a pak opět do bazénku (viz Příloha 15).

Tři prameny vyvěrají na úpatí kopce Mokřinka (466 m n. m.) u potoka Klucná a jsou obklopeny smíšenými lesy. Vrch Mokřinka dostal své jméno právě dle značného množství mokřadů a pramenů, které z něj vyvěrají. Jedná se o známé a turisticky vyhledávané místo upravené z prostředků Lesů ČR do současné podoby zřízením lávky přes potok, vybudováním přístřešku s posezením i úpravou prameniště.

Poloha zdroje: 50°0'33.192"N, 13°51'54.144"E

Nadmořská výška: 295 m n. m.

Studánky byly sledovány v BP Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko [17].

- U Eremita

Na hranici PR U Eremita v chatové osadě V Zádolí lze hned u hlavní cesty nalézt stejnojmennou studánku. Jedná se o málo vydatný pramen vytékající plastovou trubkou zpoza oploceného pozemku (viz Příloha 16).

Obec se v současnosti snaží o rekultivaci studánky a její uvedení do původního stavu – tedy její vyzdění a zastřešení. Ačkoliv je dle katastru pozemek, na kterém se studánka nachází, obecní, je studánka za plotem, který náleží k blízké chatě. Dohoda obce s majitelem chaty o odstranění oplocení je zatím v nedohlednu.

Poloha zdroje: 50°1'2.820"N, 13°50'57.516"E
Nadmořská výška: 265 m n. m.
Informace o poloze studánky byly získány v národním registru pramenů a studánek na serveru estudanky.eu.

- V Luhu

Část obce Branov V Luhu je známá především Pamětní síní Oty Pavla a místním přívozem. Od nich vedou směrovky skrz zástavbu ke studánce, která dle místních obyvatel dříve sloužila jako zdroj pitné vody. Z hlavní cesty vedou ke studánce zděné schody. Studánka samotná je vyzděná a krytá dřevěným čelem s dvířky, na nedalekém stromě je pak zavěšen naběrák na vodu (viz Příloha 17). Té je sice ve studánce dostatek, nicméně její hladina je i tak pro nabírání přímo ze studánky bez pomoci naběráku poměrně hluboko.

V současnosti je voda ze studánky užívána místními jen málo, a to jen jako užitková, přesto je znát, že místní o studánku pečují a snaží se ji zachovat.

Poloha zdroje: 50°0'40.644"N, 13°50'12.768"E
Nadmořská výška: 270 m n. m.
Informace o poloze studánky byly poskytnuty zaměstnanci Správy CHKO Křivoklátsko.

- V Luhu (za domem)

Dvě stě metrů za studánkou V Luhu je studánka další, o poznání menší. Je ohraničena malou betonovou skruží s poklopem, přístup k vodě je zajištěn skrz otvor v těle skruže (viz Příloha 18). Studánka se nachází u lesní cesty vedle potoka a bývá zapadaná listím.

Poloha zdroje: 50°0'35.820"N 13°50'15.900"E

Nadmořská výška: 270 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty místními obyvateli.

- U Cvočkaře

Studánka U Cvočkaře pramení přímo u silnice vedoucí do obce Karlova Ves, pár metrů od místního hřbitova. Studánka je pojmenována podle cvočkaře Dandy, obchodníka se železárenským zbožím, který byl nedaleko studánky před více jak 200 lety zavražděn. Dnes je na přesném místě vraždy obrázek, který celou událost připomíná.

Studánku tvoří zapuštěná betonová skruž krytá stříškou z dřevěných prken (viz Příloha 18). Na první pohled je voda ve studánce zakalená, v teplejší části roku plná larev komárů a celkově vypadá velmi znečištěně a zanedbaně. Značnou část objemu vody pravděpodobně tvoří splachy z přilehlé silnice a okolního prostředí.

Poloha zdroje: 49°59'36.028"N, 13°51'39.355"E

Nadmořská výška: 390 m n. m.

Pramen byl nalezen náhodně při mapování studánek na území CHKO Křivoklátsko.

3.1.4 Katastrální území obce Skryje nad Berounkou

- Obelisk

Nedaleko obce Skryje se nachází lesní studánka Obelisk. Jedná se o studánku obehnanou betonovou skruží s dřevěnými dvířky a stříškou, která brání zanášení studánky spadaným listím (viz Příloha 19).

Pár metrů od studánky byl v roce 2007 odhalen obelisk s pamětní deskou „Obětem násilí 1939-1945“ (odtud také název studánky). Bylo tak učiněno na památku

židovských žen z Terezínského ghetta, které zde během války pracovaly na obnově místních lesů. Z těchto žen 2. světovou válku přežila pouze jedna.

Poloha zdroje: 49°56'55.500"N, 13°46'2.316"E

Nadmořská výška: 410 m n. m.

Studánka byla sledována v BP - Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko [17].

- Studna Skryje

Vedle řeky se Berounky v obci Skryje nachází pramen, který byl přestavěn na studnu s pumpou. Podle fotografie z roku 2011, která je uložena v Národním registru pramenů a studánek [18], byla na studni cedule upozorňující na užitkovou vodu. Dle místních obyvatel ovšem byla voda v této studni vždy pitná. V obou případech se dá předpokládat výrazné zhoršení její kvality, a to zejména po povodních z roku 2013, kdy byla celá studna zaplavena.

V současnosti se na studni nenachází ani zmíněná pumpa (viz Příloha 20).

Poloha zdroje: 49°58'8.760"N, 13°46'35.400"E

Nadmořská výška: 260 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty zaměstnanci Správy CHKO Křivoklátsko.

- Na Škrobotech

Další skryjská studna se nachází v části obce Na Škrobotech. Jedná se o pramen, který je o pár metrů níže sveden do klasické betonové studny s pumpou (viz Příloha 21). Na pumpě visí informační cedule, která říká, že se jedná o užitkovou vodu.

Pramen samotný je obklopen křovím a listnatými stromy.

Poloha zdroje: 49°58'13.390"N, 13°45'26.880"E

Nadmořská výška: 270 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty místními obyvateli.

- Pramen s modrým kbelíkem

Na konci obce Skryje, kde se nachází především rekreační objekty, pramení bezejmenný potok, který se vlévá do řeky Berounky. Pro lepší přístupnost je přemostěn lávkou a voda je k ní svedena svérázným systémem trubek a různě napojených PET lahví. Celý systém pak ústí do přistaveného modrého kbelíku (viz Příloha 22).

Pramen teče skrz skalnatý terén a je obklopen převážně listnatými lesy.

Poloha zdroje: 49°58'9.190"N, 13°45'17.130"E

Nadmořská výška: 275 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty místními obyvateli.

3.1.5 Katastrální území obce Roztoky u Křivoklátu

- U Zajíce

Nedaleko Tří pramenů se při cestě z Roztok do Karlovy Vsi nachází nenápadná a snadno přehlédnutelná studánka – až na malý otvor je ze všech stran krytá zděnou zídkou zarostlou mechem a zapadanou listím (viz Příloha 23). Nezdá se, že by o studánku a její nejbližší okolí bylo nějak pečováno. Na druhou stranu, ačkoliv se studánka nachází přímo u silnice, voda uvnitř se na pohled jeví čistě a nezávadně.

Poloha zdroje: 50°0'49.068"N, 13°51'58.968"E

Nadmořská výška: 280 m n. m.

Informace o poloze studánky byly získány v národním registru pramenů a studánek na serveru estudanky.eu.

3.1.6 Katastrální území obce Běleč

- Pod Poklopem

Studánku Pod Poklopem lze najít mezi chatami u potoka Vůznice. Voda protéká plastovou trubkou do vybetonované nádrže (viz Příloha 24). Vydatnost pramene ovšem není nikdy tak velká, aby nádrž zaplnila. Celá studánka je pak kryta kovovým poklopem.

Poloha zdroje: 50°2'37.212"N, 13°58'57.324"E

Nadmořská výška: 375 m n. m.

Studánka byla sledována v BP - Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko [17].

- U Škrpálu

Několik metrů od studánky Pod poklopem se nachází kameny vyzděná studánka U Škrpálu. Stejně jako studánka Pod poklopem je tedy obklopena chatami a dalšími rekreačními objekty. Voda volně vytéká z kovové trubky (viz Příloha 25).

Poloha zdroje: 50°2'37.716"N, 13°58'57.899"E

Nadmořská výška: 375 m n. m.

Studánka byla sledována v BP - Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko [17].

- Studánka s jímkou

Další studánkou, která se nachází v této chatové oblasti pár metrů od studánek Pod Poklopem a U Škrpálu, je Studánka s jímkou. Jedná se o zděnou nádržku krytou kovovým poklopem, do které je voda svedena trubkou (viz Příloha 26). Z otvoru v nádržce pak voda volně vytéká ven.

Poloha zdroje: 50°2'37.500"N, 13°58'57.001"E

Nadmořská výška: 375 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty zaměstnanci Správy CHKO Křivoklátsko.

3.1.7 Katastrální území obce Sýkořice

- Pramen Skalka

Pramen Skalka (viz Příloha 27) lze nalézt ve stejnojmenné oblasti u silnice spojující Nižbor a Lány. Napájí krátký, nepříliš vodnatý potok, který se zhruba po 500 m napojuje na říčku Vůznice. Kromě silnice je obklopen zemědělsky obdělávanou půdou, proto lze očekávat značné znečištění splachy z okolí.

Poloha zdroje: 50°2'33.288"N, 13°58'35.544"E

Nadmořská výška: 390 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty zaměstnanci Správy CHKO Křivoklátsko.

3.1.8 Katastrální území obce Stradonice u Nižboru

- U Rezavé vody

Pramen U Rezavé vody se nachází uprostřed lesa za chatovou osadou u obce Stradonice. Již na první pohled je zřejmé, že se jedná o vodu s vysokým obsahem železa – okolí pramenu je charakteristicky zbarveno do rezava (viz Příloha 28). Celá oblast Stradonic je totiž významným ložiskem železné rudy a již v dobách keltského osídlení byla železná ruda v této oblasti těžena.

Pramen vytéká z bývalé štoly a je sveden do okolo tekoucího potoka dřevěným korytem.

Poloha zdroje: 49°59'4.848"N, 14°1'40.657"E

Nadmořská výška: 295 m n. m.

Informace o poloze studánky byly získány v národním registru pramenů a studánek na serveru estudanky.eu.

3.1.9 Katastrální území obce Nový Jáchymov

- Studánka Nový Jáchymov

Poblíž obce Nový Jáchymov se kousek od silnice nachází velmi pěkně upravená studánka s kamennou podezdívkou a dřevěnou střechou (viz Příloha 29). Studánka je schovaná mezi keři, takže je na první pohled lehce přehlédnutelná. Lze se ale velmi dobře orientovat podle vysokého dubu, pod nímž se nachází.

Vody je ve studánce dostatek během celého roku bez ohledu na množství srážek.

Poloha zdroje: 49°59'0.456"N, 13°56'24.827"E

Nadmořská výška: 388 m n. m.

Informace o poloze studánky byly získány v národním registru pramenů a studánek na serveru estudanky.eu.

3.1.10 Katastrální území obce Týřovice nad Berounkou

- Silniční studánka

Při hlavní silnici vedoucí z obce Týřovice směrem na Křivoklát lze najít malou studánku krytou betonovou skruží a kovovým poklopem (viz Příloha 30). Vzhledem k tomu, že se jedná o jedinou silnici vedoucí podél Berounky, dá se předpokládat značný automobilový provoz. Ten může mít na kvalitu vody ve studánce velmi negativní vliv.

Poloha zdroje: 49°59'7.404"N, 13°47'18.888"E

Nadmořská výška: 265 m n. m.

Informace o poloze studánky byly poskytnuty místními obyvateli.

3.1.11 Katastrální území obce Velká Buková

- Pramen Velká Buková

Pramen se nachází poblíž obce Velká Buková uprostřed polí. Napájí nevýznamný potok, který se na svém konci vlévá do řeky Berounky (viz Příloha 31). Právě polnosti, které pramen obklopují, mohou být významným zdrojem znečištění tohoto vodního zdroje.

Poloha zdroje: 50°1'44.004"N, 13°51'7.560"E

Nadmořská výška: 380 m. n. m.

Pramen byl nalezen náhodně při mapování studánek na území CHKO Křivoklátsko.

4 SLEDOVANÉ UKAZATELE KVALITY VODY

Za chemicky i biologicky čistou vodu lze považovat pouze vodu destilovanou. Chemické látky obsažené ve vodách mohou být přírodní povahy, tedy z okolního prostředí (např. půda a horniny), antropogenního původu (např. průmyslové a splaškové odpadní vody), organické i anorganické. Kromě nich se ve vodě vyskytují i živé mikroorganismy různých druhů. Koncentrace chemických látek a četnost a druh mikroorganismů, které jsou ve vodě přítomny, má velký význam. Aby tedy bylo možné určit, jak kvalitní daná voda je, je nezbytné prověřit co nejvíce jak fyzikálně-chemických, tak biologických ukazatelů kvality vody.

4.1 Fyzikálně-chemické ukazatele

Chemické složení přírodních vod je velmi rozmanité a je ovlivněno rozpustností tuhých látek a plynů, výměnou látek mezi tuhou a kapalnou fází, oxidačně-redukčními a biochemickými procesy, atd. [21]

Základním hlediskem pro rozdělení sledovaných látek ve vodách je jejich chemické složení. Z tohoto pohledu lze sledované látky rozdělit na dvě základní skupiny, a to na látky organické a anorganické. Z fyzikálního hlediska se mohou dále vyskytovat jako iontově rozpuštěné látky tzv. elektrolyty (např. vápník, chloridy, hydrogenuhličitany), neiontově rozpuštěné látky tzv. neelektrolyty (např. sloučeniny křemíku, plyny – O_2, CO_2), nebo látky nerozpuštěné [21]. Toto dělení je ovšem pouze formální, neboť u anorganických rozpuštěných látek se určitý prvek může vyskytovat ve vodě jak v iontové, tak i v neiontové formě, jako kation i jako anion. Proto bylo navrženo dělení dle kvantitativního zastoupení na makrokomponenty (> 10 mg l^{-1}) a mikrokomponenty (< 10 mg l^{-1}) [16].

