

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí
Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Bakalářská práce

Sledování kvality toků v povodí CHKO Křivoklátsko
Monitoring of water quality in protected area Křivoklátsko

Řešitel: Jana Koudelová

Školitel: Ing. Libuše Benešová Csc.

2012/2013

Poděkování

Ráda bych poděkovala své školitelce Ing. Libuši Benešové, Csc., za zadání zajímavého tématu mé bakalářské práce, za ochotu, pomoc a vstřícný přístup při jejím zpracování. Dále také děkuji paní Blance Popelákové a Sylvě Novákové za výpomoc, užitečné rady při chemických analýzách.

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci, včetně příloh vypracovala samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechnu použitou literaturu a podklady. Předložená práce je totožná s elektronickou verzí, která byla vložena do Studijního informačního systému.

V Praze dne:

Podpis:

Abstrakt

V dnešní době je příroda okolo nás neustále znečišťována v důsledku antropogenních činností. Z tohoto důvodu by měly být sledovány složky životního prostředí, včetně kvality vody. Tato bakalářská práce se zabývá sledováním kvality povrchových vod v Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko, přičemž hlavním účelem sledování je získat informaci o stavu toku a jeho vývoji oproti dřívějšímu období a stanovit stupeň čistoty podle příslušné normy. V teoretické části jsou popsány základní informace o lokalitě, odkud vzorky vody pocházejí, je zde i uvedena stručná historie vývoje hodnocení jakosti vod v České republice a kvality vod ve světě. Praktická část zahrnuje fyzikálně – chemické stanovení daných parametrů v laboratoři a jejich charakteristiku. Dále následuje vyhodnocování výsledků měření, uspořádaných v tabulkách podle dané legislativy – pro povrchové vody je to ČSN 75 7221. Na závěr je uvedeno zhodnocení výsledku sledování kvality a porovnání aktuálního stavu oproti předešlému sledovanému období v jednotlivých místech odběru.

Klíčová slova: jakost vod, chemické složení vod, Křivoklátsko

Abstract

Nowadays, nature is constantly being polluted by anthropogenic activities. All components of the environment should be therefore monitored, including water quality. This paper focuses on surface waters in the Protected Area Křivoklátsko. The main purpose of monitoring is to obtain information about the current state of watercourses compared to the previous period and to determine the degree of purity in accordance with relevant standards. The theoretical part describes the basic information about the site that was the source of the water samples and also a brief history of the water quality assessment in the Czech Republic and worldwide is included. The practical part describes the basic characteristics of the given parameters and their practical determination. This is followed by the evaluation of the measurement results that is arranged in tables according to the legislation (CSN 75 7221). The paper concludes with the evaluation of results of quality monitoring and with comparing the current situation to the previous reporting period at each sampling point.

Key words: water quality, chemical composition of water, Křivoklátsko

Obsah

1. Úvod	6
2. Teoretická část	7
2. 1. Charakteristika Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko	7
2. 1. 1. Povrchová voda	8
2. 1. 2. Podzemní voda	9
2. 1. 3. Geologie	9
2. 1. 4. Půdní poměry	10
2. 1. 5. Podnebí	10
2. 1. 6. Flóra	11
2. 1. 6. 1. Vodní vegetace	12
2. 1. 7. Fauna	13
2. 1. 7. 1. Hydrofilní fauna	14
2. 1. 8. Zemědělství	14
2. 1. 9. Ochrana přírody	15
3. Jakost vod	16
3. 1. Hodnocení jakosti vod	16
3. 2. Vývoj jakosti vod v České republice	17
3. 3. Kvalita vody ve světě	18
4. Praktická část	21
4. 1. Sledované lokality a stanovované parametry	21
4. 2. Charakteristika a metodika stanovení jednotlivých parametru	23
5. Vyhodnocení výsledků vzorků vody	32
5.1. Výsledky měření vzorků vody a diskuze	34
6. Dlouhodobé sledování kvality vody, krabicové grafy	46
6. 1. Zhodnocení dlouhodobého sledování toků v CHKO Křivoklátsko	47
7. Závěr	51
8. Seznam použité literatury	52
9. Přílohy	55

1. Úvod

Voda je jedna z nejdůležitějších složek životního prostředí. Při pohledu z vesmíru vypadá Země jako „modrá planeta“. Tuto barvu jí propůjčují vody, které zauímají většinu zemského povrchu. Voda je životně důležitá pro každý organismus na Zemi. Většinu povrchu Země pokrývá slaná voda ve formě oceánů a moří, které tvoří 97% celkové vodstva na naší planetě. Mnohonásobně menší, ale nezanedbatelnou část tvoří voda sladká a to 3%. Povrchová voda se nachází v mnoha podobách od malých pramenů, přes potoky, řeky až po velká jezera. Podstatě nikde se voda nevyskytuje v naprosto čistém, neznečištěném stavu. Voda i bez sekundárního znečištění se nevyskytuje jako čistá látka, vždy jsou v ní obsaženy určité rozpuštěné plyny, soli a minerální látky. Na znečištění vod se výrazně podílí člověk, který svými činnostmi, růstem populace ovlivňuje zásoby vody po celém světě.

Moje bakalářská práce se věnuje sledování kvality povrchových vod, nacházejících se v Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko. Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko je území, které svou zajímavostí a pestrostí vyniká po všech směrech. Nabízí proto velice vhodné podmínky pro zkoumání biotických i abiotických poměrů.

Cílem práce bylo sledovat kvalitu vody z jednotlivých míst odběru v CHKO Křivoklátsko, a tím navázat na dlouhodobý monitoring kvality vody v této oblasti. Každý měsíc bylo u dodávaných vzorků stanoveno množství přítomných iontů a prováděno měření dalších fyzikálně - chemických ukazatelů. Dle zjištěného množství iontů a dalších ukazatelů se daný tok zařadil podle příslušné normy ČSN 75 7221 do třídy čistoty a aktuální stav byl porovnán s předešlým pozorováním. Dále se zhodnocuje proměnlivost kvality vod v této oblasti z dlouhodobého hlediska pomocí krabicových grafů, které byly sestaveny pro nejdůležitější ukazatele (chemickou spotřebu kyslíku, celkový anorganický dusík a zvláště pro amonné ionty).

2. Teoretická část

2. 1. Charakteristika Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko je významným územím, které se rozkládá na hranici středních a západních Čech cca 50 km na západ od Prahy. CHKO zabírá téměř celý geomorfologický celek Křivoklátské vrchoviny a severní cíp Plaské pahorkatiny (Kolbek & Vítková, 1999). Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko je rozsáhlé území s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristicky vyvinutým reliéfem, významným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů s hojným zastoupením dřevin a s mnoha dochovanými památkami historického osídlení. Pro své vysoké přírodní hodnoty bylo území uznáno Biosferickou rezervací, zároveň je i ptačí oblastí. V roce 1978 bylo vyhlášeno Chráněnou krajinnou oblastí. Celková rozloha území je 62 792 ha (628 km²), administrativně spadá pod okresy Rakovník a Beroun (Palivec & kolektiv, 1986).

Páteří celé oblasti je údolí řeky Berounky, na které se nachází zhruba ve střední části největší sídelní území Roztoky a na východ od něj Zbečno, které je současným sídlem Správy Chráněné krajinné oblasti (Kolbek & Vítková, 1999).

Křivoklátsko se vyznačuje vysokou lesnatostí, činící 60 - 64 %. Příčina vysoké lesnatosti je způsobena malým osídlením. V CHKO se nachází 88 obcí a 25 do ní zasahuje pouze svým katastrem. K největším obcím patří Roztoky, Zbiroh, Skryje, Podmokly, Kublov, Křivoklát, Nový Jáchymov, Broumov aj. (Kolbek & Vítková, 1999). Lesy tvoří převážně listnaté a smíšené porosty, které byly před rozšířením zemědělství chráněny především pro lov. Křivoklátské lesy se tak staly oblíbeným místem českých knížat a králů (Kolbek & Vítková, 1999).

Nejvyšším vrcholem Křivoklátska je vrch Těchovín 616 m n. m., nejnižším bodem je hladina řeky Berounky v místech, kde opouští oblast 223 m n. m. (Jeník & kolektiv, 1996).

Geologická skladba Křivoklátska je velmi pestrá. Křivoklátsko, jak ho známe dnes je výsledkem dlouhodobého geologického vývoje (Palivec & kolektiv). Pro přírodu Křivoklátska je charakteristická bohatá rozmanitost rostlinných a živočišných druhů, dána velkým množstvím odlišných stanovišť (David & kolektiv, 2006).

2. 1. 1. Povrchová voda

Celková rozloha stojatých a tekoucích vod v CHKO Křivoklátsko zaujímá asi 4 km², to je asi 0,6 % rozlohy celého území (Kolbek & kolektiv, 1999). Křivoklátsko je z hlediska vodopisného jednotným povodím, jehož osu tvoří střední tok Berounky (Štefflová-Leiská & Birnbaumová, 1956). Do oblasti vstupuje v obci Zvíkovec a opouští ji v Berouně. Při průtoku oblastí řeka postupně pojme vodu z 36 přítoků, z toho je 17 levostranných a 19 pravostranných. Jejím největším přítokem zleva je Rakovnický potok, zprava pak Litavka (David & kolektiv, 2006). Přítoky jsou charakteristické většinou bystřinným charakterem. Berounka, která se nazývá někdy též jako Černá řeka, nebo Stará řeka, vzniká soutokem Úhlavy, Úslavy, Radbúzy a Mže v Plzni. Její délka je 42,5 km, dlouhodobý průměrný průtok činí 31,8 m³/s a roční průměrná teplota vody je 10°C. Přítomnost řeky na Křivoklátsku výrazně ovlivňuje mezoklima, které je oproti okolí teplejší a to především v zimních měsících. Naopak přítoky Berounky ve spodní části vytváří podmínky pro velmi chladné mikroklima, a protože vrcholky svahů údolí jsou naproti tomu velmi teplé díky slunečnímu svitu, dochází zde k teplotním zvrátům neboli inverzím. Je to jev typický pro tuto oblast a ovlivňuje složení vegetace (Internet 1). Berounka je řekou se silně kolísavými vodními stavy, o čemž svědčí rozdělení průtoků podle ročních období: podíl na ročním průtoku činí v zimě 24%, v létě 21%, na jaře 41%, a na podzim 14% (Palivec & kolektiv, 1986). Berounka je pro Křivoklátsko hlavním povrchovým tokem, který odvodňuje většinu podzemních i povrchových vod území. Dále se zde nachází několik set kilometrů menších říček a potoků a zhruba 350 vodních nádrží, z nichž největší je přehradní akumuláční nádrž Klíčava (Kolbek & kolektiv, 1999). Toky na Křivoklátsku se většinou vyznačují nízkým stavem vody, zvláště pak toky, které přitékají z míst, kde v minulosti došlo ke kácení lesů (Štefflová-Leiská & Birnbaumová, 1956).

Na výstavbě vodní soustavy v oblasti mělo vliv především hercynské vrásnění, které zde ponechalo četné poruchy, zlomy, které dnes tvoří základy mnoha toků (Palivec & kolektiv, 1986). Díky geologické stavbě a listnatým lesům zde nejsou povrchové vody kyselé. Reakce vody se pohybuje v rozmezí pH 7- 8,5. Kvalita vody potoků a bystřin je závislá na prostředí, kterým protékají. Potoky, které nejsou ovlivněny zemědělstvím, činností lidí a lesní bystřiny vykazují vysokou čistotu (Internet 1).

2. 1. 2. Podzemní voda

Křivoklátsko je celkově chudé na podzemní vody. Je to způsobeno nízkou srážkovou aktivitou a i nevhodným geologickým prostředím pro vytváření kolektorů podzemních vod. Většina území je tvořena proterozoickými břidlicemi a drobami, které mají díky jílovitému zvětrávání nízkou puklinovou propustnost. Lepší propustnost mají horniny vulkanické, ale ani v těchto horninách nevznikají vydatnější zásoby podzemních vod. Většina zdrojů podzemních vod je v oblasti vázána na drcené a poruchové zóny nebo na přípovrchovou zvětrání kvartérních sedimentů s průlinovou nebo průlinově - puklinovou propustností (Jeník & Price, 1994).

