



**Monitoring jakosti vody vybraného toku**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Radovan Kovařík



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Radovan Kovařík**  
Studijní program: Zemědělská specializace  
Obor: Agroekologie  
Název tématu: **Monitoring jakosti vody vybraného toku**  
Rozsah práce: 30 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

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

Seznam odborné literatury:

1. HETEŠA, J. *Coičení 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.

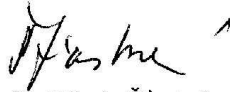
Datum zadání bakalářské práce: říjen 2014


Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016

  
**Radovan Kovařík**  
Autor práce



  
**Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D.**  
Vedoucí práce

  
**doc. Ing. Dr. Milada Štastná**  
Vedoucí ústavu

  
**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Monitoring jakosti vody vybraného toku** vypracoval 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 vědom, 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:.....

.....

podpis

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Tomáši Mašíčkovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a vstřícný přístup a především za trpělivost, metodické pokyny a připomínky k této práci. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Štěpinovi za jeho obětavou ochotu, trpělivost a za velkou podporu při psaní této práce.

V neposlední řadě bych rád poděkoval svým rodičům, u kterých mám vždy podporu, a nespočetněkrát mi pomohli překonat různé těžkosti při studiu. Děkuji svému otci Mgr. Radovanu Kovaříkovi za absolvování všech terénních výjezdů a pomoc při zapisování hodnot. Děkuji také všem lidem z Ústavu aplikované a krajinné ekologie Mendelovy univerzity v Brně za přívětivou atmosféru.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá ročním monitoringem jakosti vody toku Břežanka na šesti zvolených odběrných místech od 26. dubna roku 2015 do 14. března 2016. Odběrná místa byla určena v návaznosti na pokračování monitoringu Ing. Dagmar Michalčíkové zpracovaného v rámci diplomové práce. V literární rešerši je řešena problematika povrchových vod a charakteristika zájmového území. Další část je věnována samotnému měření ukazatelů. Mezi sledované ukazatele přímo v místech odběru vzorků pomocí přístroje HQ30D patřily: konduktivita, rozpuštěný kyslík, hodnota pH a teplota. Současně byl prováděn odběr vzorků vody, které byly následně chemicky analyzovány v laboratoři ÚAKE Mendelovy univerzity v Brně. Ke sledovaným ukazatelům stanovovaných pomocí spektrofotometru patřily: celkový fosfor, dusičnanový dusík a chemická spotřeba kyslíku. Zjištěné hodnoty z terénního měření i laboratorní analýzy byly dále vyhodnoceny podle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod a rovněž dle přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

**Klíčová slova:** Potok Břežanka, povrchová voda, monitoring, kvalita vody.

## **ABSTRAKT**

The bachelor thesis deals with one year monitoring of the water quality in Břežanka stream on six places chosen for taking water samples from 26 April 2015 to 14 March 2016. These places were set to continue in monitoring of Ing. Dagmar Michalčíková, that was processed in the diploma thesis. The issue of surface water and the characteristics of the area of interest is solved in literature search. The next part is focused on measuring quality parameters. Among monitored parameters observed in the sampling points using a device HQ30D were: conductivity, dissolved oxygen, pH and temperature. It was also conducted water sampling, which were then chemically analyzed in the laboratory ÚAKE of Mendel University in Brno. The indicators below the determined using a spectrophotometer were: total phosphorus, nitrate nitrogen and chemical oxygen demand. The obtained values were evaluated to CSN 75 7221 Classification of surface water quality and also according to the Annex no. 3 to Government Regulation no. 401/2015 Coll.

**Keywords:** Břežanka stream, surface water, monitoring, water quality.

## **OBSAH:**

1 ÚVOD.....	10
2 CÍL PRÁCE .....	11
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	12
3.1 Voda .....	12
3.2 Zákonná ochrana vod .....	12
3.3 Povrchové vody.....	16
3.3.1 Tekoucí vody a jejich složení.....	17
3.3.2 Stojaté vody a jejich složení .....	17
3.4 Klasifikace jakosti povrchových vod.....	17
3.4.1 Norma ČSN 75 7221 .....	17
3.4.2 Klasifikace jakosti dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015 Sb.....	20
3.5 Znečištění vod .....	21
3.5.1 Přirozené znečištění.....	21
3.5.2 Znečištění vlivem odpadních vod z průmyslu.....	22
3.5.3 Znečištění vlivem zemědělského hospodaření.....	23
3.5.4 Vliv rybníčního hospodářství na znečištění .....	24
3.5.5 Eutrofizace vod .....	24
3.5.6 Rozdělení vod podle trofie .....	25
3.6 Charakteristika vybraných fyzikálních a chemických parametrů vody.....	26
3.6.1 Parametry vody měřené v místě odběru .....	27
3.6.1.1 Teplota .....	27
3.6.1.2 Obsah rozpuštěného kyslíku.....	27
3.6.1.3 Hodnota pH .....	28
3.6.1.4 Vodivost (konduktivita) .....	29
3.6.2 Parametry stanovované v laboratoři .....	29
3.6.2.1 Celkový fosfor .....	29
3.6.2.2 Dusičnanový dusík .....	31
3.6.2.3 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) .....	31