4.1.1 Konduktivita

Stanovení konduktivity, nebo také měrné vodivosti, je běžnou součástí fyzikálně-chemických rozborů kvality vody. Umožňuje bezprostřední odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách [22].

Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě – vzrůstem nebo poklesem teploty o 1 °C lze ovlivnit změnu konduktivity nejméně o 2 % [16].

Konduktivita je převrácenou hodnotou odporu v roztoku, který se nachází mezi dvěma elektrodami o ploše 1 m^2, které jsou od sebe vzdáleny 1 m [16]:

$$\kappa = G \cdot \ l/A \tag{4.1}$$

kde je:

G konduktance (S),

l vzdálenost elektrod (m),

A plocha elektrody (m^2).

Jednotkou konduktivity je siemens na metr (S m^{-1}), hodnoty jsou dnes většinou uváděny v mS m^{-1}.

Běžná destilovaná voda mívá konduktivitu 0,05 mS m^{-1} až 0,3 mS m^{-1} a povrchové a prosté podzemní vody obvykle v rozmezí 5 mS m^{-1} až 50 mS m^{-1}. U některých průmyslových odpadních vod mohou být naměřeny i hodnoty přesahující 10^3 mS m^{-1} [16].

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 2:

Tabulka 2: Hygienické limity pro konduktivitu pitné vody [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
konduktivita	κ	mS m^{-1}	125	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.2 pH

Důležitou vlastností vody je koncentrace vodíkových iontů. Podle Brönstedovy teorie kyselin a zásad se roztoky, které vodíkový ion mohou uvolňovat, považují za kyseliny, naopak roztoky, které vodíkový mohou vázat, za zásady [23]. Pro zjednodušení byl zaveden tzv. *vodíkový exponent pH*, který je definován jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů, proto:

$$pH = -\log[H^+]\,;[H^+] = 10^{-pH} \qquad (4.2)$$

Koncentrace vodíkových iontů je v chemicky čisté vodě rovna 10^{-7}, její hodnota pH tedy odpovídá 7. V čistých přírodních vodách se hodnota pH pohybuje většinou v rozmezí od 4,5 do 8,3. Pokles pH pod 4,5 bývá způsoben např. přítomností kyselin (organických i anorganických), pH vyšší než 8,3 způsobují anionty uhličitanové nebo hydroxylové [21].

Rozdíly panují i mezi jednotlivými druhy vod. Nižší hodnotu pH (mezi 5 a 6) mívají neznečištěné srážkové vody, od 6,0 do 8,5 povrchové vody a mezi 5,5 – 7,5 vody podzemní [16].

Hodnota pH má významný vliv na většinu procesů, které ve vodách probíhají, a to od fyzikálně-chemických po procesy biochemické. Proto je stanovení hodnoty pH nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody [16].

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 3:

Tabulka 3: Hygienické limity pro pH pitné vody [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
pH	pH	-	6,5 – 9,5	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.3 Neutralizační kapacita vody

Neutralizační kapacita vody vyjadřuje schopnost vody vázat určité látkové množství kyseliny nebo zásady do zvolené hodnoty pH. Tato pufrační schopnost je způsobena různými protolytickými systémy – u přírodních vod převažuje uhličitanový systém, tedy soustava oxid uhličitý (volný) – hydrogenuhličitany – uhličitany.

Neutralizační kapacitou (NK) se rozumí látkové množství silné jednosytné kyseliny nebo zásady v mmol, které spotřebuje 1 litr vody k dosažení zvolené hodnoty pH. Rozlišuje se kyselinová neutralizační kapacita (KNK) a zásadová neutralizační kapacita (ZNK) uváděná v mmol l^{-1} [16]. Zvolená hodnota pH se udává formou dolního indexu u zkratky neutralizační kapacity, např. $ZNK_{8,3}$.

Při chemické analýze přírodních a užitkových vod se zpravidla pracuje s hodnotami pH bodů ekvivalence 4,5 a 8,3, které odpovídají průměrné koncentraci veškerého CO_2 v těchto typech vod [16].

Hygienické limity pro oba ukazatele neutralizační kapacity ($KNK_{4,5}$ a $ZNK_{8,3}$) nejsou ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. uvedeny.

4.1.4 Tvrdost vody

Termín tvrdost vody je termínem zastaralým a nesprávným, nicméně mezi laickou i obornou veřejností se stále jedná o vžitý pojem, se kterým se lze často setkat. Tvrdost vody nebyla nikdy přesně a jednotně definována – obecně se jedná o koncentraci všech kationtů kovů alkalických zemin, což je v podstatě suma vápníku a hořčíku, ale přispět mohou i další prvky [24].

Je-li tedy tvrdost vody stanovena jako suma Ca a Mg, což je i v případě vyhlášky č. 252/2004 Sb., je uváděna v jednotkách mmol l^{-1}. Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 4:

Tabulka 4: Hygienické limity pro tvrdost vody pitné vody [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol l^{-1}	2 – 3,5	DH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.5 Vápník

Vápník se v přírodě vyskytuje poměrně hojně, do vod přechází hlavně z geologického podloží, zejm. z vápence ($CaCO_3$), dolomitu ($CaMg(CO_3)_2$), sádrovce ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) a dalších minerálů [25]. Výraznější koncentrace vápníku u podzemních vod závisí také na rozpuštěném CO_2. Oxid uhličitý podstatně zvyšuje rozpustnost uhličitanových minerálů a podporuje zvětrávání hlinitokřemičitanů [16].

Vliv na koncentraci vápníku má i činnost člověka – antropogenním zdrojem vápníku jsou pak především chemické závody, kde často dochází k neutralizacím kyselin např. vápnem.

Průměrná koncentrace vápníku v prostých podzemních vodách a povrchových vodách se pohybuje okolo hodnoty 50 mg l^{-1} a nejčastěji se vyskytuje ve formě jednoduchých iontů, tedy Ca^{2+} (platí pro málo a středně mineralizované vody) [22][16].

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 5:

Tabulka 5: Hygienické limity pro koncentraci vápníku v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
vápník	Ca	mg l^{-1}	40 – 80	DH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.6 Sloučeniny dusíku

Dusík patří k velmi důležitým prvkům, které se ve vodách vyskytují. Podílí se prakticky na všech ve vodě probíhajících biologických procesech. Vyskytuje se v několika formách – jako elementární dusík, anorganicky vázaný (amoniakální, dusitanový, dusičnanový,…) a organicky vázaný dusík [21].

Přírodní původ dusíku ve vodách je dán rozkladem organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu nebo atmosférickou depozicí. Ta však není příliš významná – bilanční podíl atmosférické depozice nepřekračuje jednotky procent [25].

Značná část dusíku, který se ve vodách vyskytuje, je antropogenního původu. Jedná se o bodové i plošné zdroje znečištění. Významnými zdroji dusíku jsou splaškové odpadní vody, odpady ze zemědělství (odpady ze živočišné výroby a splachy ze zemědělsky obdělávané půdy hnojené dusíkatými hnojivy), z potravinářského průmyslu a některé průmyslové odpadní vody [16].

- Amonné ionty

Amoniakální dusík se ve vodách vyskytuje ve dvou formách. Jako kationt NH_4^+ a v nedisociované formě NH_3. Poměr těchto dvou forem závisí na pH a teplotě vody. Při spíše neutrálním pH vody je zastoupení nedisociované formy minimální, viz Tabulka 6:

Tabulka 6: Závislost koncentrace nedisociovaného amoniaku (NH_3) na teplotě a hodnotě pH vody v procentech celkového amoniakálního dusíku (N_{amon}) [22]

Teplota °C	pH 7	pH 8	pH 9
5	0,12	1,23	11,1
10	0,19	1,83	15,7
15	0,27	2,67	21,5
20	0,40	3,82	28,4
25	0,57	5,38	36,3

Amoniakální dusík se v podzemních vodách přirozeně vyskytuje jen ve velmi malých množstvích. Pokud jsou hodnoty koncentrací amoniakálního dusíku zvýšeny, je to v důsledku kontaminace fekáliemi nebo dusíkatými hnojivy. Právě splaškové vody jsou na amoniakální dusík velmi bohaté, jeho koncentrace se v těchto vodách pohybují až v desítkách mg l^{-1} [16].

Z hygienického hlediska se jedná o velmi významný ukazatel – amoniakální dusík je jedním z primárních produktů rozkladu organických dusíkatých látek. To znamená, že indikuje znečištění živočišnými odpady (fekální znečištění), především tehdy, když dojde k neobvyklému zvýšení jeho koncentrace [16].

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 7.

Tabulka 7: Hygienické limity pro koncentraci amonných iontů v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
amonné ionty	NH_4^+	mg l^{-1}	0,50	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

- Dusitany

Dusitany jsou ve vodách velmi nestálé a vyskytují se spíše jako meziprodukty při biologické redukci dusičnanů nebo biologické oxidaci amoniakálního dusíku [22]. Proces biologické oxidace amoniakálního dusíku se nazývá nitrifikace. Tento proces je způsoben činností nitrifikačních bakterií – *Nitrosomonas* a *Nitrobacter*. Nitrifikace probíhá ve dvou fázích – v první fázi se amoniakální dusík oxiduje na dusitany

a ve druhé jsou vzniklé dusitany oxidovány na dusičnany [26]. Z níže uvedených rovnic vyplývá, že se jedná o proces závislý na přítomnosti kyslíku:

$$2\ NH_3 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ NO_2^- + 2\ H^+ + 2\ H_2O \quad (4.3)$$

$$2\ NO_2^- + O_2 \rightarrow 2\ NO_3^- \quad (4.4)$$

Opačným procesem nitrifikace je denitrifikace. Přítomnost dusitanů ve vodách tedy může být způsobena právě nitrifikačními a denitrifikačními procesy, dalším zdrojem dusitanů může být vypouštění odpadních průmyslových vod (strojírenské závody) a v neposlední řadě se jedná o indikátory fekálního znečištění.

Právě díky nestálosti se dusitany v přírodních neznečištěných vodách vyskytují ve velmi nízkých až stopových koncentracích – za takových podmínek se jedná o hygienicky relativně nevýznamný ukazatel. Pokud by ovšem koncentrace dusitanů dosáhla vyšších hodnot, mohou způsobovat závažné zdravotní komplikace. V kyselém prostředí mohou reagovat se sekundárními aminy za vzniku N-nitrosaminů, z nichž některé jsou karcinogenní. Podmínku kyselého prostředí ideálně splňuje žaludek, kde se hodnota pH žaludečních šťáv pohybuje okolo 1,5 [16].

V lidském organismu mohou dusitany vyvolat velmi závažné onemocnění zvané methemoglobinémie. Dusitany v tomto případě reagují s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu – v této patologické formě jsou železnaté ionty (Fe^{2+}) v hemu oxidovány na ionty železité (Fe^{3+}), čímž hemoglobin ztrácí schopnost vázat kyslík [27]. Tento jev má závažné následky především u dětí do tří let, které jsou ke vzniku methemoglobinu náchylnější než starší děti a dospělí [28]. Zejména v těchto případech se jedná o onemocnění, které může skončit i smrtí.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 8:

Tabulka 8: Hygienické limity pro koncentraci dusitanů v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
dusitany	NO_2^-	mg l^{-1}	0,50	NMH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

- Dusičnany

Dusičnany jsou jedním z čtyř nejvýznamnějších aniontů. Vyskytují se téměř ve všech druzích vod. Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o konečný produkt nitrifikačních procesů. Z tohoto důvodu se v přírodních neznečištěných vodách vyskytují zcela přirozeně, vyšší koncentrace jsou ovšem způsobeny činností člověka. Jedná se zejména o splachy z půdy ošetřované dusíkatými hnojivy (ať už přírodními nebo syntetickými).

Koncentrace dusičnanů je nicméně závislá i na ročním období. Dusičnany dosahují maximální koncentrace v zimním (mimovegetačním) období. V této části roku jsou velmi slabě zadržovány v půdě, proto dochází k jejich snadnému vyluhování do podzemních vod. V letním období (vegetačním) jsou naopak z vody odčerpávány vegetací [16].

Nezanedbatelný vliv na koncentraci dusičnanů v podpovrchových vodách má i druhové složení vegetace, která roste v dané oblasti. Např. oblasti s borovými lesy jsou charakteristické zvýšenou koncentrací dusičnanů v podzemních vodách. Půda je v těchto oblastech písčitá a dobře provzdušněná a ve svrchních vrstvách se nachází kmeny nitrifikačních bakterií spolu s bakteriemi schopnými fixovat elementární dusík [16].

Z hygienického hlediska se jedná o významný ukazatel kvality vody. V gastrointestinálním traktu člověka se totiž dusičnany mohou bakteriální činností redukovat na dusitany, a tím nepřímo způsobit onemocnění methemoglobinémií (viz výše).

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 9:

Tabulka 9: Hygienické limity pro koncentraci dusičnanů v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
dusičnany	NO_3^-	mg l^{-1}	50	NMH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.7 Fosforečnany

Fosfor se ve vodách vyskytuje ve formě anorganických nebo organických sloučenin. Jsou to zejména polyfosforečnany a orthofosforečnany (PO_3^-, HPO_4^{-2}, $H_2PO_4^-$, H_3PO_4).

Orthofosforečnany jsou častější než polyfosforečnany, přičemž distribuci jednotlivých forem orthofosforečnanů ovlivňuje zejména pH vody [16].

Hlavním zdrojem emisí fosforu jsou komunální splaškové vody, které obsahují velké množství fekálních odpadů a prací a čisticí prostředky, které fosfor obsahují též. Průměrně člověk za den vyprodukuje poměrně značné množství fosforu (jak vylučováním, tak celkovou produkcí). Nicméně udávané hodnoty se v literatuře liší, viz Tabulka 10:

Tabulka 10: Nejčastěji používané hodnoty typické produkce fosforu z komunálních zdrojů [25]

Pitter (1999) [16]		**Nesměrák (1994)** [29]	
celková produkce	3 g/os/den	celková produkce	1,57 g/os/den
vylučování	1,5 g/os/den	vylučování	1,2 g/os/den

Hygienický význam fosforečnanů ve vodách je malý, protože nemají žádný významný vliv na zdraví člověka. Jedná se tedy o zdravotně nezávadný ukazatel. Z tohoto důvodu nejsou ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. uvedeny žádné limity, které by koncentraci fosforečnanů v pitné vodě upravovaly. Fosforečnany jsou přesto sledovány, protože náhlý vzrůst jejich koncentrace může indikovat fekální znečištění.

