

Mendelova univerzita v Brně
Agromická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



Monitoring jakosti vody toku Rokytná

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Tomáš Mašiček, Ph. D.

Vypracovala:

Markéta Tesařová

Brno 2015



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Markéta Tesařová**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Agroekologie
Název tématu: **Monitoring jakosti vody toku Rokytná**
Rozsah práce: 30 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše na podkladě studia odborné literatury vztahující se k dané problematice
2. Charakteristika toku Rokytná a jeho okolí
3. Odběr vzorků vody z vybraného vodního toku
4. Analýza základních parametrů kvality vody s využitím spektrofotometru
5. Vyhodnocení kvality vody na základě naměřených ukazatelů



Seznam odborné literatury:

1. HETEŠA, J. *Čištění z hydrochemie*. 1. vyd. Praha: SPN, 1981. 83 s.
2. HETEŠA, J. – KOČKOVÁ, E. *Hydrochemie*. 1. vyd. Brno: MZLU, 1998. 95 s. ISBN 80-7157-289-6.
3. HORÁKOVÁ, M. *Analytika vody*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007. 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.
4. HUBAČÍKOVÁ, V. – OPPELTOVÁ, P. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 130 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
5. PITTER, P. *Hydrochemie*. 4. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, 2009. 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

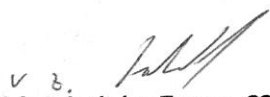
Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015


Markéta Tesařová
Autorska práce




Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. František Toman, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Monitoring jakosti vody toku Rokytná vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 29. 4. 2015

Markéta Tesařová

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Tomáši Mašíčkovi, Ph. D. za cenné rady, připomínky a za ochotu a trpělivost. Děkuji rovněž celé své rodině a blízkým přátelům, kteří mě během celého studia podporovali.

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na monitoring jakosti vody v toku Rokytne. Cílem práce je zjistit kvalitu vody v toku. Na monitorovaném toku bylo uskutečňováno měření vybraných ukazatelů a odběr vzorků od března 2014 do ledna 2015. V terénu se měřil ukazatel elektrolytické konduktivity, rozpuštěného kyslíku, reakce a teploty vody. V laboratoři docházelo k vyhodnocení ukazatelů dusičnanového dusíku, síranů, celkového fosforu. Práce obsahuje popis problematiky na téma voda, druhy vod a jakost povrchových vod. Zároveň je zde popsána charakteristika zájmového toku Rokytne a metodika práce. Výsledky měření byly porovnány s ČSN 75 7221 a s nařízením vlády č. 61/2003.

Klíčová slova: monitoring, řeka Rokytne, voda, jakost vod.

Abstract

The thesis is concerned with the monitoring of water quality in the river Rokytne. The aim of the work is to ascertain the quality of the water in the river. The river was measured regularly from March 2014 to January 2015 for selected indicators while water samples were also collected. The indicators measured in field include electrolytic conductivity, dissolved oxygen, reactions and water temperature. The indicators of nitrate nitrogen, sulphates and total phosphorus were evaluated in laboratory. The thesis describes questions concerning water, water types and the quality of surface water. It also provides the characteristics of the monitored river Rokytne and the description of the work methodology. The results of the measurements were compared with the technical norm ČSN 75 7221 and with the government regulation no. 61/2003.

Keywords: monitoring, river Rokytne, water, water quality.

OBSAH

1 Úvod	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Voda	11
3.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti vody	11
3.1.2 Chemické složení vod	11
3.2 Druhy vod	12
3.2.1 Přírodní vody	12
3.2.1.1 Atmosférické vody	12
3.2.1.2 Povrchové vody	13
3.2.1.3 Podzemní vody	14
3.2.2 Pitné vody	15
3.2.3 Užitkové a provozní vody	15
3.2.4 Odpadní vody	16
3.3 Jakost povrchových vod	16
3.3.1 Klasifikace jakosti vod podle ČSN a Normy enviromentální kvality	17
3.3.2 Znečištění povrchových vod živinami	20
3.3.3 Monitoring jakosti vod	21
3.4 Monitorované vlastnosti vody měřené v terénu	21
3.4.1 Kyslík	21
3.4.2 Hodnota pH	22
3.4.3 Teplota	22
3.4.4 Konduktivita	23
3.5 Monitorované anorganické látky toku měřené v laboratoři	23
3.5.1 Dusičnanový dusík	23
3.5.2 Sírany	23
3.5.3 Celkový fosfor	24
4 Charakteristika toku Rokytná a jeho okolí	25

4.1 Geomorfologické členění a geologická stavba	25
4.2 Pedologické poměry	26
4.3 Klimatické podmínky	26
4.4 Hydrologické údaje	26
4.5 Fauna	27
4.6 Flóra	27
4.7 Charakteristika odběrných míst	27
4.7.1 Pramen Rokytné	28
4.7.2 Jaroměřice nad Rokytinou	28
4.7.3 Příštpo	29
4.7.4 Rešice	30
4.7.5 Ústí v Ivančicích	30
5 Metodika práce	31
5.1 Odběr vzorků vody a měření v terénu	31
5.2 Stanovení vzorků v laboratoři na spektrofotometru	32
5.2.1 Stanovení dusičnanového dusíku	32
5.2.2 Stanovení síranů	33
5.2.3 Stanovení celkového fosforu	33
6 Výsledky a diskuze	35
6.1 Výsledky porovnané s ČSN 75 7221	35
6.2 Výsledná klasifikace jakosti vody dle ČSN 75 7221	39
6.3 Výsledky podle Normy enviromentální kvality	40
7 Závěr	45
8 Použitá literatura	46
9 Seznam obrázků	49
10 Seznam grafů	50
11 Seznam příloh	51

1 ÚVOD

Voda je velmi důležitou složkou životního prostředí. Přirozeně se vyskytuje v atmosféře, na povrchu i pod povrchem země. Země je často označována jako „modrá planeta“. Toto označení dostala podle množství vody, které se na planetě vyskytuje. Většina vody na naší planetě je ovšem slaná, je to voda moří a oceánů, a jen malé procento množství vody je sladké, což jsou řeky, jezera, rybníky, ledovce apod.

Vztah člověka s vodou je velmi úzký, neboť voda je životadárnou tekutinou na planetě Zemi a nejde ji ničím nahradit. Už v minulosti se lidé usídlovali v blízkosti velkých toků, neboť nivy řek jim nabízely vodu a úrodnou půdu pro obživu.

Význam vody nebývá vždy úplně doceněn, a proto dochází k zhoršování kvality a větší spotřebě vody. Zhoršování čistoty vody souvisí se stálým zvyšováním počtu obyvatel a jejich potřeb, též v důsledku každodenního vypouštění odpadních a průmyslových vod a haváriemi na toku.

Voda není využívána jenom jako tekutina, ale slouží i rekreaci a dopravě. Znečištěné vodní toky nelze využít jako zdroj pitné vody ani pro rekreační účely, proto má péče o vodní toky velký význam. Nynější snahou člověka je omezit znečištění vodních toků a to se neobejde bez průběžného monitoringu jakosti vody v tocích, čímž se zjišťují chemické a fyzikální vlastnosti vody a limitující koncentrace určitých ukazatelů.

Vybraným monitorovaným tokem je řeka Rokytná, která je významným krajinným prvkem a protéká přírodním parkem. Z hlediska existence přírodního parku a evropsky významných lokalit kolem toku bylo zajímavé zjistit, jaká je kvalita vody v toku.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo monitorovat jakost vody v zájmovém toku Rokytná. V průběhu roku 2014/2015 byla provedena čtyři měření - 30. 3. 2014, 8. 7. 2014, 5. 10. 2014 a 6. 1. 2015.

Díličními úkoly této práce bylo:

- zpracování literární rešerše podloženou odbornou literaturou
- charakterizace zájmového území kolem toku
- odběr vzorků vody z vodního toku
- měření vybraných ukazatelů jakosti vody v toku (konduktivita, rozpuštěný kyslík, pH a teplota vody)
- následný rozbor vzorků vody v laboratoři pro vybrané ukazatele (dusičnanový dusík, sírany a celkový fosfor)
- vyhodnocení a porovnání získaných výsledků s ČSN 75 7221 a s nařízením vlády č. 61/2003 Sb.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Tato kapitola se zabývá obecnou charakteristikou vody, druhy vod, jakostí povrchových vod a měřenými hodnotami v toku.

3.1 Voda

Voda patří mezi nejrozšířenější látku na Zemi, která je také základní složkou životního prostředí (Hlavínek, Říha, 2004). Pro život na naší planetě je voda podmínkou (Žáček, 1998). Je velmi důležité zajišťování čistoty všech druhů vod, neboť voda je nenahraditelná (Synáčková, 1994).

„Veškerá voda na Zemi a v atmosféře bez rozdílu na skupenství se nazývá hydrosféra. Vlivem slunce, jež je iniciátorem oběhu vody v přírodě, dochází k výparu vody z vodní hladiny, z půdy, povrchu rostlin atd. Ta se dostává do atmosféry, ve které je vlivem proudění vzdušné hmoty odtransportována na jiné místo a tam, za příznivých podmínek, může dojít ke kondenzaci a vypadnutí srážek na povrch Země. Zde se voda vsakuje, obohacuje vláhou půdní profil, rozhojňuje zásoby podzemních vod, doplňuje objemy v jezerech, řekách a rybnících a opět se vypařuje do atmosféry. Tomuto jevu říkáme oběh vody v přírodě“ (Hlavínek, Říha, 2004:9).

3.1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti vody

Voda se považuje za nejčastější a nejvýznamnější sloučeninu vodíku (Hlavínek, Říha, 2004). Na konci 18. století bylo zjištěno, že voda je sloučenina vodíku a kyslíku a že v molekule vody jsou atomy vázány kovalentně (Král, 1984).

Dle Hlavínka, Říhy (2004) je voda za běžné teploty bezbarvá kapalina bez chuti a zápachu, její teplota tání je 0°C a teplota varu 100°C. Voda se vyskytuje ve třech základních skupenstvích: pevném (led), kapalném (voda) a plynném (vodní pára).

Podle Krále (1984) má voda ionizační a rozpouštěcí schopnost díky dipólovému charakteru vody a její vysoké dielektrické konstantě. Pro hydrochemii mají největší význam vodné roztoky tuhých látek a plynů.

3.1.2 Chemické složení vod

Z chemického hlediska je za čistou vodu považována pouze voda destilovaná. Voda, která se nachází v přírodě, je znečištěná, protože ve vodě se nachází roztoky plynů,

anorganických a organických látek. Látky přítomné ve vodě dělíme na rozpuštěné a nerozpuštěné. Mezi rozpuštěné látky patří sodík, vápník, hořčík, dusičitany, fosforečnany atd. Nerozpuštěným obsahem ve vodě jsou mikroorganismy a látky neusaditelné, usaditelné a vzplývavé. Ve vodě se mohou vyskytovat i látky, které nelze jednoduše stanovit samostatně, jelikož se jedná o směsi různého složení, např. ropné látky, tenzidy, huminové látky (Hlavínek, Říha, 2004).

3.2 Druhy vod

Dle Žáčka (1998) se vody mohou rozeznávat podle původu a použití. Podle původu se vody dělí na přírodní a odpadní a podle použití je lze rozlišit na vodu pitnou, užitkovou, provozní a odpadní.

3.2.1 Přírodní vody

Přírodní vody lze rozlišovat podle výskytu na atmosférické, povrchové a podzemní (Pitter, 2009).

3.2.1.1 *Atmosférické vody*

Dle Pittera (2009) je za atmosférickou vodu považována všechna voda v ovzduší jakéhokoliv skupenství. Kondenzací vodních par v atmosféře vznikají srážky, které přecházejí na zemský povrch. Podle teploty a stupně nasycení vzduchu parami se srážky dělí na kapalné (déšť, rosa, mlha) a tuhé (sníh, ledovce, jinovatka, ledovce) (Hlavínek, Říha, 2004).

Podle místa vzniku se srážky rodělují na: **vertikální srážky** vznikají ve volné atmosféře a padají na povrch jako déšť, kroupy a sníh. Na rozdíl od nich **horizontální srážky** vznikají kondenzací vodních par bezprostředně nad povrchem Země nebo přímo na povrchu (mlha, rosa, jinovatka či námraza). Množství horizontálních srážek je velmi malé, a proto se při měření zanedbávají. Mají však velký význam pro zemědělství v suchých oblastech (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

Podle Hlavínka, Říhy (2004) jsou nejvydatnějším druhem srážek deště, které se rozeznávají podle místa vzniku a doby trvání:

- **krajinné** – jsou dlouhodobé, územně rozsáhlé, ale málo vydatné;
- **přivalové** – způsobené rychlou změnou teploty nasyceného vzduchu v letním období, jsou krátkodobé, velmi vydatné a působí na malém území;

- **orografické** - vyvolané ochlazením vzdušné hmoty horami nebo jinými terénními překážkami, mají delší trvání a menší vydatnost.

Podle Krále (1984) je atmosférická voda považována za nejčistější druh přírodní vody. Složení atmosférické vody z chemického hlediska závisí na čistotě ovzduší. Velký výskyt znečištěné srážkové vody je lokalizován v blízkosti velkých průmyslových zón, naopak čisté srážky jsou v horských oblastech (Hubačiková, Opletová, 2008).

3.2.1.2 Povrchové vody

Dle vodního zákona č. 254/2001 Sb. „Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních“.

Povrchové vody vznikají z atmosférické a z podzemní vody. Povrchové toky zásobované podzemními vodami jsou více mineralizované, při převaze vod atmosférických je mineralizace nižší. Charakter povrchových vod tvoří složení vodních přítoků, působení klimatických jevů (srážky, teplotní poměry) a složení geologických vrstev (Hlavínek, Říha, 2004).

Oproti podzemní vodě jsou povrchové vody mírně zakalené a obsahují větší podíl organických látek. Výjimkou jsou horské toky a jezera (Král, 1984). Jakost povrchových vod ovlivňují biologické, fyzikální a chemické procesy, které ve vodě probíhají. Organické látky, které přispívají ke vzniku těchto procesů, se do toku dostávají spláchnutím s povrchu půdy a z organismů, které žijí ve vodě (Žáček, 1998), nebo antropogenním zapříčiněním a z odpadních vod (Král, 1984).