2. 1. 3. Geologie

Geologická skladba Křivoklátska je velmi pestrá, území prošlo dlouhodobým vývojem (Palivec & kolektiv, 1986). Území CHKO Křivoklátsko náleží do Barrandienu, významné stavební jednotce Českého masívu. Skládá se z nemetamorfovaných až slabě metamorfovaných hornin (Kolbek & kolektiv, 1999). Většinu území tvoří břidlice a droby, které se usazovaly na dně starohorního moře. V průběhu usazování břidlic dále docházelo v podmořském prostředí na různých místech k výlevům sopečných hornin, tzv. spilitů. Rozhodující vliv na podobu dnešního Křivoklátska mělo období čtvrtohor. V tomto období byly časté výkyvy podnebí, které ovlivnilo i vývoj fauny a flóry. I když Křivoklátsko nebylo nikdy zaledněné, změny podnebí zde měly významný vliv. Změnou podnebí ve čtvrtohorách zesílila erozní činnost řek, které vytvořily hluboká údolí, v tvrdých horninách se tvořily až skalnaté kaňony. Řeka Berounka při svém zahlubování vytvořila podél celého toku četné zákruty tzv. meandry a ploché stupně, tzv. říční terasy. Hluboce zařízlá údolí potoků a potůčků tvoří se skalnatými vrcholky kopců členitý reliéf. Během čtvrtohor rozdělilo hluboké údolí Berounky Křivoklátskou vrchovinu na severní, levou březní část – Lánskou pahorkatinu a jižní, pravou březní část - Zbirožskou vrchovinu. Obě části se vyvíjely odlišným způsobem díky rozdílnému geologickému podkladu. Zbirožská vrchovina se rozkládá na vulkanických horninách křivoklátsko-rokycanského pásma. Zbirožská vrchovina je nejvíce hodnotnou částí dnešního Křivoklátska díky své tvarové různorodosti. Lánská pahorkatina má spíše mírně členitý povrch na starohorních břidlicích (Internet 1).

2. 1. 4. Půdní poměry

V Chráněné oblasti Křivoklátsko převládají hnědé lesní půdy, zastoupené různými typy podle místního klimatu a povahy substrátu. Největší plochy pokrývají kambizemě, vyskytující se na mírně zvlněných plošinách tvořených drobami a břidlicemi. Kromě hnědých lesních půd, které pokrývají většinu plochy Křivoklátska, se zde dále nacházejí primární pseudogleje, typické pro ploché úseky se zhoršeným odtokem srážkových vod na hlubších zvětralinách s obsahem jílu. Vedle těchto dvou typů půd se na Křivoklátsku vyskytují i půdy, které jsou ovlivněny vodním režimem. Jsou to především semiterestrické půdy, které jsou vázány na údolní dna. Na tocích větších rozměrů, především na Berounce, jsou vyvinuté nivní hlinité sedimenty, ovlivněné kolísáním hladiny podzemních vod a občasnými záplavami, na nichž se vyskytují půdy, které nazýváme fluvizemě. Na trvale zamokřených místech převládají gleje, půdy trvale ovlivněné vysokou hladinou spodní vody (Kolbek & kolektiv, 1999). Na skalních výchozech vznikly půdy typu rankeru, která představují ranná stádia hnědozemně. Půdy na balvanitých sutích patří také do skupiny rankerů-sutových rankerů. Na horninách obohacených vápencem se vyskytují ostrůvky rendznových půd (Internet 1).

2. 1. 5. Podnebí

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko patří do mírně teplé a srážkově sušší oblasti, která je charakterizována dlouhým, teplým a suchým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a podzimem, krátkou, mírně teplou a suchou zimou. Výrazný říční fenomén řeky Berounky má vliv především na mezoklima, které zde dosahuje teplejších hodnot než v okolí, hlavně v zimních měsících. Průměrná roční teplota se zde pohybuje v rozmezí 7,5-8,5 °C. Navíc tato oblast leží na okraji srážkového stínu Krušných hor, takže průměrné roční srážky dosahují 530 mm, přičemž nejvíce srážek zde spadne v červenci, okolo 80 mm a nejméně v únoru, kolem 27 mm (Jeník & kolektiv, 1996). Sněhová pokrývka se v oblasti udrží kolem 50 dnů s maximální průměrnou výškou sněhu 20 cm. Křivoklátsko leží v oblasti s převládajícím západním a jihozápadním prouděním. Z klimatologického hlediska patří Křivoklátsko do oblasti, kde jsou příznivé podmínky pro letní rekreaci a pro vodní sporty (Palivec & kolektiv, 1986).

2. 1. 6. Flóra

Současná vegetace nacházející se v CHKO Křivoklátsko je velmi bohatá, a to především díky množství a pestrosti rostlinných společenstev. Podle posledních botanických výzkumů zde bylo zjištěno přes 1800 rostlinných druhů a poddruhů, což tvoří 60 % všech rostlinných druhů a poddruhů České republiky (Internet 1). Vegetace od začátku čtvrtohor prošla dlouhým vývojem, na kterém se podílelo několik velkých činitelů. Výraznými vlivy, které ovlivnily vývoj společenstev do dnešní podoby, jsou inverze, které se zde často vyskytují a také zvraty klimatických pásem, které pozorujeme hlavně v hlubokých údolích řeky Berounky a na jejích přítocích. Díky tomu zde dochází často ke zvratu vegetačních stupňů, proto nacházíme často v nižších nadmořských výškách společenstva typická pro vyšší nadmořské výšky s chladnomilnějšími a vlhkomilnými druhy, zatímco ve vyšších polohách se setkáváme s teplomilnými druhy patřící do nižších nadmořských výšek (Palivec & kolektiv, 1986). Dominantou oblasti jsou lesy, jejichž význam je neocenitelný. Lesy tvoří téměř 64 % plochy CHKO. Hlavním typem lesního rostlinného společenstva jsou zde květnaté bučiny a hlavní dřevinou je buk lesní. V podrostu pak nacházíme erbovní květinu CHKO Křivoklátsko – kyčelnici devítolistou (*Dentaria enneaphyllos*), ale i jiné druhy. Dalším typem, který má zde četné zastoupení jsou doubravy, bukové doubravy a dubové bučiny s celou řadou typických květin, například sasanka hajní (*Anemone nemorosa*), černýš luční (*Melampyrum pratense*) a bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*). Suťové stráně a svahy v teplejších polohách jsou porostlé společenstvy habrových doubrav s chrpou Triumfettiho (*Centauera triumfettii*), mařinkou vonnou (*Asperula odorata*) a dalšími druhy, které se s expozicí mění na chladnější suťové javořiny, kde roste chráněný jehličnan - tis červený (*Taxus baccata*) a dále vzácná lilie zlatohlavá (*Lilium martagon*). Ve spodních polohách, podél Berounky a jiných potoků se vyskytují lužní porosty s pestrou vlhkomilnou květenou jako například prvosenka vyšší (*Primula elatior*), měsíčnice vytrvalá (*Lunaria rediviva*), křivatec žlutý (*Gagea lutea*). Ve vyšších partiích, na kopcích kolem Berounky dochází k přeměně lesa do lesostepí, skalních stepí, přes zakrslé doubravy. Tyto partie se nazývají pleše a jsou pro Křivoklátsko typické, jsou zde extrémní podmínky, skalnaté podloží, málo vláhy a poměrně hodně slunečního záření (Jedlička & Embertová, 2008). Zajímavé jsou i sekundární bezlesí, místy se zachovaly i květnaté louky a vlhké louky. Během posledních let zde opět stoupá pastva stád ve volné krajině.

Mezi nejvýznamnější rostliny chráněné zákonem a zařazené do Červeného seznamu ČR patří kriticky ohrožená kapradinka vratička měsíční (*Botrichium matricariifolia*), hořeček ladní pobaltský (*Gentianella campestris* subsp. *baltica*), který roste na Křivoklátsku na jediné lokalitě (v rámci ČR pouze 2 lokality), kapradinku skalní (*Woodsia ilvensis*), koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*), česnek tuhý (*Allium strictum*), dále vstavač nachový (*Orchis purpurea*), vstavač osmahlý (*Orchis ustulata*) aj. Zajímavostí Křivoklátska je výskyt karpatského migranta zapalice žluťuchovité (*Isopyrum thalictroides*), která tu má jednu velkou a několik drobných mikropopulací, rosnatky okrouhlosté (*Drosera rotundifolia*) a tři druhů mechorostů patřící mezi naturové druhy - srpnatka fermežová (*Drepanocladus vernicosus*), dvouhrotec zelený (*Dicranum viride*) a šikoušek zelený (*Buxbaumia viridis*) (Internet 1).

2. 1. 6. 1. Vodní vegetace

I když Křivoklátsko nepatří k oblastem typickým na výskyt vodních rostlin, bylo zde zaznamenáno 61 společenstev vodních makrofyt. V jednotlivých vodních nádržích je vegetace vytvořena podle obvyklých zákonitostí vegetačně - limnologických stupňů v závislosti na hloubce vody, na propustnosti světla, na sledu okolností během roku a podobně. Jeden z nejhojnějších druhů rostoucí v nádržích se stojatou vodou je okřehek menší (*Lemna minor*). Vegetace v tocích je závislá především na charakteru dna, rychlosti proudění vody, zastínění a čistotě vody. Pro potoky s kamenitým dnem je zde typický výskyt prameničky obecné (*Fontinalis antipyretica*), u břehů potoků bývá časté společenstvo s rozrazilem potočním (*Veronica beccabunga*). Významný je výskyt bublinatky jižní (*Urticularia australis*), parožnatky obecné (*Chara vulgaris*), rdestu kadeřavého (*Potamogeton crispus*), rdestu vzplývavého (*Potamogeton natans*). V pomalu tekoucí až téměř stojaté vodě při březích roste stulík žlutý (*Nuphar lutea*). Zvláštním biotopem v Berounce jsou zátarasy a náplavy z větví a kamenů porostlé rukví obojživelnou (*Rorippa amphibia*) a lilkem potměchuťí (*Solanum dulcamara*). Vegetace vodních makrofyt podléhá poměrně rychlým změnám a to vlivem přírodních procesů a zčásti je ovlivňují antropogenní činnosti. Pro uchování všech společenstev v CHKO je důležité, aby byl zde stálý počet přirozených i umělých vodních nádrží, různých typů a stáří. Dále je nutné vytváření tůňek, protože zarůstáním současných tůní hrozí, že tento typ biotopu z krajiny vymizí (Kolbek & kolektiv, 1999).

2. 1. 7. Fauna

Křivoklátsko mělo a má dosud velmi zajímavou, pestrou a cennou faunu. Zachovalost původních biotopů, výskyt lesních porostů pralesního charakteru, velké plochy území, na nichž nedošlo v minulosti k odlesnění, členitý reliéf oblasti s řekou Berouňkou i sítí dalších toků, skály, suťová pole a pleše, to vše podpořilo zachování populací mnoha vzácných, ohrožených a vymírajících druhů živočichů. Především v rozsáhlých lesích, které jsou nejzachovalejším ekosystémem Křivoklátska, žije řada vzácných druhů, hlavně hmyzu, měkkýšů, pavoukovic a obratlovců (Palivec & kolektiv, 1986). Velice zajímavá je říše lesního hmyzu. Z čeledi tesaříkovitých brouků zde žije tesařík obrovský (*Cerambyx cerdo*), tesařík broskvoňový (*Purpuricenus kaehleri*), páchník hnědý (*Osmoderma eremita*), roháč velký (*Lucanus cervus*), různé druhy nosatců, krasců, kovaříků atd. Mezi vzácné druhy motýlů patří okáč skalní (*Chazara briseis*), otakárek fenyklový (*Papilio machaon*), otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*) a batolec duhový (*Apatura iris*). Ze savců se tu vyskytují jelen evropský (*Cervus elaphus*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*), prase divoké (*Sus scrofa*) i nepůvodní druhy muflon obecný (*Ovis musimon*), daněk skvrnitý (*Dama dama*) a z menších savců plch velký (*Glis glis*), jezevec lesní (*Meles meles*), liška obecná (*Vulpes vulpes*) aj. Lesy jsou také domovem velkého množství ptactva. Přes 100 druhů ptáků zde hnízdí a s několika dalšími se setkáváme v době tahu. Hnízdí zde káně lesní (*Buteo buteo*), včelojed lesní (*Pernis apivorus*), luňák červený (*Milvus milvus*). Na skalách hnízdí výr velký (*Bubo bubo*), poštolka obecná (*Falco tinnunculus*), v dubových bučinách datel černý (*Dryocopus martius*), holub doupňák (*Columba oenas*). Křivoklátské lesy hostí i čápa černého (*Ciconia nigra*). Na tahu je tu možno zahlédnout orla mořského (*Haliaeetus albicilla*) a orlovce říčního (*Pandion haliaetus*). Na skalnatých svazích, navazující na řeku Berouňku, žijí bohaté populace plazů, ještěrka zelená (*Lacerta viridis*), zmije obecná (*Vipera berus*), užovka podplamatá (*Natrix tessellata*), užovka hladká (*Coronella austriaca*) aj. (David & kolektiv, 2006).