4.1.8 Chloridy

Chloridy jsou nejčastější formou výskytu chloru ve vodách a jsou přítomny zejména jako jednoduchý anion Cl^- [16]. Chloridy se vyskytují ve všech druzích vod, jejich koncentrace se ovšem liší od jednotek mg l^{-1} u některých přírodních vod, až po několik g l^{-1} v silně znečištěných průmyslových vodách, nebo ve vodách minerálních a mořských [22].

Výskyt chloridů ve vodách z části závisí na geologickém podloží, kdy se mohou louhovat nejčastěji z halitu (NaCl) nebo sylvínu (KCl) [25]. Podstatnou roli pak hrají antropogenní vlivy jako vypouštění komunálních odpadních vod. Uvádí se, že člověk vyloučí močí přibližně 9 g chloridů za den [30]. Analogií je pak živočišná výroba a odpady z ní pocházející.

Chloridy jsou hygienicky nezávadné, pouze ve vyšších koncentracích mohou negativně ovlivňovat chuť vody.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 11:

Tabulka 11: Hygienické limity pro koncentraci chloridů v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
chloridy	Cl^-	mg l^{-1}	100	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.9 Železo

Železo je druhým nejrozšířenějším kovem v zemské kůře, která jej obsahuje okolo 5 % [31]. Nicméně elementární železo je v přírodě poměrně vzácné, nejčastěji se vyskytuje v oxidačním stupni II a III.

Ze zdravotního hlediska není přítomnost železa v pitné vodě závadná, ale ve vyšších koncentracích může negativně ovlivňovat organoleptické vlastnosti vody – chuť, barvu a zákal. Negativní vliv má již koncentrace železa nad 0,5 mg l^{-1} [16]. U podzemních vod, které neobsahují rozpuštěný kyslík, mohou hodnoty koncentrace železa v oxidačním stupni II dosahovat i několika mg l^{-1}, avšak bez vlivu na barvu či zákal [31].

Přítomnost železa, respektive iontu Fe^{2+} ve vodách může provázet výskyt železitých bakterií, které vytvářejí „slizký“ povlak a při jejich odumírání voda zapáchá [16].

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 12:

Tabulka 12: Hygienické limity pro koncentraci železa v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
železo	Fe	mg l^{-1}	0,20	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.10 Mangan

Mangan je jedním z významných kovů, které se vyskytují v zemské kůře. Velmi často doprovází železné rudy. Ve své elementární formě se v přírodě nevyskytuje,

nicméně je součástí více jak sta minerálů, z nichž nejběžnějším je oxid manganičitý neboli pyroluzit [32].

I pro vodní prostředí platí, že zvýšená koncentrace manganu obvykle doprovází zvýšenou koncentraci železa. Manganu ovšem bývá méně (ačkoliv se výjimečně vyskytují i vody s obráceným poměrem) [16]. V podzemních vodách jsou koncentrace tohoto kovu zpravidla vyšší než ve vodách povrchových. Tento jev je způsoben absencí oxidačních procesů, které u povrchových vod běžně probíhají, a přítomností huminových látek, které mangan váží do komplexů [16].

Mangan je důležitým biogenním prvkem, který je v organismu nezbytný pro funkci mnoha enzymů (např. pyruvátkarboxylázy) [33]. Na druhou stranu poměrně významně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody, a to zejména chuť a barvu. V tomto ohledu má výraznější vliv než železo. Voda bohatá na mangan pak může hnědě zbarvovat všechny materiály, které s ní přijdou do styku. Proto je koncentrace manganu přísně hlídaným ukazatelem kvality vody, především pokud využívána v papírenském a textilním průmyslu [16].

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 13:

Tabulka 13: Hygienické limity pro koncentraci manganu v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
mangan	Mn	mg l^{-1}	0,050	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.1.11 Chemická spotřeba kyslíku manganistanem draselným

Kromě anorganických látek se ve vodách samozřejmě vyskytují i látky organické. Jejich přítomnost může být jak přirozená, tak způsobená lidskou činností, tedy antropogenního původu. Přírodními zdroji organických látek jsou výluhy z půd a sedimentů nebo produkty metabolismu rostlin a živočichů. Antropogenním zdrojem organických látek ve vodách jsou pak odpadní splaškové vody a vody využívané v průmyslu či zemědělství.

Organické látky mohou významně ovlivňovat vlastnosti vod a mít velmi negativní dopad na její kvalitu tím, že:

a) mají karcinogenní, mutagenní, teratogenní účinky (pesticidy, polyaromatické uhlovodíky),
b) ovlivňují barvu vody (huminové látky, barviva),
c) ovlivňují pach a chuť vody (chlorované uhlovodíky),
d) ovlivňují pěnivost vody (tenzidy),
e) tvoří povrchový film na hladině (oleje, ropa),
f) ovlivňují komplexační kapacitu vody, čímž desorbují toxické látky ze sedimentů (EDTA) [16].

Pro stanovení veškerého organického znečištění se používá metoda Chemické spotřeby kyslíku (CHSK). CHSK vypovídá o celkovém obsahu organických, tedy oxidovatelných látek přítomných ve vodě. Podle stupně znečištění se jako oxidační činidlo volí buď manganistan draselný (málo znečištěná voda), nebo dichroman draselný (odpadní vody). CHSK patří mezi nespecifické ukazatele kvality vody a jeho hodnota slouží pouze k odhadu celkového organického znečištění [22], nikoliv ke zjištěním konkrétním.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 14:

Tabulka 14: Hygienické limity pro koncentraci $CHSK_{Mn}$ v pitné vodě [6]

Ukazatel	Symbol	Jednotka	Limit	Typ limitu
Chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	CHSK-Mn	mg l^{-1}	3,0	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.2 Mikrobiologické ukazatele

Historie mikrobiologického hodnocení kvality vody sahá do druhé poloviny 19. století, kdy byla prokázána přímá souvislost mezi konzumací „pitné“ vody a onemocněním cholerou. Na našem území byla nezbytnost mikrobiologických rozborů vody poprvé zmíněna roku 1877 ve studii, která říkala, že pouhý chemický rozbor nepostačuje pro zhodnocení stavu kvality vody po hygienické stránce [34].

Mikrobiologický rozbor pitné vody je zaměřen především na sledování všeobecného bakteriálního znečištění a na sledování bakterií indikující znečištění střevního (fekálního) původu. Za určitých okolností jsou sledovány i některé další konkrétní druhy bakterií. Kromě uvedených mikrobiologických charakteristik je v pitných vodách zjišťována také přítomnost živých a mrtvých organismů mikroskopicky (prvoci, řasy, sinice, bezobratlí apod.).

Kromě výše uvedených mikrobiologických ukazatelů je v pitné vodě zjišťována také přítomnost organismů, ať už živých, či mrtvých, mikroskopicky. Zde se jedná především o řasy, sinice, prvoky atp.

4.2.1 Koliformní bakterie

Za koliformní bakterie označujeme několik druhů gramnegativních bakterií z bohaté čeledi *Enterobacteriaceae*, které mají tyčinkovitý tvar a netvoří spory. Koliformní bakterie se vyznačují schopností fermentovat laktózu při teplotě 35 °C či 37 °C s produkcí kyselin, plynu a aldehydu během 24 - 48 hod [34]. Zároveň jsou schopny růstu i za přítomnosti žlučových solí a jiných povrchově aktivních látek.

Kontaminace vody koliformními bakteriemi indikuje fekální znečištění – původně osidlovaly střevní trakt teplokrevných živočichů (vč. člověka). Nicméně některé druhy nemusí mít fekální původ – mohou být přirozeně přítomny např. v půdě a povrchové vodě.

Za koliformní jsou všeobecně považovány rody *Escherichia, Citrobacter, Enterobacter* a *Klebsiella*.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 15:

Tabulka 15: Hygienické limity pro množství koliformních bakterií v pitné vodě [6]

Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu
Koliformní bakerie	KTJ/100 ml	0	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.2.2 Escherichia coli

Escherichia coli (z čeledi *Enterobacteriaceae*) je anaerobní bakterie ve tvaru tyčinky, která žije pouze v tlustém střevě člověka a teplokrevných živočichů – z tohoto důvodu slouží jako vynikající indikátor fekálního znečištění [35].

Escherichia coli ve střevech žije jako komenzál, tzn. neškodný příživník živící se zbytky potravy hostitele, a také symbiont. Člověku je jako součást přirozené střevní mikroflóry prospěšná - svým působením brání rozšíření patogenů v organismu a navíc se podílí na tvorbě některých vitaminů, především vitaminu K [36].

Právě z důvodu jejího výlučného výskytu v intestinálním traktu teplokrevných živočichů je současným trendem přímé stanovení *Escherichia coli* (jako hlavního indikátoru fekálního znečištění) a od stanovení koliformních bakterií se spíše ustupuje.

Escherichia coli může být, pokud se vyskytne v organismu mimo přirozené prostředí, i patogenem, tedy původcem různých onemocnění – infekcí močových cest, průjmových onemocnění, bakteriémií, atd.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 16:

Tabulka 16: Hygienické limity pro množství mikroorganismu Escherichia coli v pitné vodě [6]

Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu
Escherichia coli	KTJ/100 ml	0	NMH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.2.3 Intestinální enterokoky

Enterokoky jsou grampozitivní bakterie mající kokovitý tvar buněk. Tato skupina mikroorganismů má velký význam jako indikátor fekálního znečištění - osidlují převážně trávicí trakt teplokrevných živočichů, včetně člověka.

Jejich stanovení je doplňkem pro stanovení koliformních bakterií, protože vykazují podstatně větší odolnost desinfekčních zásahům, např. použití chloru [34]. Zároveň jsou na rozdíl od koliformních bakerií indikátory čerstvého fekálního znečištění.

Do rodu *Enterococcus* patří především dva významné druhy: *Enterococcus faecalis* a *Enterococcus faecium*, které jsou zodpovědné za většinu enterokokových infekcí

(např. infekce močových cest, gynekologické záněty). Enterokoky jsou známé pro svou rezistenci vůči antibiotikům.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 17:

Tabulka 17: Hygienické limity pro množství enterokoků v pitné vodě [6]

Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu
Enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

4.2.4 Stanovení kultivovatelných mikroorganismů

Kultivovatelné mikroorganismy jsou skupinou zahrnující bakterie, plísně a kvasinky, které mají schopnost růst (tvořit kolonie) při konkrétní teplotě (22 °C a 36 °C) na definovaném médiu (tryptonový agar s kvasničným extraktem).

Z hygienického hlediska se nejedná o významnou skupinu – patří sem mikroorganismy jak vodní, tak pocházející z půdy a kořenových systémů rostlin. Přítomnost těchto organismů ve vodách odráží míru znečištění vody snadno rozložitelnými organickými látkami, ze kterých tyto organismy čerpají živiny.

Nejčastěji se jedná o zástupce rodu *Pseudomonas, Bacillus, Micrococcus, Flavobacterium* a zástupce enterobakterií a vibrií. Jejich detekce je dle platné legislativy vyžadována u pitných vod, balených vod a koupališť.

- Počty kolonií při 22 °C

Kultivace probíhá při teplotě 22 ± 2 °C po dobu 68 ± 4 h.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 18:

Tabulka 18: Hygienické limity pro počty kolonií při 22 °C v pitné vodě [6]

Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu
Počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	200	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

- Počty kolonií při 36 °C

Kultivace probíhá při teplotě 36 ± 2 °C po dobu 44 ± 4 h.

Hygienické limity pro tento ukazatel jsou upraveny vyhláškou, viz Tabulka 19:

Tabulka 19: Hygienické limity pro počty kolonií při 36 °C v pitné vodě [6]

Ukazatel	Jednotka	Limit	Typ limitu
Počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	20	MH[a)]

[a)] viz kapitola 1.3

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Metodika odběrů vzorků

Voda z vybraných 24 studánek a pramenů byla odebírána přibližně jednou za tři měsíce tak, aby bylo pokryto každé roční období. V roce 2013 proběhl podzimní odběr (listopad), v roce 2014 zimní (leden), jarní (květen) a letní (červenec).

Základem byly podzimní a zimní odběry, kdy byly fyzikálně-chemické ukazatele proměřeny u všech 24 pramenů a studánek. Na základě výsledků z těchto fyzikálně-chemických měření bylo vybráno deset z nich, u kterých byl na jaře a v létě proveden i mikrobiologický rozbor. U sedmi studánek byla pod dvou fyzikálně-chemických měřeních kvalita vody určena jako vynikající – dle limitů uvedených ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. [6] studánky splňovaly požadavky na kvalitu pitné vody. Zbylé tři studánky byly vybrány pro své zajímavé vlastnosti.

Pro zaručení reprezentativnosti výsledků je nutné zajistit, aby odběr vzorku proběhl předepsaným způsobem tak, aby nedošlo ke změně kvality vody při odběru a následném transportu vzorku do laboratoře. V případě vody určené pro fyzikálně-chemické rozbory byly vzorky odebírány do PET lahví o objemu 1,5 litru. PET lahev byla nejprve vypláchnuta vzorkovanou vodou, poté jí byla naplněna až po okraj. Mikrobiologický odběr se prováděl do skleněných sterilních vzorkovnic se zábrusem krytým alobalovou fólií o objemu 0,5 litru. Zátka byla uchopena za alobalovou fólii a mírným kroucením vytažena ze vzorkovnice, přičemž na hrdlo vzorkovnice a vnitřní část zátky je zakázáno sahat rukou. Tyto lahve nebyly vyplachovány, vzorkovanou vodou byly naplněny rovnou, a to zhruba do 2/3.

Odběry byly prováděny na běžně užívaném odběrovém místě, tedy buď přímo ze studánky, nebo z (většinou uměle vytvořeného) vývěru pramene.

Vzorky vody byly vždy dopraveny do laboratoře do 24 h po odběru – do laboratoře Ústavu životního prostředí Univerzity Karlovy k základní analýze a do laboratoří Státního zdravotního ústavu k mikrobiologickým rozborům.