Povrchové vody jsou důležitými krajinnými činiteli, jelikož napomáhají utváření zemského reliéfu a mají velký význam pro rekreaci obyvatelstva. Tyto vody se rozlišují na tekoucí a stojaté vody. Typické pro **tekoucí vody** je jednosměrné proudění. Na zemském povrchu se vytvářejí vodní sítě skládající se z potoků a řek. V průběhu toku od pramene až po ústí do jiné řeky či moře se mění vlastnosti toku: síla proudu, teplota vody, obsah kyslíku, složení dna toku, složení vodní flóry a fauny (Heteša, Sukop, 1994).

Podle Hlavínka, Říhy (2004) je vodní tok přírodní nebo umělý útvar, ve kterém proudí voda. Množství vody v korytě se vyjadřuje průměrnými hodnotami dlouhodobého ročního průtoku v m³/s.

Stojaté vody vznikly přirozenou cestou nebo uměle zásahem člověka (Hlavínek, Říha, 2004). Můžeme je rozdělit na řadu jednotlivých typů, například podle Heteše, Sukopa (1994) na jezera, rybníky a nádrže.

Jezera jsou stálé, hluboké, nezarostlé, nevypustitelné nádrže, izolované v přirozené prohlubni (Hubačíková, Oppeltová, 2008). Jezera jsou zásobována vodou z říčních toků, srážkami a vodou z pramenů ve dnu jezerní pánve. Kvalita vody je většinou lepší než jakost vody toku, který jezero zásobuje. Zejména horská jezera mají vysokou kvalitu vody (Král, 1984).

Rybníky a nádrže jsou uměle hrazené, ve většině případů mělké nádrže, občas vypuštěné. Budují se pro chov ryb a vodní drůbeže, dále z důvodů rekreačních, energetických, závlahových, retenčních aj. (Heteša, Sukop, 1994). Z chemického hlediska je složení vody totožné se složením vody z napájecího zdroje. Voda v malých a mělkých rybnících nebývá příliš vysoké jakosti, jelikož teplota během roku kolísá a ve vodě se vyskytuje větší obsah organických látek, čímž dochází k rozmnožení planktonu, který pokrývá hladinu (Král, 1984).

3.2.1.3 Podzemní vody

„Podzemními vodami jsou vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající podzemními drenážními systémy a vody ve studních“ (zákon 254/2001 Sb., o vodách). Vznik podzemní vody je především zapříčiněn vsakováním srážkové a povrchové vody (Král, 1984). Podzemní voda se vyskytuje ve všech skupenstvích, tedy v tuhém, kapalném a plynném (Hlavínek, Říha, 2004).

Chemické složení podzemních vod závisí především na složení půd a hornin, kterými voda při svém koloběhu protéká (Žáček, 1998). Po dobu infiltrace horninovými a půdními vrstvami dochází ke styku s horninami, s organickými a anorganickými látkami přítomnými v půdě. Dochází tak k rozpuštění látek, kterými se voda obohacuje. Poměr anorganických látek závisí na druhu půdy a může kolísat i během roku (Král, 1984).

Podle Krále (1984) se dají podzemní vody rozdělit dle chemického složení na:

- **prosté** – běžná podzemní voda, která má obsah rozpuštěných pevných látek a oxidu uhličitého pod 1000 mg/l;
- **minerální** – z prosté vody se stává minerální, pokud překročí limitní

koncentraci rozpuštěných látek a vyšší teplotu. Vody s vyvěrající teplotou nad 25°C jsou označovány jako vody termální.

3.2.2 Pitné vody

„Pitná voda je zdravotně nezávadná, která ani při trvalém používání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým nebo pozdním působením zdraví spotřebitele a jeho potomstva a jejíž smyslově postižitelné vlastnosti nebrání jejímu požívání“ (Žáček, 1998:72).

Voda k pití se získává z různých přírodních zdrojů. Podle původu vody to může být podzemní, povrchová nebo srážková. Podzemní voda je díky svým vlastnostem a složením nejvhodnější, a proto ji většinou není potřeba upravovat. Naopak vodu povrchovou je nutno upravovat. Svými vlastnostmi se nevyrovná vodě podzemní. Ovšem povrchová voda má velký význam pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, protože zásoby podzemní vody jsou omezené. Srážková voda se používá jako pitná voda jen zřídka a jen v určitých místech, nemá tedy význam pro centrální zásobování obyvatel pitnou vodou (Král, 1984).

Dle vyhlášky 252/2004 Sb. „Pitná voda 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“. Jak uvádí Hubačíková, Oppeltová (2008) vlastnosti vody musí vyhovovat i smyslovým orgánům člověka (chuť, pach, teplota, barva). Pitná voda se využívá i k jiným účelům například k mytí, praní, koupání, splachování apod. (Král, 1984). Dle Pittera (2009) se za pitnou vodu nepovažuje přírodní minerální voda a přírodní léčivý zdroj.

3.2.3 Užitkové a provozní vody

„Užitková voda je hygienicky nezávadná voda, která není určena k pití a vaření. Z hygienického hlediska se na jakost užitkové vody kladou stejné požadavky jako na vodu pitnou, avšak některé chemické a fyzikální vlastnosti mohou být méně přísné“ (Hubačíková, Oppeltová, 2008:90).

Provozní voda je voda z jakéhokoliv přírodního zdroje, která se používá k průmyslovým a zemědělským účelům například k chlazení, hydraulické dopravě, závlaze, v textilním a papírenském průmyslu. Voda musí vyhovovat technickým

požadavkům na ni činěným (Král, 1984). V některých případech jsou na jakost využívané vody kladeny i specifické požadavky (Pitter, 2009).

3.2.4 Odpadní vody

Zákon č.254/2001 Sb., o vodách definuje odpadní vody takto:

„Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu“.

Odpadní vody jsou vysoce zdravotně závadné, obsahují nadměrné množství organických a minerálních příměsí. Mají žlutošedou až šedou barvu a poměrně silný zápach s teplotou mezi 6 - 16°C. Vysoký podíl organických látek způsobuje zahňívání, přičemž vzniká sirovodík (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

Podle původu znečištění se odpadní vody dělí například dle Hlavínky, Říhy (2004) na:

- **splaškové** – vody z domácností, sociálních zařízení, kuchyní;
- **průmyslové** – vody z výrobních procesů průmyslu;
- **zemědělské** – vody ze zemědělské výroby;
- **srážkové** – vody odváděné do kanalizací z ulic, střech a veřejných prostranství.

3.3 Jakost povrchových vod

Povrchové vody jsou zdrojem vody pro různé účely, (například pitná voda, zavlažování, průmysl, rekreace), proto se před využitím zjišťuje nejen kvantita ale i kvalita vody, ta v průběhu roku silně kolísá nejen v čase, ale liší se i v jednotlivých vrstvách vody (Hlavínek, Říha, 2004).

Okamžitá jakost vody se určuje pravidelným odběrem vzorků vody a jejím sledováním (Synáčková, 1996).

3.3.1 Klasifikace jakosti vod podle ČSN a Normy enviromentální kvality

Způsob klasifikace jakosti povrchových vod a stanovení stupně znečištění určuje ČSN 75 7221. Klasifikací jakosti vod se rozumí zařazení vod do tříd čistoty podle mezních hodnot jednotlivých ukazatelů. Mezní přípustná hodnota je nejvyšší (u rozpuštěného kyslíku nejnižší) hodnota ukazatele jakosti vody v dané třídě jakosti vody.

ČSN 75 7221 zařazuje tekoucí povrchové vody podle jakosti vody do 5 tříd:

- **I. třída – neznečištěná voda:** stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích;
- **II. třída – mírně znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému;
- **III. třída – znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému;
- **IV. třída – silně znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému;
- **V. třída – velmi silně znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

Základní klasifikace vody je založena na klasifikaci všech vybraných ukazatelů jakosti vod. Výsledná třída se potom určí z nejnepříznivějšího zařazení zjištěného u jednotlivých vybraných ukazatelů. Kromě základní klasifikace se mohou vytvářet libovolné skupiny ukazatelů. V tab. 1 jsou uvedeny jednotlivé mezní hodnoty tříd jakosti vod pro vybrané ukazatele.

Tab. 1: Mezné hodnoty tříd jakosti vody pro vybrané ukazatele podle normy ČSN 75 7221 (Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod)

Ukazatel	Měrná jednotka	třída				
		I	II	III	IV	V
elektrolytická konduktivita	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
rozpuštěný kyslík	mg/l	>7,5	>6,5	> 5	> 3	≤ 3
dusičnanový dusík	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
celkový fosfor	mg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,4	< 1	≥ 1
sírany	mg/l	< 80	< 150	< 250	< 400	≥ 400

Podle ČSN 75 7221 se výsledky hodnocení a klasifikace zpravidla vyjadřují uvedením hodnoceného období, aritmetickým průměrem průtoků v příslušném profilu z průměrných denních průtoků ve dnech odběru vzorků pro kontrolu jakosti vody. Pro každý ukazatel jakosti vody se uvede počet stanovení celkem a z toho počet hodnot pod mezí stanovitelnosti, aritmetický průměr hodnot, medián, charakteristická hodnota a třída jakosti vody. Výsledky klasifikace lze vyjádřit na mapě ve sledovaných kontrolních profilech barevným označením. Pro jednotlivé třídy jakosti se volí tyto barvy:

- **I.** světle modrá
- **II.** tmavě modrá
- **III.** zelená
- **IV.** žlutá
- **V.** červená

„Normou environmentální kvality se rozumí koncentrace znečišťující látky nebo skupiny látek ve vodě, sedimentech nebo živých organismech, která nesmí být překročena z důvodů ochrany lidského zdraví a životního prostředí“ (zákon 254/2001 Sb., o vodách). Koncentrace jednotlivých ukazatelů Normy environmentální kvality jsou zobrazeny v tab. 2.

Tab. 2: Normy environmentální kvality pro vybrané ukazatele (Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech)

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS ¹⁾	Jednotka	Norma environmentální kvality ⁵⁾	
			NEK - průměrná hodnota ²⁾³⁾	NEK - nejvyšší přípustná hodnota ⁴⁾
rozpuštěný kyslík	O ₂	mg/l	> 9	
celkový fosfor	P celk.	mg/l	0,15	
dusičnanový dusík	N-NO ₃ ⁻	mg/l	5,4	
sířany	SO ₄ ²⁻	mg/l	200	
teplota vody	t	°C		29
reakce vody	pH	-	6 - 9 ⁶⁾	

Vysvětlivky k tab. 2:

¹⁾ CAS: Chemical Abstracts Service.

²⁾ Průměrná hodnota je roční aritmetický průměr.

³⁾ NEK-RP: norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota. Není-li uvedeno jinak, použije se na celkovou koncentraci všech izomerů. Pro každý daný útvar povrchových vod se použitím NEK-RP rozumí, že aritmetický průměr koncentrací naměřených v různých časech průběhu roku v žádném reprezentativním monitorovacím místě ve vodním útvaru nepřekračuje dotyčnou normu.

⁴⁾ NEK-NPH: norma environmentální kvality vyjádřená jako nejvyšší přípustná hodnota je nepřekročitelná. Není-li NEK-NPK stanovena, nejvyšší přípustné hodnoty se nepoužijí.

⁵⁾ Tam, kde není všeobecný požadavek nebo NEK-RP vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota, se neuplatňuje kombinovaný přístup.

⁶⁾ Limit je dán minimální a maximální hodnotou. Standard je dodržen, pokud se každá hodnota ročního počtu vzorků nachází v intervalu minimální a maximální limitní hodnoty.

3.3.2 Zněčištění povrchových vod živinami

V podmínkách České republiky je většinou největší problém ve vodě s výskytem fosforu, který způsobuje eutrofizaci (Maršálek, Maršálková, 2009). Eutrofizace je zvyšování obsahu minerálních živin v povrchových vodách, zejména sloučenin fosforu a dusíku, a následný růst biomasy (Synáčková, 1996). Procesem eutrofizace vzniká vodní květ a následně velká spotřeba kyslíku, což může vést až k vytvoření bezkyslíkatého prostředí u dna (Hubačiková, Opielťová, 2008).

Podle Hlavinky, Říhy (2004) se eutrofizace rozlišuje:

- **přirozená** – nedá se ovlivnit, sloučeniny dusíku a fosforu pocházejí z dnových sedimentů a rozložením odumřelých částí vodních organismů;
- **antropogenní** – vzniká díky civilizačnímu procesu, splachy hnojiv, používáním fosforečnanů v pracích prostředcích a velkým množstvím splaškových vod.

S tímto problémem se potýkají zejména stojaté vody v letních měsících, kdy je eutrofizace vod nadměrná kvůli silnému prohřívání a prosvětlení vody slunečními paprsky. Rozvoj eutrofizace závisí na ročním období, nadmořské výšce, teplotě vody, pH vody a průtoku (Hubačiková, Opielťová, 2008).

Pro produkci biomasy je potřeba dodržení stechiometrického poměru biogenních prvků C:N:P = 106:16:1. Stechiometrický poměr určuje, který prvek je pravděpodobně limitující pro růst řas. Limitujícím faktorem primární produkce se může stát každý prvek, jehož koncentrace klesne pod požadovanou hodnotu. Jen vzácně je tímto prvkem uhlík, častěji dusík a nejvíce fosfor, který je považován za klíčový faktor eutrofizace (Heteša, Sukop, 1994).

Při eutrofizaci dochází k tzv. vegetačnímu zbarvení vody, kdy voda má zelenou až zelenomodrou barvu. Těsně pod hladinou se objevuje velké množství sinic a řas, které se označuje jako „vodní květ“. Také se zhoršují organoleptické vlastnosti vody (pach, barva, chuť) a mohou se vytvářet i toxické látky (Hlavínek, Říha, 2004). Proto v kritických obdobích nelze vodu využívat k úpravě pitné vody ani k rekreačním účelům (Hubačiková, Opielťová, 2008).