2. 1. 7. 1. Hydrofilní fauna

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko je také bohatá na hydrofyní faunu. Řeka Berounka je rájem rybářů, vyskytuje se zde velké množství ryb. Typický je úhoř říční (*Anguilla anguilla*), štika obecná (*Esox lucius*), candát obecný (*Sander lucioperca*), kapr obecný (*Cyprinus carpio*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), parma obecná (*Barbus barbus*) a mnoho dalších. Díky bohatému zarybnění tu má svůj domov vydra říční (*Lutra lutra*). Významným prvkem křivoklátské vodní fauny je rak kamenáč (*Australopotamobius torrentium*), kriticky ohrožený druh, který obývá některé menší vodní toky v poměrně velkých populacích. V okolí vod se vyskytují zajímavé druhy ptáků, je to například skvorec vodní (*Cinclus cinclus*) a hlavně ledňáček říční (*Alcedo atthis*) (Palivec & kolektiv, 1986). Žije tu i několik druhů obojživelníků. Nápadný je například černožlutý mlok skvrnitý, (*Salamandra salamandra*), čolek horský (*Triturus alpestris*), kuňka žlutobřichá (*Bombina variegata*), skokan štíhlý (*Rana dalmatina*), skokan hnědý (*Rana temporaria*), ropucha obecná (*Bufo bufo*) a vzácně ropucha zelená (*Bufo viridis*).

V některých čistých potocích žijí velevrub tupý (*Unio crassus*), vranka obecná (*Cottus gobio*) či střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*). Významným prvkem křivoklátské vodní fauny je rak kamenáč (*Australopotamobius torrentium*), kriticky ohrožený druh, který obývá pouze velmi čisté potoky. Běžnější je rak říční (*Astacus astacus*), a v nádržích nalezneme raka bahenního (*Astacus leptodactylus*) (Jeník & kolektiv, 1996).

2. 1. 8. Zemědělství

V Křivoklátsku bylo zemědělské využívání krajiny vždy v pozadí, přednost měla myslivost respektive lovectví. Převážná část Křivoklátska byla vždy souvisle pokryta, především lesním porostem. Vznikem sídel a osidlováním v historických dobách docházelo k odlesňování a přeměně lesů na zemědělské plochy. Pole kolem vesnic sloužila k pěstování plodin pro obživu obyvatel. Většina vesnic později zanikla, například díky morovým epidemiím, a zemědělské plochy se sukcesí měnily opět na lesy (Palivec & kolektiv, 1986). V současné době se zemědělské pozemky vyskytují především v údolních nivách a říčních terasách. Zemědělsky využívané oblasti zde pokrývají plochu 30,3% z celkové rozlohy CHKO. Vzhledem k pedologickým, klimatickým, geomorfologickým podmínkám jsou hlavními plodinami, které se zde pěstují, obiloviny, píce a podobně. V současnosti přetrvává snaha o snížení plochy zemědělské půdy (Jeník & Price, 1994).

2. 1. 9. Ochrana přírody – CHKO Křivoklátsko

Ochranu přírody zajišťuje Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko, která byla vyhlášena v roce 1978. Pro své významné přírodní hodnoty byla oblast vyhlášena jako Biosferická rezervace 1. března 1977 organizací UNESCO v rámci programu MaB - Člověk a biosféra (Man and Biosphere). Sídlem zprávy CHKO je Zbečno (David & kolektiv, 2006). Chráněné území je rozděleno do tří zón s odstupňovanou intenzitou ochrany. První zóna, tzv. jádrové území, zahrnuje nejceněnější a nejpřísněji chráněnou část CHKO, ve které se nacházejí ekosystémy přirozené nebo minimálně narušené. Jádrová území jsou obklopena druhou zónou, tzv. nárazníkovou, jejímž účelem je snížit negativní dopady na jádrovou zónu. V Křivoklátsku je nárazníková zóna tvořena převážně smíšenými a listnatými lesy. Třetí zónu tvoří tzv. přechodové pásmo, které tvoří přechod mezi harmonicky utvářenou krajinou a krajinou silně antropogenně ovlivněnou. Jedná se především o zemědělskou půdu, sídla, o území určená k trvale udržitelnému rozvoji lidských aktivit (Jeník & kolektiv, 1996). Na území CHKO se nachází 24 maloplošných chráněných území a to 4 Národní přírodní rezervace – NPR Kohoutov, NPR Velká Pleš, NPR Týřov a NPR Vůznice, 16 Přírodních rezervací – PR Nezabudické skály, PR Jezírka, PR Vysoký tok, PR Stříbrný luh aj. a 6 Přírodních památek- PP Valachov, PP Vraní skála, PP Stará ves. Předmětem ochrany jsou především skalnaté stráně nad údolím Berounky, mnohdy přecházející ve vrcholové partie a pleše, suťové svahy, lesní komplexy, geomorfologicky zajímavá údolí potoků (David & kolektiv, 2006).

V roce 2008 Ministerstvo životního prostředí zveřejnilo návrh na změnu z CHKO na Národní park. Díky tomu by se stalo Křivoklátsko pátým Národním parkem v České republice a prvním Národním parkem ve středních Čechách (Internet 1).

Ptačí oblast Křivoklátsko

Ptačí oblast byla vymezena nařízením Vlády České republiky. Předmětem ochrany ptačí oblasti jsou populace včelojeda lesního (*Pernis apivorus*), výra velkého (*Bubo bubo*), kulíška nejmenšího (*Glaucidium passerinum*), ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*), žluny šedé (*Picus canus*), strakapouda prostředního (*Dendrocopos medius*), lejska malého (*Ficedula parva*) a jejich biotopy. Cílem ochrany ptačí oblasti je zachování a obnova ekosystémů významných pro jmenované druhy ptáků a zajištění podmínek pro zachování populací těchto druhů (Embertová & Jedlička, 2008).

3. Jakost vod

Voda je jedna z nejdůležitějších složek životního prostředí, bez ní by nebyl možný život. Jedná se o jednoduchou chemickou sloučeninu se dvěma vodíky a kyslíkem. Podstatě nikde se voda nevyskytuje v čistém stavu. Voda i bez sekundárního znečištění se nevyskytuje jako čistá látka, vždy jsou v ní obsaženy určité rozpuštěné plyny, soli a minerální látky. Na znečištění vod se výrazně podílí člověk. Vody v Evropě, ale i po celém světě jsou ohrožovány znečištěním z mnoho odvětví (rozvojem průmyslu, zemědělstvím, růstem populace, nešetrným přístupem k životnímu prostředí) a v důsledku toho se kvalita vod postupně mění (Hladký, Němec, 2006).

Zdroje znečištění je možno rozdělit na bodové, difúzní a plošné. Příkladem bodových zdrojů jsou čistírny odpadních vod a dále sem patří zdroje, které jsou z pohledu své lokalizace na toku jasně definovatelné a to jak množstvím vypouštěných znečišťujících látek, tak místem znečištění. Mezi difúzní a plošné zdroje patří zemědělství, průmysl, atmosférická depozice, splachy z půdy, výluhy ze skládek, jejichž původce je často nejasný (MŽP: Voda České republiky v kostce, 2009).

3. 1. Hodnocení jakosti vod

Jakost povrchových vod se v ČR hodnotí podle normy ČSN 75 7221, což je Česká technická norma Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod, která byla vydána v roce 1998. Norma platí pro klasifikaci povrchových tekoucích vod a slouží k vzájemnému porovnávání výsledků v různém místě a čase. (ČSN 75 7221). Pro hodnocení míry kvality vody používáme dva hlavní přístupy a to fyzikálně - chemický a biologický. Fyzikálně - chemický přístup hodnotí jakost vody podle míry koncentrace určitých látek v odebraném vzorku, např. množství dusičnanů, železa aj., stejně jako měříme základní fyzikální vlastnosti vody – teplotu, vodivost aj. Biologický přístup hodnotí kvalitu vody nepřímo, podle přítomnosti určitých mikroorganismů. Bez složitých chemických rozborů jsme schopni určit celkový stav jakosti vody v řece či nádrži (Langhammer, 2002).

Dle normy ČSN 75 7221 - Jakost vod se povrchové tekoucí vody dělí do pěti tříd:

- **Třída I - neznečištěná voda** - voda není nepříznivě ovlivněna lidskou činností, hodnoty ukazatelů odpovídají přirozeným koncentracím
- **Třída II - mírně znečištěná voda** - voda je mírně ovlivněna lidskou činností do takové míry, že ukazatele jakosti vod dosahují hodnot, které ještě umožňují výskyt vyváženého a udržitelného ekosystému
- **Třída III - znečištěná voda** - voda je ovlivněna lidskou činností tak, že hodnoty, kterých dosahují ukazatele jakosti vody, nemusejí tvořit vhodné podmínky pro existenci vyváženého a udržitelného ekosystému
- **Třída IV - silně znečištěná voda** - hodnoty ukazatele jakosti vody již způsobují existenci pouze nevyváženého ekosystému
- **Třída V - velmi silně znečištěná voda** - ukazatele jakosti vody dosahují takových hodnot, že umožňují existenci pouze silně nevyváženého ekosystému

(ČSN 75 7221)

3. 2. Vývoj jakosti vod v ČR

Po 2. světové válce díky masivnímu nástupu průmyslu spolu s prakticky nulovým ohledem na životní prostředí se z řek postupně stávaly stoky, které sloužily jako zdroj vody pro nenasytný průmysl, dále jako odpadní kanál pro stále větší množství odpadů. S novými technologiemi se do toků začaly dostávat těžké kovy, toxické látky – DDT, PCB. V České republice nastal obrat ve vývoji až se změnou politických poměrů po roce 1989, a to díky investicím do čistíren odpadních vod největších průmyslových zdrojů a podařilo se tak rychle a významně snížit znečištění našich nejvýznamnějších toků. Přelomovým obdobím přitom byla první polovina 90. let, kdy byly zprovozněny nové čistírny odpadních vod u největších zdrojů emisí. Největší města mají relativně účinné čistírny odpadních vod, které redukuje objem produkovaného znečištění na přijatelnou mez. Přibližně třetina toků zůstává stále nadměrně znečištěna. Problémem jsou drobné vodní toky v zemědělské krajině a malé obce. Zemědělci nemají dostatek finančních zdrojů na čistírny odpadních vod (Langhammer, 2002). Kvalita vody je v ČR pravidelně sledována přibližně od poloviny 60. let. V této době se provádělo sledování kyslíkového režimu, stanovování kovů, živin, ale i mikrobiální znečištění. Požadavky na kvalitu vody byly stále větší, a proto se zvyšoval počet monitorovacích míst, ukazatele se rozšiřovaly, zlepšovaly se technologie pro jejich sledování (Kodeš, Leontovyšová, 2008).

Ke sledování slouží síť kontrolních profilů – míst, kde se pravidelně odebírají vzorky vody. Ty se nejprve analyzují v laboratoři a podle zjištěných hodnot se provede vyhodnocení podle platné normy (viz. 3. 1. hodnocení jakosti vod).

Způsoby ochrany vody před znečištěním jsou různé, od technických opatření, přes finanční až po legislativní nástroje. Nejvíce efektivní je čištění odpadních vod, k tomu slouží čistírny odpadních vod, které v dnešní době umožňují vysoký stupeň odbourání znečištění. U plošných zdrojů znečištění, především u zemědělství je důležitá prevence, šetrný přístup k životnímu prostředí a také správné dodržování hospodářských praktik. U malých toků je důležitá podpora jejich přirozené samočisticí schopnosti, preventivní opatření, revitalizaci jejich koryt (Langhammer, 2002).

Předpokladem pro zjišťování vývoje jakosti vody je neustálé sledování a vyhodnocování toku. Zjištěné údaje mohou být dále podkladem rozhodování pro případná opatření. Podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách ve znění dalších předpisů, je monitoringem povrchových území po celé ČR pověřen Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), který vede i databázi jakosti vod. Dále kromě tohoto ústavu provádí monitoring správci jednotlivých povodí a to v menším rozsahu (Hladký, Němec, 2006).

3. 3. Kvalita vody ve světě

Znečištění vody je jeden z největších problémů současného světa. Výrazně totiž omezuje přístup určité části lidské populace k pitné vodě, je hlavní příčinou onemocnění a úmrtí. Znečištěním vodních toků a nádrží se také zhoršuje kvalita vodních ekosystémů (Internet 2).

Jižní Asie (zejména Indie) a jihovýchodní Asie se potýkají se závažným znečištěním vody. Řeky Ganga, Chuang - che, Amudarja či Syrdarja patří mezi nejznečištěnější řeky na světě. Do řeky Gangy je denně vypouštěno 350 milionů litrů odpadních vod. Do řeky se dostávají jedovaté látky z továren, mrtvá těla, na březích řeky vyperou lidé velké množství prádla. Její znečištění je velkým národním problémem, vodou se šíří nákazy jako je cholera, žloutenka aj., je tedy nutné zjišťovat její kvalitu. Sledováním kvality vody řeky Gangy se zabývá článek (Kumari et. al., 2013), kde při kontrole kvality vody byly použity chemometrické nástroje – shluková analýza (cluster analysis) a krabicový diagram (box – plot).