5.2 Metodika fyzikálně-chemických měření kvality vody

- Konduktivita (měrná vodivost) – dle normy ČSN EN 27 888

Konduktivita byla měřena pomocí konduktometru GRYF 107 L s manuální teplotní kompenzací. Vzhledem k tomu, že tento parametr je výrazně ovlivněn teplotou, bylo nezbytné před každým měřením aktuální teplotu na tomto přístroji ručně nastavit.

Hodnota měrné vodivosti je odečítána až po ustálení elektrody ve vzorku, přičemž konduktometr GRYF 107 L ji udává v $\mu S\ cm^{-1}$, proto ji bylo nutné převést na současně nejužívanější jednotky, tedy $mS\ m^{-1}$.

- pH – dle normy ČSN ISO 10 523

pH bylo stanovováno pomocí pH metru s jedinou kombinovanou skleněnou elektrodou (typ HACH - HQ 30d), která v jednom těle obsahuje jak referentní (srovnávací), tak měrnou elektrodu.

Před samotným stanovením je nezbytné elektrodu opláchnout destilovanou vodou a vzorkem. Až poté je elektroda připravena k měření a ponořena do vzorku. Hodnota pH je odečítána až po ustálení přístroje.

Teplota vzorku významně ovlivňuje naměřené hodnoty pH. pH metr HACH - HQ 30d je schopen teplotu kompenzovat automaticky pomocí zařízení, které je součástí přístroje.

- $ZNK_{8,3}$ (celková acidita) – dle normy ČSN 75 7372

Celková acidita se stanovuje titrací vzorku vody pomocí odměrného roztoku NaOH o koncentraci 0,1 mol l^{-1} za přítomnosti indikátoru fenolftaleinu.

Stanovení se provádí do stálého slabě růžového zabarvení.

- $KNK_{4,5}$ (celková alkalita) – dle normy ČSN EN ISO 9963-1

Stanovení celkové alkality se provádí titrací vzorku vody odměrným roztokem HCl o koncentraci 0,1 mol l^{-1} na směsný indikátor.

Titrace je ukončena po přechodu barvy vzorku z modré do odstínu cibulové.

- Tvrdost – dle normy ČSN ISO 605

Tvrdost vody je stanovována tzv. chelatometrickou titrací, kde je jako titrační činidlo používána disodná sůl ethylendiamintetraoctové kyseliny neboli chelaton III. Pro určení bodu ekvivalence této titrace je užíván metalochromní indikátor eriochromová černň T.

Konec titrace určuje barevný přechod z vínově červeného do modrého zbarvení.

- Vápník – dle normy ČSN ISO 6058

Vápník je stanovován pomocí chelatometrické titrace odměrným roztokem chelatonu III. Tato metoda využívá vyšší stálost komplexu vápenatých iontů s chelatonem III oproti komplexu vápník-metalochromní indikátor. Reakce probíhá v silně bazickém prostředí.

Bod ekvivalence je určen změnou zabarvení (z růžové do jasně fialové) při uvolnění volného indikátorového aniontu.

- Amonné ionty – dle normy ČSN ISO 7150

Pro zjištění koncentrace amonných iontů ve vzorku vody se využívá spektrofotometrického stanovení modré sloučeniny, která vzniká při reakci amonných iontů se salicylanem sodným a chlornanovými ionty v přítomnosti nitropentakyanoželezitanu sodného.

Absorbance roztoku byla měřena v 1cm kyvetách při vlnové délce 655 nm.

- Dusitany – dle normy ČSN EN 26 777

Princip metody stanovení dusitanů ve vzorku vody spočívá ve schopnosti kyseliny dusité (HNO_2) diazotovat aromatické aminokyseliny (v tomto případě kys. sulfanilovou) na diazoniové soli. Vzniklá diazoniová sůl je kopulována α-naftylaminem za vzniku červenofialového azobarviva vhodného pro spektrofotometrické vyhodnocení.

Absorbance roztoku byla měřena proti slepému pokusu ve 4cm kyvetách při vlnové délce 520 nm.

- Dusičnany – dle normy ČSN ISO 7890-3

Stanovení koncentrace dusičnanů se provádí přímo, tedy bez přidání činidel, z přefiltrovaných vzorků vody.

Absorbance roztoku byla měřena spektrofotometricky proti destilované vodě v 1cm kyvetách při vlnové délce 214 nm (v ultrafialové oblasti spektra).

- Fosforečnany – dle normy ČSN EN ISO 6878

Princip metody je založen na reakci orthofosforečnanů s molybdenanem amonným v prostředí kyseliny sírové. Vzniklý komplex kyseliny molybdatofosforečné je redukován chloridem cínatým na fosfomolybdenovou modř. Intenzita modrého zabarvení vzniklého roztoku je spektrofotometricky měřitelná.

Absorbance roztoku byla měřena proti slepému pokusu ve 4cm kyvetách při vlnové délce 700 nm.

- Chloridy (dle Mohra) – dle normy ČSN ISO 9297

Stanovení chloridů se provádí titračně pomocí odměrného roztoku dusičnanu stříbrného za vzniku málo rozpustného chloridu stříbrného.

Konec titrace je indikován barevným přechodem ze světle žluté do červenohnědé, kdy se po vysrážení veškerých chloridů ze vzorku vody, tj. těsně po dosažení bodu ekvivalence, vytvoří červenohnědá sraženina chromanu stříbrného.

- Železo – dle normy ČSN ISO 6332

Ke stanovení veškerého železa absorpční spektrofotometrií je využíváno červeného zabarvení, které vzniká při reakci iontů Fe^{3+} s thiokyanatanem. Ionty Fe^{3+} vznikají převedením železa obsaženého v původním vzorku vody oxidací v kyselém prostředí.

Absorbance je měřena proti slepému pokusu ve 4cm kyvetách při vlnové délce 500 nm.

- Mangan – dle normy ČSN ISO 6333

Spektrofotometrické stanovení manganu je založeno na kvantitativní oxidaci sloučenin manganu peroxodisíranem za vzniku manganistanu. Reakce probíhá

v prostředí zředěné HNO_3 při zvýšené teplotě za katalytického působení stříbrných iontů.

Intenzita vzniklého růžového zbarvení je přímo úměrná koncentraci manganu ve vzorku. Barevný roztok se měří spektrofotometricky ve 4cm kyvetách při vlnové délce 525 nm.

- $CHSK_{Mn}$ (dle Kubela)– dle normy ČSN EN ISO 8467

Metoda je založena na oxidaci organických látek (obsažených ve vzorku vody) manganistanem draselným v kyselém prostředí kyseliny sírové při desetiminutovém varu. Jinými slovy pokles koncentrace manganistanu odpovídá množství, které bylo spotřebováno na oxidaci organických látek.

Úbytek manganistanu je zjišťován tak, že po ukončené oxidaci je do reakčního roztoku přidáno známé množství standardního odměrného roztoku kyseliny šťavelové. Ta je zpětně titrována manganistanem draselným.

5.3 Metodika mikrobiologických měření kvality vody

Pokud je ověřována mikrobiologická nezávadnost vody, nejsou hledány konkrétní bakterie, jež způsobují známá onemocnění přenášená vodou (např. cholera, tyfus, aj.). Taková analýza by byla velmi časově i finančně náročná. Proto je obecnou praxí zjišťovat, zda jsou přítomny bakterie indikující fekální znečištění (žijící ve střevním traktu člověka a teplokrevných živočichů), zejména *Escherichia coli* a enterokoky. Pokud jsou ve sledované vodě přítomny tyto bakterie, dá se předpokládat, že voda přišla do styku s lidskými či zvířecími exkrementy, tudíž by mohla obsahovat další patogenní bakterie a viry.

Pro stanovení mikrobiologických ukazatelů ve vodách je důležité stoprocentně dodržovat tzv. uzanční (domluvené) metody. I minimální odchylka od předepsané metody může způsobit nepřesnost výsledků.

- Stanovení *Escherichia coli* a koliformních bakterií metodou Colilert®-18 / Quanti Tray® - dle normy ČSN EN ISO 9308-1

Pomocí této metody se prokazuje přítomnost koliformních bakterií a *Escherichia coli* ve vzorku vody. Metoda je založená na principu klasických metod nejvíce pravděpodobnějšího počtu, tzv. MPN (Most Probable Number). Namísto standardního nasazení vzorků s činidlem do zkumavek dle modelu MPN zde probíhá rozdělení směsi vzorku a činidla do plat Quanti-Tray. Směs je automaticky rozdělena do jednotlivých komůrek zatavovačkou Quanti-Tray Sealer. Po předepsané době inkubace (v případě metody Colilert®-18 je to 18 h) je počet pozitivních komůrek pomocí přiložené tabulky převeden na nejpravděpodobnější koncentraci organismů (MPN) [37].

V případě koliformních bakterií i *Escherichia coli* je pozitivní komůrka zbarvena tmavě žlutě, komůrky pozitivní na přítomnost *E.coli* se zároveň rozsvítí pod UV světlem.

- Stanovení intestinálních enterokoků metodou membránových filtrů – dle normy ČSN EN ISO 7899-2

Vzorek stanovované vody (obvykle o objemu 100 ml) je filtrován přes membránový filtr, který je následně přenesen na pevné kultivační médium obsahující azid sodný a bezbarvý 2,3,5-tri-fenyltetrazolimchlorid. Ten je činností enterokoků redukován na červený formazan. Kultivace probíhá po dobu 44 ± 4 h při teplotě 36 ± 2 °C, po skončení kultivace jsou jako presumptivní enterokoky počítány všechny kolonie, které mají kaštanovou, červenou či růžovou barvu [38].

Pro potvrzení enterokoků je proveden tzv. důkaz na tvorbu aeskulinu [34]. Při kterém je filtr se všemi koloniemi otisknut na žluč-aeskulin-azidový agar. Médium spolu s přenesenými koloniemi je následně kultivováno po dobu 2 h při 44 ± 2 °C. Počítány jsou kolonie, které vykazují hnědé až černé zbarvení média v bezprostředním okolí – enterokoky jsou schopné hydrolyzovat aeskulin na 6,7-dihydroxikumarin. Ten spolu s železitými ionty tvoří sloučeninu právě hnědé až černé barvy [34].

- Stanovení kultivovatelných mikroorganismů při 22 °C a 36 °C – dle normy ČSN EN ISO 6222

Odměřený objem vzorku (u vod pitných a u čistých surových vod se obvykle používá 1 ml) je v Petriho misce důkladně promíchán s na teplotu 45 ± 3 °C rozehřátým kultivačním médiem. Jedna sada misek je kultivována při teplotě 22 ± 2 °C po dobu 68 ± 4 h, druhá při teplotě 36 ± 2 °C po dobu 44 ± 4 h [39].

Vyhodnocen je počet všech vyrostlých kolonií na povrchu i uvnitř kultivačního média. Výsledek se uvádí jako počet kolonie tvořících jednotek přepočtených na 1 ml, tzv. KTJ (jedná se o průměr hodnot ze dvou paralelních stanovení) [34].

6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

V této kapitole jsou shrnuta veškerá provedená měření. Jak již bylo napsáno výše, monitorovaných lokalit bylo 24, z nichž osm bylo sledováno již v BP Tomáše Brabence [17]. Výsledky jeho měření budou srovnány s výsledky zjištěnými v rámci této diplomové práce tak, aby bylo možné posoudit, zda (příp. jak) došlo ke změně stavu kvality vody ve srovnávaných pramenech a studánkách.

U deseti pramenů a studánek byla provedena také analýza kvality vody z mikrobiologického hlediska.

6.1 Základní rozbory (podzim, zima)

- Brdatka

U nově zrekonstruované studánky Brdatka je vidět překročení limitů u dvou stanovovaných parametrů – koncentrace vápníku a $CHSK_{Mn}$ (viz Tabulka 20).

Tabulka 20: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Brdatka

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,38	0,37	0,38			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	2,73	3,05	2,89			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	2,21	3,06	2,64	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	3,12	5,20	4,16	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	39,70	41,90	40,80	125	MH	ANO
pH	7,88	7,95	7,92	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,18	0,12	0,15	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,07	0,07	0,07			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	4,70	5,54	5,12	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	19,01	26,68	22,85	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	56,98	138,54	97,76	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

V prvním případě se nejedná o závažné znečištění, ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. [6] jsou u tohoto parametru uvedeny jen doporučené hodnoty a i tak není jejich překročení nijak výrazné. Nicméně zajímavým jevem je značný rozdíl ve zjištěných koncentracích vápníku mezi podzimním a zimním odběrem.

V druhém případě, tedy u stanovení $CHSK_{Mn}$ je překročení limitů tohoto parametru již značné, a proto nelze vodu z této studánky doporučit jako vodu pitnou.

- Štíhlice

Ačkoliv se studánka Štíhlice nachází jen několik desítek metrů pod studánkou Brdatka, nebylo v jejím případě zjištěno žádné překročení limitů daných vyhláškou [6] (viz Tabulka 21). Oproti hodnotám naměřeným v rámci BP Tomáše Brabence [17] (viz Příloha 1) tedy došlo k výraznému zlepšení stavu u parametru $CHSK_{Mn}$, u kterého byl v letech 2011-2012 limit překročen již značně.

Tabulka 21: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Brdatka

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,85	0,47	0,66			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	4,35	4,98	4,67			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,92	4,35	4,14	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	2,72	3,20	2,96	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	62,80	68,70	65,75	125	MH	ANO
pH	7,57	7,59	7,58	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,18	0,03	0,11	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,13	0,11	0,12			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	10,07	5,65	7,86	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	9,15	9,83	9,49	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	74,66	69,27	71,97	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Přestože studánka splňuje veškeré limity pro pitnou vodu, nebyla zařazena do výběru pro následná měření (jarní a letní stanovení fyzikálně-chemických i mikrobiologických ukazatelů kvality vody). A to z důvodu upřednostnění studánky Rozárka kvůli jejímu užívání jako významného zdroje pitné vody v historii.

- U Poloviční trubky

Limity u pramene U Poloviční trubky jsou překročeny na třech místech – u tvrdosti, vápníku a $CHSK_{Mn}$ (viz Tabulka 22). V prvních dvou případech není překročení limitů závažné, u obou parametrů jsou limitní hodnoty pouze doporučené. Nicméně tvrdost vody je zde značná a vodu v tomto pramenu lze označit za velmi tvrdou. Z dlouhodobého hlediska je z tohoto důvodu její užívání jako vody pitné krajně nevhodné.