Eutrofizaci je možno omezit zmírňováním výskytu fosforu a dusíku ve vodních nádržích (čištěním odpadních vod, odstraněním fosfátu z pracích prostředků, zamezením splachu z postřiků ze zemědělství atd. (Hubačiková, Opielťová, 2008).

3.3.3 Monitoring jakosti vod

Monitoring jakosti povrchových vod je soubor činností, které vedou k vyhodnocení kvality vody (Hlavínek, Říha, 2004).

Sledování jakosti vody je velmi důležité k získávání informací potřebných k hodnocení stavu a vývoji hydrosféry a ochrany zdrojů pitné vody. Odběry, rozborů a vyhodnocování vzorků zajišťuje Český hydrometeorologický ústav, který tato data zpracovává a ukládá v národní databázi. Vzorky jsou zpracovány v externích akreditovaných laboratořích (Hubačiková, Opletová, 2008).

Při odběrech vzorků se určuje časové období, četnost odběru vzorků a místo kontroly podle požadovaného účelu kontroly (Synáčková, 1996). Četnost odběrů je většinou omezená finančními prostředky. Odběry v profilech státních sítí jsou většinou prováděny jednou měsíčně (Hlavínek, Říha, 2004).

Jak uvádí Hlavínek, Říha (2004) monitorovací síť je nejdůležitější část při navrhování koncepce monitoringu jakosti vody. Síť situačního monitoringu povrchových vod by měla pokrývat dostatečný počet útvarů povrchových vod tak, aby umožnila souhrnné zhodnocení stavu v každém dílčím povodí. Monitorovací místa by měla být reprezentativní pro významnou část dílčího povodí (MŽP, 2013).

3.4 Monitorované vlastnosti vody měřené v terénu

Jako ukazatele jakosti vody v rámci monitoringu toku byly vybrány a následně měřeny kyslík, hodnota pH, teplota a konduktivita.

3.4.1 Kyslík

Podle Heteše, Kočkové (1997) patří kyslík mezi nejvýznamnější plyny rozpuštěné ve vodě. Poměr kyslíku ve vodě je velmi důležitý pro život různých organismů a velmi ovlivňuje biochemické procesy ve vodě. Do vody se kyslík dostává z atmosféry a fotosyntézy vodních rostlin, řas a sinic. Množství kyslíku ve vodě závisí na atmosférickém tlaku a teplotě. Množství rozpuštěného kyslíku klesá s větší teplotou. Obsah kyslíku ve vodě je velmi důležitý v povrchových vodách pro organismy, které v nich žijí, a jednak pro průběh samočisticích procesů vody. Je tedy jedním z určujících faktorů, jestli budou ve vodě probíhat aerobní nebo anaerobní pochody. Limitní množství kyslíku pro život ryb se uvádí 4 mg/l (Kráal, 1984). Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě je indikátorem čistoty povrchových toků.

Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě se udává v mg/l, ale také v procentech nasycení. Pokud je koncentrace rozpuštěného kyslíku menší než 100 % nasycení, hovoří se o kyslíkovém deficitu. Jestliže je naopak koncentrace vyšší, pak se mluví o přesycení vody kyslíkem (Valentová, Máchová, Kroupová, 2013).

3.4.2 Hodnota pH

„Veličina pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů“ (Hlavínek, Říha, 2004:15).

Ve vodách umožňuje rozpoznat jednotlivé formy prvků, je důležitá při posuzování agresivity vody a ovlivňuje řadu chemických, fyzikálně - chemických a biologických procesů používaných při úpravě vody. Proto je stanovení hodnoty pH velmi důležité při každém chemickém rozboru (Pitter, 2009).

Hodnota pH je důležitá pro posouzení kyselosti a zásaditosti vody. Roztoky s $\text{pH} < 7$ se označují jako kyselé, naopak roztoky s $\text{pH} > 7$ jako zásadité (Hlavínek, Říha, 2004). U přírodních vod se hodnota pH pohybuje v rozmezí od 4,5 do 9,5. Hodnotu pH vody mohou ovlivnit huminové látky, teplota nebo kationty snadno podléhající hydrolyze (Valentová, Máchová, Kroupová, 2013).

3.4.3 Teplota

Teplota je jedním z důležitých faktorů jakosti a vlastnosti vody. Velmi důležitou roli hraje při chemických a biochemických reakcích, které jsou závislé na teplotě. Při teplotě blízké se k nule probíhají biochemické procesy jen velmi zvolna nebo vůbec (Pitter, 2009). Teplota vody má velký vliv na život vodních živočichů a jejich metabolické procesy, ale také ovlivňuje i sycení vody kyslíkem a rozkladnou činnost bakterií (Heteša, Sukop, 1994).

Teplo se do vody dostává ze slunečního záření, které voda pohltí a změní se v teplo. Voda stále vyměňuje teplo i se svým okolím (Kráč, 1984). Průměrná roční teplota povrchových toků v nížinách se pohybuje kolem 10°C (Pitter, 2009). Dle Normy enviromentální kvality může být nejvyšší přípustná teplota vody 29°C.

Do povrchových vod se občas vypouštějí oteplené vody, které mohou vytvořit tepelné znečištění. Při vypouštění odpadních vod do povrchových vod nesmí teplota vody překročit limit 25°C (Pitter, 2009).

3.4.4 Konduktivita

„Konduktivita je definována jako převrácená hodnota elektrického odporu roztoku mezi dvěma vloženými platinovými elektrodami. Vedení elektrického proudu ve vodě, konduktivita, spočívá na přítomnosti kationtů a aniontů uvolněných v průběhu disociace elektrolytů (solí, kyselin, zásad)“ (Hlavínek, Říha, 2004: 16).

V hydrochemii slouží konduktivita k určení množství elektrolytu ve vodě a může se použít ke kontrole výsledků chemického rozboru (Král, 1984).

Jednotkou konduktivity je S/m. V hydrochemii jsou hodnoty konduktivity většinou malé, a proto se běžně využívá mS/m nebo $\mu\text{S}/\text{cm}$. Běžné povrchové vody mají hodnotu konduktivity v rozmezí 5 – 50 mS/m (Pitter, 2009).

3.5 Monitorované anorganické látky toku měřené v laboratoři

Mezi vybrané ukazatele jakosti toku, které byly určeny k monitoringu, patří dusičnanový dusík, sírany a celkový fosfor.

3.5.1 Dusičnanový dusík

Dusičnanový dusík je výsledným produktem biochemické oxidace organicky vázaného dusíku, který je stabilní při aerobních podmínkách (Heteša, Kočková, 1997). V malém množství se vyskytuje ve všech druzích vod a to zpravidla od 1 – 100 mg/l (Valentová, Máchová, Kroupová, 2013).

Antropogenním zdrojem dusičnanového dusíku ve vodě je hnojení zemědělských půd dusíkatými hnojivy. Za sekundární znečištění se považují dusičnany z biologických čistíren odpadních vod, které mohou být příčinou nadměrného rozvoje sinic a řas. V létě jsou dusičnany z vody odčerpávány vegetací, tudíž koncentrace dusičnanů závisí na vegetačním období (Synáčková, 1996).

Podle Hlavínka, Říhy (2004) množství dusičnanového dusíku občas přesahuje v povrchových vodách hygienické normy a způsobuje riziko pro lidské zdraví.

Vyhláška ministerstva zdravotnictví č.252/2004 Sb. stanovuje nejvyšší mezní hodnotu pro dusičnany v pitné vodě 50 mg/l, u kojenecké vody 15 mg/l.

3.5.2 Sírany

Sírany se nacházejí ve všech druzích vod (Hlavínek, Říha, 2004). Vznikají z minerálů sádrovce a anhydridu, dále také oxidací sulfidických rud. Za antropogenní zdroje síranů

se považují odpadní vody z mořiren kovů a průmyslové a městské exhalace vznikající spalováním fosilních paliv (Pitter, 2009).

V povrchových vodách je koncentrace síranů v desítkách až stovkách mg/l. Síraný, které se vyskytují v přírodních vodách, nemají hygienický význam. Pouze vysoké koncentrace způsobují změnu senzorických vlastností (Hlavínek, Říha, 2004).

Podle Pittera (2009) je limitní hodnotou síranů pitné vody v ČR 250 mg/l.

3.5.3 Celkový fosfor

Fosfor a jeho sloučeniny mají velký význam v přírodním koloběhu látek. Jsou důležité pro vyšší i nižší organismy, které je přemění na organicky vázaný fosfor. Po uhynutí a rozkladu organismů se sloučeniny fosforu uvolňují zpět do prostředí (Valentová, Máchová, Kroupová, 2013).

Podle Pittera (2009) se celkový fosfor ve vodě rozlišuje na rozpuštěný a nerozpuštěný, tento rozpuštěný i nerozpuštěný celkový fosfor se dále dělí na anorganicky a organicky vázaný.

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách jsou minerály, například apatit, fosforit, kaolinit. Fosfor se dostává do vody i antropogenními vlivy, jako jsou odpadní vody, přípravky používané v zemědělství, spláchnutá statková hnojiva, prací a čisticí prostředky (Heteša, Kočková, 1997).

Dle Synáčkové (1996) se v povrchových vodách vyskytuje koncentrace fosforu v desetinách mg/l.

4 CHARAKTERISTIKA TOKU ROKYTNÁ A JEHO OKOLÍ

Řeka Rokytná pramení na Vysočině, v polích jižně od obce Chlístov, 10 km od Třebíče. Pramen se nachází v nadmořské výšce 580 m n. m. Po 88,2 km Rokytná ústí v Jihomoravském kraji v Ivančicích do řeky Jihlavy (Brodesser, 2007).

Rokytná svým tokem významně poznamenává jinak klidnou krajinu (Skopal a kol., 1967). Horní tok Rokytné neprotéká žádnými kaňony, teče mělkou kotlinou, většinou vesnicemi, nejvíce však loukami a poli. Před Jaroměřicemi nad Rokytnou se do řeky vlévá říčka Římovka, Rokytká a Štěpanovický potok (Brodesser, 2007). Ve střední části toku se řeka vrývá hlouběji do terénu (Skopal a kol., 1967) a u obce Příštpo se zanořuje do rozsáhlých lesů. Zde také začíná Přírodní park Rokytná, který se rozprostírá na ploše 2 700 ha po obou stranách toku až k obci Tulešice. Přírodní park poukazuje na krajinu doprovázenou přirozeným tokem. Rokytná zde vytváří četné meandry a je lemována balvanitými srázy a skalními útvary (Brodesser, 2007). Do Rokytné se vlévá Rouchovanka, Tulešický potok, Olešná a Dolnodubňanský potok. Na dolní části toku od obce Pulkov byla vyhlášena evropsky významná lokalita, která zasahuje i do Přírodního parku Rokytná. Její rozloha zaujímá 123,6679 ha až po ústí řeky. Významnou lokalitou byla vyhlášena především kvůli výskytu a ochraně hrouzka běloploutvého a velevruba tupého. Pro výskyt těchto druhů je důležité zachovat přirozený charakter toku a zabránit příčným stavbám na toku (Živé pomezí Krumlovsko - Jevišovicko , 2015). U obce Vémyslice se břehy toku Rokytné splošťují a připomínají mělkou kotlinu, ne však na dlouho, u Moravského Krumlova se znovu zanořují do vysokých srázů a vytváří tři velké zákruty s úzkým údolím a četnými meandry (Brodesser, 2007). Pro ochranu a zachování přírodních hodnot této části řeky s přilehlými slepencovými stráněmi a s unikátním výskytem rostlin a živočichů byla vyhlášena Národní přírodní rezervace Krumlovsko-rokytenské slepence. Její celková rozloha zaujímá 86,5 ha (AOPK ČR, 2015). Rokytná pokračuje údolím kolem Budkovic a pod Ivančicemi ústí do Jihlavy v nadmořské výšce 202 m n. m. (Skopal a kol., 1967).

4.1 Geomorfologické členění a geologická stavba

Podle Czudka (1972) se řeka Rokytná nachází v hercínském pohoří v provincii Česká vysočina, v subprovincii Česko – moravská. Větší část povodí řeky se vyskytuje v Křižanovské vrchovině a Jevišovské pahorkatině, což jsou geomorfologické celky

Českomoravské vrchoviny. Část povodí však zasahuje i do Boskovické brázdy, která je geomorfologickým celkem Brněnské vrchoviny.

Kolem pramene se vyskytují ortoruly, dále se kolem toku nacházejí granulity a granulitové ruly (Fusán a kol., 1993). V okolí Moravského Krumlova se vyskytují slepence permského stáří, v Boskovické brázdě se zachovaly části miocenních mořských sedimentů, což jsou písky a jíly (Culek a kol., 2013).

4.2 Pedologické poměry

Na horním a středním toku řeky se nachází převážně hlinitopísčité a písčitohlinité půdy s typem podzolovaných a hnědých lesních půd nížin a pahorkatin. V dolní části toku se vyskytují hlinité půdy, kde jsou nejčastějším typem půd hnědozemě. V nivě řeky se vytvářejí fluvizemě (Zítek, 1965). U Moravského Krumlova jsou na vápencích a permských slepencích pararendziny (Culek a kol., 2013).

4.3 Klimatické podmínky

Řeka Rokytná protéká z kraje Vysočina do Jihomoravského kraje, tím vznikají rozdíly klimatických podmínek u pramene a ústí. Podle Tolasze a kol. (2007) se průměrná roční teplota kolem toku pohybuje mezi 6 - 8°C. Na území se za rok průměrně vyskytne 100 – 120 mrazových dnů. Jak je uvedeno v (Oženílek, Květoň, 2011) podle Quittovy klasifikace patří tok Rokytné do klimaticky mírné oblasti MW11 a teplé oblasti W3.

Úhrn srážek se zaznamenává na dvou srážkoměrných stanicích v Moravském Krumlově a Štětěchách. Průměrný srážkový úhrn kolem toku je 450 – 600 mm za rok. Sněhové srážky se průměrně vyskytují v 50 – 60 dnech za rok (Tolasz a kol., 2007).