Shluková analýza je nástroj datové analýzy, který třídí různé objekty do shluků tak, že podobnost dvou objektů náležících do jedné skupiny je maximální, zatímco podobnost s objekty mimo tento shluk je minimální. Snaží se uspořádat získaná data do smysluplných struktur, o vytvoření taxonomií.

Krabicový diagram je nástrojem grafické analýzy, umožňuje znázornit polohu střední hodnoty (medián), polohy dolního a horního kvartilu a rozptýlení kolem mediánu (viz. kapitola 6 - dlouhodobé sledování kvality vody). Dle této studie se zkoumal 10 km úsek řeky Gangy, vzorky byly odebrány z 6 odběrových stanic. Vzorky se odebíraly ručně do 2 litrových plastických nádob, vždy v druhém týdnu měsíce od března 2010 do února 2011. Po odebrání vody, byly nádoby uzavřeny, aby se zabránilo přístupu vzduchu. Ve vzorcích vody se zkoumaly parametry jako teplota, pH, celková alkalita, acidita, elektrická vodivost, CHSK, BSK₅, dusičnany, fosforečnany, měď, železo, olovo, zinek, nikl aj. Shluková analýza odhalila, že BSK₅, CHSK, teplota, dusičnany, elektrická vodivost, celková acidita, chrom, nikl, železo tvoří jednu skupinu. Zinek, olovo, kadmium, celková alkalita, měď a fosfáty tvoří skupinu druhou. Parametry v první a druhé skupině byly potvrzeny, že spolu vzájemně souvisí. Rozpuštěný kyslík a pH tvoří samostatný shluk, nesouvisí s parametry v dalších dvou skupinách. Voda z řeky Gangy dle evropských norem není vhodná ke koupání a rozhodně není vhodná k denní hygieně a zásadně překračuje přísné limity pro pitnou vodu (Kumari et. al., 2013). Shluková analýza byla použita i při sledování kvality povrchové vody v městském zálivu v New Jersey (Shin et. al., 2013). Jako další metoda zde byla použita postupná regrese (Stepwise regression). Koncentrace vybraných těžkých kovů (měď, olovo, nikl, železo, zinek, chrom), živin, koliformních bakterií byly měřeny ve 12 lokalitách po dobu 15 - ti let. Jak z článku vyplývá, kvalita vody se během 15 – ti let výrazně nezměnila a kvalita vody v řece není ovlivněna pouze přírodními procesy (půdní eroze, srážky), ale také lidskými aktivitami (rozvojem měst, nebezpečné odpadní skládky, průmyslem). Nejlepším zlepšením kvality vody, jak z článku vypovídá, bude odstranění několika zbylých stokových sítí a zlepšení odstranění živin z odpadních vod před jejich vypouštěním do potoků (Shin et. al., 2013). Dále o velkém znečištění řeky Karun pojednává článek (Dadolahi – Sorab et. al., 2011). Řeka Karun je nejdůležitějším povodím v jihozápadní části Íránu. Je důležitým zdrojem pro zavlažování, lehký i těžký průmysl, pro zvířecí farmy a pro akvakultury. Vzorky vody se z řeky odebíraly na třech odlišných místech v úseku 4 km a zkoumaly se těžké kovy a 14 dalších parametrů. Jako indikátor znečištění řeky Karun zde byl použit Index kvality vody.

Index kvality vody (WQI) je matematický nástroj, který převádí velké množství dat, charakterizující vodu do jednoho čísla, které vyjadřuje stupeň kvality vody.

Vyjadřuje celkovou kvalitu vody v určitém místě a čase, založenou na několika parametrech kvality vody. Cílem indexu je, aby se komplexní údaje o jakosti vod převedly na informace, které jsou srozumitelné a použitelné pro veřejnost.

Mnohé parametry životního prostředí ovlivňují kvalitu vody, je tedy těžké přiřadit kvalitě vody jednoduchý termín, jako výborný, dobrý, střední, špatný a velmi špatný. Index byl poprvé zaveden v USA v Hortonu (1956), a pak byl realizován ve Spojeném Království, poté následoval zbytek Evropy v letech 1970. Pokud jsou hodnoty indexu v rozmezí 0-25 pak se voda klasifikuje jako velmi špatná, hodnota indexu v rozmezí 25-50 je klasifikována jako špatná, pro hodnoty indexu v rozmezí 51-70 se voda hodnotí jako střední, když jsou hodnoty indexu v rozmezí 71-90 a 91-100, voda je klasifikována jako dobrá a velmi dobrá. Na základě této studie byla prokázána středně až špatná kvalita vody řeky Karun. Hodnota indexu byla 54 při vstupu do oblasti a 45 při opuštění sledované lokality. Dále některé hodnoty např. CHSK, BSK₅, chloridů byly vyšší než standardní limity dle Světové zdravotnické organizace (WHO). Největším znečišťovatelem a spotřebitelem řeky Karun je zemědělství, jak vypovídá z článku. Finanční problémy, špatná legislativa v oblasti životního prostředí, velmi malá informovatelnost brání udržení kvality vody (Dadolahi – Sorab et. al., 2011). Z vybraných článků je patrné, že kvalita vody je sledovaným problémem prakticky po celém světě.

4. Praktická část

V praktické části jsem se zaměřila na stanovení jednotlivých parametrů, výpočet množství přítomných látek a fyzikálních ukazatelů a vyhodnocení jejich výsledků. V závěru práce jsem zhodnotila výsledky a porovnala aktuální stav kvality vody v tocích oproti předešlým výsledkům, prostřednictvím krabicových grafů vytvořených statistickým programem R.

V Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko bylo sledováno 16 odběrových míst na potocích v různých částech CKHO. Měření bylo prováděno v měsíci květnu, dubnu, červnu a červenci 2013, ale k výsledkům byly přiřazeny i data z předchozího sledování, a to od ledna 2012 do ledna 2013. Vyhodnoceno bylo tedy 15 stanovení. Přehled vybraných lokalit je uveden níže v tabulce č. 1. Vzorky byly odebírány a dopraveny správou Křivoklátska každý měsíc do laboratoře. Vždy bylo odebíráno 1,5 l vzorku do plastových láhví a v laboratoři Ústavu životního prostředí Univerzity Karlovy byla provedena základní analýza. Mapa odběrových míst je uvedena v příloze.

4.1. Sledované lokality a stanovované parametry

Tabulka 1 : Přehled lokalit

	Tok	Odběrové místo
1	Vůznice	Skalka
2	Vůznice	pod rezervací
3	Úpoř	Kučerův mlýn
4	Prostřední potok	mostek
5	Zbizožský potok	Sýkorův mlýn
6	Zbizožský potok	Slapnice
7	Úpoř	Pod Týřovem
8	Skryjský potok	ústí
9	Tyterský potok	Gypsárna
10	Ryzava	u městečka
11	Klucná	ústí
12	Žloupava	ústí
13	Rakovnický potok	jez pod školou
14	Rakovnický potok	pod ČOV
15	Strouha	Ruda
16	Klíčava	Myší díra

U všech vzorků bylo stanoveno 14 parametrů :

Fyzikálně - chemické parametry:

- **pH**
- **Vodivost - elektrolytická konduktivita**
- **ZNK 8,3 – celková zásadová neutralizační kapacita**
- **KNK 4,5 - celková kyselinová neutralizační kapacita**
- **Chemická spotřeba kyslíku - CHSK_{Mn}**
- **Tvrdość vody (obsah Ca a Mg)**

Koncentrace přítomných iontů:

- **Vápník -Ca²⁺**
- **Hořčík - Mg²⁺**
- **Chloridy - Cl⁻**
- **Železo - Fe³⁺**
- **Dusitany - NO₂⁻**
- **Dusičnany -NO₃⁻**
- **Amonné ionty – NH₄⁺**
- **Mangan - Mn²⁺**

4.2. Charakteristika a metodika stanovení jednotlivých parametrů

- **pH**

Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů (Grünvald, 1993). V přírodních vodách se hodnota pH pohybuje v rozmezí od 4,5 do 9,5 a je obvykle dána uhličitánovou rovnováhou. Pokud poklesne pH pod hodnotu 4,5 značí to přítomnost anorganických a organických kyselin. Vyšší hodnota pH než 8,3 je způsobena uhličitany a při hodnotě pH nad 10 se již na pH významně podílejí i hydroxidové ionty (Pitter 2009). Hodnota pH významně ovlivňuje biochemické a chemické procesy ve vodách. (Lellák, 1991).

Stanovení se provádí podle normy **ČSN ISO 10 523**.

Stanovuje se pH metrem s jedinou kombinovanou elektrodou (obsahuje referenční a indikační elektrodu). Před stanovením se vždy elektroda musí opláchnout destilovanou vodou a poté se ponoří do stanovovaného vzorku. Hodnotu pH odečítáme až po ustálení.

- **Vodivost - Elektrolytická konduktivita**

Elektrolytická konduktivita je definována jako převrácená hodnota elektrického odporu roztoku, mezi dvěma vloženými platinovými elektrodami (Grünvald, 1993). Je to míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických iontů. Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, teplotě a pohyblivosti. Měří se při konstantní teplotě 25°C. Vzrůst, nebo pokles teploty o 1°C vyvolá změnu konduktivity nejméně o 2%. Jednotkou vodivosti je S•m (siemens/ metr), obvykle se používá mS•m (mikro – siemens/metr), protože hodnoty konduktivity jsou v hydrochemii malé (Pitter, 2009).

Stanovení se provádí podle normy **ČSN EN 27 888**.

Vodivost se stanovuje konduktometrem. Elektroda konduktometru má v sobě zabudovaný teploměr a je nutné před každým stanovením nastavit aktuální teplotu, aby nám nevznikla chybná hodnota. Měla by být stanovována co nejdříve po odebrání vzorku z toho důvodu, že se mění s dobou skladování a také s teplotou.

- **Neutralizační kapacita vody**

Neutralizační kapacita vody vyjadřuje schopnost vody vázat vodíkové, nebo hydroxidové ionty. Je významnou vlastností všech vod a je způsobena různými protolytickými systémy. U přírodních vod zpravidla převažuje uhličitánový systém. Neutralizační kapacitou se rozumí látkové množství silné jednosytné kyseliny, nebo silné jednosytné zásady, které spotřebuje 1 litr vody pro dosažení zvolené hodnoty pH. Rozeznává se kyselinová neutralizační kapacita (KNK) a zásadová neutralizační kapacita (ZNK). Volba hodnoty pH závisí na účelu, ke kterému má NK sloužit. Pro analýzu přírodních, pitných a užitkových vod se zpravidla používají hodnoty pH 4,5 (KNK_{4,5} – celková alkalita) a 8,3 (ZNK_{8,3} – celková acidita), které odpovídají průměrné koncentraci veškerého oxidu uhličitého v těchto typech vod (Pitter, 2009).

- **Zásadová neutralizační kapacita ZNK_{8,3} – celková acidita**

Stanovení se řídí podle normy **ČSN 75 7372**.

ZNK_{8,3} se stanovuje titrací vzorku vody odměrným roztokem hydroxidu sodného o koncentraci 0,1 M na směsný indikátor. Ke vzorku se přidají 3 kapky fenolftaleinu a titruje se do slabě růžového zbarvení.

Činidla:

- 1) 0,1 M odměrný roztok hydroxid sodný
- 2) fenolftalein - 0,5% indikátorový roztok

- **Kyselá neutralizační kapacita KNK_{4,5} – celková alkalita**

Stanovení se řídí podle **ČSN EN ISO 9963-1**.

KNK_{4,5} se stanovuje titrací vzorku vody odměrným roztokem 0,1 kyseliny chlorovodíkové, na směsný indikátor. Ke vzorku se přidají 3 kapky směsného indikátoru a titruje se odměrným roztokem z modrého do odstínu cibulové barvy.

Činidla:

- 1) 0,1 M odměrný roztok kyselina chlorovodíková
- 2) směsný indikátor

(=0,2 g bromkresolové zeleně se rozpustí ve 100 ml 96% etanolu, 0,015 g metylenové červeně se rozpustí v 50 ml 96% etanolu, oba roztoky se smísí a uchovávají v temnu)

- **Chemická spotřeba kyslíku (obsah organických látek)**

CHSK je definována jako množství kyslíku, které se za určitých podmínek spotřebuje na oxidaci ve vodě přítomných organických látek (Grünvald, 1993).

Stanovení CHSK manganistanem draselným podle Kubela - CHSK_{Mn}

Stanovení se provádí v souladu s ČSN EN ISO 8467.

Tato metoda je založená na oxidaci organických látek manganistanem draselným. Oxidace probíhá v kyselém prostředí kyseliny sírové při desetiminutovém varu, za přebytku manganistanu. Množství spotřebovaného manganistanu na oxidaci organických látek se zjistí tak, že po ukončené oxidaci se do roztoku přidá známé množství odměrného roztoku kyseliny šťavelové, která je manganistanem zpětně titrována.