Tabulka 22: Výsledky podzimních a zimních odběrů u pramene U Poloviční trubky

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,57	0,47	0,52			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	5,46	5,59	5,53			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	7,89	8,10	8,00	0,9-5	DH	NE
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	3,20	3,60	3,40	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	100,90	98,60	99,75	125	MH	ANO
pH	7,60	8,12	7,86	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,11	0,04	0,08	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	19,02	20,65	19,84	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	9,86	8,42	9,14	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	76,62	102,92	89,77	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Překročení limitu u parametru $CHSK_{Mn}$ není nijak výrazné, nicméně i z výše uvedených důvodů nelze vodu z tohoto pramene doporučit jako vodu pitnou.

- Pramen Velká Buková

Pramen Velká Buková se nachází mezi poli nedaleko stejnojmenné obce. Z naměřených hodnot lze u dusičnanů vyčíst značný rozdíl mezi podzimním a zimním odběrem. Dá se předpokládat, že vyšší koncentrace na podzim má přímou souvislost se zemědělskou činností a hnojením, které probíhalo relativně nedávno předtím. Kromě dusičnanů je výrazným způsobem překročen limit u parametru $CHSK_{Mn.}$ (viz Tabulka 23). Z výše uvedených důvodů nelze vodu doporučit jako vodu pitnou.

Tabulka 23: Výsledky podzimních a zimních odběrů u pramene Velká Buková

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,57	0,47	0,52			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	0,81	1,93	1,37			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	1,72	2,42	2,07	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,01	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	3,04	6,80	4,92	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	41,10	51,00	46,05	125	MH	ANO
pH	6,60	7,18	6,89	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,12	0,12	0,12	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,14	0,25	0,20			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	69,37	37,50	53,44	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	35,91	18,25	27,08	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	47,15	61,35	54,25	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Pramen Skalka

Pramen Skalka se dle výsledků (viz Tabulka 24) řadí ze sledovaných studánek mezi ty nejvíce znečištěné. Limity jsou zde překročeny u třech sledovaných parametrů. Velmi výrazně je překročen limit $CHSK_{Mn}$, který indikuje organické znečištění. Spolu s nadlimitní koncentrací amonných iontů lze usuzovat na fekální znečištění tohoto zdroje vody, pravděpodobně z okolních polí.

Nadlimitní je i koncentrace manganu, ovšem pouze při lednovém odběru. Může se tedy jednat pouze o jednorázové znečištění způsobené splachy z okolí.

U tohoto pramene jednoznačně nelze doporučit užití jako zdroje pitné vody.

Tabulka 24: Výsledky podzimních a zimních odběrů u pramene Skalka

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,66	0,66	0,66			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	4,85	4,68	4,77			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	2,65	3,51	3,08	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,12	0,07	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	16,32	12,48	14,40	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	61,40	71,70	66,55	125	MH	ANO
pH	7,17	7,19	7,18	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,21	0,92	0,57	0,5	MH	NE
Fosforečnany [mg l^{-1}]	1,71	0,80	1,26			
Železo [mg l^{-1}]	0,04	0,04	0,04	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	8,06	23,37	15,72	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	52,10	61,77	56,94	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,18	0,09	0,05	MH	NE
Vápník [mg l^{-1}]	72,69	63,33	68,01	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Studánka V Luhu (za domem)

Studánka V Luhu se nachází kousek od zástavby, překročené limity u dusičnanů (viz Tabulka 25) jsou tedy pravděpodobně následkem lidské činnosti, zejm. pak vypouštění jímek do okolního prostředí.

Tabulka 25: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky V Luhu (za domem)

Parametr	Říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,66	0,66	0,66			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	5,26	4,98	5,12			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	4,02	4,39	4,21	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,03	0,01	0,02	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,12	4,72	2,92	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	67,30	64,40	65,85	125	MH	ANO
pH	7,37	7,68	7,53	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,10	0,23	0,17	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,01	0,05	0,03			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	63,78	66,30	65,04	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	47,17	48,44	47,81	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	29,47	23,75	26,61	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Vzhledem k tomu, že se překročení limitů u koncentrace dusičnanů je velmi závažné (jedná se o nejvyšší mezní hodnotu), nelze vodu ze studánky V Luhu (za domem) doporučit jako vodu pitnou.

- Studánka V Luhu

Stejným způsobem, ovšem ještě o něco více, je znečištěna i nedaleká studánka V Luhu, která se nachází přímo uprostřed rodinné zástavby. Ačkoliv ostatní sledované parametry veškeré limity splňují, měření ukázalo jejich značné překročení právě u dusičnanů (viz Tabulka 26). Proto studánku nelze v žádném případě doporučit jako zdroj pitné vody.

Tabulka 26: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky V Luhu

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,66	0,37	0,52			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	4,04	4,37	4,21			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,43	3,56	3,50	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,12	3,28	2,20	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	57,00	56,90	56,95	125	MH	ANO
pH	7,47	7,56	7,52	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,10	0,09	0,10	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,06	0,02	0,04			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	82,80	65,22	74,01	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	24,64	24,75	24,70	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	47,15	35,62	41,39	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Studně Skryje

U této studně se dalo předpokládat velké znečištění v důsledku nedávných povodní. Nicméně hodnoty jsou zde zvýšené nad limit pouze u parametru $CHSK_{Mn}$ (viz Tabulka 27), a to ne nijak výrazně.

Kvalitu vody ve studni Skryje by bylo vhodné dále sledovat. Je možné, že v průběhu času se dostane na původní (ve všech parametrech nezávadnou) úroveň.

Tabulka 27: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studně Skryje

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,47	0,28	0,38			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,84	3,96	3,90			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,63	2,52	3,08	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	3,04	4,00	3,52	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	41,60	45,30	43,45	125	MH	ANO
pH	7,59	7,57	7,58	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,10	0,10	0,10	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,13	0,12	0,13			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	16,78	19,02	17,90	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	14,78	16,85	15,82	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	66,80	27,71	47,26	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Pramen s modrým kbelíkem

V tomto případě je vidět značné překročení limitů u dusičnanů (viz Tabulka 28). Dá se předpokládat stejný vliv okolní zástavby jako v případě obou studánek V Luhu.

Voda z tohoto pramene se tedy zcela jistě nedá doporučit jako voda pitná.

Tabulka 28: Výsledky podzimních a zimních odběrů u Pramene s modrým kbelíkem

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,47	0,47	0,47			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,94	3,46	3,70			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,33	2,86	3,10	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,01	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,36	3,68	2,52	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	41,60	57,70	49,65	125	MH	ANO
pH	7,63	7,52	7,58	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,11	0,15	0,13	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,01	0,02	0,02			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	70,49	66,30	68,40	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	29,57	28,78	29,18	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	68,77	33,65	51,21	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Silniční studánka

Studánka u silnice do obce Týřovice je další z řady studánek, u kterých je překročena hodnota limitující povolenou koncentraci dusičnanů v pitné vodě (viz Tabulka 29). Ačkoliv je překročení této hodnoty jen mírné, i zde nelze vodu ze studánky doporučit jako pitnou, protože u dusičnanů je daný limit nevyšší mezní hodnotou.

Tabulka 29: Výsledky podzimních a zimních odběrů u Silniční studánky

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,47	0,37	0,42			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	4,65	5,18	4,92			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,92	3,95	3,94	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,52	3,04	2,28	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	62,40	64,30	63,35	125	MH	ANO
pH	7,61	7,60	7,61	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,07	0,04	0,06	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,01	0,01	0,01			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	59,30	45,65	52,48	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	38,02	36,50	37,26	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	39,29	39,58	39,44	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Pod poklopem

I studánka Pod poklopem, jako v jediném parametru, překračuje limity dané vyhláškou [6] u dusičnanů (viz Tabulka 30). Zatížení dusičnany je dáno nejspíše vlivem okolní rekreační zástavby.

Ve srovnání s BP Tomáše Brabence [17] tedy nedošlo k žádné změně týkající se právě dusičnanů. I v jeho měřeních byla jejich koncentrace v této studánce zvýšená (viz Příloha 2). Ke zlepšení ovšem došlo u parametru $CHSK_{Mn}$, kde limitní hodnota v současnosti překročena není.

Tabulka 30: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Pod poklopem

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,85	0,66	0,76			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,03	3,25	3,14			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	2,75	2,91	2,83	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,28	3,12	2,20	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	50,50	51,70	51,10	125	MH	ANO
pH	6,90	6,90	6,90	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,17	0,09	0,13	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,06	0,06	0,06			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	69,37	53,26	61,32	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	40,13	39,31	39,72	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	58,94	21,77	40,36	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Studánka s jímkou

Ve stejné lokalitě jako předchozí studánka Pod poklopem se nachází i Studánka s jímkou. Není proto překvapením, že hodnoty u jednotlivých parametrů obou studánek jsou podobné (viz Tabulka 31).

Tabulka 31: Výsledky podzimních a zimních odběrů u Studánky s jímkou

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,95	0,56	0,76			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	2,83	3,76	3,30			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	2,70	3,16	2,93	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	0,96	3,52	2,24	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	51,60	54,00	52,80	125	MH	ANO
pH	6,89	6,88	6,89	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,22	0,09	0,16	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,06	0,06	0,06			
Železo [mg l^{-1}]	0,02	0,02	0,02	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	61,54	69,57	65,56	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	40,83	41,42	41,13	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	58,94	27,71	43,33	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Stejně je tomu i v případě dusičnanů. Proto též nelze Studánku s jímkou doporučit jako zdroj pitné vody.

- U Škrpálu

Stejný případ nastává i u poslední ze tří studánek chatařské oblasti poblíž říčky Vůznice, u studánky U Škrpálu. Limity jsou opět překročeny pouze u dusičnanů, a to poměrně výrazně (viz Tabulka 32). Ke zhoršení došlo i ve srovnání s měřeními z BP Tomáše Brabence [17], a to zhruba o 10 mg l^{-1} (viz Příloha 3). Vodu z této studánky v žádném případě nelze doporučit jako vodu pitnou – při dlouhodobém užívání by mohlo dojít ke vzniku závažného onemocnění methemoglobinémie.

Tabulka 32: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky U Škrpálu

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,57	0,47	0,52			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	2,93	3,56	3,25			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,09	3,41	3,25	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,20	2,96	2,08	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	54,90	57,10	56,00	125	MH	ANO
pH	7,02	6,93	6,98	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,25	0,10	0,18	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,06	0,07	0,07			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	63,78	71,74	67,76	50	NMH	NE
Chloridy [mg l^{-1}]	41,54	41,42	41,48	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	58,94	49,48	54,21	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

- Obelisk

U studánky Obelisk lze vidět překročení limitů u parametru $CHSK_{Mn}$ (viz Tabulka 33), což je ukazatel indikující organické znečištění rostlinného nebo živočišného původu. Vzhledem k tomu, že se studánka nachází uprostřed listnatého lesa, lze se domnívat, že zvýšené množství organických látek v této studánce je dáno okolním prostředím (tlející listí, dřevo, atp.).

Tabulka 33: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Obelisk

Parametr	říjen 2013	leden 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,66	0,75	0,71			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	5,56	5,79	5,68			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,53	3,36	3,45	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,01	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	4,00	4,08	4,04	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	51,10	55,60	53,35	125	MH	ANO
pH	7,56	7,50	7,53	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,23	0,07	0,15	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,06	0,08	0,07			
Železo [mg l^{-1}]	0,04	0,00	0,02	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	2,69	1,85	2,27	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	11,97	10,53	11,25	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,06	0,03	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	21,61	21,77	21,69	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Podobné hodnoty $CHSK_{Mn}$ byly naměřeny i v rámci BP Tomáše Brabence [17], v tomto směru tedy nedošlo k žádné výrazné změně (viz Příloha 4). V jeho měřeních byla ovšem zjištěna poměrně značná koncentrace manganu, která několikanásobně překračovala limity pro tento kov povolené. Koncentrace manganu od té doby výrazně klesla a v současnosti je pod povolenými hodnotami.

6.2 Kompletní (celoroční) rozbory a mikrobiologická analýza

6.2.1 Rozárka

Rozárka byla i přes nepříznivé výsledky z podzimních a zimních měření vybrána i pro další sledování. Tato studánka, jak již bylo zmíněno výše, dříve sloužila jako zdroj pitné vody pro celou obec Zbečno. Tento fakt byl rozhodující pro její zařazení mezi studánky, u kterých se ve fyzikálně-chemických rozborech pokračovalo i po zbytek roku a zařadila se navíc i mikrobiologická analýza. Tak bude možné podat komplexní obraz stavu, ve kterém se Rozárka nachází v současnosti.

Dle naměřených výsledků (viz Tabulka 34) je voda v Rozárce tvrdší, než je doporučeno ve vyhlášce [6]. S tím úzce souvisí i vysoká koncentrace vápenatých

iontů. Hodnoty jsou u obou parametrů pouze doporučené, proto se nejedná o závažný problém.

Ovšem výrazné překročení limitů můžeme sledovat i u chloridů, zde je jejich překročení závažnější – zvýšená koncentrace chloridů může ukazovat na fekální znečištění a velmi negativně ovlivňovat organoleptické vlastnosti vody, především chuť. Bohužel v BP Tomáše Brabence [17] nebyly chloridy sledovány, proto nelze porovnat, zda je jejich zvýšená hodnota trvalým stavem. Kde zlepšení nicméně došlo v případě organického znečištění – hodnoty $CHSK_{Mn}$ klesly pod limit daný vyhláškou [6] (viz Příloha 5).

Tabulka 34: Výsledky celoročních odběrů u studánky Rozárka

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,76	0,37	0,46	0,36	0,49	0,42			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,94	4,27	3,66	4,47	4,09	4,11			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	5,88	6,02	5,45	5,66	5,75	5,77	0,9-5	DH	NE
Dusitany [mg l^{-1}]	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,92	3,36	4,64	1,76	2,92	2,64	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	92,30	99,00	115,50	161,70	117,13	107,25	125	MH	ANO
pH	7,24	7,32	7,48	7,41	7,36	7,37	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,12	0,07	0,15	0,15	0,12	0,14	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	2,80	34,24	34,78	6,52	19,59	20,38	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	167,56	181,81	153,03	160,75	165,79	164,16	100	MH	NE
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	86,45	100,94	188,50	181,64	139,38	141,29	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Co se týče mikrobiologických ukazatelů kvality vody, dopadla Rozárka velmi špatně ve všech hodnocených parametrech (Tabulka 35). Je sice vidět zlepšení mezi květnovým a červencovým odběrem, nicméně se jedná spíše o vliv povětrnostních podmínek, které během odběrů panovaly – v den květnových odběrů bylo deštivo, zatímco červenec byl spíše suchý. Dá se tedy předpokládat vyšší mikrobiální znečištění v důsledku splachů z okolního prostředí (tento jev je pozorovatelný i u dalších studánek).