4.4 Hydrologické údaje

Hydrologické pořadí řeky Rokytné je 4 – 16 – 03 (Zítek, 1965). Celková plocha povodí činí 584,3 km² (Envipartner, 2015). Průměrný průtok řeky na stanici v Moravském Krumlově je 1,38 m³/s (Povodí Moravy, 2015). Vodní stav je velmi kolísavý, za jarního tání jsou velké průtoky a vznikají vodopády např. pod Budkovicemi. Naopak v sušších měsících hladiny poklesají (Skopal a kol., 1967).

Na toku jsou zřízeny tři hlásné profily, a to v Jaroměřicích nad Rokytnou, Příštpu a Moravském Krumlově, které slouží ke sledování hladiny toku a průběhu povodní

(Envipartner, 2015).

4.5 Fauna

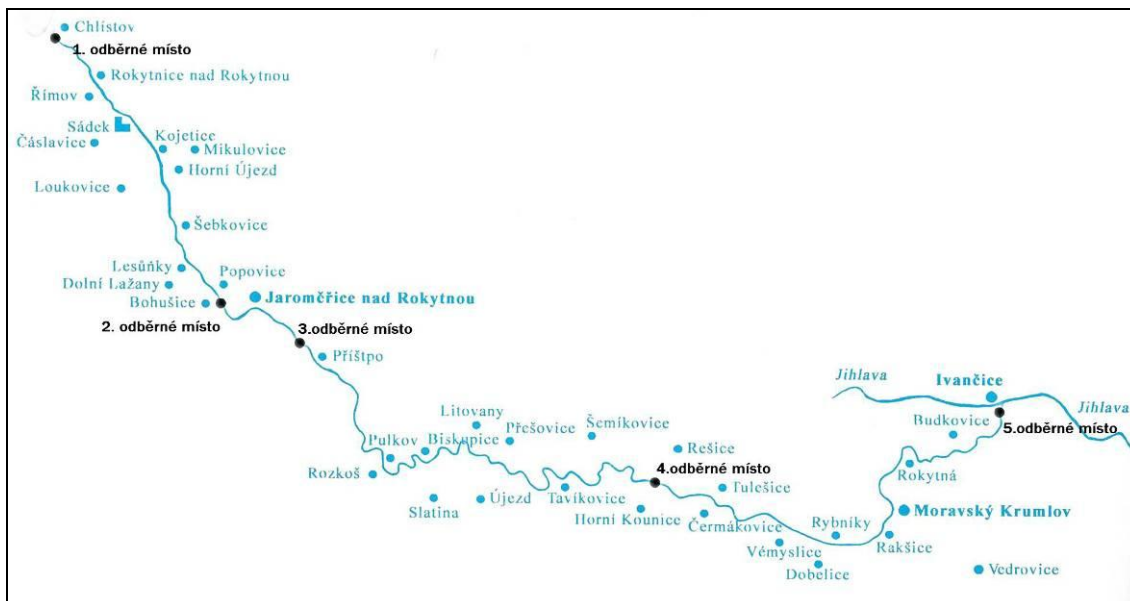
Údolí řeky Rokytné je geomorfologicky a mikroklimaticky značně členité, a proto zde žije mnoho druhů živočichů. Kolem toku najdeme z plazů užovku obojkovou, užovku podplamatou (Živé pomezí Krumlovska - Jevišovicko, 2015). Z bezobratlých se v lokalitě vyskytují kudlanka nábožná, pestrokřídlec podražcový, tesařík obrovský a kravec uherský. Mezi obojživelníky zde patří ropucha obecná (AOPK ČR, 2015). K dolnímu toku jsou vázány různé druhy ptáků jako výr velký, skalník pestrý, sokol stěhovavý a sova pálená. K dalším druhům ptactva patří vodní druhy, například potápka roháč, kachna divoká, lyska černá. Téměř kolem celého toku se vyskytuje srnec obecný a drobné druhy lesní zvěře (Skopal a kol., 1967). Kolem toku se v posledních letech začal opět objevovat bobr evropský.

4.6 Flóra

Území Rokytné se nachází ve dvou vegetačních stupních, v kolinním a suprakolinním. Největší část území pokrývají dubohabřiny s podstatným zastoupením jedle a s příměsí buku (Culek a kol., 2013). Podél vodního toku v nivách se vyskytují porosty jasanu, olše černé a klenu s bohatým bylinným podrostem (Skopal a kol., 1967). V nivách kolem horní části toku se nachází rákosinové a ostřicové porosty. Vegetace vlhkých luk tu prakticky chybí. Na skalách a srážech se nachází skalní vegetace s kostřavou sivou, úzkolisté trávničky, suché bylinné lemy s valečkou prapořitou a reliktní bory. Kolem polí a luk se vyskytují suché křovinné porosty, především trnka obecná, hloch, růže šípková (Culek a kol., 2013). Na vápnatých permských slepencích kolem Moravského Krumlova je společenstvo skalní stepi s pýchavou vápnomilnou a hvozdíkem sivým (Skopal a kol., 1967). Mezi nejvýznamnější zástupce vyšších rostlin patří hvozdík moravský, řeřišničník skalní, pryskyřník irylský a kosatec nízký (AOPK ČR, 2015).

4.7 Charakteristika odběrných míst

V rámci monitoringu jakosti vody toku Rokytná bylo vybráno pět odběrných míst, které jsou znázorněny na obr. 1. Na odběrných místech se jednou za tři měsíce provádělo měření a odběr vzorků.



Obr. 1: Mapa toku Rokytná s vyznačením odběrných míst (Brodesser, 2007)

4.7.1 Pramen Rokytné

Počátek pramene (obr. 2) je v polích nedaleko obce Chlístov v nadmořské výšce 508 m n. m. Pramen se nachází asi 300 m vpravo od silnice vedoucí z Třebíče na Předín. Začátek řeky Rokytné nepředstavuje soustředěný vývěr, ale jedná se pouze o mělkou odvodňovací strouhu.

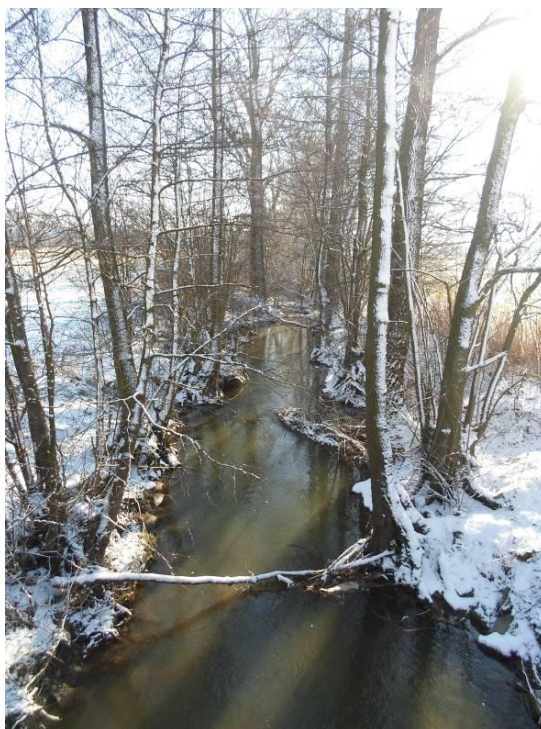


Obr. 2: Pramen Rokytné

4.7.2 Jaroměřice nad Rokytnou

Druhé odběrné místo se nachází u Jaroměřic nad Rokytnou pod mostem, přes který vede silnice z města do obce Popovice. Vzorky byly odebrány z pravé strany břehu. Místo se nachází v nadmořské výšce 422 m n. m. a je vzdálené 72,9 říčních kilometrů

od ústí. Odběrné místo je vidět na obr. 3.



Obr. 3: Rokytná u Jaroměřic nad Rokytnou

4.7.3 Příštpo

Třetí odběrné místo (obr. 4) je vzdálené asi 1,5 km od obce Příštpo a 4 km pod Jaroměřicemi nad Rokytnou. Město Jaroměřice nad Rokytnou je největším městem na toku a tudíž možným znečišťovatelem toku. Odběry a měření byly prováděny asi 150 m pod jezem ze slunného levého břehu. Příštpo se nachází na 65. říčním kilometru v nadmořské výšce 410 m n. m.



Obr. 4: Rokytná u Příštpa

4.7.4 Rešice

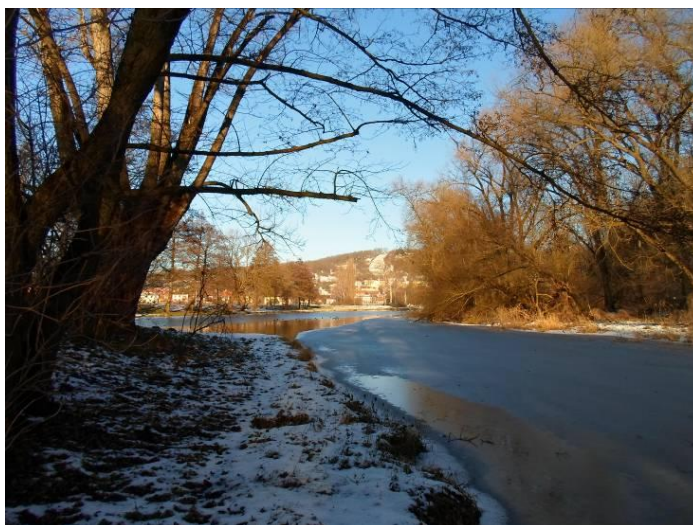
Předposlední odběrné místo je nedaleko obce Rešice pod soutokem Rouhovanky s Rokytnou. Místo je v nadmořské výšce 326 m n. m. a nachází se na 34,3 říčním kilometru. Odběry byly prováděny z levého břehu toku. Soutok Rouhovanky s Rokytnou je vidět na obr. 5.



Obr. 5: Rokytná pod Rešicemi

4.7.5 Ústí v Ivančicích

Poslední odběrné místo se nachází před ústím Rokytné do řeky Jihlavy. Místo je na 0,1 říčním kilometru v nadmořské výšce 202 m n. m. Vzorke byly odebrány z levého stinného břehu. Voda v těchto místech je velmi poklidná a v zimních měsících zamrzá (obr. 6).



Obr. 6: Rokytná před ústím do řeky Jihlavy

5 METODIKA PRÁCE

V rámci monitoringu jakosti vody toku Rokytná byly provedeny odběry vzorků a měření vybraných ukazatelů v terénu na pěti odběrných místech. Následně pak byly vzorky vyhodnoceny v laboratoři. Měření bylo prováděno jednou za tři měsíce v průběhu jednoho roku. Vzorky byly odebrány ve dnech 30. 3. 2014, 8. 7. 2014, 5. 10. 2014 a 6. 1. 2015. K měření a stanovení vzorků byly použity přístroje značky HACH Lange. Výsledky byly porovnány s ČSN 75 7221 a Normou enviromentální kvality dle nařízení vlády č. 61/2003.

5.1 Odběr vzorků vody a měření v terénu

Vzorky byly odebrány z každého odběrného místa do plastových lahví o objemu 0,5 l. Láhve byly před odběrem vzorků vypláchnuty vodou z odběrného místa. Pak byly zcela naplněny, bez vzduchu. Vzorky v lahvích byly uchovány ve stínu a následně uskladněny v lednici do druhého dne, kdy bylo prováděno stanovení ukazatelů v laboratoři. Uskladněné vzorky byly zpracovány do 24 hodin.

V každém odběrném místě byly měřeny vybrané ukazatele (pH, elektolytická konduktivita, rozpuštěný kyslík a teplota vody) pomocí přístroje pro měření v terénu HACH Lange HQ 30d, jež je přenosné měřidlo k měření parametrů vody, používající tři sondy IntelliCal (obr. 7), které se k měřidlu připojí. Pro každý ukazatel byla použita jiná sonda.



Obr. 7: Měřící přístroj se sondami

Při měření se připojí příslušná sonda a ponoří se do proudu vody. Po zvukové signalizaci se na displeji zobrazí naměřená hodnota.

5.2 Stanovení vzorků v laboratoři na spektrofotometru

Rozbory vzorků byly prováděny v laboratoři na Ústavu aplikované a krajinné ekologie. V laboratoři se stanovoval dusičnanový dusík, sírany a celkový fosfor. Při stanovování v laboratoři byly použity předem odebrané vzorky z toku. Rozbory vzorků z každého odběrného místa byly prováděny pro všechny ukazatele.

Laboratorní sklo, které se používá pro stanovení ukazatelů ve spektrofotometru, se nazývá kyveta nebo vialka. Kyvety se používají v párech podle značeného čísla na hrdle kyvety.

Pro určení všech vzorků byl použit spektrofotometr HACH DR/400 PROCEDURE (obr. 8). Spektrofotometr je naprogramován a kalibrován pro různé analýzy vod.



Obr. 8: Spektrofotometr

5.2.1 Stanovení dusičnanového dusíku

Spektrofotometr se nastavil na program 2530, stanovení dusičnanového dusíku. Všechny vzorky pro analýzu byly přefiltrovány. Do jednoho páru kyvet bylo odpipetováno 10 ml vzorku z odběrného místa. Jedna kyveta se vzorkem sloužila jako slepý vzorek, který se vložil do spektrofotometru. Do druhé kyvety se přidala reagensie NitraVer 5. Kyveta se uzavřela a minutu se vzorek silně promíchával. Poté proběhla pět

minut dlouhá reakce (pokud byl přítomný dusičnanový dusík, objevilo se žlutooranžové zabarvení). Po ukončení reakce byl vynulován spektrofotometr a vyměnila se kyveta se slepým vzorkem za vzorek s reagensí a na displeji se objevil výsledek v mg/l NO_3^- .