Činidla:

- 1) kyselina sírová, zředěná v poměru 1:2
- 2) 0,01 N odměrný roztok manganistan draselný
- 3) 0,01 N odměrný roztok kyseliny šťavelové
- 4) destilovaná voda

- **Tvrdość vody**

Je veličina udávající koncentraci vápníku a hořčíku ve vodě. Tvrdość vody můžeme rozdělit na trvalou a přechodnou. Trvalá obsahuje chloridy, sulfidy, dusičnany a křemičitany. Přechodná obsahuje rozpuštěný hydrogenuhličitan vápenatý, po jeho vysrážení vzniká uhličitan vápenatý (vodní kámen). Přechodnou tvrdość vody lze, na rozdíl od tvrdości trvalé, odstranit převařením - dekarbonizací (Internet 3).

Stanovení se provádí podle normy **ČSN ISO 6059**.

Tvrdość vody se stanovuje chelatometrickou titrací, při které se používá jako odměrný roztok disodná sůl ethylendiamintraoctové kyseliny (označované též jako chelaton 3).

Činidla:

- 1) 0,05 M odměrný roztok chelaton 3
- 2) tlumivý roztok o pH 10
- 3) eriochrom čerň T

- **Vápník a hořčík**

V povrchových vodách se převážně vyskytují ve formě jednoduchých iontů Ca^{2+} a Mg^{2+} . Se sodíkem a draslíkem patří mezi čtyři základní kationty přírodních vod. Zastoupení vápníku bývá obvykle větší než hořčíku. Ve spojitosti s vápníkem a hořčíkem se často hovoří o tzv. „tvrdości vody“ (viz tvrdość vody) (Grünvald, 1993).

Stanovení se provádí podle normy **ČSN ISO 6058**.

Vápník se ve vodách stanovuje chelatometrickou titrací chelatonem 3. Toto stanovení využívá stálosti vzniklého komplexu Ca^{2+} iontu s chelatonem 3 v silně zásaditém prostředí. Hořčík se stanovuje v rámci celkové tvrdości vody

Činidla:

- 1) 1 M hydroxid sodný
- 2) 0,05 M odměrný roztok chelatonu 3
- 3) indikátor murexid

- **Chloridy**

Ve vodách jsou přítomny ve formě jednoduchého iontu Cl⁻. Chlor je obsažen v základních druzích hornin a půd. Jejich zvětráváním a vyluhováním se dostávají chloridy do vod. Hlavním antropogenním zdrojem jsou splaškové a některé průmyslové odpadní vody a v zimních měsících také splachy ze silnic. Vysoké koncentrace chloridů jsou nebezpečné pro vodní organismy (Pitter, 2009).

Stanovení chloridu argentometrickou metodou podle Mohra

Chloridy se stanovují podle normy ČSN ISO 9297.

Chloridy se titrují odměrným roztokem dusičnanu stříbrného v mírně alkalickém nebo neutrálním prostředí za vzniku rozpustného chloridu stříbrného. Konec titrace je indikován chromanem draselným, který tvoří se stříbrnými ionty velmi málo rozpustnou sraženinu chromanu stříbrného.

Činidla:

- 1) 0,02 N odměrný roztok dusičnanu stříbrného
- 2) 5% indikátor chroman draselný
- 3) destilovaná voda

- **Železo**

Železo se ve vodách může vyskytovat v rozpuštěné i nerozpuštěné formě, přičemž formu výskytu ovlivňuje hodnota pH, oxidačně - redukční potenciál a komplexotvorné látky přítomné ve vodě. V bezkyslíkatém prostředí vod převládá Fe^{2+} , za přítomnosti rozpuštěného kyslíku dominuje Fe^{3+} . Přírodním zdrojem železa ve vodách je rozpouštění železných rud, antropogenním zdrojem jsou některé průmyslové odpadní vody. Je běžnou součástí vod, obvyklé koncentrace jsou setiny až desetiny mg/l, obvykle do 0,5 mg/l (Pitter, 2009).

Stanovení veškerého železa absorpční spektrofotometrií po reakci s thiokyanatanem.

Stanovení se provádí podle normy **ČSN ISO 6332**.

Při tomto stanovení dochází k rozpouštění a následné oxidaci železa na trojmocné železo (Fe^{3+}), které reaguje v kyselém prostředí s thiokyanatanem za vzniku červeného zbarvení.

Množství železa v jednotlivých vzorcích se zjišťuje měřením na spektrofotometru na základě zjištěné absorbance. Měření se provádí proti slepému pokusu v intervalu od 5 do 60 minut ve 4 cm kyvetách při vlnové délce 500 nm..

Činidla:

- 1) zředěná kyselina chlorovodíková
- 2) zředěný roztok peroxidu vodíku
- 3) 20 % roztok thiokyanatan draselný
- 4) destilovaná voda

- **Dusitany**

Ve vodách vznikají většinou biochemickou oxidací amoniakálního dusíku, popřípadě biochemickou redukcí dusičnanů. Jsou velmi nestálé a jsou velmi snadno oxidovány na dusičnany, nebo redukovány na elementární dusík. Jejich koncentrace ve vodách bývá velmi nízká, řádově setiny mg/l (obvykle do 0,1 mg/l). V silně znečištěných vodách mohou být zaznamenány koncentrace přes 1 mg/l (Grünvald, 1993).

Stanovení se provádí podle normy **ČSN EN 26 777**.

Ve vzorku vody přítomná kyselina dusitá způsobuje diazotaci sulfanilové kyseliny v prostředí kyseliny octové za vzniku diazoniové soli. Vzniklá diazoniová sůl je kopulována α -naftylaminem na červenofialové azobarvivo. Intenzita vzniklého zbarvení je úměrná koncentraci dusitanů obsažených ve vzorku. Množství obsažených dusitanů se zjistí spektrofotometicky po 40 minutách stání proti slepému vzorku. Stanovení se provádí ve 4 cm kyvetách, při vlnové délce 520 nm.

Činidla:

- 1) 0,6 % kyselina sulfanilová
- 2) 0,6 % – α naftylamin
- 3) destilovaná voda

- **Dusičnany**

Jsou posledním stupněm rozkladu organických dusíkatých látek v oxidačních podmínkách. Ve vodách se vyskytují většinou ve formě jednoduchého dusičnanového aniontu. Za oxických podmínek jsou velmi stabilní, v redukčních podmínkách jsou redukovány dusitany a dále až na elementární dusík. Obvyklé koncentrace dusičnanů ve vodách jsou jednotky maximálně první desítky mg/l. Vyšší koncentrace poukazují na antropogenní znečištění (splachy z polí, nadměrné hnojení dusičnanovými hnojivy) (Grünvald, 1993).

Stanovené se provádí podle normy **ČSN ISO 7890-3**.

Množství obsažených dusičnanů se zjišťuje spektrofotometricky při vlnové délce 214 nm z přefiltrovaného vzorku v 1 cm kyvetách.

Činidla:

- 1) destilovaná voda

- **Amoniakální dusík**

Přirozeně vzniká jako primární produkt rozkladu organických látek rostlinného či živočišného původu. Do vod se však může dostat i antropogenní cestou (splaškové vody). V anoxických podmínkách může vznikat redukcí dusičnanů. Ve vodách se vyskytuje především ve formě amonného iontu, ale také v nedisociované formě jako amoniak. Obvyklé koncentrace v povrchových vodách jsou setiny až desetiny mg/l, maximálně 1 mg/l. Vyšší koncentrace mohou být zaznamenány ve velmi znečištěných tocích. V obvyklých oxických podmínkách není stabilní a je biochemicky oxidován na dusitany a dusičnany. Amoniakální dusík je významným chemickým indikátorem znečištění vod (Pitter, 2009).

Stanovení se provádí podle normy **ČSN ISO 7150**.

Při reakci amonných iontů se salicylanem sodným a chlornanovými ionty, za přítomnosti nitrosopentakynoželezitanu sodného vzniká modrá sloučenina. Chlornanové ionty se tvoří alkalickou hydrolyzou sodné soli N,N-dichlor-1,3,5-triazin-2,4,6-trionu (dichlorisokyanuratan sodný). Vznikající chloramin reaguje v přítomnosti nitroprussidu sodného se salicylanem sodným. Citronan sodný maskuje rušivé vlivy kationů, především vápníku a hořčíku. Obsah přítomných amonných iontů se stanovuje spektrofotometricky. Absorbanci měříme při vlnové délce 655 nm v 1 cm kyvetách proti slepému pokusu.

Činidla:

- 1) vybarvovací činidlo
 - salicylan sodný
 - dihydrát citronanu trisodného
 - nitroprussid sodný
 - destilovaná voda
- 2) roztok dichloroisokyanuratanu sodného
- 3) destilovaná voda

- **Mangan**

Mangan se ve vodách může vyskytovat v rozpuštěné i nerozpuštěné formě, organicky i anorganicky vázaný především v několika různých oxidačních stupních (II, III a IV). K přirozeným zdrojům manganu patří manganové rudy, do vody se může dostávat také z půd, sedimentů a některých odumřelých rostlin. Antropogenními zdroji jsou některé průmyslové vody. Mangan je nezbytný pro rostliny a živočichy Jeho zvýšená koncentrace nemá výrazné negativní účinky. Hydratované oxidy manganu barví přírodní vodu do hněda. Ve vodách často doprovází železo, ale jeho koncentrace jsou ještě nižší než u železa (Grünvald, 1993).

Stanovení manganu po oxidaci persíranem.

Stanovení se provádí v souladu s **ČSN ISO 6333**.

V prostředí kyseliny dusičné se sloučeniny manganu oxidují persíranem na manganistan. Intenzita zabarvení je úměrná koncentraci manganu ve vzorku vody. Obsah manganu je zjišťován spektrofotometricky ve 4 cm kyvetách při vlnové délce 525 nm proti slepému pokusu.

Činidla:

- 1) koncentrovaná kyselina dusičná
- 2) srážecí roztok dusičnan stříbrný
- 3) persíran amonný $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$
- 4) destilovaná voda

5. Vyhodnocení výsledků vzorků vody

Jak již bylo popsáno v kapitole 3. 1. hodnocení jakosti vod, výsledky měření se vyhodnocují podle normy **ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod**.

Podle této normy se vody zařazují do jednotlivých tříd jakosti, které slouží k porovnávání jejich jakosti na různých místech a v různém čase, s využitím soustavy mezních hodnot, které jsou také součástí uvedené normy. Klasifikace jakosti vod se podle každého ukazatele uskutečňuje srovnáním vypočtené charakteristické hodnoty tohoto ukazatele s jemu odpovídající mezní hodnotou, která je dána pro každou třídu (ČSN 75 7211).

Charakteristická hodnota je hodnota vyjadřující pravděpodobnost nepřekročení 90 % a určuje se na základě množství získaných hodnot za sledované období. Výsledky se musí seřadit u daného ukazatele do vzestupné řady a z této řady se pak určuje charakteristická hodnota. Pro 11 – 15 hodnot je to hodnota předposlední a pro 16 – 23 hodnot je charakteristická hodnota třetí odzadu. Při větším počtu hodnot se tato hodnota určí podle vzorce uvedeného v normě (5. 1.) - (5. 3.).

Mezní hodnoty jsou nejvyšší hodnoty daného ukazatele jakosti ve třídě, její překročení ještě neznamena akutní zdravotní riziko. Jejich hodnoty jsou uvedeny níže v tabulce č. 2.

Nejvyšší mezní hodnota je hodnotou zdravotně závažného ukazatele, v důsledku jejího překročení je použití vody vyloučeno jako pitné.

Výsledná třída jakosti vody se určí dle nejnepříznivějšího z ukazatelů.