Tabulka 35: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky Rozárka

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	1413,6	20,1	716,9	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	>2419,2	>2419,2	>2419,2	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	196	>100	148	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	7360	870	4115	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	424	380	402	20	MH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Z výše uvedených důvodů, zejména pak díky značnému výskytu organismů indikujících fekální znečištění (pravděpodobně souvisí i s vysokou koncentrací chloridů), nelze v žádném případě doporučit studánku Rozárka jako zdroj pitné vody.

6.2.2 U Rezavé vody

Studánka U Rezavé vody zcela dle očekávání nesplnila limity dané pro železo a mangan (viz Tabulka 36), a to poměrně výrazně. Limity nebyly splněné již během podzimních a zimních měření, nicméně byla vybrána k dalšímu sledování pro její zajímavé vlastnosti – zjevně velmi železitou vodu. Právě na příkladu této studánky lze vidět, že železo je manganem ve většině případů doprovázeno.

Tabulka 36: Výsledky celoročních odběrů u studánky U rezavé vody

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	1,99	1,78	1,28	1,64	1,67	1,71			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,84	4,88	3,55	3,96	4,06	3,90			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,92	3,90	4,01	3,94	3,94	3,93	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,52	3,52	2,24	3,36	2,66	2,80	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	57,80	61,50	62,50	63,70	61,38	62,00	125	MH	ANO
pH	6,56	6,53	6,80	6,58	6,62	6,57	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,11	0,10	0,13	0,16	0,13	0,12	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01			
Železo [mg l^{-1}]	0,11	0,69	0,78	0,85	0,61	0,74	0,2	MH	NE
Dusičnany [mg l^{-1}]	1,34	1,30	2,50	2,07	1,80	1,71	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	22,53	21,76	28,08	20,36	23,18	22,15	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	1,01	0,89	0,65	0,71	0,82	0,80	0,05	MH	NE
Vápník [mg l^{-1}]	21,61	49,48	89,29	57,26	54,41	53,37	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Studánka U rezavé vody dopadla po mikrobiologické stránce ze všech studánek nejlépe. Limity vyhlášky [6] nesplňuje pouze v počtu koliformních bakterií (viz Tabulka 37), a to nepříliš výrazně, přičemž přítomnost indikátorů čerstvého fekálního znečištění (enterokoků a *E.coli*) ani při jednom z odběrů nebyla zjištěna.

Tabulka 37: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Rezavé vody

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	0	0	0	0	NMH	ANO
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	3,1	9,7	6,4	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	0	0	0	0	NMH	ANO
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	12	6	2	200	MH	ANO
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	1	3	9	20	MH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Limit u koliformních bakterií je jen mezní hodnotou, záleželo by na rozhodnutí hygienika, zda by toto znečištění zhodnotil jako závažné a vyloučil tím vodu ze studánky jako pitnou. To samé platí pro železo a mangan, které nemají přímý hygienický význam, pouze ovlivňují chuť a zabarvení vody.

6.2.3 U Cvočkaře

Studánka U Cvočkaře byla pro další sledování vybrána jako „odstrašující“ příklad díky svému na první pohled špatnému stavu vody. Fyzikálně-chemická analýza ovšem prokázala „pouze“ organické znečištění, tedy překročený limit u parametru $CHSK_{Mn}$ (viz Tabulka 38), a vysoké hodnoty železa. Při lednovém odběru byla zjištěna i značná koncentrace manganu. Vzhledem k tomu, že u předchozích ani následujících měření se mangan dále nepotvrdil, dá se předpokládat nárazové ovlivnění splachem z okolního prostředí.

Tabulka 38: Výsledky celoročních odběrů u studánky U Cvočkaře

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,47	0,47	0,27	0,36	0,39	0,42			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	2,63	2,64	2,23	1,83	2,33	2,43			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	1,27	0,99	1,24	1,48	1,25	1,26	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,07	0,06	0,04	0,08	0,06	0,07	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	27,20	41,28	60,00	31,20	39,92	36,24	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	36,40	34,30	41,20	39,50	37,85	37,95	125	MH	ANO
pH	7,59	7,44	7,48	7,66	7,54	7,54	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,14	0,10	0,17	0,32	0,18	0,16	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	1,60	1,22	0,50	1,03	1,09	1,13			
Železo [mg l^{-1}]	2,33	2,46	0,54	0,58	1,48	1,46	0,2	MH	NE
Dusičnany [mg l^{-1}]	24,62	15,22	23,91	19,57	20,83	21,74	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	38,02	32,99	56,86	25,27	38,29	35,51	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,36	0,00	0,00	0,09	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	23,58	33,65	37,70	31,59	31,63	32,62	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

U této studánky se v rámci mikrobiologie výrazně projevil vliv srážek z květnového odběru. Studánka nesplňuje limity v žádném parametru, včetně indikátorů čerstvého fekálního znečištění (viz Tabulka 39).

Tabulka 39: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Cvočkaře

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	>2419,2	0	1209,6	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	>2419,2	165	1292,1	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	58	1	30	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	5920	510	3215	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	500	40	270	20	MH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Z výše uvedených důvodů, zejména nesplnění požadavků u parametrů sledovaných v rámci fyzikálně-chemické i mikrobiologické analýzy, nelze studánku U Cvočkaře doporučit jako zdroj pitné vody.

6.2.4 *Studánka Nový Jáchymov*

Kvalita vody v této studánce byla po podzimních a zimních odběrech vyhodnocena jako vynikající, proto byla vybrána pro další sledování. Nicméně hodnoty $CHSK_{Mn}$ se s každým odběrem měnily k horšímu, až došlo k překročení limitů daných pro tento parametr (viz Tabulka 40). Překročení ovšem není nijak závažné a dá se předpokládat, že přítomné organické znečištění je dáno okolním prostředím (studánka se nachází na neupravené mýtině).

Tabulka 40: Výsledky celoročních odběrů u studánky Nový Jáchymov

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,57	0,37	0,36	0,46	0,44	0,42			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,44	4,27	3,45	4,06	3,81	3,76			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	2,70	2,57	2,38	2,51	2,54	2,54	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,60	3,36	3,84	4,40	3,30	3,60	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	41,40	44,80	40,50	47,50	43,55	43,10	125	MH	ANO
pH	7,20	7,27	7,38	7,33	7,30	7,30	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,11	0,10	0,12	0,35	0,17	0,12	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,16	0,17	0,11	0,17	0,15	0,17			
Železo [mg l^{-1}]	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	2,46	1,63	2,61	2,61	2,33	2,54	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	6,34	5,62	4,91	5,62	5,62	5,62	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	51,08	33,65	55,56	43,44	45,93	47,26	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Tato studánka také vykazuje fekální znečištění (viz Tabulka 41), v červencových odběrech se objevují i enterokoky a *Escherichia coli*.

Tabulka 41: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky Nový Jáchymov

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	0	6,3	3,2	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	74,9	122,3	98,6	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	0	3	2	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	62	108	85	200	MH	ANO
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	14	24	19	20	MH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Právě kvůli nevyhovujícím mikrobiologickým ukazatelům nelze studánku Nový Jáchymov doporučit jako zdroj pitné vody.

6.2.5 Tři prameny

V případě Tří pramenů bylo očekáváno, že kvalita přítomné vody bude více než dobrá. Všechny tři prameny, zejména pak Voda z lesních tišin, jsou jako zdroj pitné vody hojně využívány.

- Voda z lesních tišin

Dle výsledků celoročních fyzikálně-chemických měření (viz Tabulka 42) je kvalita vody u studánky Voda z lesních tišin vynikající. Zanedbatelná je mírně nižší koncentrace vápenatých iontů než doporučuje vyhláška [6], s tím úzce souvisí i celkově spíše měkká voda v této studánce. Ke stejným závěrům ohledně tvrdosti dospěl i Tomáš Brabenec ve své BP [17] (viz Příloha 6).

Tabulka 42: Výsledky celoročních odběrů u studánky Voda z lesních tišin

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,38	0,28	0,27	0,27	0,30	0,28			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	2,12	2,03	1,83	2,34	2,08	2,08			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	1,27	1,58	1,19	1,23	1,32	1,25	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,36	3,28	2,16	3,20	2,50	2,68	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	26,50	25,80	24,90	26,80	26,00	26,15	125	MH	ANO
pH	7,85	7,74	7,67	7,81	7,77	7,78	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,11	0,06	0,12	0,07	0,09	0,09	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,06	0,07	0,02	0,05	0,05	0,06			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	6,04	5,43	5,98	4,89	5,59	5,71	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	10,56	9,83	8,42	9,83	9,66	9,83	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	33,40	39,58	37,70	37,51	37,05	37,61	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Ačkoliv kvalita vody u této studánky byla z fyzikálně-chemického hlediska výborná, mikrobiologická analýza ukazuje opak. I když je zde patrný vliv květnových srážek,

i červencové odběry vykazují fekální znečištění včetně přítomnosti enterokoků. Limit je překročen i u počtu kolonií při 22 °C (viz Tabulka 43).

Tabulka 43: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky Voda z lesních tišin

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	13,4	0	6,7	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	686,2	80,9	383,6	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	52	3	28	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	1640	250	945	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	16	4	10	20	MH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Mikrobiologická analýza ukázala závadnost vody ze studánky Voda z lesních tišin. U tohoto pramene se jedná o obzvlášť závažné zjištění, neboť je lidmi velmi často užíván na pití. U citlivějších jedinců by mohlo dlouhodobé pití této vody vyvolat zdravotní potíže.

- Studánka tekoucí do koryta

I v případě Studánky tekoucí do koryta jsou hodnoty všech parametrů odpovídající vyhlášce [6] (viz Tabulka 44). Voda ve studánce je stejně jako u studánky Voda z lesních tišin opět spíše měkčí a nedosahuje doporučených hodnot u koncentrace vápníku.

Ve srovnání s výsledky uvedenými v BP Tomáše Brabence [17] došlo k výraznému zlepšení v míře organického znečištění (viz Příloha 7). V letech 2011-2012 byl limit překročen, v současnosti jsou hodnoty $CHSK_{Mn}$ na velmi dobré úrovni.

Tabulka 44: Výsledky celoročních odběrů u Studánky tekoucí do koryta

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,19	0,28	0,18	0,27	0,23	0,23			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	1,82	1,83	1,93	2,13	1,93	1,88			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	1,37	1,43	1,24	1,23	1,32	1,31	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,12	3,44	2,16	1,44	2,04	1,80	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	25,80	26,40	25,20	23,50	25,23	25,50	125	MH	ANO
pH	7,78	7,61	7,62	7,76	7,69	7,69	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,12	0,09	0,13	0,09	0,11	0,11	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,06	0,07	0,03	0,05	0,05	0,06			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	6,15	5,22	5,87	5,00	5,56	5,55	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	9,86	9,83	8,42	9,13	9,31	9,48	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	31,44	55,42	39,68	33,56	40,03	36,62	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Mikrobiologická analýza ovšem ukazuje na fekální znečištění včetně přítomnosti *E.coli* a enterokoků (viz Tabulka 45). Výsledky jsou velmi podobné studánce Voda z lesních tišin.

Tabulka 45: Výsledky mikrobiologické analýzy u Studánky tekoucí do koryta

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	3,1	8,5	5,8	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	435,2	29,4	232,3	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	9	5	7	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	1056	120	588	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	18	10	14	20	MH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Kvůli výsledkům mikrobiologické analýzy nelze vodu ze Studánky tekoucí do koryta doporučit jako pitnou.

- Studánka tekoucí volně

Studánka tekoucí volně vykazuje velmi podobné hodnoty jako zbylé dvě studánky od Tří pramenů – tedy vysokou kvalitu s nižší tvrdostí vody a podlimitními hodnotami koncentrace vápenatých iontů (viz Tabulka 46).

Ke stejným závěrům dospěl i Tomáš Brabenec ve své BP (viz Příloha 8). Nedošlo tedy k žádným výrazným změnám.

Tabulka 46: Výsledky celoročních odběrů u Studánky tekoucí volně

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,28	0,28	0,18	0,27	0,25	0,28			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	1,92	2,54	1,83	2,23	2,13	2,08			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	1,27	1,58	1,19	1,28	1,33	1,28	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,12	3,04	3,52	2,64	2,58	2,84	3	MH	ANO
Vodivost [mS m^{-1}]	26,10	26,40	25,00	27,30	26,20	26,25	125	MH	ANO
pH	7,73	7,65	7,79	7,88	7,76	7,76	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,12	0,07	0,19	0,03	0,10	0,10	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,07	0,07	0,03	0,06	0,06	0,07			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	6,15	5,43	5,87	5,00	5,61	5,65	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	9,86	11,23	7,72	9,83	9,66	9,85	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	31,44	43,54	37,70	37,51	37,55	37,61	40-80	DH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Stejně jako u předchozích dvou studánek od Tří pramenů i Studánka tekoucí volně nevyhovuje z důvodu zjevného fekálního znečištění (viz Tabulka 47). I zde je patrné výrazné zlepšení v červenci oproti květnovým odběrům.

Tabulka 47: Výsledky mikrobiologické analýzy u Studánky tekoucí volně

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	8,5	0	4,3	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	727,0	67,9	397,5	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	15	8	12	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	1536	190	863	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	32	12	22	20	MH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Stejně jako oba dva předchozí prameny, ani Studánku tekoucí do koryta tedy nelze doporučit jako zdroj pitné vody.

6.2.6 U Eremita

Studánka U Eremita je zatížena postupně zvyšujícím se organickým znečištěním (viz Tabulka 48). V ostatních parametrech voda z této studánky limity splňuje.

U studánky U Eremita byl zásadní problém s její vydatností. Z tohoto důvodu nebylo možné provést poslední, červencový odběr pro fyzikálně-chemickou analýzu.