5.2.2 Stanovení síranů

Na spektrofotometru se zvolil program 3450 pro stanovení síranů. Vzorky vody byly přefiltrovány. Do jedné kyvety bylo odpipetováno 25 ml vzorku z odběrného místa a byla vložena do spektrofotometru. Tato kyveta byla použita jako slepý vzorek. Do druhé kyvety se taktéž odpipetovalo 25 ml vzorku, byl přidán obsah sáčku s reagensí SulfaVer 4 a začala probíhat reakce (pokud byly přítomné sírany, objevil se bílý zákal). V okamžiku ukončení pětiminutové reakce se spektrofotometr vynuloval a vyměnily se v něm kyvety. Po zavření víka spektrofotometru se na displeji objevil výsledek v mg/l SO_4^{2-} .

5.2.3 Stanovení celkového fosforu

Pro stanovení celkového fosforu bylo potřeba vialky se vzorky mineralizovat v termoreaktoru.

V laboratoři byl používán digitální termoreaktor DRB 200 značky HACH Lange (obr. 9). Tento přístroj je schopen zahřívát roztoky v kulatých vialkách na teplotu v rozmezí 37 - 165°C po dobu 0 – 480 minut. V termoreaktoru je továrně nastaveno šest programů, které může uživatel použít.

Na spektrofotometru se nastavil program 3036 pro stanovení celkového fosforu. U stanovení celkového fosforu se voda vzorků nefiltruje. Do testovací vialky (Total and acid hydrolazable) se napipetovalo 5 ml vzorku. Do vialky byl vysypán obsah sáčku Potassium Persulfate Powder Pillow for Phosphonate. Vialka byla uzavřena víčkem, protřepána a vložena do předem zahřátého termoreaktoru na 30 minut při 150°C. Po uplynutí 30 minut se vialky vyjmuly z termoreaktoru a nechaly zchladnout na pokojovou teplotu. Potom se do vialky odpipetovalo 2 ml 1,54 N Sodium Hydroxide Solution. Tato vialka byla použita jako slepý vzorek. Spektrofotometr se vynuloval a do téže vialky se vysypal obsah sáčku PhosVer3. Poté začala probíhat dvě minuty dlouhá reakce. Po uplynutí reakce se vialka vložila do spektrofotometru a na displeji se objevil výsledek v mg/l P_{celk} .



Obr. 9: Termoreaktor

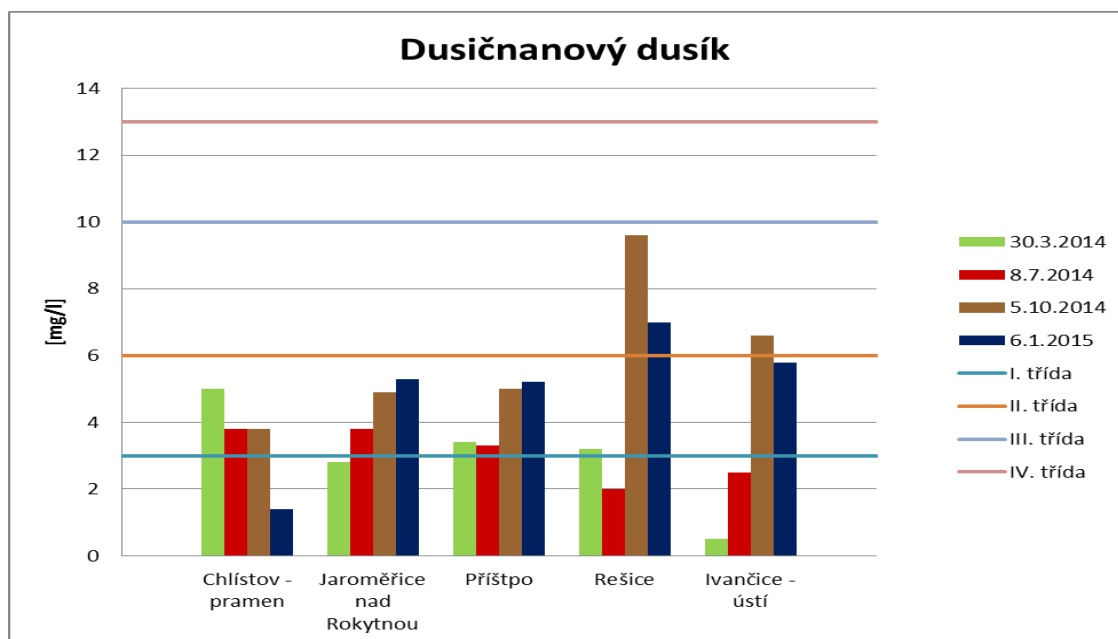
6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Naměřené výsledky během celého roku byly vyhodnoceny dle ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod a dle přílohy nařízení vlády č. 61/2003 – Normy enviromentální kvality.

6.1 Výsledky porovnané s ČSN 75 7221

Pro prezentaci výsledků byly použity sloupcové grafy. Tyto grafy byly vytvořeny pro každý jednotlivý ukazatel. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny ve sloupcích podle odběrných míst a data odběru, úsečkami jsou znázorněny jakostní třídy. Pro každé odběrné místo se klasifikuje jakost vody, což bylo provedeno porovnáním naměřených hodnot s mezními hodnotami jakostních tříd dle ČSN 75 7221. Změřené hodnoty vybraných ukazatelů ve dnech odběrů jsou uvedeny v přílohách 1 až 7.

Dusičnanový dusík [mg/l]

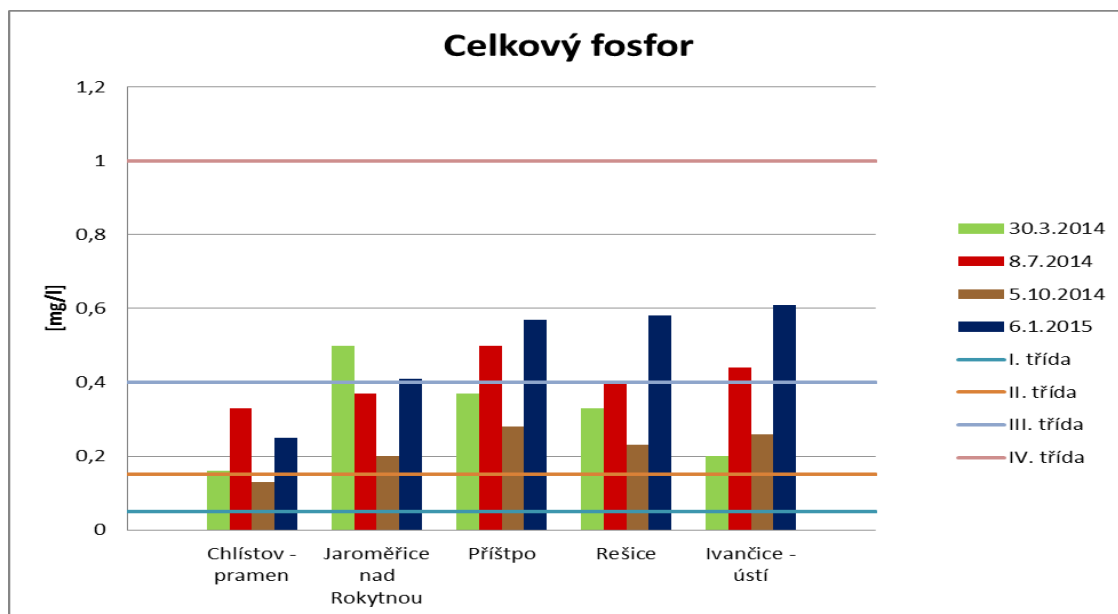


Graf 1: Dusičnanový dusík dle ČSN 75 7221

Z grafu 1 vyplývá, že nejnižší hodnota dusičnanového dusíku 0,5 mg/l byla naměřena 30. 3. 2014 u ústí v Ivančicích. Nejvyšší naměřená hodnota 9,6 mg/l u Rešic 5. 10. 2014. Podle ČSN 75 7221 tok odpovídá ve většině případů II. jakostní třídě, kdy byl dodržen mezní limit 6 mg/l. U Rešic a v Ivančicích v podzimním a zimním měření

koncentrace dusičnanového dusíku přesahuje hranici II. jakostní třídy. Kvalita vody je tak hodnocena v III. jakostní třídě.

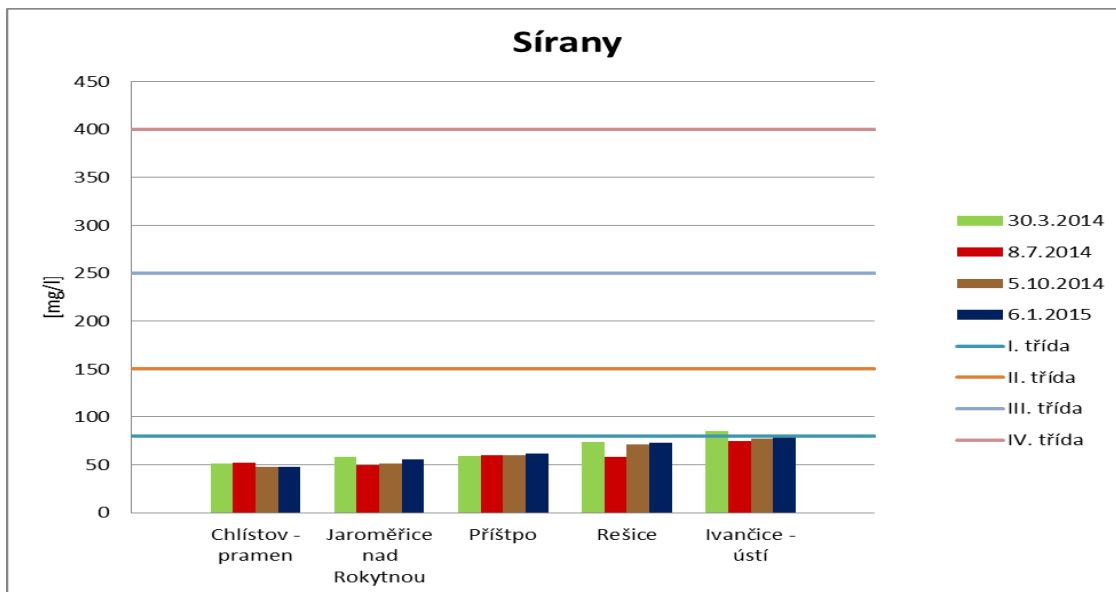
Celkový fosfor [mg/l]



Graf 2: Celkový fosfor dle ČSN 75 72 21

V grafu 2 je vidět, že nejnižší naměřená hodnota celkového fosforu je 0,13 mg/l u pramene 5. 10. 2014. Největší hodnota 0,61 mg/l byla naměřená u ústí 6. 1. 2015. Podle ČSN 75 7221 většina hodnot splňuje III. třídu jakosti povrchových vod jejichž mezná hodnota je 0,4 mg/l. Některé změřené hodnoty v Jaroměřicích nad Rokytnou, Příštpo, Rešicích a Ivančicích překračují limit pro III. jakostní třídu a tím jsou klasifikovány v IV. třídě jakosti povrchových vod. Pouze jedno měření, 5. 10. 2014 u pramene, splňuje mezní limit 0,2 mg/l a patří tak do II. jakostní třídy. Ve třech případech byly nejvyšší naměřené hodnoty ze dne 6. 1. 2015. Nejnižší naměřené hodnoty ve čtyřech případech byly z 5. 10. 2014.

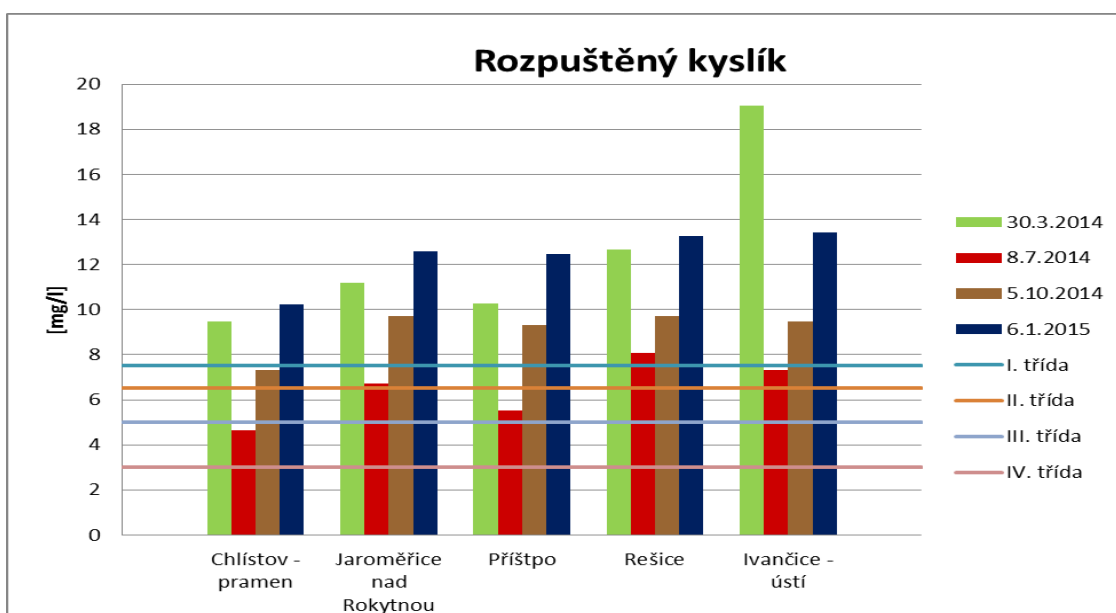
Sírany [mg/l]



Graf 3: Sírany dle ČSN 75 7221

Z grafu 3 je zřejmé, že nejmenší naměřená hodnota koncentrace síranů byla 47,5 mg/l, u pramene 5. 10. 2014. Naopak nejvyšší hodnota 85, 4 mg/l byla naměřena 30. 3. 2014 u ústí řeky. Všechna měření, kromě jednoho, splňují mezní limit 80 mg/l síranů a patří tak do I. jakostní třídy. Pouze v Ivančicích překročila naměřená hodnota I. jakostní třídu a podle ČSN 75 7221 tak patří do II. jakostní třídy povrchových vod.