(ČSN 75 7211)

$$C_p = (d_p * C_{k-1}) + (1-d_p) * C_k \quad (5. 1.)$$

$$d_p = k - \frac{100 - P}{100} * (n + 0,4) - 0,3 \quad (5. 2.)$$

$$k = \frac{100 - P}{100} * (n + 0,4) + 0 \quad (5. 3.)$$

Tabulka 2 : Mezní hodnoty tříd jakosti vody podle normy ČSN 75 7221 Jakost vod- Klasifikace jakosti povrchových vod

Ukazatel	Jednotky	Třída				
		I	II	III	IV	V
<i>Obecné, fyzikální a chemické ukazatele</i>						
Elektrolytická konduktivita	mS/m	<40	<70	<110	<160	≥160
CHSK_{Mn}	mg/l	<6	<9	<14	<20	≥20
Amoniakální dusík (N-NH₄⁺)	mg/l	<0,3	<0,7	<2	<4	≥4
Dusičnanový dusík (N-NO₃⁻)	mg/l	<3	<6	<10	<13	≥13
Chloridy	mg/l	<100	<200	<300	<450	≥450
Vápník	mg/l	<150	<200	<300	<400	≥400
Hořčík	mg/l	<50	<100	<200	<300	≥300
<i>Kovy a metaloidy</i>						
Mangan	mg/l	<0,1	<0,3	<0,5	<0,8	≥0,8
Železo	mg/l	<0,5	<1	<2	<3	≥3

5.1. Výsledky měření vzorků vody a diskuze

Tato kapitola shrnuje všechny naměřené hodnoty jednotlivých stanovovaných parametrů. Jak již bylo napsáno výše, odběrných míst bylo 16 a vzorky byly odebírány z potoků nacházejících se v CHKO Křivoklátsko. Zjištěné hodnoty pro jednotlivé ukazatele jsou uvedeny v tabulkách, v příloze 5, k této práci. Pro každou sledovanou lokalitu je zde uvedena tabulka vyhodnocení podle normy ČSN 75 7221, která udává zařazení daného toku do určité třídy jakosti. Měření bylo prováděno v měsíci dubnu, květnu, červnu a červenci 2013, ale k výsledkům z tohoto období byla přiřazena i data z předchozího měření, od ledna 2012 do ledna 2013, aby získaných dat bylo více a bylo možno provést dlouhodobější sledování vývoje kvality vod v daných lokalitách. Některé vzorky během sledování nebyly dovezeny vůbec, důvodem byl snížený průtok a tím nedostatečné množství pro jeho odběr. Také v zimních měsících je komplikovanější přístup k některým tokům. Vzorek číslo 7, odběrné místo – Úpoř pod Týřovem, byl během mého sledování dovezen pouze jednou, jedná se o problematickou lokalitu.

Tabulky naměřených hodnot jsou z důvodů většího rozsahu uvedeny v příloze 5 této práce.

V této podkapitole jsou uvedeny pouze tabulky s vyhodnocením jednotlivých lokalit a diskuze.

1. lokalita Vůznice – Skalka

Tabulka 4 : *Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221*

Lokalita	Vůznice - Skalka			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	47,4	45,8	58,8	II
CHSK _{Mn}	6	4,9	11,02	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,5	0,4	1,4	III
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	7,2	6,4	9,7	III
Chloridy	22,14	20,2	33,4	I
Vápník	59,9	62,9	71,4	I
Hořčík	24,4	20,91	44,4	I
Mangan	0,02	0	0	I
Železo	0,06	0,05	0,13	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Vůznice-Skalka se podle hodnocení ČSN 75 7221 řadí do III. třídy jakosti, tedy do třídy, která potok zařazuje mezi vody znečištěné. Do této třídy patří zejména díky zvýšeným koncentracím dusičnanů, amoniakálního dusíku. Zvýšené jsou i hodnoty CHSK_{Mn} a konduktivity. Ostatní ukazatelé se řadí do I. třídy. V porovnání s monitoringem v minulých letech byla lokalita zařazena do IV. třídy díky vyšším hodnotám dusičnanů. Nicméně IV. třída jakosti je dána ojediněle naměřenými vyššími hodnotami, nikoli díky trvale vyšším koncentracím.

2. lokalita Vůznice – pod rezervací

Tabulka 5: Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Vůznice - pod rezervací			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	42,9	43,3	52,01	II
CHSK _{Mn}	6,7	6,32	9,7	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,25	0,33	0,38	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	2,9	2,6	6,3	III
Chloridy	13,8	14,2	17,04	I
Vápník	41,9	39,3	59,5	I
Hořčík	29,9	35,25	41,4	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,1	0,04	0,09	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Vůznice – pod rezervací se podle ČSN 75 7221 řadí do III. jakostní třídy, tedy mezi vody znečištěné. Do této třídy se řadí díky vyšším hodnotám dusičnanů a CHSK_{Mn}. Hodnota CHSK_{Mn} byla v hodnocení na hranici, takže by se dalo říci, že obsah organických látek byl mezi II. a III. jakostní třídou. V dříve prováděných rozborech byla tato lokalita zařazena do II. třídy, opět díky organickým látkám a dusičnanům, takže zde pozorujeme zhoršení kvality. Ostatní ukazatele uváděné v tabulce 5 jsou hodnoceny velmi dobře, protože se řadí do I. jakostní třídy.

3. Úpoř – Kučerův mlýn

Tabulka 6 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Úpoř - Kučerův mlýn			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	36,2	37,3	42,8	II
CHSK _{Mn}	7,3	7,4	9,5	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,4	0,33	0,7	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	3,9	3,2	7,6	III
Chloridy	13,8	13,3	21,6	I
Vápník	44,9	46,8	58,6	I
Hořčík	16,8	16,04	23,2	I
Mangan	0,01	0	0,04	I
Železo	0,07	0,05	0,14	I
Výsledná třída jakosti				III

Výsledná jakost pro tok v lokalitě Úpoř - Kučerův mlýn je III. třída, jedná se o vodu znečištěnou. Do této třídy se řadí zejména díky zvýšenému obsahu organických látek a dále pak vyšším hodnotám koncentrace dusičnanového dusíku. V minulém sledování patřil tok také do III. třídy. Zařazení ostatních ukazatelů by podle tohoto hodnocení patřilo do I. jakostní třídy.

4. Prostřední potok – mostek

Tabulka 7 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Prostřední potok - mostek			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	27,6	30,3	37,3	I
CHSK _{Mn}	4,9	4,8	7,8	II
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,23	0,23	0,39	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	1,4	1,4	2	I
Chloridy	7,8	9,04	10,5	I
Vápník	31,2	26,2	51,9	I
Hořčík	15,2	10	35	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,03	0,01	0,08	I
Výsledná třída jakosti				II

Tok v lokalitě Prostřední potok – mostek je zařazen do II. třídy jakosti, tedy mezi vody mírně znečištěné, a to díky mírně zvýšenému obsahu organických látek, amoniakálního dusíku. Ostatní ukazatele řadí tuto lokalitu do I. třídy čistoty, což je velmi příznivý stav, zejména důležité jsou nízké koncentrace dusičnanového dusíku. V minulém období patřil taktéž do II. třídy.

5. Zbizožský potok – Sýkorův mlýn

Tabulka 8 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Zbizožský potok - Sýkorův mlýn			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	33,07	34,1	42,4	II
CHSK _{Mn}	7,06	6,6	10,6	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,09	0,08	0,6	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	5,2	4,7	8,3	III
Chloridy	24,6	24,8	32,2	I
Vápník	39,6	38,7	55,8	I
Hořčík	12,14	12,16	17,8	I
Mangan	0,03	0	0,08	I
Železo	0,1	0,1	0,24	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Zbizožský potok – Sýkorův mlýn se řadí do III. třídy jakosti a to díky vyššímu obsahu dusičnanového dusíku a CHSK_{Mn}. Oproti minulému období je zde patrné zlepšení kvality, co se týče obsahu organických látek, díky kterým se tento tok řadil do třídy IV. - tedy mezi vody silně znečištěné. I když obsah organických látek poklesl, stále řadí tuto lokalitu k vodám znečištěným.

6. Zbizožský potok – Slapnice

Tabulka 9 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Zbizožský potok - Slapnice			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	36,2	37,6	43,7	II
CHSK _{Mn}	6,8	6,5	9,4	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,14	0,25	0,5	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	4,6	4,4	7,3	III
Chloridy	24,02	23,05	31,5	I
Vápník	42,2	41,1	50,6	I
Hořčík	15,8	17	21,3	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,08	0,09	0,14	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Zbizožský potok – Slapnice je podle ČSN 75 7221 zařazen do III. jakostní třídy, tedy mezi vody znečištěné. Do této třídy se řadí zvýšeným obsahem organických látek a také díky vyšší koncentraci dusičnanů, která byla zachycena i při dřívějším sledování. Oproti minulým sledováním se situace nezlepšila ani nezhoršila, byla řazena taktéž do III. jakostní třídy.

7. Úpoř – pod Týřovem

Tabulka 10 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Úpoř - pod Týřovem			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	19,3	31,9	38,6	I
CHSK _{Mn}	2,2	2	6,5	II
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,12	0,09	0,32	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	1,2	1,24	3,5	II
Chloridy	6,7	7,7	15,9	I
Vápník	24,4	39,1	51,5	I
Hořčík	11,3	12,2	34,03	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,007	0	0	I
Výsledná třída jakosti				II

Tok Úpoř - pod Týřovem se řadí do II. třídy jakosti, tedy mezi vody mírně znečištěné. Do této třídy patří díky mírně zvýšené koncentraci dusičnanového dusíku. V této lokalitě jsou také mírně zvýšené hodnoty CHSK_{Mn}. Při minulém sledování, patřil tok také do II. třídy a zároveň tato lokalita patřila k nejčistším sledovaným tokům. Tato lokalita byla během mého měření problematickou, protože má méně četnější měření, než ostatní sledované toky. Je to připisováno nedostatečnému průtoku pro odběr vzorků.

8. Skryjský potok - ústí

Tabulka 11 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Skryjský potok - ústí			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	35,9	40	50,3	II
CHSK _{Mn}	4,8	5,3	9,2	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,21	0,29	0,42	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	2,5	2,8	3,8	II
Chloridy	11,6	11,9	19,09	I
Vápník	27,5	22,04	57,6	I
Hořčík	32,3	35,7	56,5	II
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,02	0	0,13	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Skryjský potok - ústí se zařazuje do III. třídy čistoty. Do této třídy patří především díky zvýšeným hodnotám CHSK_{Mn}. a mírně zvýšené jsou i hodnoty konduktivity, amoniakálního dusíku a koncentrace hořčíku. Obsah hořčíku ve vodách bývá obvykle nižší než obsah vápníku. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že je v této lokalitě podloží více bohaté na hořčík. V porovnání s monitoringem v minulých letech a nyní se stav na tomto toku nijak výrazně nezměnil.

9. Tyterský potok - Gypsárna

Tabulka 12 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Tyterský potok - Gypsárna			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	49,9	51,7	64,8	II
CHSK _{Mn}	3,7	3,6	6,2	II
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,23	0,3	0,42	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	4,2	4,1	9,3	III
Chloridy	23,8	26,5	29,9	I
Vápník	37,6	38,3	60,7	I
Hořčík	38,2	38,3	55,9	II
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,02	0	0,04	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Tyterský potok – Gypsárna je podle ČSN 75 7221 řazen do III. jakostní třídy- vody znečištěné. Vyšší obsah dusičnanů je na tomto toku pozorován již déle a i nyní je příčinou jeho zařazení mezi vody znečištěné. Opět jsou zde mírně zvýšené hodnoty hořčíku a amoniakálního dusíku. V porovnání s minulým sledováním je zde i patrné zhoršení v obsahu organických látek.

10. Ryzava – u městečka

Tabulka 13 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Ryzava - u městečka			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	54,02	55,1	62,9	II
CHSK _{Mn}	4,9	4,2	8,6	II
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,12	0,24	0,45	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	4,99	4,15	8,18	III
Chloridy	22,5	23,6	27,05	I
Vápník	25,07	26,05	49,4	I
Hořčík	58,4	64	76,5	II
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,02	0	0,09	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Ryzava – u městečka se řadí do III. třídy čistoty, tedy mezi vody znečištěné. Opět ho do této třídy řadí vyšší obsah dusičnanového dusíku. Koncentrace hořčíku, amoniakálního dusíku jsou také zvýšeny a řadí tento potok do II. třídy. Patrné jsou i zvýšené hodnoty CHSK_{Mn}, což ukazuje na přítomnost organických látek. V porovnání s předešlým sledováním je stav dá se říci stále stejný, protože v minulosti byl také zařazován do III. jakostní třídy.

11. Klucná – ústí

Tabulka 14 : *Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221*

Lokalita	Klucná - ústí			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	26,4	28	31,5	I
CHSK _{Mn}	4,08	3,8	6,8	II
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,23	0,2	0,4	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	1,8	1,8	2,5	I
Chloridy	11,1	11,34	14,8	I
Vápník	33,5	36,07	42,8	I
Hořčík	11,8	9,97	23,4	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,02	0	0,09	I
Výsledná třída jakosti				II

Tok v lokalitě Klucná - ústí je podle ČSN 75 7221 zařazován do II. jakostní třídy tedy mezi vody mírně znečištěné. Tento tok je ze všech sledovaných lokalit nejčistší, protože až na mírně zvýšený obsah organických látek a amoniakálního dusíku, který ho řadí do II. třídy, patří tento tok do I. třídy, tedy mezi vody velmi čisté. V minulém období patřil tento tok ve všech ukazatelích do I. třídy.