4 CHARAKTERISTIKA VYBRANÉHO TOKU A JEHO OKOLÍ.....	32
4.1 Vymezení lokality toku Břežanka .....	32
4.1.1 Popis obcí .....	32
4.1.1.1 Mackovice .....	32
4.1.1.2 Břežany .....	32
4.1.1.3 Pravice .....	33
4.1.1.4 Hrušovany nad Jevišovkou .....	33
4.2 Charakteristika lokality toku Břežanka .....	33
4.2.1 Geomorfologické údaje .....	34
4.2.2 Geologické údaje .....	34
4.2.3 Pedologické údaje.....	35
4.2.4 Klimatické údaje.....	35
4.2.5 Biotické údaje.....	35
5 METODIKA .....	37
5.1 Práce v terénu .....	37
5.1.1 Odběr a další manipulace se vzorky.....	37
5.1.2 Měření ukazatelů v terénu .....	37
5.2 Laboratorní zpracování vzorků .....	38
5.2.1 Stanovení koncentrace celkového fosforu.....	39
5.2.2 Stanovení koncentrace dusičnanového dusíku .....	40
5.2.3 Stanovení hodnot CHSK .....	40
5.3 Charakteristika odběrných míst .....	40
5.3.1 Pramen Břežanky .....	41
5.3.2 Za hřbitovem .....	42
5.3.3 Pod hrází rybníka.....	43
5.3.4 U čistírny odpadních vod .....	43
5.3.5 U soutoku se Skaličkou .....	44
5.3.6 U soutoku s Jevišovkou.....	44
6 VÝSLEDKY A DISKUZE .....	45



6.1 Vyhodnocení dle normy ČSN 75 7221 .....	45
6.1.1 Konduktivita .....	45
6.1.2 Obsah rozpuštěného kyslíku .....	47
6.1.3 Celkový fosfor .....	48
6.1.4 Dusičnanový dusík .....	49
6.1.5 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) .....	50
6.1.6 Souhrnné zhodnocení dle ČSN 75 7221.....	51
6.2 Vyhodnocení dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015 Sb. ....	52
6.2.1 Teplota vody .....	52
6.2.2 Rozpuštěný kyslík .....	53
6.2.3 Reakce vody (pH) .....	54
6.2.4 Celkový fosfor .....	55
6.2.5 Dusičnanový dusík .....	56
6.2.6 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) .....	57
7 ZÁVĚR .....	58
8 POUŽITÁ LITERATURA .....	60
9 SEZNAM TABULEK .....	63
10 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	64
11 SEZNAM GRAFŮ .....	64

# 1 ÚVOD

V posledních letech vzrůstá důraz na řešení ekologických a environmentálních problémů, především věnovaných záležitosti kvality vody. Voda, jakožto chemická sloučenina vodíku a kyslíku je jedním z přírodních zdrojů a patří spolu s půdou a ovzduším mezi základní podmínky života na Zemi. Voda hraje důležitou roli při tvorbě klimatu, fyzikálních i chemických pochodů, a také biologických procesů. Z historie víme, že voda doprovází lidstvo po celou dobu jeho existence. Člověk se jednak usazoval kolem míst s výskytem pitné vody, ale také vodu využíval pro své živobytí, dopravu, výrobu a později také k rekreaci a své koníčky. Civilizační vývoj se podepisuje na kvalitě vody změnou teploty, barvy, chemického složení až po dnes řešenou eutrofizaci vod, která vede ke zhoršení kvality životního prostředí a znehodnocení kvalitní pitné vody. Proto je potřeba už nyní zapracovat na její kvalitě a uchovat čistou vodu pro příští generace.