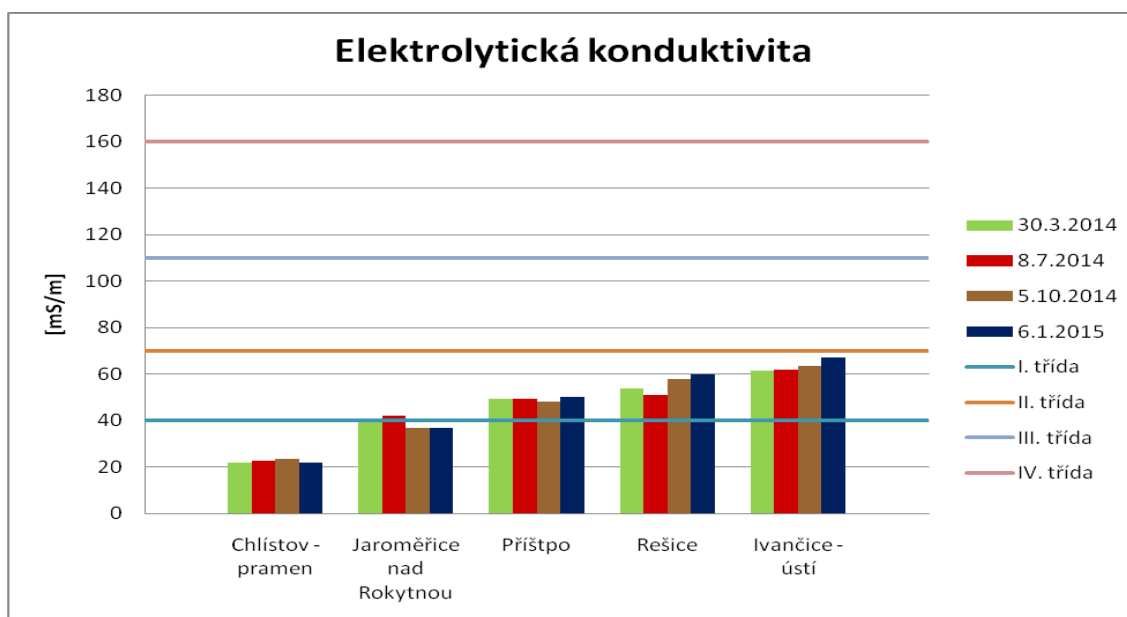
Rozeuštěný kyslík [mg/l]



Graf 4: Rozeuštěný kyslík dle ČSN 75 7221

Nejnižší naměřená hodnota 4,63 mg/l rozpuštěného kyslíku je, dle znázorněných výsledků v grafu 4, u pramene dne 8. 7. 2014, tím se hodnota vody řadí do IV. třídy jakosti povrchových vod. Nejvyšší naměřená hodnota je 19,07 mg/l u ústí 30. 3. 2014. Většina naměřených hodnot splňuje I. jakostní třídu s mezním limitem 7,5 mg/l. Naměřené hodnoty nespĺnily mezní limit pro I. jakostní třídu kvůli zvýšenému obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Jednalo se o všechna letní měření kromě Rešic a jednoho podzimního měření u pramene. Množství kyslíku ve vodě klesá s větší teplotou. Množství rozpuštěného kyslíku u pramene v letním měsíci nedosahuje mezní hodnoty 5 mg/l, proto patří do IV. jakostní třídy. U ústí řeky a v Jaroměřicích nad Rokytnou se kvalita vody dle obsahu rozpuštěného kyslíku rovnala II. jakostní třídě. Voda u obce Příštpo nedosáhla mezní limit 6,5 mg/l a tím patřila do III. jakostní třídy. Hodnoty vody v Rešicích ve všech měřeních splňovaly I. jakostní třídu.

Elektrolytická konduktivita [mS/m]



Graf 5: Elektrolytická konduktivita dle ČSN 75 7221

Jak lze vidět z grafu 5, nejnižší elektrolytická konduktivita 21,9 mS/m byla zjištěna u pramene 30. 3. 2014. Nejvyšší naměřená hodnota elektrolytické konduktivity 67 mS/m byla 6. 1. 2015 v Ivančicích u ústí. Podle ČSN 75 72 21 splňují I. třídu jakosti povrchových vod naměřené hodnoty pouze u pramene a v Jaroměřicích nad Rokytnou ve třech měřeních. Kvalita vody u obcí Příštpo, Rešice a Ivančic překračuje mezní limit 40 mS/m a tím se řadí do II. jakostní třídy.

6.2 Výsledná klasifikace jakosti vody dle ČSN 75 7221

Do skupiny ukazatelů byl vybrán dusičnanový dusík, celkový fosfor, sírany, rozpuštěný kyslík a elektrolytická konduktivita. Výsledky byly zpracovány v souladu s odstavcem 4.9 ČSN 75 7221. Každý z těchto ukazatelů byl zařazen do jakostní třídy. Výsledná třída v odběrném místě byla určena podle nejneprůzračnější třídy jakosti u vybraných ukazatelů. Byla splněna podmínka, aby výsledky všech ukazatelů byly klasifikovány ve všech společně hodnocených odběrných místech. Výsledná kvalita vody ze všech odběrných dní je barevně vyznačena na mapách v přílohách 13 až 16.

V odběrný den 30. 3. 2014 se jakost vody pohybovala mezi III. a IV. jakostní třídou. Od pramene až po ústí řeky výsledky odpovídají III. jakostní třídě, pouze v Jaroměřicích nad Rokytnou došlo k nárůstu celkového fosforu, proto se kvalita vody řadí do IV. jakostní třídy. Celkově za zhoršenou kvalitu vody odpovídá celkový fosfor, který se pohyboval v rozmezí III. a IV. jakostní třídy, ostatní ukazatele splňovaly I. a II. jakostní třídu povrchových vod.

Kvalita vody ve dne 8. 7. 2014 odpovídala III. až IV. jakostní třídě. U pramene byla jakost rovna IV. třídě, protože zde bylo naměřeno velmi malé množství rozpuštěného kyslíku v důsledku zvýšené teploty vody. V Jaroměřicích nad Rokytnou a v Rešicích odpovídala kvalita vody III. jakostní třídě, v Příštpu a Ivančicích byla kvalita rovna IV. jakostní třídě povrchových vod kvůli nadměrné koncentraci celkového fosforu. V letním měření se ve výsledné kvalitě vody odrazila zejména zvýšená teplota vody a tím i méně rozpuštěného kyslíku v odběrných místech a také velké množství celkového fosforu.

Výsledky měření sledovaných ukazatelů ze dne 5. 10. 2014 se zařadily do II. a III. třídy jakosti povrchových vod. II. jakostní třídě odpovídaly pouze vzorky vody u pramene. Ve zbylých odběrných místech dosahovala jakost vody III. třídy. Zde byl nejneprůzračnějším ukazatelem celkový fosfor a dusičnanový dusík.

Konečné výsledky naměřené dne 6. 1. 2015 odpovídaly III. až IV. jakostní třídě. Od Jaroměřic nad Rokytnou až po ústí řeky v Ivančicích byla kvalita vody rovna IV. jakostní třídě. Pouze u pramene voda odpovídala III. jakostní třídě povrchových vod. Nejneprůzračnějším ukazatelem ve všech odběrných místech byl opět celkový fosfor.

Celková kvalita toku měla nejlepší výsledky v odběrný den 5. 10. 2014, nejhorší jakost vody byla naměřena 6. 1. 2015.

6.3 Výsledky podle Normy enviromentální kvality

Výsledky jsou hodnoceny pro každý ukazatel zvlášť. Pro porovnání výsledků s normou enviromentální kvality (dále jen NEK) bylo nutno provést aritmetický průměr koncentrací pro každé odběrné místo naměřené v různých ročních obdobích jednoho roku. Průměrné a maximální hodnoty za rok jsou uvedeny v přílohách 8 – 12. Průměrné hodnoty jsou znázorněny v sloupcovém grafu. Lineární čára znázorňuje dané hodnoty dle NEK: aritmetický průměr (dále jen RP) a nejvyšší přípustnou hodnotu u teploty (dále jen NPH).

Pouze u reakce vody jsou v grafech zobrazeny všechny naměřené hodnoty za rok a hodnota pH se určuje v mezích minimální a maximální přípustné hodnoty pro každý vzorek zvlášť. Pro teplotu vody nebyl proveden aritmetický průměr hodnot, ale byla využita nejvyšší naměřená teplota ze všech odběrných míst.

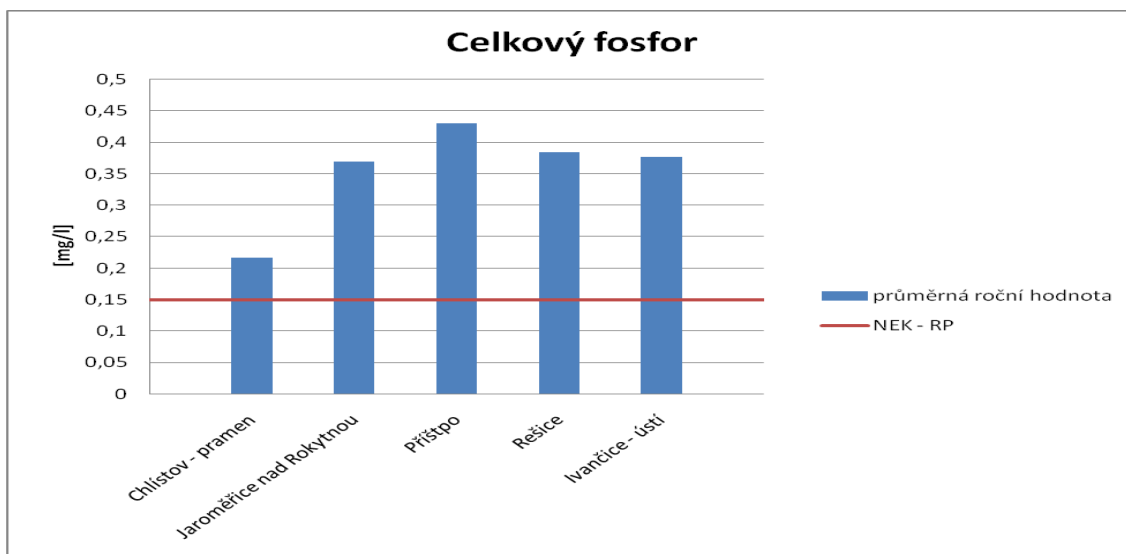
Dusičnanový dusík



Graf 6: Dusičnanový dusík dle NEK

Na grafu 6 lze vidět, že nejnižší průměrná hodnota je 3,5 mg/l u pramene a nejvyšší hodnota je 5,45 mg/l v Rešicích. Podle příloh z nařízení vlády by voda neměla překročit průměrnou hodnotu 5,4 mg/l. Téměř veškerá voda v toku Rokytné dané kritérium splňuje, pouze v Rešicích hodnota nepatrně překročila limit.

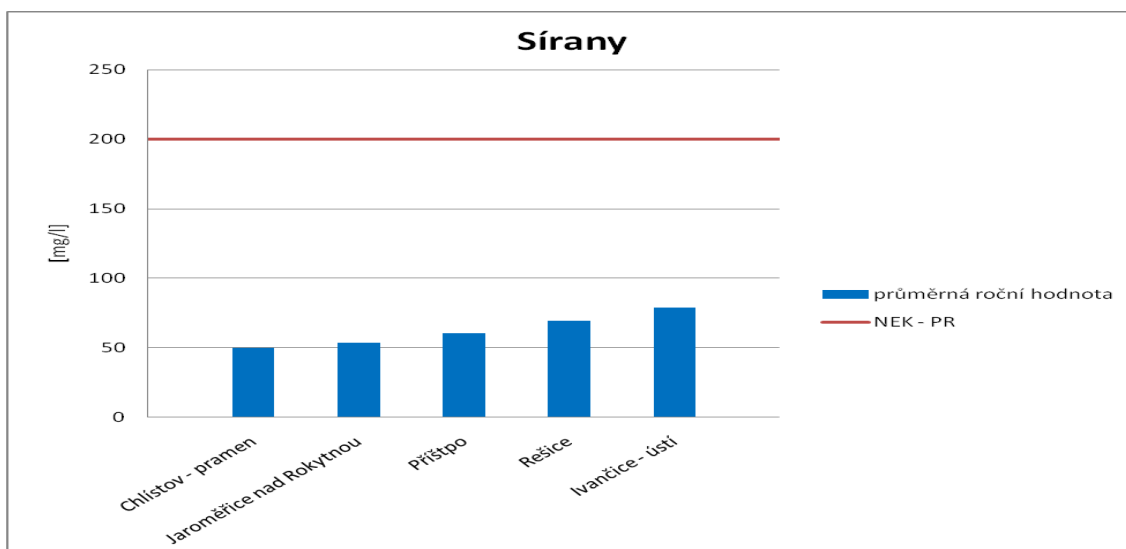
Celkový fosfor



Graf 7: Celkový fosfor dle NEK

Z grafu 7 je zřejmé, že nejnižší naměřená průměrná hodnota byla zjištěna u pramene 0,22 mg/l, naopak nejvyšší naměřená hodnota v Příštpu 0,43 mg/l. Jakost vody ve všech odběrných místech nesplnila limit 0,15 mg/l dle NEK.