12. Žloukava - ústí

Tabulka 15 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Žloukava - ústí			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	43,9	48,2	65,8	II
CHSK _{Mn}	4,9	5,4	9,7	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,2	0,23	0,4	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	1,5	1,6	0,7	I
Chloridy	12,5	13,34	17,18	I
Vápník	26,83	26,05	49,2	I
Hořčík	44,5	46,7	79,3	II
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,02	0	0,1	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Žloukava – ústí je podle ČSN 75 7221 zařazován do III. jakostní třídy, tedy mezi vody znečištěné. Do této třídy ho řadí zvýšené hodnoty CHSK_{Mn}, poukazující na organické znečištění. Zajímavostí je zde opět zvýšený obsah hořčíku, který tok zařazuje do II. třídy. Amoniakální dusík je mírně zvýšený a koncentrace dusičnanového dusíku je nízká, odpovídající I. třídě. V předchozím sledování patřil do IV. třídy čistoty.

13. Rakovnický potok – jez pod školou

Tabulka 16 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Rakovnický potok - jez pod školou			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	59,1	65,3	85,6	III
CHSK _{Mn}	5,2	5,84	7,6	II
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,43	0,3	0,99	III
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	5	5,3	7,5	III
Chloridy	51,7	56,7	78,3	I
Vápník	35,5	32,06	73,2	I
Hořčík	47,2	48,1	76,2	II
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,07	0,09	0,15	I
Výsledná třída jakosti				III

Tok v lokalitě Rakovnický potok – jez pod školou je podle ČSN 75 7221 řazen do III. jakostní třídy. Do této třídy ho řadí hned několik parametrů – konduktivita, amoniakální a dusičnanový dusík. V předešlém sledování byl také řazen do této třídy, nicméně lze konstatovat mírné zhoršení v obsahu amoniakálního dusíku, ale nejedná se o trvalý stav, spíše o ojediněle naměřené vyšší hodnoty.

14. Rakovnický potok – pod ČOV

Tabulka 17 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Rakovnický potok - pod ČOV			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	65,2	68,4	89,5	III
CHSK _{Mn}	6,3	6,72	9,2	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,33	0,31	0,56	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	5,7	6,2	10,2	IV
Chloridy	56,8	56,86	74,1	I
Vápník	40,03	38,8	80,5	I
Hořčík	53,3	55,9	80,6	II
Mangan	0,02	0	0,08	I
Železo	0,1	0,11	0,17	I
Výsledná třída jakosti				IV

Tok v lokalitě Rakovnický potok – pod ČOV je podle ČSN 75 7221 řazen do IV. třídy jakosti vod, tedy mezi vody silně znečištěné. Do této třídy tok řadí vyšší obsah dusičnanového dusíku. Hodnota CHSK_{Mn} a konduktivity jsou také zvýšené, řadí tok do III. třídy čistoty. Mírně zvýšené jsou i hodnoty hořčíku a amoniakálního dusíku. Tento tok spolu s lokalitou 15. patří k nejhůře sledovaným tokům.

15. Strouha - Ruda

Tabulka 18: Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Strouha - Ruda			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	44,07	46,3	50,8	II
CHSK _{Mn}	8,2	8	14,5	IV
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,45	0,4	0,9	III
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	1,87	1,68	3,5	II
Chloridy	40,9	43,1	47,9	I
Vápník	51,4	54,38	75,6	I
Hořčík	20,6	22,47	35,9	I
Mangan	0,18	0,12	0,5	III
Železo	0,22	0,2	0,6	II
Výsledná třída jakosti				IV

Tok v lokalitě Strouha – Ruda je podle ČSN 75 7221 také řazen do IV. jakostní třídy, tedy mezi vody silně znečištěné. Příčinou zařazení do této třídy je vysoký obsah organických látek. Vysoké hodnoty jsou zaznamenány i u amoniakálního dusíku a manganu, což je u tohoto toku zvláštností. Jeho vyšší koncentrace byly naměřeny i v předchozím sledování a byly pozorovány i v minulosti. Příčinou může být vyluhování ze sedimentů či uvolňování z vnějšího zdroje.

16. Klíčava – Myší díra

Tabulka 19 : Klasifikace jakosti vody dle normy ČSN 75 7221

Lokalita	Klíčava - Myší díra			
Období	leden 2012 - červenec 2013			
Parametr	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	39,7	44,4	53,7	II
CHSK _{Mn}	5,9	6,48	9,1	III
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,25	0,25	0,5	II
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	2,5	1,8	6,4	III
Chloridy	25,6	26,54	35,5	I
Vápník	29,6	30,06	56,7	I
Hořčík	32,3	29,76	55,1	II
Mangan	0,07	0	0,3	II
Železo	0,15	0,12	0,33	I
Výsledná třída jakosti				III

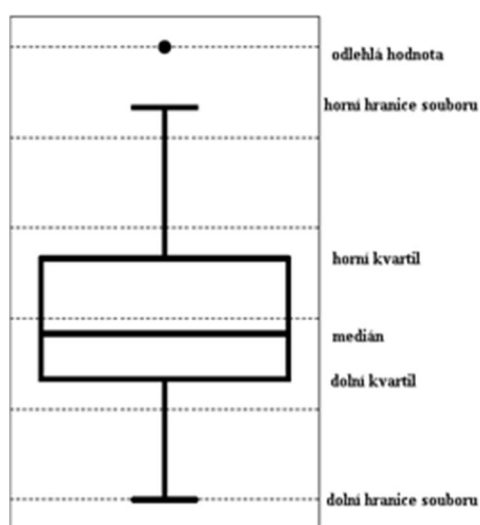
Tok v lokalitě Klíčava – Myší díra je podle ČSN 75 7221 řazen do III. jakostní třídy, tedy mezi vody znečištěné. Oproti předešlému sledování je tok zařazován lépe, patřil do IV. třídy. Je zde také pozorován vyšší obsah organických látek, dusičnanového dusíku, hořčíku a manganu.

6. Dlouhodobé sledování kvality vody, krabicové grafy

Jedním z cílů mé bakalářské práce bylo vyhodnocení dlouhodobého stavu vody v tocích CHKO Křivoklátsko. Ke zpracování této části byl využit statistický program R, v rámci kterého byly vyhodnoceny krabicové grafy. Grafy byly vytvořeny pro ukazatele, které nejvíce ohrožují vodní prostředí. Mezi tyto látky patří především dusičnany, amonné ionty, dusitany a organické látky, námi stanovované jako $CHSK_{Mn}$. Pro jednodušší zpracování grafů jsou zde brány dusičnany, dusitany a amonné ionty jako celkový anorganický dusík, tedy suma všech těchto forem. Navíc jsou zde zvlášť vypracovány grafy pro amonné ionty. K vyhodnocení byly použity i hodnoty naměřené v předešlém období. Jedná se o data získaná od dubna 2008 do března 2009, od dubna 2009 do května 2010, dále červen 2010 - prosinec 2011 a leden 2012 – červenec 2013.

Krabicové grafy nás informují o maximální a minimální hodnotě v souboru měřených hodnot (ukazatelů), o mediánu a dolním a horním kvartilu. Výška krabice se nazývá mezikvartilové rozpětí. Dolní a horní hranice souboru odpovídá hodnotám, které leží ve vzdálenosti nejvýše odpovídající 1,5 násobku výšky této krabice. Kvartily rozdělují soubor na čtyři části: **dolní kvartil** $x_{0,25}$ – odděluje 25 % nejmenších hodnot - čtvrtina (25%) hodnot je menší nebo rovna tomuto číslu, **horní kvartil** $x_{0,75}$ - odděluje 75 % uspořádaných hodnot znaku od 25 % největších hodnot znaku - tři čtvrtiny (75%) hodnot jsou rovna nebo menší než toto číslo. **Medián** $x_{0,50}$ rozděluje uspořádaný soubor na dvě stejně početné skupiny (Pavlík, 2005).

V této podkapitole budou uvedeny pouze grafy pro tři nejzajímavější lokality a zbytek grafů bude uveden v příloze 6, 7, 8 této práce.



Obrázek 1 : popis krabicové grafu (Pavlík, 2005).

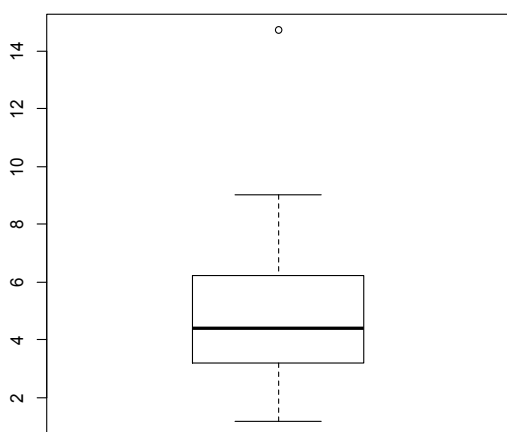
6. 1. Zhodnocení dlouhodobého sledování toků v CHKO Křivoklátsko

Tato část byla vyhodnocena pomocí grafického zpracování. Vypracované krabicové grafy zobrazují, jak se postupně měnil obsah organických látek, anorganického dusíku a amonných iontů téměř po dobu šesti let sledování. Zjištěné odlehle hodnoty mohou být způsobené zvýšeným obsahem ve vzorku. Jako příklad jsou v této podkapitole uvedeny krabicové grafy pro již zmíněné nejdůležitější ukazatelé a to pro nejlépe hodnocenou lokalitu Klucná - ústí a grafy pro lokality Rakovnický potok – pod ČOV a Strouha - Ruda, které patří do IV. třídy kvality, tedy mezi vody silně znečištěné. Grafy pro ostatní lokality jsou uvedeny v příloze k této práci.

Graf 1 zobrazuje krabicový graf pro $CHSK_{Mn}$ v lokalitě Klucná – ústí. Tento tok je ze všech sledovaných lokalit nejčistší, má pouze mírně zvýšený obsah organických látek a amoniakálního dusíku. Na grafu můžeme vidět pouze jednu odlehlou hodnotu, která je způsobena ojedinelé zvýšením obsahem organických látek ve vzorku. Grafy 2 a 3 zobrazují $CHSK_{Mn}$ v lokalitách Rakovnický potok – pod ČOV a Strouha –Ruda.

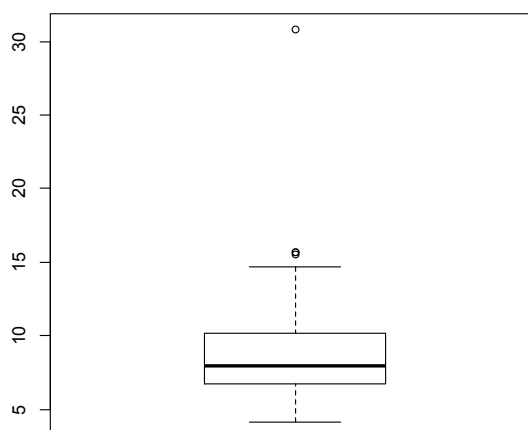
Graf 1 : *Krabicový graf pro $CHSK_{Mn}$*

Klucná - ústí



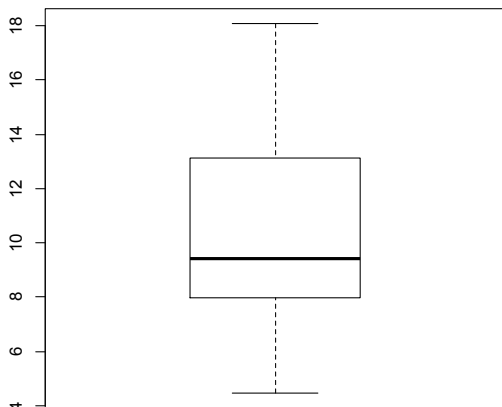
Graf 2 : *Krabicový graf pro $CHSK_{Mn}$*

Rakovnický potok – pod ČOV



Graf 3 : *Krabicový graf pro CHSK_{Mn}*

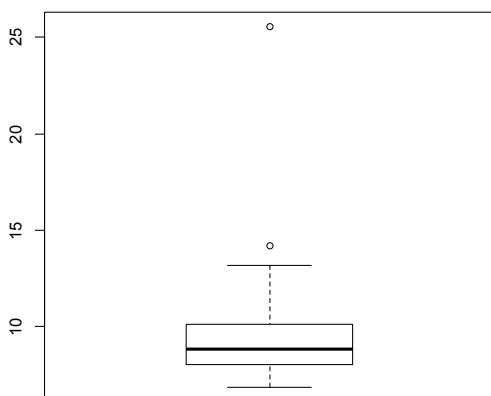
Struha - Ruda



Grafy 4, 5 a 6 zobrazují krabicové grafy pro anorganický dusík v lokalitách Klucná – ústí, Rakovnický potok – pod ČOV a Struha – Ruda. V lokalitě Klucná – ústí jsou zobrazeny 2 odlehlé hodnoty, stejně jako v lokalitě Struha – Ruda. Odlehlé hodnoty mohou být způsobeny splachem z polí, v důsledku nadměrného užívání dusičnanových hnojiv, vyššího výskytu srážek aj.