Tabulka 48: Výsledky celoročních odběrů u studánky U Eremita

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,47	0,37	0,27	-	0,37	0,37			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,54	3,86	1,93	-	3,11	3,54			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	2,89	2,81	2,23	-	2,64	2,81	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,01	-	0,00	0,00	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,28	3,12	5,52	-	3,31	3,12	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	51,60	49,30	37,60	-	46,17	49,30	125	MH	ANO
pH	7,66	7,68	7,73	-	7,69	7,68	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,10	0,04	0,10	-	0,08	0,10	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,14	0,16	0,15	-	0,15	0,15			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	51,47	40,22	36,96	-	42,88	40,22	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	19,01	18,25	11,93	-	16,40	18,25	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	58,94	43,54	57,54	-	53,34	57,54	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Tato studánka nevyhovuje mikrobiologickým limitům v žádném parametru (viz Tabulka 49). Z výsledků je patrné znečištění fekáliemi i vysoký obsah snadno rozložitelných organických látek (indikátorem je značné množství kultivovatelných organismů při 22 °C a 36 °C). Pozorovatelné je výrazné zlepšení mezi květnovým a červencovým odběrem.

Tabulka 49: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Eremita

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	178,5	0	89,3	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	>2419,2	387,3	1403,3	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	169	4	87	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	6120	670	3395	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	560	40	300	20	MH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Zejména z důvodů vysokého množství nežádoucích mikroorganismů ve vodě nelze studánku U Eremita využívat jako zdroj pitné vody.

6.2.7 Na Škrobotech

Po stránce fyzikálně-chemické je kvalita vody v této studni velmi dobrá. K zanedbatelnému překročení limitů došlo pouze u parametru $CHSK_{Mn}$, přičemž poslední (červencový) odběr je bezpečně pod limitem (viz Tabulka 50). Ostatní sledované ukazatele kvality vody odpovídají limitům daným vyhláškou [6].

Tabulka 50: Výsledky celoročních odběrů u studně Na Škrobotech

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,38	0,37	0,64	0,55	0,49	0,47			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	3,13	3,35	3,25	3,15	3,22	3,20			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	3,19	3,11	3,17	3,15	3,16	3,16	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,60	3,60	3,92	2,48	2,90	3,04	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	53,10	53,90	45,30	54,90	51,80	53,50	125	MH	ANO
pH	7,82	7,88	8,13	8,09	7,98	7,99	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,15	0,07	0,10	0,07	0,10	0,09	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	42,52	56,52	48,91	6,63	38,65	45,72	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	27,46	26,68	25,97	26,68	26,70	26,68	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	68,77	33,65	69,45	33,56	51,36	51,21	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Co se týče mikrobiologické analýzy, nejsou výsledky ani zdaleka tak příznivé. Studánka výrazně překračuje limity u všech sledovaných parametrů, včetně indikátorů čerstvého fekálního znečištění (viz Tabulka 51). Dá se předpokládat vliv okolního prostředí – oblast je hojně využívána turisty (v okolí jsou jak chaty, tak kempy).

Tabulka 51: Výsledky mikrobiologické analýzy u studně Na Škrobotech

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	34,1	25	29,6	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	2419,2	>2419,2	>2419,2	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	212	56	134	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	1920	1380	1650	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	242	360	301	20	MH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Na základě mikrobiologické analýzy studna Na Škrobotech nevyhovuje limitům daným vyhláškou [6]. U studánky je tak správně umístěna cedule informující o užitkové kvalitě vody.

6.2.8 U Zajíce

Studánka U Zajíce se po podzimních a zimních odběrech jevila jako vynikající, co se kvality vody z fyzikálně-chemického hlediska týče, a proto byla vybrána pro další sledování. U této studánky však docházelo v průběhu roku k postupnému nárůstu znečištění organického původu, tedy parametru $CHSK_{Mn}$ (viz Tabulka 52), a to až výrazně nad limit.

Dále si lze všimnou velkého výkyvu koncentrace manganu u červencového odběru oproti zbytku roku. Aby bylo možné zhodnotit, jestli se jedná o jednorázový nárůst, tedy povrchové znečištění, bylo by nezbytné v měřeních pokračovat i nadále.

Tabulka 52: Výsledky celoročních odběrů u studánky U Zajíce

Parametr	říjen 2013	leden 2014	květen 2014	červenec 2014	průměr	medián	limit[a)]	pozn.	Splněno?
$ZNK_{8,3}$ [mmol l^{-1}]	0,66	0,37	0,46	0,82	0,58	0,56			
$KNK_{4,5}$ [mmol l^{-1}]	6,77	6,51	6,09	5,89	6,32	6,30			
Tvrdost [mmol l^{-1}]	4,90	4,20	4,60	4,38	4,52	4,49	0,9-5	DH	ANO
Dusitany [mg l^{-1}]	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,5	NMH	ANO
$CHSK_{Mn}$ [mg l^{-1}]	1,44	2,96	5,76	6,80	4,24	4,36	3	MH	NE
Vodivost [mS m^{-1}]	72,80	69,70	57,70	71,60	67,95	70,65	125	MH	ANO
pH	7,62	7,42	7,62	7,78	7,61	7,62	6,5-9,5	MH	ANO
Amonné ionty [mg l^{-1}]	0,32	0,10	0,20	0,81	0,36	0,26	0,5	MH	ANO
Fosforečnany [mg l^{-1}]	0,03	0,01	0,03	0,59	0,17	0,03			
Železo [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2	MH	ANO
Dusičnany [mg l^{-1}]	1,01	0,54	3,48	3,26	2,07	2,14	50	NMH	ANO
Chloridy [mg l^{-1}]	66,88	60,37	67,39	77,22	67,97	67,14	100	MH	ANO
Mangan [mg l^{-1}]	0,00	0,00	0,00	0,24	0,06	0,00	0,05	MH	ANO
Vápník [mg l^{-1}]	19,65	27,71	109,13	29,62	46,53	28,67	40-80	DH	ANO

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Jak je vidět dále (viz Tabulka 53), studánka U Zajíce nevyhovuje limitům v žádném ze sledovaných parametrů. Velmi výrazné je zjištěné množství koliformních bakterií (vč. enterokoků), které v květnu překročilo i měřitelnou hodnotu. Stejně výrazné je u této studánky i množství kultivovatelných organismů indikujících organické znečištění.

Tabulka 53: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Zajíce

Parametr	květen 2014	červenec 2014	průměr	limit[a)]	pozn.	Splněno?
Escherichia coli [MPN/100 ml]	8,6	0	4,3	0	NMH	NE
Koliformní bakterie [MPN/100 ml]	>2419,2	2419,2	>2419,2	0	MH	NE
Enterokoky [KTJ/100 ml]	52	75	64	0	NMH	NE
Počty kolonií při 22 °C [KTJ/ml]	2480	>3000	2740	200	MH	NE
Počty kolonií při 36 °C [KTJ/ml]	145	550	348	20	MH	NE

a) Dle vyhlášky 252/2004 Sb. [6]

Z výše uvedených důvodů, zejména tedy díky značnému organickému znečištění studánky a překročení všech mikrobiologických ukazatelů, nelze studánku U Zajíce doporučit jako zdroj pitné vody.

7 DISKUZE

V rámci této diplomové práce bylo sledováno 24 studánek a pramenů na území CHKO Křivoklátsko. U všech 24 byla dvakrát provedena základní fyzikálně-chemická analýza v laboratoři Ústavu životního prostředí Univerzity Karlovy čítající 14 ukazatelů. Odběry byly uskutečněny v říjnu 2013 a lednu 2014. Na základě výsledků těchto měření bylo vybráno deset studánek, u kterých se ve sledování pokračovalo i po zbytek roku, tedy v květnu 2014 a červenci 2014 tak, aby bylo pokryto každé roční období.

Kromě základního fyzikálně-chemického měření byly vzorky vody ze studánek odeslány také k mikrobiologické analýze do laboratoří Státního zdravotního ústavu. Mikrobiologická analýza byla zvolena jako doplněk k analýze základní, aby bylo možné podat komplexní zprávu o stavu studánek na Křivoklátsku.

Z fyzikálně-chemického hlediska není až na pár výjimek stav sledovaných studánek vyloženě špatný. Pokud došlo k překročení limitů daných vyhláškou [6], jednalo se ve většině případů o parametr $CHSK_{Mn}$, který je ukazatelem celkového organického znečištění. Vzhledem k tomu, že se studánky často nachází v zalesněných oblastech, dá se předpokládat, že je to způsobeno přirozeně vlivem okolního prostředí (tlející listí apod.). Dalším parametrem, u nějž velmi často docházelo k překročení limitu, byly dusičnany. V tomto případě je jejich vyšší koncentrace ve vodách již problém, neboť konzumace takové vody by mohla způsobit závažné zdravotní potíže. Vysoká koncentrace dusičnanů byla patrná zejména u těch studánek, které se vyskytovaly blízko zástavby, ať už rekreační (např. studánka Pod Poklopem) nebo rodinné (např. studánka V Luhu). Vysoká koncentrace dusičnanů je tedy s největší pravděpodobností způsobena lidskou činností, a to vypouštěním komunálních odpadů do okolí.

Výrazně horší výsledky poskytla mikrobiologická analýza. Limity dané vyhláškou nesplnila ani jedna z deseti vybraných studánek. U některých došlo dokonce k překročení u všech sledovaných ukazatelů (např. studánka U Eremita). Nejčastěji překročeným ukazatelem byl počet koliformních bakterií, velmi často v doprovodu *E.coli* a enterokoků, tedy indikátorů čerstvého fekálního znečištění.

U mikrobiologické analýzy byl patrný vliv povětrnostních podmínek, které panovaly během odběrů. V květnu bylo značně deštivo, na rozdíl od slunečného července. U většiny studánek tak analýza vzorků z květnového odběru ukazovala výrazně horší výsledky než u analýzy z července v důsledku splachů z okolního prostředí.

Celkově se za studánku s nejlepšími výsledky dá považovat studánka U Rezavé vody. Voda z tohoto pramene sice v rámci fyzikálně-chemické analýzy překročila limity u železa a manganu. Oba ukazatele jsou však závadné spíše z důvodů vlivu na organoleptické vlastnosti vody než z důvodů hygienických. Stejně tak počet koliformních bakterií je sice vyšší, než udává vyhláška [6], nicméně rozdíl je minimální. Jak již bylo uvedeno v kapitole 6.2.2, záleželo by na posouzení hygienika, zda je překročení těchto limitů závažné, či nikoliv.

Ovšem alarmující jsou výsledky mikrobiologických rozborů u Třech pramenů. Lidé je jako zdroj pitné vody užívají poměrně běžně, zejm. pak studánku Voda z lesních tišin. Je na ní dokonce umístěn hrneček. Všechny tři prameny nesplnily limity u většiny sledovaných ukazatelů, zejm. těch, které indikují fekální znečištění. Dlouhodobé užívání takové vody by mohlo způsobit u citlivějších jedinců zdravotní potíže. Na studánkách chybí cedule informující o užitkové kvalitě zdejší vody. Bylo by tedy vhodné, aby byla doplněna.

Dalším z cílů této diplomové práce bylo srovnat výsledky fyzikálně-chemické analýzy s analýzou provedenou v rámci BP Tomáše Brabence *Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko* [17]. V pěti případech došlo ke zlepšení stavu. U čtyřech se jednalo o míru organického znečištění, tedy ukazatel $CHSK_{Mn}$ (Štíhlice, Pod Poklopem, Rozárka, Studánka tekoucí do koryta), u páté studánky (Obelisk) byl v letech 2011-2012 výrazně překročen limit daný pro mangan. V současnosti jsou jeho hodnoty pod limitem.

V jednom případě (studánka U Škrpálu) ovšem došlo ke značnému zvýšení koncentrace dusičnanů, jedná se tak o výrazné zhoršení stavu kvality vody oproti měřením provedeným v rámci zmíněné BP.

Celkově se tedy, až na jedinou výjimku, kvalita vody ve společně sledovaných studánkách buď zlepšila, nebo zůstala stejná. Což je pozitivní trend.

ZÁVĚR

Z výsledků vyplývá, že celkově stav studánek na území Křivoklátska není vyloženě špatný. Nicméně úroveň kvality vody z těchto zdrojů rozhodně nelze označit jako vynikající a vhodnou pro konzumaci člověkem. Ačkoliv z fyzikálně-chemického hlediska jsou studánky často v naprostém pořádku, neméně důležitá mikrobiologická analýza ukáže opak. Velkým problémem je zejména fekální znečištění – dá se předpokládat, že převážně původem z blízké zástavby. V malých vesnicích (o chatových osadách nemluvě) často chybí kanalizace, u domů se tedy zpravidla nachází pouze jímky a odpadní vody z nich mohou unikat do okolí. Běžnou praxí je i vypouštění takových jímek přímo. Podobný vliv, pravděpodobně ještě zásadnější, má zemědělská činnost, zejména hnojení polností.

Navrhnout ovšem plošnou výstavbu kanalizace v takových obcích a omezení zemědělství je nereálné. Lze pouze apelovat na obyvatele, rekreanty a podnikatele, aby se ke svému okolí chovali co nejvíce ohleduplně.

Nicméně srovnání výsledků této DP s výsledky z let 2011-2012 dává naději, že obecně se stav studánek v oblasti postupně lepší. Lze tedy doporučit, aby studánky byly monitorovány i nadále. Na základě dalších měření by pak bylo možné posoudit, zda se jedná o opravdu dlouhodobý trend. Vhodné by bylo sledovat zejména ty studánky, o kterých je známo, že jsou jako zdroje pitné vody využívány (např. Tři prameny). Vzhledem k tomu, že valná většina studánek není nijak označena, bylo by dobré alespoň tyto opatřit cedulí informující veřejnost o úrovni kvality takového vodního zdroje (nejlépe na základě analýzy provedené akreditovanou laboratoří).

Zároveň je v současnosti smutným trendem zánik přírodních studánek, který je často způsobený přímo lidskou činností. Také proto je sledování těchto drobných vodních zdrojů nezbytné – například prostřednictvím Národního registru pramenů a studánek [18]. V rámci této diplomové práce bylo právě do Národního registru pramenů a studánek přidáno celkem 12 drobných vodních zdrojů.