## 2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je monitoring jakosti vody toku Břežanka a analýza vybraných parametrů kvality vody s jejich vyhodnocením na základě naměřených ukazatelů po dobu jednoho roku.

Dílčí cíle:

- měření konduktivity, obsahu rozpuštěného kyslíku, hodnoty pH a teploty v předem určených odběrných místech;
- odběr vzorků vody pro chemický rozbor;
- analýza vybraných parametrů (celkový fosfor, dusičnanový dusík a chemická spotřeba kyslíku) s využitím spektrofotometru
- vyhodnocení kvality vody sledovaného vodního toku na základě naměřených ukazatelů dle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod a dle přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 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.

### **3. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

#### **3.1 Voda**

Voda jakožto základní složka životního prostředí patří mezi nejrozšířenější látku na Zemi, jenž je nezbytná pro existenci života (HLAVÍNEK, ŘÍHA, 2004; ŽÁČEK, 1998). Dále se voda bere jako jednoduchá chemická sloučenina, jež vznikala v dávných dobách při procesu utváření Země a do dnešních let přetrvává v relativně neměnném, avšak nerovnoměrně rozloženém množství (CÍLEK, KENDER, 2004). Oceány tvoří největší část objemu vody na Zemi svými takřka 80 %, dále zemská kůra pojímá pod svým povrchem 19 %, ledovce pojímají 1%, 0,002 % je obsaženo ve vodních tocích, nádržích, jezerech a zbytek 0,0008 se pohybuje v atmosféře. Voda vyskytující se na zemském povrchu či v atmosféře se souhrnně označuje jako hydrosféra a je zapotřebí zajistit její čistotu, zejména pro pitné účely (HLAVÍNEK, ŘÍHA, 2004; SYNÁČKOVÁ, 1994).

#### **3.2 Zákonná ochrana vod**

##### **Vodní zákon**

Základní právní ochranu vod v České republice udává zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů (mezi nejnovější patří zákon č. 150/2010 Sb.). Hlavní účel a předmět zákona definuje §1, odst. 1 a 2 takto:

- Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů.
- Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí,

a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí.

Vodní zákon (ZÁKON č. 254/2001 Sb., 2001) definuje v §23a i konkrétní cíle ochrany vod jako složky životního prostředí, kterými jsou:

- pro povrchové vody
  - zamezení zhoršení stavu všech útvarů těchto vod, včetně vodních útvarů ležících v téže mezinárodní oblasti povodí,
  - zajištění ochrany, zlepšení stavu a obnova všech útvarů těchto vod a dosažení jejich dobrého stavu, s výjimkou útvarů uvedených v bodu 3,
  - zajištění ochrany, zlepšení stavu všech umělých a silně ovlivněných vodních útvarů a dosažení jejich dobrého ekologického potenciálu a dobrého chemického stavu,
  - snížení jejich znečištění prioritními látkami a zastavení nebo postupné odstraňování emisí, vypouštění a úniků prioritních nebezpečných látek,
  
- pro podzemní vody
  - zamezení nebo omezení vstupů nebezpečných, zvláště nebezpečných a jiných závadných látek do těchto vod a zamezení zhoršení stavu všech útvarů těchto vod,
  - zajištění ochrany, zlepšení stavu a obnova všech útvarů těchto vod a zajištění vyváženého stavu mezi odběry podzemní vody a jejím doplňováním, s cílem dosáhnout dobrého stavu těchto vod,
  - odvrácení jakéhokoliv významného a trvajícího vzestupného trendu koncentrace nebezpečných, zvláště nebezpečných a jiných závadných látek jako důsledku dopadů lidské činnosti, za účelem účinného snížení znečištění těchto vod.

Jak dále uvádí také HUBAČÍKOVÁ, OPPELTOVÁ (2008), ochrana vod je rozdělena na základní ochranu obecnou, ochranu zvláštní a speciální dle vodního zákona:

- **Obecná ochrana** – má zajistit co nejlepší jakost vod a zároveň i co největší množství těchto vod v přirozeném prostředí. Obecná ochrana vod je součástí více předpisů – mezi hlavní patří zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, dále zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů a další.
- **Zvláštní ochrana** vod je zakotvena ve stejných zákonech jako obecná, avšak z různých důvodů zajišťuje jejich vyšší stupeň ochrany, do které pak spadají:
  - **Chráněné oblasti přirozené akumulace vod** - význačné hlavně svými přírodními podmínkami pro přirozenou akumulaci vod.
  - **Citlivé oblasti** – jsou to povrchové vody ohrožené nežádoucím stavem jakosti vody z důvodu zatížení velkého množství živin, jsou i zdrojem pitné vody, u které se koncentrace dusičnanů dostává přes hodnotu 50 mg.l<sup>-1</sup>, či je u nich potřebná vyšší úroveň čištění odpadních vod.
  - **Zranitelné oblasti** – se stanovují u povrchových a podzemních vod, které jsou především využívány jako zdroje pitné vody s vysokou koncentrací dusičnanů přesahující 50 mg.l<sup>-1</sup>. K nechtěnému zhoršení jakosti vody dochází zejména u povrchových vod, do kterých se důsledkem intenzivního hospodaření dostává velké množství dusičnanů.
- **Speciální ochrana** - jedná se o ochranná pásma vodních zdrojů, mající za úkol ochranu jakosti, vydatnosti a zdravotní nezávadnosti u povrchových i podzemních vod využitelných či užívaných k odběru pitné vody. Dle §30 vodního zákona dále stanoví ochranná pásma na I. či II. stupeň – první slouží k přímé ochraně vodního zdroje v jeho těsném okolí. Druhý stupeň stanovuje vodoprávní úřad tak, aby zabezpečil jeho vydatnost, jakost a zdravotní nezávadnost.

#### **Nariadení vlády 401/2015 Sb.**

Nariadení vlády 401/2015 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 s účinností od 1. ledna 2016 nahrazuje původní Nařízení vlády č. 61/2003.

Toto nařízení (401/2015 Sb.) v souladu s právem Evropské unie stanoví:

- ukazatele vyjadřující stav povrchové vody,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro zdroje povrchových vod, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou vhodné pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů,
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, které jsou využívány ke koupání,
- normy environmentální kvality pro prioritní látky a některé další znečišťující látky,
- náležitosti a podmínky povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizace,
- seznam prioritních látek a prioritních nebezpečných látek,
- nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod a podmínky jejich použití.

Dále vymezuje citlivé oblasti, za které jsou brány všechny útvary povrchových vod na území České republiky (v §15 odst. 1 zákona č. 401/2015 Sb.).

Jednoduše se v tomto nařízení (401/2015 Sb.) popisují tzv. emisní standardy a limity, které udávají nejvyšší přípustné hodnoty ukazatelů znečištění povrchových a odpadních vod, která jsou přesně stanovena v její příloze. Emisní limity stanovuje vodoprávní úřad v povoleních k vypouštění odpadních vod do vod povrchových individuálně pro každé povolení (dle druhů vypouštěných vod) a stanoví tak nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění.

## **Nařízení vlády č. 262/2012**

Nařízení vlády č. 262/2012 bylo vydáno v souladu s právem Evropské unie a stanovuje zranitelné oblasti a akční program – jedná se o tzv. Nitrátovou směrnici, která má primárně zajistit ochranu vod před nadměrným znečišťováním dusičnany ze zemědělského obhospodařování.

Tímto nařízením se stanovují přílohou vymezené specifické zranitelné oblasti z dříve platného nařízení vlády č. 108/2008 Sb. (konkrétně katastrální území), ve kterých se upravuje používání a skladování různých druhů hnojiv, provádění protierozních opatření a střídání plodin za pomoci tzv. akčního programu, který platí pouze ve výše zmíněných zranitelných oblastech (KLÍR et al., 2008). Zranitelné oblasti a jejich vymezení včetně akčního programu podléhají Ministerstvu životního prostředí, které provádí jejich přezkoumání a úpravy v obdobích nepřesahující 4 roky. Je tedy snahou na celém území snižovat zatěžování a znečišťování povrchových a podzemních vod množstvím dusičnanů původem z půdy a hnojiv a zavést správnou zemědělskou praxi spočívající v protierozních opatřeních, uskladňování a používání hnojiv a střídání plodin. Tyto postupy mají docílit co největšího snížení rizika uvolňování a vyplavování dusíku do povrchových vod. V podstatě se tedy jedná o snížení (omezení) množství celkového dusíku v různých formách hnojiv používaných na zemědělskou půdu. Jak uvádí dále Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. celkové množství dusíku nesmí překročit 170 kg/ha/rok v průměru celkové výměry zemědělských pozemků jednoho zemědělského podniku.

### **3.3 Povrchové vody**

„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. Útvar povrchové vody je vymezené soustředění povrchové vody v určitém prostředí, například v jezeru, ve vodní nádrži, v korytě vodního toku“ (ZÁKON č. 254/2001 Sb. v pozdějším znění).