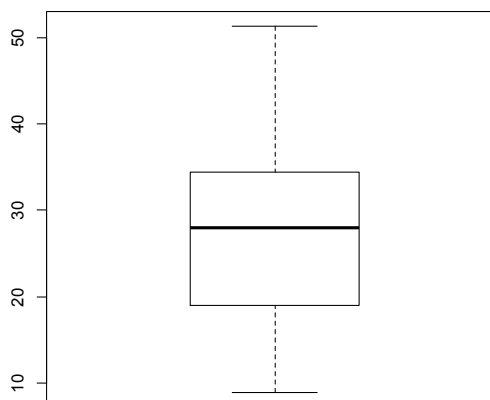
Graf 4: *Krabicový graf pro anorganický dusík*

Klucná – ústí



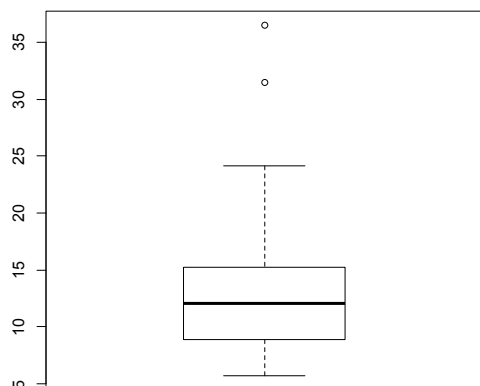
Graf 5: *Krabicový graf pro anorganický dusík*

Rakovnický potok – pod ČOV



Graf 6: *Krabicový graf pro anorganický dusík*

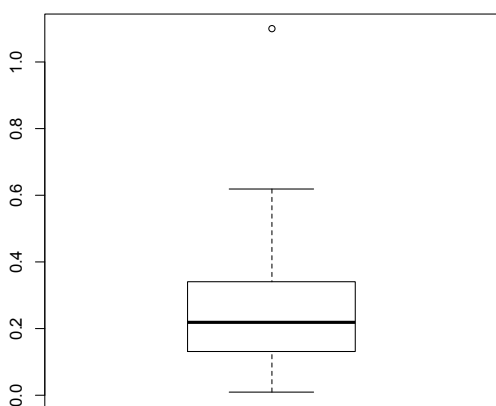
Strouha – Ruda



Grafy 7, 8 a 9 zobrazují krabicové grafy pro amonné ionty v lokalitách Klucná – ústí, Rakovnický potok – pod ČOV a Strouha – Ruda. Rakovnický potok – pod ČOV a Strouha – Ruda mají několik odlehlých hodnot, které jsou způsobeny opět splachem z okolí např. v důsledku přívalového deště, zvýšeným turismem aj.

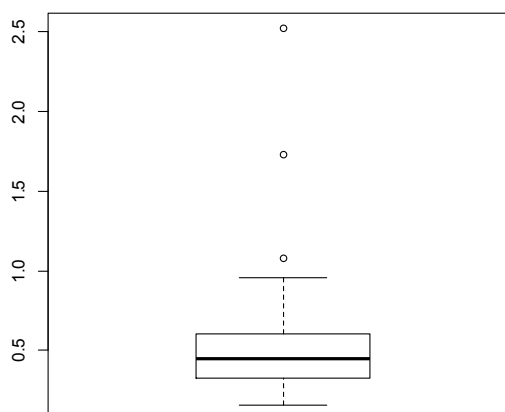
Graf 7: *Krabicový graf pro amonné ionty*

Klucná - ústí

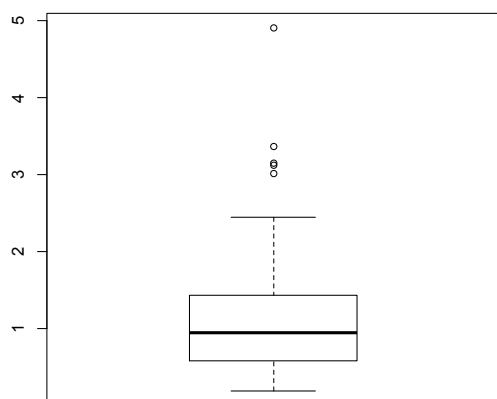


Graf 8: *Krabicový graf pro amonné ionty*

Rakovnický potok – pod ČOV



Graf 9 : *Krabicový graf pro amonné ionty*
Strouha – Ruda



7. Závěr

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko je díky svým přírodním hodnotám velmi zajímavou oblastí. Je tedy důležité sledovat kvalitu vody v tomto území. Sledování jakosti vod má ve světě, ale i v České republice dlouholetou tradici a stále dochází k objevování a zlepšování technologických postupů pro získání lepších výsledků. Monitoring kvality vody v oblasti CHKO Křivoklátsko byl prováděn v měsíci dubnu, květnu, červnu a červenci 2013. K výsledkům z tohoto období byla přidána i data z předchozího měření a to od ledna 2012, do ledna 2013, aby získaných dat bylo více a bylo možno provést dlouhodobější sledování vývoje kvality vod v daných lokalitách. Výsledky byly hodnoceny podle normy ČSN 75 7221 – Jakost vod, která zařazuje tekoucí vody do pěti tříd jakosti podle zjištěných výsledků.

Z celkových výsledků se většina toků v této lokalitě řadí do III. třídy, tedy mezi vody znečištěné, a to zejména díky zvýšenému obsahu organických látek a dusíku v obou přítomných formách. Pouze dvě lokality jsou hodnoceny třídou IV. jakosti vod – silně znečištěné vody a žádný z toků v CHKO Křivoklátsko není zařazen mezi vody velmi čisté tj. do I. třídy. Zhoršující kvalitu toků v CHKO Křivoklátsko můžeme přičíst právě přítomnosti amoniakálního i dusičnanového dusíku, které mají u některých sledovaných toků vzestupný charakter. Ostatní ukazatelé měli spíše průběh klesající nebo stejný s obdobím minulého sledování. V této práci je dále zhodnoceno dlouhodobé sledování toků vzhledem k rozborům vody. Tato část byla vyhodnocena pomocí krabicových grafů, vytvořených statistickým programem R. Z grafů můžeme vidět, že na několika tocích jsou zjištěny odlehle hodnoty, které mohou být způsobeny ojediněle zvýšeným obsahem v toku, nikoli dlouhodobě zvýšeným trendem. Z dlouhodobého hlediska lze říci, že obsah organických látek je více méně stabilní pouze s ojediněle zvýšeným obsahem. To platí i pro obsah amonných iontů, jejichž koncentrace se na některých lokalitách zvýšily oproti začátku sledování a na některých se koncentrace naopak snižují. Z měřených ukazatelů byly nejvíce problematické dusičnany, jejichž hodnoty jsou velmi proměnlivé.

Závěrem práce lze konstatovat, že sledované toky patří mezi vody znečištěné. Zvýšená pozornost by měla být věnována dusičnanům. Tam, kde byla zjištěna III. nebo IV. třída kvality, by se mělo zaměřit na případné zdroje znečištění a provést nezbytné kroky k jejich snížení na únosnou úroveň. Bude přínosné v dalším monitoringu pokračovat, neboť CHKO Křivoklátsko představuje velmi cenné přírodní prostředí a v dohledné době by mohlo být vyhlášeno Národním parkem.

8. Seznam literatury:

DADOLAHİ- SOHRAB, A. ARJOMAND, F. FADAEI-NASAB, M. Water quality index as a simple indicator of watersheds pollution in southwestern part of Iran. *Water and Environmental Journal*, 2011, Print ISSN 1747-6585.

DAVID, Petr. SOUKUP, Vladimír. DOBROVOLNÁ, Věra. Křivoklátsko. Průvodce po Čechách, Moravě a Slezsku. Praha: Soukup & David, 2006. ISBN 80-86899-96- 9.

GRÜNVALD, Alexander. Hydrochemie. Praha: ČVÚT, 1993.

HLADKÝ, Jan. NĚMEC, Josef. *Voda v České republice*. Praha:Consult 2006.ISBN 80- 903482-1-1

JEDLIČKA, Josef. EMBERTO VÁ, Renáta. Průvodce po naučných stezkách CHKO Křivoklátsko. AOPK ČR, 2008. 30. ISBN 978-80-87051-42-9.

JENÍK, Jan & kolektiv. Biosférické rezervace České republiky: Příroda a lidé pod záštitou UNESCO. Praha: Empora, 1996. 160. ISBN 80-85779-31-5.

JENÍK, Jan. PRICE, Martin. Biosphere reserves on the crossroad of Central Europe. Praha: Empora, 1994. 168. ISBN 80-85779-19-6.

KODEŠ, Vít. LEONTOVYČOVÁ, Drahomíra. Jakost vod v ČR. *Vesmír* 87:11, 771 – 773, 2008.

KOLBEK, Jiří & kolektiv. Vegetace Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko: 1. Vývoj krajiny a vegetace, vodní, pobřežní a luční společenstva. Praha: AOPKČR, 1999. 232. ISBN 80-86064-35-2.

KOLBEK, Jiří. VÍTKOVÁ, Michaela. Dlouhodobé sledování změn lesních a lučních společenstev v Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervaci Křivoklátsko. Praha: Akademie věd ČR, Botanický ústav, 1999. 100. ISBN 80-86188-04-3.

KUMARI, Menka. TRIPATHI, Smriti. PATHAK, Vinita. Chemometric characterization of river water quality. *Environ Monit Assess*, 2013, 185: 3081-092.

LANGHAMMER, Jakub. Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. Praha: Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, 2002.

LELLÁK, Jan. KUBÍČEK, František. Hydrobiologie. Praha: vydavatelství Karolinum, 1991.

MŽP. Voda České republiky v kostce. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2009.

PALIVEC, Viktor & kolektiv. Křivoklátsko. Praha: Středočeské nakladatelství a knihkupectví v Praze, 1986. 179. 42-010-86.

PAVLÍK, Jiří. RNDr., CSc. & kolektiv. Aplikovaná statistika. Praha : VŠCHT Praha 2005. ISBN 80-7080-569-2 .

PITTER, Pavel. Hydrochemie. Praha: VŠCHT, 2009.

SHIN, Jin Y. ARTIGAS, Francisco. HOBBLE, Christine. LEE, Yung – Seop. Assessment of anthropogenic influences on surface water quality in urban estuary, northern New Jersey : multivariate approach. *Environ Monit Assess*, 2013, 185: 2777-2794.

ŠTEFFLOVÁ-LEISKÁ, Milada. BIRNBAUMOVÁ, Alžběta. Křivoklátsko: Přírodní rezervace a kulturní památky. Praha: Státní tělovýchovné nakladatelství, 1956. 52.

VOLAUFOVÁ, Lenka. Kvalita povrchových vod v České republice. *Vesmír* **87**:11, 768 – 770, 2008.

Česká technická norma 75 7221 - Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod, 1998.

KESNEROVÁ, Lucie. Sledování kvality vody ve vybraných tocích CHKO Křivoklátsko. Bakalářské práce, Praha UK Přf, 2010.

KESNEROVÁ, Lucie. Ekologické hodnocení toků v CHKO Křivoklátsko v rámci směrnice 2000/60/ES. Diplomová práce, Praha UK Přf, 2013.

Internetové zdroje:

www.mzp.cz – Ministerstvo životního prostředí České republiky

Internet 1: Agentura ochrany přírody a krajiny. CHKO Křivoklátsko.

Dostupné online:

http://www.krivoklatsko.ochranaprirody.cz/wps/portal/cs/krivoklatsko/o-spravechko/!ut/p/c5/hc_LboMwEAXQL6o8hvBaGgwGkjTgBPHYVCShyMXYbamqhK8v2UWtos4sj65mLmrQsqr9Fn37JbRqJapQY7_sNrlnRdYKmfCQSNZeaPM9xW7qLF7f-8G0Fi9M4heBAQz_k05R00t9XO6U9DRcqCY9DSmfZh9kfDTSXcJEmO41CbexfBqVc838AU65WfeajuogrM9qznLpSEiYwqXoVps3BtM6MOpK4XNzdQ3WzBecTSKaPs5uQYNMert_dbbajFB56_vwQ-Dw2_2uzk8GALoOdZjh97Hau4G7v4A_Gnjsw!!/dl3/d3/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

Internet 2 : Znečištění vody.

Dostupné online: http://cs.wikipedia.org/wiki/Zne%C4%8Di%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD_vody

Internet 3: Tvrdost vody. Dostupné online: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tvrdost_vody

Internet 4 a 5: Porovnání jakosti vody v tocích mezi dvouletími 1991–1992 a 2010–2011 ČR dle normy ČSN 757 2221.

Dostupné online: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1579>

Internet 6: CHKO Křivoklátsko – tabule

Dostupné online:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beroun,_Zdejcina,_CHKO_K%C5%99ivokl%C3%A1tsko.jpg