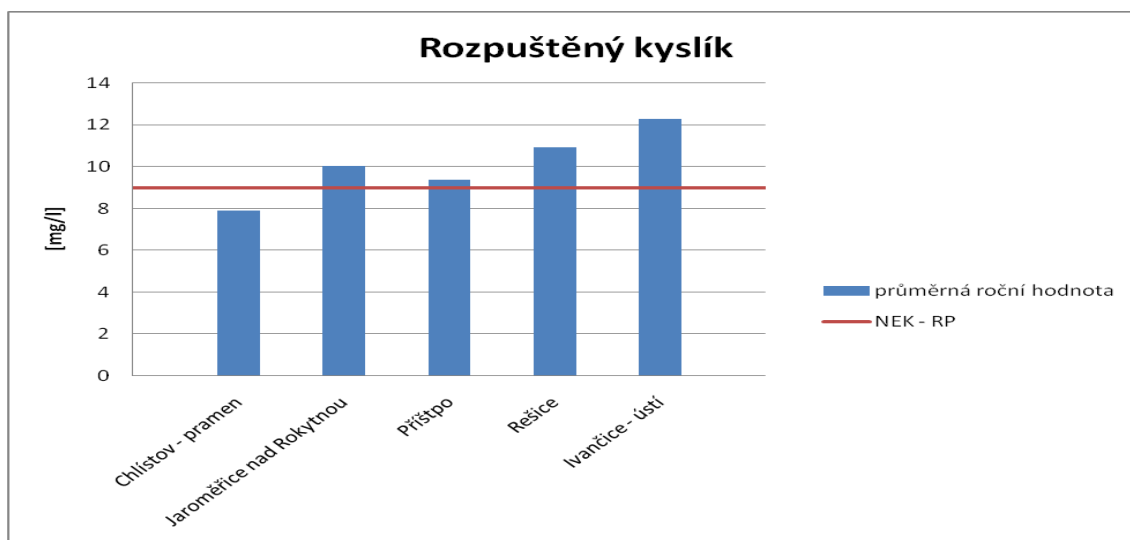
Sířany



Graf 8: Sířany dle NEK

Graf 8 zobrazuje, že nejnižší průměrná hodnota 49,9 mg/l byla naměřena u pramene. Nejvyšší průměrnou hodnotou bylo 79,1 mg/l u ústí řeky v Ivančicích. Podle NEK by naměřené hodnoty neměly přesáhnout limit 200 mg/l. Tuto podmínku hodnoty ve všech odběrných místech splňují.

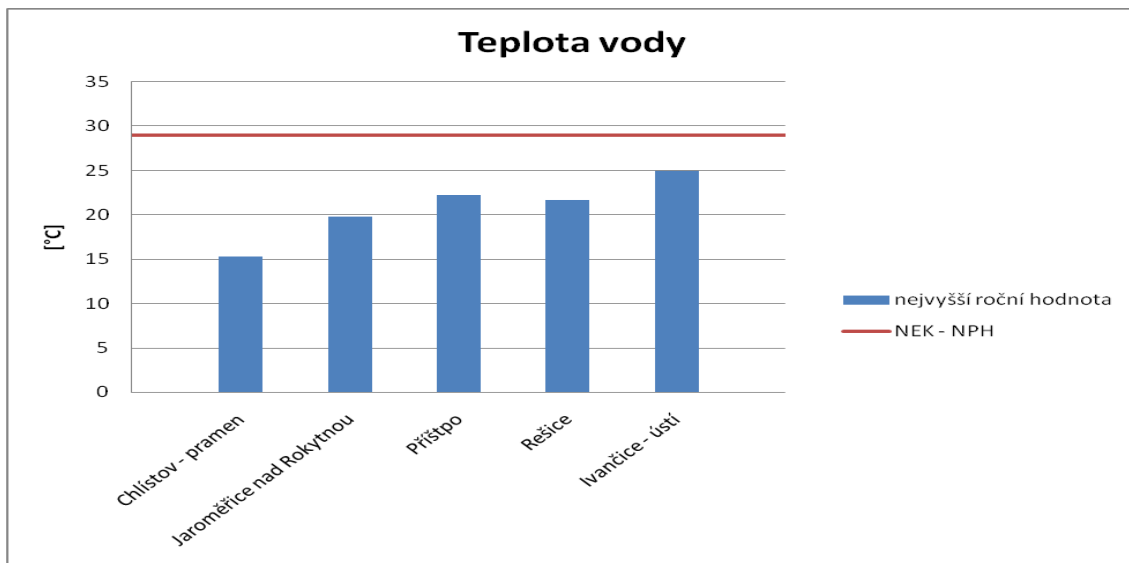
Rozpuštěný kyslík



Graf 9: Rozpuštěný kyslík dle NEK

Jak vyplývá z grafu 9, nejnižší průměrná hodnota rozpuštěného kyslíku je 7,91 mg/l u pramene a nejvyšší je 12,31mg/l u ústí v Ivančicích. Pro požadovanou kvalitu vody by hodnoty kvality vody měly překročit limit NEK 9 mg/l. Pouze průměrná hodnota u pramene nesplňuje tento požadavek, ostatní hodnoty naměřené od Jaroměřic nad Rokytnou až po ústí do řeky Jihlavy limit stanovený NEK splňují.

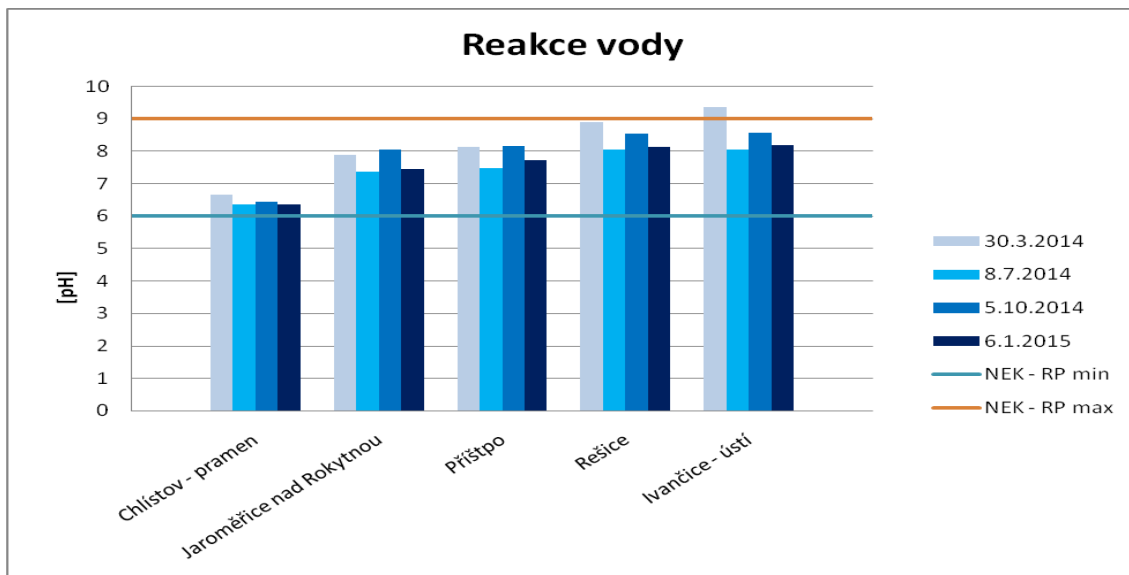
Teplota vody



Graf 10: Teplota vody dle NEK

Graf 10 zobrazuje, že žádná nejvyšší roční teplota v jednotlivých odběrných místech nepřesáhla limit nejvyšší přípustné hodnoty 29°C dle NEK. Teplota vody od pramene až po ústí toku v Ivančicích stoupá.

Reakce vody



Graf 11: Reakce vody dle NEK

Graf 11 zobrazuje vymezení minimální a maximální hodnoty podle NEK, které by měl tok splňovat. Minimální přípustnou hodnotou je pH 6 a maximální přípustnou hodnotou je pH 9. Naměřené hodnoty téměř ve všech odběrných místech splňují tento standard. Pouze jedno měření 30. 3. 2014 v Ivančicích přesahuje maximální přípustnou hodnotu s pH 9,37.

7 ZÁVĚR

Bakalařská práce byla zaměřena na monitoring jakosti vody v toku Rokytná. Cílem bylo zjistit kvalitu vody z hlediska vybraných ukazatelů (elektrolytická konduktivita, rozpuštěný kyslík, sírany, dusičnanový dusík, celkový fosfor, reakce a teplota vody). Součástí práce bylo měření ukazatelů a odběr vzorků z odběrných míst v terénu, následně pak stanovování vzorků v laboratoři. Monitoring se uskutečnil čtyřikrát v průběhu jednoho roku, od března 2014 do ledna 2015.

Výsledná kvalita vody v toku Rokytná, stanovená podle ČSN 75 7221 – Jakosti povrchových vod, se řadí do II. až IV. jakostní třídy povrchových vod. II. jakostní třídu voda splňovala pouze jedenkrát u pramene ve dne 5. 10. 2014. Nejnepříznivějším ukazatelem byl celkový fosfor, který ve většině měření přesahoval III. jakostní třídu. Dalším limitujícím ukazatelem byl rozpuštěný kyslík v letním období. Z celkových výsledků se tedy tok řadí mezi znečištěné a silně znečištěné vody. Zhoršená jakost toku se příkládala přítomnosti celkového fosforu a rozpuštěného kyslíku. Ostatní ukazatele se většinou pohybovaly v I. a II. jakostní třídě.

Tok řeky zčásti protéká zemědělsky obdělávanými pozemky, u nichž se předpokládá používání hnojiv a postřiků a v důsledku toho je možný nadměrný výskyt fosforu v toku. Tok také protéká dvěma městy a mnoha vesnicemi. Pro zlepšení kvality toku by bylo potřeba se zaměřit na případné zdroje znečištění celkovým fosforem a zjistit hlavní znečišťovatele. Následně by se pak učinily kroky k nápravě a ke snížení množství celkového fosforu ve vodě.

Normu environmentální kvality splňovaly průměrné hodnoty síranů, rozpuštěného kyslíku, teploty a reakce vody. Průměrné hodnoty dusičnanového dusíku a celkového fosforu ve vodě nesplnily roční průměr podle NEK. Jedna průměrná roční hodnota celkového fosforu dokonce dvakrát více překročila hranici průměrné hodnoty za rok.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- BRODESSER, Slavomír. 2007. *Krajinou Oslavy, Rokytné a Jihlavy proti toku času*. Brno: Moravské zemské muzeum, 166 s.
- CULEK, Martin; GRULICH, Vít; LAŠTŮVKA, Zdeněk; DIVÍŠEK, Jan. 2013. *Biogeografické regiony České Republiky*. Brno: Masarykova univerzita, 447 s.
- CZUDEK, Tadeáš. 1972. *Geomorfologické členění ČSR*. Praha: Academia, 137 s.
- FUSÁN, Otto; KODYM, Odolen; MATĚJKA, Alois. 1993. *Geologická mapa České Republiky*. Kolín: Český geologický ústav.
- HETEŠA, Jiří; SUKOP, Ivo. 1994. *Ekologie vodního hospodářství*. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 131 s.
- HETEŠA, Jiří; KOČKOVÁ, Eva. 1998. *Hydrochemie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 93 s.
- HLAVÍNEK, Petr; ŘÍHA, Jaromír. 2004. *Jakost vody v povodí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 209 s.
- HUBAČÍKOVÁ, Věra; OPPELTOVÁ, Petra. 2008. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 130 s.
- KRÁL, Jaroslav. 1984. *Chemie vody*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 131 s.
- MARŠÁLEK, Blahoslav. 2009. Trofie a trofizace: příčiny, důsledky a terminologie. In: Sborník konference: Praha, Novotného lávka, 11. Června 2009. *Znečištění povrchových vod živinami: příčiny, důsledky a možnosti řešení (eu)trofizace*. Praha: Český svaz vědecko technických společností, 120 s.
- MŽP 2013. *Rámcový program monitoringu*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR.
- PITTER, Pavel. 2009. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 579 s.
- SKOPAL, Josef, a kol. 1967. *Pojihlaví a Pooslaví a povodí Rokytné*. Praha: Olympia, 183 s.
- SYNÁČKOVÁ, Marcela. 1996. *Čistota vod*. Praha: České vysoké učení technické Praha, 208 s.
- TOLASZ, Radim a kol. 2007. *Atlas podnebí česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav v koedici s Univerzitou Palackého v Olomouci, 254 s.
- VALENTOVÁ, Olga; MÁCHOVÁ, Jana; KOCOUR KROUPOVÁ, Hana. 2013.

Základy hydrochemie návody pro laboratorní cvičení. Šumperk: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, fakulta rybářství a ochrany vod, 123 s.

VOŽENÍLEK, Vít; KVĚTOŇ, Vít. 2011. *Klimatické oblasti Česka klasifikace podle Quitta za období 1961 - 2000 = Climatic regions of the Czech republic: Quitt's classification during years 1961 – 2000.* Univerzita Palackého, Český hydrometeorologický ústav, Olomouc, Praha

ZÍTEK, Josef. 1965. *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky.* Praha: Hydrometeorologický ústav, 414 s.

ŽÁČEK, Ladislav. 1998. *Hydrochemie.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, 80 s.

Legislativa

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů.

ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod.

Internetové zdroje

ŽIVÉ POMEZÍ KRUMLOVSKO - JEVIŠOVICKO. 2014. „NATURA 2000 severního znojemska.“ [online] Moravský Krumlov: Živé pomezí Krumlovsko – Jevišovicko [cit. dne 9. 2. 2015]. Dostupné z: <http://zivepomezi.cz/wp-content/uploads/2014/08/natura-2000.pdf>

AOPK ČR. 2015. „Národní přírodní rezervace Krumlovsko – rokytenské slepence“ [online] Praha: AOPK ČR [cit. Dne 9. 2. 2015] Dostupné z: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=index&site=NPR_krumlovsko_rokytenske_slep_cz.

ENVIPARTNER. 2015. „Hydrologické údaje“ [online] Brno: Elektronický digitální povodňový portál [cit. dne 25.1.2015]. Dostupné z: http://www.edpp.cz/orpmk_hydrologicke-udaje/.