Studánky jsou obecně poměrně oblíbenou turistickou atrakcí, pokud se o nich tedy bude vědět a budou zaneseny v mapách, je větší šance, že o ně bude v budoucnu zodpovědně postaráno.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ČESKO: *Ústava České republiky*. In: Sbírka zákonů České republiky. 1993. částka 1, s. 2-16. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=22427>.

[2] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ: *Implementace rámcové směrnice EU pro vodní politiku v České republice.* Praha: Ministerstvo životního prostředí. 2004. 38 s. ISBN 80-7212-273-8.

[3] CRUZ, V. J. et al: *Implementation of the Water Framework Directive in an Outermost EU Region: The Case of Azores Archipelago.* The Open Hydrology Journal. 2012. č. 6. Dostupné z: <http://www.benthamscience.com/open/tohydj/articles/V006/1TOHYDJ.pdf>.

[4] EU: *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC ze dne 22. prosince 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky*. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>.

[5] ČESKO: *Zákon č. 254 ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon*). In: Sbírka zákonů České republiky. 2001. částka 98. s. 5617-5668. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3676>.

[6] ČESKO: *Vyhláška č. 252 ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. In: Sbírka zákonů České republiky. 2004. částka 74. s. 5402-5422. Dostupné z: < http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4386>.

[7] ČESKO: *Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů*. In: Sbírka zákonů České republiky. 2000. částka 98. s. 3622-3662. Dostupné z: < http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3462>.

[8] KOLBEK, J.; VÍTKOVÁ, M.: *Dlouhodobé sledování změn lesních a lučních společenstev v Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervaci Křivoklátsko*. Praha: Akademie věd ČR. 1999. 100 s. ISBN 80-86188-04-3.

[9] ŠTĚPÁNEK, P.: *Křivoklátsko biosphere reserve*. Praha: Empora. 1994. 48 s. ISBN 80-857-7921-8.

[10] AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY. *Správa CHKO Křivoklátsko* [online]. Dostupné z: < http://krivoklatsko.ochranaprirody.cz/>.

[11] JEDLIČKA, J.; EMBERTOVÁ, R.: *Průvodce po naučných stezkách CHKO Křivoklátsko*. Zbečno: AOPK ČR. 2008. 30 s. ISBN 978-80-87051-42-9.

[12] PALIVEC, V. et al.: *Křivoklátsko*. Praha: Středočeské nakladatelství a knihkupectví v Praze. 1986. 179 s.

[13] BOHÁČ, J.: *Biodiverzita a udržitelný rozvoj Křivoklátska*. 2003. Dostupné z: < http://www.infodatasys.cz/vav2003/krivoklat/biodiversita-krivoklat.pdf>.

[14] POKORNÁ, D.; ZÁBRANSKÁ, J.: *Hydrologie a hydropedologie*. Praha: VŠCHT. 2008. 218 s. ISBN 978-80-7080-707-1.

[15] ŠILAR, J.: *Hydrologie v životním prostředí*. Ostrava: Vysoká škola báňská – TU Ostrava. 1996. 136 s. ISBN 80-7078-361-3.

[16] PITTER, P.: *Hydrochemie*. Vyd. 4. Praha: VŠCHT. 2009. 580 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

[17] BRABENEC, T.: *Studie kvality vody ve vybraných pramenech a studánkách v CHKO Křivoklátsko*. Praha. 2012. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Vedoucí bakalářské práce: Libuše Benešová.

[18] MLADÍ OCHRÁNCI PŘÍRODY: *Národní registr pramenů a studánek* [online]. Dostupné z: <www.estudanky.eu>.

[19] ČÍŽEK, R.: *Rozárka, studánka ve Zbečně v Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko* [online]. Dostupné z: < http://rozarka-studanka-zbecno.webnode.cz/>.

[20] ČESKO. *Vyhláška č. 395 ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny*. In: Sbírka zákonů České republiky. 1992. částka 80. s. 2212-2246. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2603>.

[21] GRÜNWALD, A.: *Chemie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT. 2005. 131 s. ISBN 80-010-3243-4.

[22] HORÁKOVÁ, M.: *Analytika vody*. Vyd. 2. Praha: VŠCHT. 2003. 335 s. ISBN 80-708-0520-X.

[23] STRAKA, P.: *Obecná chemie*. Vyd. 1. Praha: Paseka. 1995. 142 s. ISBN 80-718-5003-9.

[24] KOŽÍŠEK, F.: *Zdravotní význam „tvrdosti" pitné vody*. Praha: Státní zdravotní ústav. 2000. 24 s. Dostupné z: <http://www.vak.cz/soubory/tvrdost.pdf>.

[25] LANGHAMMER, J.: *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Praha: Univerzita Karlova. 2009. 225 s.

[26] VYBÍRALOVÁ, P.: *Bilance dusíkatých sloučenin v procesu biologické nitrifikace - denitrifikace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2011. 5 s. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2011/pdf/3/Vybiralova_Pavla_CL.pdf>

[27] KRATOCHVÍL, J.; MARTÍNKOVÁ, V.; MASOPUST, J.: *Methemoglobinemie*. Urgentní medicína. 2010. č. 2. Dostupné z: < http://urgentnimedicina.cz/casopisy/UM_2010_02.pdf>

[28] WHO: *Nitrate and Nitrite in Drinking-water*. Guidelines for drinking-water quality. Ženeva: WHO Press. 2011. 23 s. Dostupné z: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite_background.pdf>

[29] NESMĚRÁK, I: *Města a obce jako zdroj celkového fosforu*. VTEI. 1994. č. 36. s. 45 – 52.

[30] SYNÁČKOVÁ, M.: *Čistota vod*. Praha: ČVUT. 1996. 208 s. ISBN 80-01-01083-X

[31] WHO: *Iron in Drinking-water*. Guidelines for drinking-water quality. Ženeva: WHO Press. 2003. 4 s. Dostupné z: < http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf>

[32] ATSDR: *Toxicological profile for manganese*. Atlanta: U. S. department of health and human services. 2012. 506 s. Dostupné z: < http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>

[33] WHO: *Manganese in Drinking-water.* Guidelines for drinking-water quality. Ženeva: WHO Press. 2011. 21 s. Dostupné z: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf>

[34] AMBROŽOVÁ, J.: *Mikrobiologie v technologii vod*. Praha: VŠCHT. 2004. 244 s. ISBN 80-708-0534-X.

[35] BAUDIŠOVÁ, D.: *Mikrobiální kontaminace povrchových vod a hlavní zdroje znečištění*. Koupací vody v ČR 2009. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., v. v. i. 2009. ISBN 978-80-02-02191-9.

[36] SHARMA, V.; HUDSPETH, M. E. S.; MEGANATHAN, R.: *Menaquinone (vitamin K2) biosynthesis: localization and characterization of the menE gene from Escherichia coli*. Gene. Vol. 168. Issue 1. 1996. s. 43-48. ISSN 0378-1119.

[37] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J.: *Metody IDEXX využívající technologii definovaného substrátu*. Studijní texty pro potřeby Laboratoří z hydrobiologie a mikrobiologie. Praha: VŠCHT. 2014.

[38] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J.: *Stanovení intestinálních enterokoků*. Studijní texty pro potřeby Laboratoří z hydrobiologie a mikrobiologie. Praha: VŠCHT. 2014.

[39] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J.: S*tanovení kultivovatelných mikroorganismů při 22 °c a 36 °C*. Studijní texty pro potřeby Laboratoří z hydrobiologie a mikrobiologie. Praha: VŠCHT. 2014.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Klasifikace pramenů dle vydatnosti dle Pazdra [15] 20
Tabulka 2: Hygienické limity pro konduktivitu pitné vody [6] 32
Tabulka 3: Hygienické limity pro pH pitné vody [6] 33
Tabulka 4: Hygienické limity pro tvrdost vody pitné vody [6] 34
Tabulka 5: Hygienické limity pro koncentraci vápníku v pitné vodě [6] 35
Tabulka 6: Závislost koncentrace nedisociovaného amoniaku (NH_3) na teplotě a hodnotě pH vody v procentech celkového amoniakálního dusíku (N_{amon}) [22] 36
Tabulka 7: Hygienické limity pro koncentraci amonných iontů v pitné vodě [6] ... 36
Tabulka 8: Hygienické limity pro koncentraci dusitanů v pitné vodě [6] 37
Tabulka 9: Hygienické limity pro koncentraci dusičnanů v pitné vodě [6] 38
Tabulka 10: Nejčastěji používané hodnoty typické produkce fosforu z komunálních zdrojů [25] 39
Tabulka 11: Hygienické limity pro koncentraci chloridů v pitné vodě [6] 40
Tabulka 12: Hygienické limity pro koncentraci železa v pitné vodě [6] 40
Tabulka 13: Hygienické limity pro koncentraci manganu v pitné vodě [6] 41
Tabulka 14: Hygienické limity pro koncentraci $CHSK_{Mn}$ v pitné vodě [6] 42
Tabulka 15: Hygienické limity pro množství koliformních bakterií v pitné vodě [6] 43
Tabulka 16: Hygienické limity pro množství mikroorganismu Escherichia coli v pitné vodě [6] 44
Tabulka 17: Hygienické limity pro množství enterokoků v pitné vodě [6] 45
Tabulka 18: Hygienické limity pro počty kolonií při 22 °C v pitné vodě [6] 45
Tabulka 19: Hygienické limity pro počty kolonií při 36 °C v pitné vodě [6] 46
Tabulka 20: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Brdatka 54
Tabulka 21: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Brdatka 55
Tabulka 22: Výsledky podzimních a zimních odběrů u pramene U Poloviční trubky 56
Tabulka 23: Výsledky podzimních a zimních odběrů u pramene Velká Buková 57
Tabulka 24: Výsledky podzimních a zimních odběrů u pramene Skalka 58

Tabulka 25: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky V Luhu (za domem) 58
Tabulka 26: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky V Luhu 59
Tabulka 27: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studně Skryje 60
Tabulka 28: Výsledky podzimních a zimních odběrů u Pramene s modrým kbelíkem 60
Tabulka 29: Výsledky podzimních a zimních odběrů u Silniční studánky 61
Tabulka 30: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Pod poklopem ... 62
Tabulka 31: Výsledky podzimních a zimních odběrů u Studánky s jímkou 62
Tabulka 32: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky U Škrpálu 63
Tabulka 33: Výsledky podzimních a zimních odběrů u studánky Obelisk 64
Tabulka 34: Výsledky celoročních odběrů u studánky Rozárka 65
Tabulka 35: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky Rozárka 66
Tabulka 36: Výsledky celoročních odběrů u studánky U rezavé vody 66
Tabulka 37: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Rezavé vody 67
Tabulka 38: Výsledky celoročních odběrů u studánky U Cvočkaře 68
Tabulka 39: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Cvočkaře 68
Tabulka 40: Výsledky celoročních odběrů u studánky Nový Jáchymov 69
Tabulka 41: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky Nový Jáchymov 69
Tabulka 42: Výsledky celoročních odběrů u studánky Voda z lesních tišin 70
Tabulka 43: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky Voda z lesních tišin .. 71
Tabulka 44: Výsledky celoročních odběrů u Studánky tekoucí do koryta 72
Tabulka 45: Výsledky mikrobiologické analýzy u Studánky tekoucí do koryta 72
Tabulka 46: Výsledky celoročních odběrů u Studánky tekoucí volně 73
Tabulka 47: Výsledky mikrobiologické analýzy u Studánky tekoucí volně 73
Tabulka 48: Výsledky celoročních odběrů u studánky U Eremita 74
Tabulka 49: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Eremita 75
Tabulka 50: Výsledky celoročních odběrů u studně Na Škrobotech 75
Tabulka 51: Výsledky mikrobiologické analýzy u studně Na Škrobotech 76
Tabulka 52: Výsledky celoročních odběrů u studánky U Zajíce 77
Tabulka 53: Výsledky mikrobiologické analýzy u studánky U Zajíce 77

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mapa zonace CHKO Křivoklátsko [29] 15
Obrázek 2: Fotografie Čertovy skály v údolí Berounky [29]..... 17

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Výsledky stanovení u studánky Štíhlice pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... i
Příloha 2: Výsledky stanovení u studánky Pod poklopem pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... i
Příloha 3: Výsledky stanovení u studánky U škrpálu pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... ii
Příloha 4: Výsledky stanovení u studánky Obelisk pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... ii
Příloha 5: Výsledky stanovení u studánky Rozárka pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... iii
Příloha 6: Výsledky stanovení u studánky Voda z lesních tišin pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... iii
Příloha 7: Výsledky stanovení u Studánky tekoucí do koryta pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... iv
Příloha 8: Výsledky stanovení u Studánky tekoucí volně pocházející z BP Tomáše Brabence [17]..... iv
Příloha 9: Fotografie studánky Rozárka..... v
Příloha 10: Fotografie studánky Štíhlice..... v
Příloha 11: Fotografie studánky Brdatka..... vi
Příloha 12: Fotografie studánky U Poloviční trubky..... vi
Příloha 13: Fotografie studánky Voda z lesních tišin..... vii
Příloha 14: Fotografie studánky Voda tekoucí do koryta a Voda tekoucí volně..... vii
Příloha 15: Fotografie studánky U Eremita..... viii
Příloha 16: Fotografie studánky V Luhu..... viii
Příloha 17: Fotografie studánky V Luhu (za domem)..... ix
Příloha 18: Fotografie studánky U Cvočkaře..... ix

Příloha 19: Fotografie studánky Obelisk x
Příloha 20: Fotografie Studna Skryje x
Příloha 21: Fotografie studně Na Škrobotech xi
Příloha 22: Fotografie Pramene s modrým kbelíkem xi
Příloha 23: Fotografie studánky U Zajíce xii
Příloha 24: Fotografie studánky Pod Poklopem xii
Příloha 25: Fotografie studánky U Škrpálu xiii
Příloha 26: Fotografie Studánky s jímkou xiii
Příloha 27: Fotografie pramene Skalka xiv
Příloha 28: Fotografie studánky U Rezavé vody xiv
Příloha 29: Fotografie studánky Nový Jáchymov xv
Příloha 30: Fotografie Silniční studánky xv
Příloha 31: Fotografie pramene Velká Buková xvi