V našich zeměpisných podmínkách jsou hlavním zdrojem povrchových vod převážně atmosférické srážky, dále pak různé vývěry podzemních vod. Všechna voda pak odtéká z povodí hydrografickou sítí. V momentě, kdy voda ze srážek už nemůže být pojmuta či vsáknuta do půdy, vypařována, interceptována ani akumulována na půdním povrchu, nastává okamžik povrchového odtoku. Zprvu postupuje jako plošný,



který přechází postupně na odtok soustředěný a v poslední řadě začíná tvořit samotnou hydrografickou síť odtoku (TLAPÁK, ŠÁLEK a LEGÁT, 1992).

Na základě odtokových pochodů lze členit vody na vody tekoucí, vody stojaté a na plošné srážkové odtoky (JŮVA, 1995). Dále můžeme povrchové vody dělit na mořské či kontinentální (PITTER, 2009), nebo dle obsahu minerálních látek v jednom litru vody, tedy na stupně mineralizace, jak je uvedeno v Tab. 1 (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997).

Tab. 1: Limitní hodnoty pro dělení vod dle stupně mineralizace (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997).

Mineralizace v g.l <sup>-1</sup>			
Vody sladké	Vody slané	Vody mořské	Vody velmi slané
< 1	1 – 25	25 – 50	> 50

### 3.3.1 Tekoucí vody a jejich složení

Povrchové vody tekoucí jsou definovány jako toky, u kterých neprobíhá jarní ani podzimní cirkulace a nedochází k teplotní ani jiné stratifikaci (PITTER, 2009). Jak uvádí TLAPÁK, ŠÁLEK a LEGÁT (1992) vodní toky patří mezi významné krajinné prvky, které mají zásadní vliv na vývoj krajiny svojí hustotou hydrografické sítě, průtokovými poměry, čistotou vody atd. Negativní vliv mají toky bez správné vodohospodářské údržby, které jsou silně ohroženy erozí ze svého povodí, navíc mají řídkou a špatně členěnou hydrografickou síť s nestabilními a zanešenými koryty se sezónní a nárazovou změnou průtoků typickou vysokým obsahem splavenin a závadných látek (chemicky i biologicky).

Z ekologického pohledu jsou vodní toky zásadní složkou krajiny, obzvláště v případě vysoké hustoty hydrografické sítě se stálými průtoky, s čistou vodou a povodím, ve kterém se správně obhospodařuje půda a je ideálně rozmístěna vegetace (TLAPÁK, ŠÁLEK a LEGÁT, 1992).

### 3.3.2 Stojaté vody a jejich složení

Stojaté vody rozdělujeme dle původu do dvou kategorií a to na umělé, jako jsou přehradní nádrže nebo rybníky, a na přirozené – např. jezera, močály či moře (JŮVA, 1955).

Vodní nádrže a jezera se od toků odlišují svojí téměř stagnující vodou, hloubkou, ale i dobou průtoků. Průtočná doba je zde velmi kolísavá a rozdílná, může se pohybovat od několika dní, až po měsíce, ale mnohdy i déle než rok. Jakmile voda přiteče do zmíněných nádrží, začne docházet k postupné změně jejích vlastností, především chemických, fyzikálních a biologických a dále v případě hlubších nádrží či jezer dochází i k její vertikální teplotní stratifikaci (PITTER, 2009).

Jak uvádí HUBAČÍKOVÁ, OPPELTOVÁ (2008) voda a její chemické složení se mění u stojatých vod hlavně ve vertikální rovině, ovšem v souvislosti s průtokem vody může docházet ke změnám i v horizontální rovině. Zmíněné vlastnosti jsou proměnlivé během dne a jsou závislé i na ročním období. Složky spadající pod vertikální stratifikaci jsou:

- teplota
- rozpuštěný kyslík
- volný oxid uhličitý
- sloučeniny dusíku
- sloučeniny fosforu
- mangan, železo a kovy vyskytující se ve více oxidačních skupinách (Cr, As)
- vápník (pokud u něj dochází ke srážení kalcitu)

### **3.4 Klasifikace jakosti povrchových vod**

Voda se díky své kvantitě využívá jako zdroj pro různá odvětví lidské činnosti, což se ovšem odráží na její kvalitě. Kvalitu vody můžeme zjistit okamžitě, ovšem k vyvozování závěrů je potřeba hodnocení vody za delší časové období s větší četností. V České republice dochází ke kontrole jakosti povrchových vod dle norem ČSN 75 7220 (Jakost vod. Kontrola jakosti povrchových vod) a její způsob vyhodnocení z hlediska vodohospodářského určuje norma ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod (HLAVÍNEK, ŘÍHA, 2004) a dále klasifikace jakosti dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015.