POVODÍ MORAVY. 2015. „Stavy a průtoky na vodních tocích.“ [online] Brno: Povodí Moravy [cit. dne 25.1.2015]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/portal/sap/cz/index.htm>.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Mapa toku Rokytná	28
Obr. 2: Pramen Rokytné	28
Obr. 3: Rokytná v Jaroměřicích nad Rokytnou	29
Obr. 4: Rokytná u Příštpa	29
Obr. 5: Rokytná pod Rešicemi	30
Obr. 6: Rokytná před ústím do Jihlavy	30
Obr. 7: Měřicí přístroj se sondami	31
Obr. 8: Spektrofotometr	32
Obr. 9: Termoreaktor	34

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Dusičnanový dusík dle ČSN 75 7221	35
Graf 2: Celkový fosfor dle ČSN 75 7221	36
Graf 3: Sírany dle ČSN 75 7221	37
Graf 4: Rozpuštěný kyslík dle ČSN 75 7221	37
Graf 5: Elektrolytická konduktivita dle ČSN 75 7221	38
Graf 6: Dusičnanový dusík dle NEK	40
Graf 7: Celkový fosfor dle NEK	40
Graf 8: Sírany dle NEK	41
Graf 9: Rozpuštěný kyslík dle NEK	42
Graf 10: Teplota vody dle NEK	43
Graf 11: Reakce vody dle NEK	44

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Teplota vody	52
Příloha 2: Rozpuštěný kyslík	52
Příloha 3: Celkový fosfor	52
Příloha 4: Dusičnanový dusík	53
Příloha 5: Sírany	53
Příloha 6: Elektrolytická konduktivita	53
Příloha 7: Reakce vody	53
Příloha 8: Maximální roční teplota	54
Příloha 9: Průměrná roční hodnota celkového fosforu	54
Příloha 10: Průměrná roční hodnota dusičnanového dusíku	54
Příloha 11: Průměrná roční hodnota síranů	54
Příloha 12: Průměrná roční hodnota rozpuštěného kyslíku	55
Příloha 13: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 30. 3. 2014	55
Příloha 14: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 8. 7. 2014	56
Příloha 15: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 5. 10. 2014	56
Příloha 16: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 6. 1. 2015	57

12 PŘÍLOHY

Příloha 1: Teplota vody

Teplota vody [°C]				
Odběrné místo	Datum			
	30. 3. 2014	8. 7. 2014	5. 10. 2014	6. 1. 2015
Chlístov - pramen	6,2	15,3	13,6	2,9
Jaroměřice nad Rokytnou	9,3	19,8	12,7	1,7
Příštpo	11,7	22,2	13	1,5
Rešice	11,7	21,7	13,2	0,8
Ivančice - ústí	13,4	25	14,6	0,8

Příloha 2: Rozpuštěný kyslík

Rozpuštěný kyslík [mg/l]				
Odběrné místo	Datum			
	30. 3. 2014	8. 7. 2014	5. 10. 2014	6. 1. 2015
Chlístov - pramen	9,46	4,63	7,32	10,24
Jaroměřice nad Rokytnou	11,17	6,72	9,71	12,58
Příštpo	10,28	5,52	9,32	12,47
Rešice	12,65	8,08	9,73	13,25
Ivančice - ústí	19,07	7,3	9,47	13,41

Příloha 3: Celkový fosfor

Celkový fosfor [mg/l]				
Odběrné místo	Datum			
	30. 3. 2014	8. 7. 2014	5. 10. 2014	6. 1. 2015
Chlístov - pramen	0,16	0,33	0,13	0,25
Jaroměřice nad Rokytnou	0,5	0,37	0,2	0,41
Příštpo	0,37	0,5	0,28	0,57
Rešice	0,33	0,4	0,23	0,58
Ivančice - ústí	0,2	0,44	0,26	0,61

Příloha 4: Dusičnanový dusík

Dusičnanový dusík [mg/l]				
Odběrné místo	Datum			
	30. 3. 2014	8. 7. 2014	5. 10. 2014	6. 1. 2015
Chlístov - pramen	5	3,8	3,8	1,4
Jaroměřice nad Rokytou	2,8	3,8	4,9	5,3
Příštpo	3,4	3,3	5	5,2
Rešice	3,2	2	9,6	7
Ivančice - ústí	0,5	2,5	6,6	5,8

Příloha 5: Síraný

Síraný [mg/l]				
Odběrné místo	Datum			
	30. 3. 2014	8. 7. 2014	5. 10. 2014	6. 1. 2015
Chlístov - pramen	51,8	52,3	47,5	48
Jaroměřice nad Rokytou	58,3	49,5	51,2	55,6
Příštpo	58,8	60,3	60,5	62,2
Rešice	74,3	58,5	71,4	73,3
Ivančice - ústí	85,4	75	77	79

Příloha 6: Elektrolytická konduktivita

Elektrolytická konduktivita [mS/m]				
Odběrné místo	Datum			
	30. 3. 2014	8. 7. 2014	5. 10. 2014	6. 1. 2015
Chlístov - pramen	21,9	22,5	23,5	22
Jaroměřice nad Rokytou	40,4	41,9	36,7	36,8
Příštpo	49,4	49,5	48,1	50
Rešice	53,6	50,9	57,9	60
Ivančice - ústí	61,6	61,9	63,6	67

Příloha 7: Reakce vody

Reakce vody [pH]				
Odběrné místo	Datum			
	30. 3. 2014	8. 7. 2014	5. 10. 2014	6. 1. 2015
Chlístov - pramen	6,66	6,36	6,46	6,36
Jaroměřice nad Rokytou	7,9	7,39	8,07	7,45
Příštpo	8,14	7,48	8,16	7,72
Rešice	8,92	8,05	8,54	8,14
Ivančice - ústí	9,37	8,07	8,57	8,2

Příloha 8: Maximální roční teplota

Teplota [°C]	
Odběrné místo	Maximální roční teplota
Chlístov - pramen	15,3
Jaroměřice nad Rokytnou	19,8
Příštpo	22,2
Rešice	21,7
Ivančice - ústí	25

Příloha 9: Průměrná roční hodnota celkového fosforu

Celkový fosfor [mg/l]	
Odběrné místo	Průměrná roční hodnota
Chlístov - pramen	0,22
Jaroměřice nad Rokytnou	0,37
Příštpo	0,43
Rešice	0,39
Ivančice - ústí	0,38

Příloha 10: Průměrná roční hodnota dusičnanového dusíku

Dusičnanový dusík [mg/l]	
Odběrné místo	Průměrná roční hodnota
Chlístov - pramen	3,5
Jaroměřice nad Rokytnou	4,2
Příštpo	4,2
Rešice	5,45
Ivančice - ústí	3,85

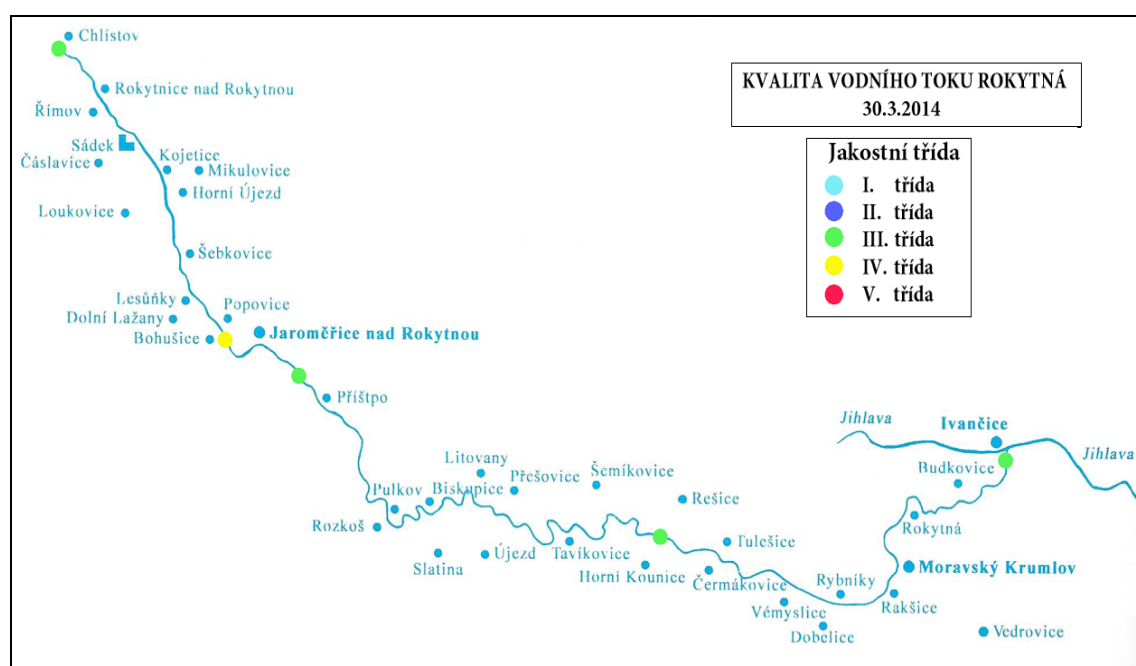
Příloha 11: Průměrná roční hodnota síranů

Sírany [mg/l]	
Odběrné místo	Průměrná roční hodnota
Chlístov - pramen	43,9
Jaroměřice nad Rokytnou	53,65
Příštpo	60,45
Rešice	69,38
Ivančice - ústí	79,1

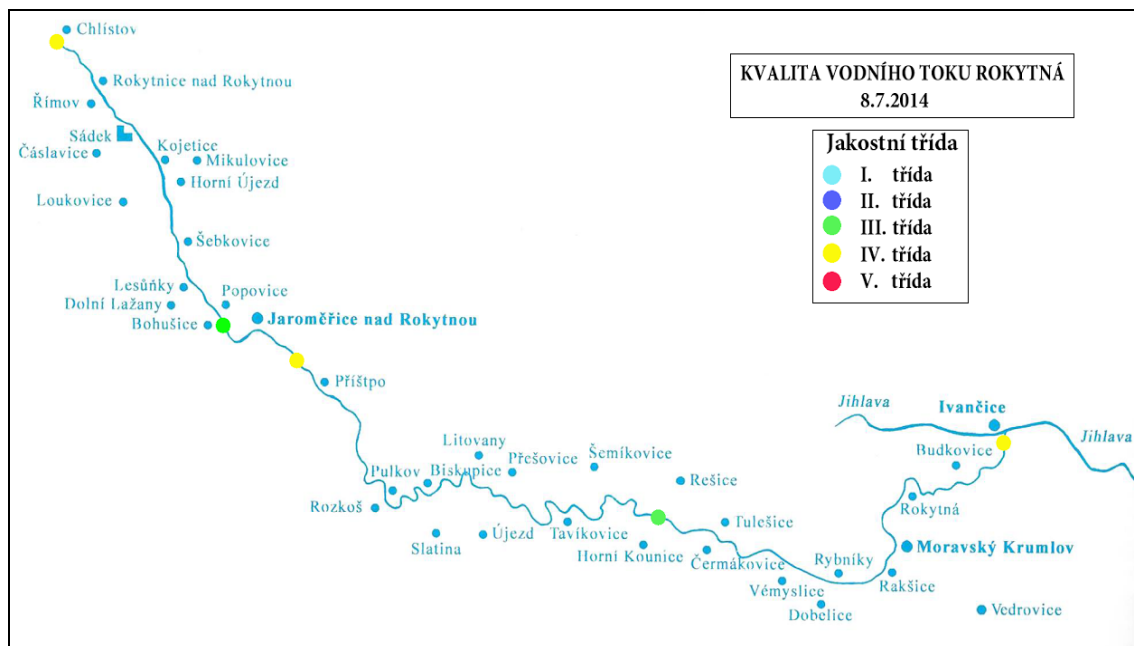
Příloha 12: Průměrná roční hodnota rozpuštěného kyslíku

Rozpuštěný kyslík [mg/l]	
Odběrné místo	Průměrná roční hodnota
Chlístov - pramen	7,91
Jaroměřice nad Rokytnou	10,05
Příštpo	9,4
Rešice	10,93
Ivančice - ústí	12,31

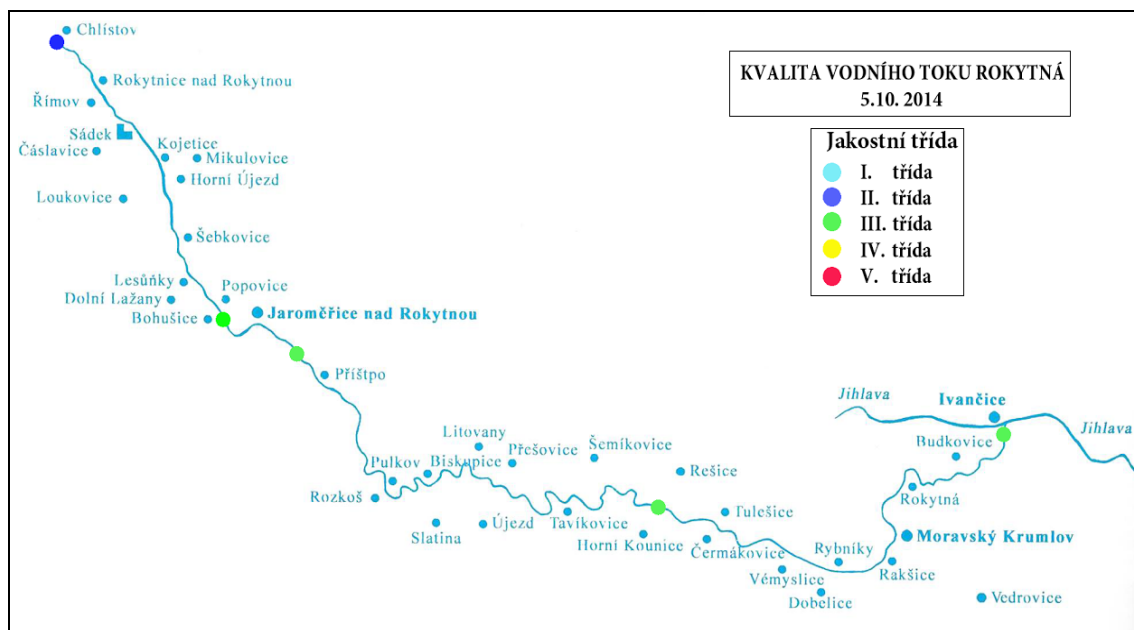
Příloha 13: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 30. 3. 2014 (Brodesser,2007)



Příloha 14: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 8. 7. 2014 (Brodesser,2007)



Příloha 15: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 5. 10. 2014 (Brodesser,2007)



Příloha 16: Kvalita vodního toku Rokytná ze dne 6. 1. 2015 (Brodesser,2007)