#### **3.4.1 Norma ČSN 75 7221**

Předmětem normy ČSN 75 7221 je hlavně klasifikace tříd jakosti tekoucích povrchových vod sloužící ke komparaci jejich jakosti v různém čase a na různých místech. Hodnocením jakosti vod je zde myšleno zpracování a zhodnocení výsledků

kontrol jakosti vod s použitím soustavy mezních hodnot tříd jakosti a jejich číselnou a následně slovní (popř. i grafickou) interpretací. Pro vybrané ukazatele jsou mezní hodnoty jakostních tříd uvedeny v Tab. 2.

#### Klasifikační třídy ČSN 75 7221:

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

Tab. 2: Mezní hodnoty tříd jakosti vody dle ČSN 75 7221 u vybraných ukazatelů (barevné zvýraznění je dáno normou)

Ukazatel	Měrná jednotka	Třída				
		I.	II.	III.	IV.	V.
<b>Elektrolytická konduktivita</b>	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
<b>Rozpuštěný kyslík</b>	mg/l	> 7,5	> 6,5	> 5	> 3	≤ 3
<b>CHSK<sub>Cr</sub></b>	mg/l	< 15	< 25	< 45	< 60	≥ 60
<b>Dusičnanový dusík</b>	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
<b>Celkový fosfor</b>	mg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,4	< 1	≥ 1

### 3.4.2 Klasifikace jakosti dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015

Příloha č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. uvádí ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, normy environmentální kvality a požadavky na užívání vod (Tab. 3), viz 3.1.1 Zákonná ochrana vod, Nařízení vlády 401/2015 Sb.

Tab. 3: Hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod užívaných pro vodárenské účely, koupání osob a lososové a kaprové vody, vztahující se k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou, místu provozování koupání, respektive k úseku vodního toku stanoveného jako lososová nebo kaprová voda u vybraných ukazatelů

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS <sup>A)</sup>	Jednotka	Přípustné znečištění pro účely § 31, § 34 a § 35 zákona <sup>B),C),D),E),F)</sup>	Přípustné znečištění	
				roční průměr <sup>G)</sup>	maximum
teplota vody	t	°C			29
reakce vody	pH	-		5-9 <sup>1),2)</sup>	
nasycení vody kyslíkem	O <sub>2</sub>	mg/l		>9	
chemická spotřeba kyslíku	CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	5,9 <sup>4B)</sup>	26	
celkový fosfor	P <sub>celk.</sub>	mg/l	0,05 <sup>3)67</sup>	0,15 <sup>1)</sup>	
dušičnanový dusík	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l		5,4 <sup>1)</sup>	

#### Vysvětlivky pro Tab. 3

<sup>A)</sup> CAS: Chemical Abstracts Service.

<sup>B)</sup> Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje užívání pro úpravu na vodu pitnou, se využijí rovněž ustanovení vyhlášky č. 428/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

<sup>C)</sup> Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje užívání pro koupání, se využijí rovněž ustanovení vyhlášky č. 238/2011 Sb.

<sup>D)</sup> Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje podmínkám pro lososové vody, se využijí rovněž ustanovení nařízení vlády č. 71/2003 Sb.

<sup>E)</sup> Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje podmínkám pro kaprové vody, se využijí rovněž ustanovení nařízení vlády č. 71/2003 Sb.

<sup>F)</sup> Pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje užívání pro úpravu na vodu pitnou, se využijí rovněž ustanovení vyhlášky č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

<sup>G)</sup> Tam, kde není všeobecný požadavek nebo NEK-RP vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota, se neuplatňuje kombinovaný přístup.

- <sup>1)</sup> Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových vodoprávní úřad přihlíží k potřebě dosažení nebo zachování dobrého stavu vod podle § 38 odst. 9 písm. a) zákona.
- <sup>2)</sup> 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.
- <sup>3)</sup> Zpřísněný požadavek platí pro povodí nad nádrží využívanou ke koupání.
- <sup>4)</sup> Limitní hodnota vyjádřena jako percentil P<sub>95</sub>. Hodnota je dodržena, nebude-li roční počet vzorků nevyhovujících tomuto standardu větší než 5 %.
- <sup>6)</sup> Indikativní hodnota, při překročení se zjišťuje příčina, respektive zdroj znečištění.
- <sup>7)</sup> Indikativní hodnota, při překročení se zjišťuje příčina, respektive zdroj radioaktivního znečištění.

### 3.5 Znečištění vod

Jak uvádí OPPELTOVÁ (2015), znečištěnou vodou se stává voda, u které dojde ke změně fyzikálních, chemických či biologických vlastností. Tyto změny mohou být vyvolány organickými a anorganickými nečistotami, mikroorganismy, mutagenními, inertními, karcinogenními látkami a radionuklidy. Velkou hrozbou jsou látky způsobující vážné problémy, jež se do vod dostávají především haváriemi. Jsou to látky silně rezistentní s vysokou schopností akumulace a jejich odbourání je velice těžké, pokud je vůbec možné.

Velký vliv na povrchové i podzemní vody má antropogenní působení, především v místech, kde dochází k průsakům v půdě, u povrchových odtoků nebo při sloučení a následující kontaminaci s velkým množstvím přírodních či cizorodých látek. Takovéto znečištění vod má příčiny a důsledky různé, ovšem vždy při nich dojde k narušení autoregulační schopnosti vodního systému a voda nemůže být dále využívána kvůli zhoršené čistotě a jakosti. V dnešní době si vyžadují zvláštní pozornost i radioaktivní látky a různorodá rezidua spojená s antropogenní činností a životní úrovní – např. hormony, pesticidy, organické populanty a antibiotika (TLAPÁK, ŠÁLEK a LEGÁT, 1992; OPPELTOVÁ, 2015).

Čistota vody se také odvíjí od intenzity využívání daného území a od současného znečištění prostředí. Negativně působící látky pronikají do podzemních vod především prosakováním ze srážkových vod, nebo průsakem z povrchových vod do vodních toků. K nejvýznamnějším oblastem, které negativně ovlivňují jakost vody, patří území s intenzivní zemědělskou činností, dopravou, průmyslem či těžbou a úpravou surovin (HUBAČÍKOVÁ, OPPELTOVÁ, 2008; OPPELTOVÁ, 2015).

#### 3.5.1 Přírozené znečištění

Jak uvádí TLAPÁK, ŠÁLEK a LEGÁT (1992) výraznými příčinami přirozeného znečištění jsou atmosférické, pedologické, geomorfologické, geologické

vlivy. Kontaminace a zanešení toků jsou způsobeny erozí půdy, půdními sesuvy. Dále to mohou být různé okolní hmoty z opadu či rozkladu přírodních zbytků, organických látek či vodních živočichů (SUKOP, 2006).

### 3.5.2 Znečištění vlivem odpadních vod z průmyslu

Mezi čistě antropogenního znečišťovatele vod můžeme považovat průmysl, který svou činností vyprodukuje ohromné kvantum odpadních vod. Veškerá průmyslová odvětví při své výrobě využívají značné množství vody. Vypouštěné průmyslové odpadní vody často obsahují toxické i jiné závadné látky, které mohou značně narušit či poškodit životní prostředí. Obsah, složení a výše koncentrace znečišťujících látek se odvíjí od technologií využitých při výrobě a také od druhu výrobního odvětví. Mezi nejzávažnější průmyslové znečišťovatele patří průmysl:

- **potravinářský** – zde převládá znečištění bílkovinami organického původu, mycími prostředky a odpady,
- **textilní** – rizikovými látkami jsou znečištěné cukry, kyselina octová, vosky, tuky, vlákna a barviva,
- **papírenský** – celulóza, lignin, sacharidy a adsorbované halogenové organické sloučeniny,
- **kožedělný** – převládá organické znečištění,
- **chemický, hutní, ropný, kovodělný** – zde převládá znečištění těžkými kovy, ropnými látkami, chemikáliemi, fenoly atd. (PITTER, 2009; OPPELTOVÁ, 2015; SUKOP, 2006).

Další znečištění podzemních i povrchových vod pochází ze sídlišť. Zde jsou myšleny odtoky z domácností a různé směsi splachů – odpadní vody, znečištěný splach z ulic, parkovišť, odtok ze střech a dvorů. Obzvláště nebezpečnými je znečištění bakteriálního charakteru (odpadní vody z nemocnic) a odpadní vody ze zubařských nemocnic, ve kterých se vyskytuje značné množství rtuti. V čistírně odpadních vod dochází k čištění těchto vod fyzikálními, chemickými nebo biologickými metodami, případně může nastat kombinace těchto tří způsobů. Mezi sídlištní znečištění patří i znečištění způsobené zimní údržbou vozovek (solí, šterkem, pískem), které se pomocí jarního tání a srážek dostává do vodních toků (PITTER, 2009; OPPELTOVÁ, 2015).

### 3.5.3 Znečištění vlivem zemědělského hospodaření

Značným znečišťovatelem vod (povrchových i podzemních) je velkoplošné zemědělské hospodaření. Zejména nepříznivě působí aplikace chemických prostředků na ochranu rostlin, průmyslová hnojiva a přejezdy těžkou mechanizací. Živočišná výroba se na znečištění podílí v případě, když nedojde k časné likvidaci odpadů a špatně uskladněných siláží. Velkoplošná zemědělská výroba značně přispívá také ke vzniku vodní a větrné eroze. K nejzávažnějším a současně k nejčastějším rizikům v zemědělské výrobě dochází při manipulaci s látkami, jako jsou například:

- chemické prostředky – souhrnně označované jako pesticidy,
- průmyslová hnojiva,
- statková hnojiva – nejčastěji kejda a močůvka,
- senážní a silážní šťávy,
- odpadní vody včetně mléčnic,
- motorová paliva, oleje a maziva (SUKOP, 2006; OPPELTOVÁ, 2015).

V zemědělsky využívané krajině jsou rozhodujícím činitelem, který ovlivňuje kvalitu vody právě dusičnany. Ty jsou převážně ve vodách z antropogenních činností a dobře nám vymezí, do jaké míry je narušena autoregulační stabilita. Dusičnany se do vod dostávají zejména z hnojení, daleko méně pak z atmosférických srážek a rozkladu organických zbytků rostlin mineralizací. Dále se vyskytují v drenážních vodách, kde jsou odváděny z intenzivně hnojených a obdělávaných vrstev půd. Další možností obohacování půd o dusík je pěstování bobovitých rostlin (HUBAČÍKOVÁ, OPPELTOVÁ, 2008; PITTER, 2009; OPPELTOVÁ, 2015).

Další skupinou, která negativně ovlivňuje vodní zdroje, jsou vesměs veškeré pesticidy (chemické prostředky na ochranu rostlin), např. insekticidy, fungicidy, herbicidy, akaricidy a další. Jelikož jsou to látky, které se v přírodě nevyskytují a neúčastní se ani látkových výměn, považujeme je za látky cizorodé, s toxickými, mutagenními až karcinogenními účinky. Z ekologického hlediska je daleko ohleduplnější používání biopreparátů, které v takové míře nezatěžují životní prostředí (OPPELTOVÁ, 2015).

### 3.5.4 Vliv rybníčního hospodářství na znečištění

Jak uvádí DURAS a kol. (2015), v rybnících se jakost vod liší nejen průtočností a vstupem odpadních vod (splachy z polí, ČOV, apod.), ale také zde hrají velkou roli i různé rybníční oblasti (chudší či úživnější), a hlavně hospodaření subjektů a majitelů a jejich záměrná aplikace hnojiv či krmiv. Jakost vody je pozměňována v sezonním vývoji mnoha faktory (hustotou rybí osádky, hydrologickými poměry, a dalšími). V letních měsících bývá typická tvorba biomasy fytoplanktonu (v některých nádržích je možná dominance sinic, které následně tvoří tzv. „vodní květ“) a zároveň stoupá i koncentrace celkového a u velmi úživných nádrží i rozpuštěného fosforu, který rostoucí fytoplankton nezvládá odčerpávat. Sezonními změnami se začne navyšovat koncentrace celkového fosforu v rybnících a to díky zvyšující se intenzitě příkrmování, vzrůstající aktivitou (potravní a trávící) rybí osádky. A dále na sedimentech nahromaděnými lehce rozložitelnými organickými látkami, které přestávají fungovat jako lapač fosforu. Vysoká biomasa ve vrcholné letní sezóně způsobuje pokles průhlednosti vody, kterou dále snižuje velké množství nerozpuštěných látek (kromě biomasy planktonu způsobuje snížení průhlednosti i rytí ryb ve dně – tzv. bioturbace a zvržený sediment vlnami za nepříznivých povětrnostních podmínek).

### 3.5.5 Eutrofizace vod

Jakmile se vody začnou nadměrně obohacovat o živiny, začneme mluvit o procesu eutrofizace. Vody bohaté na živiny usnadňují vývoj primárních producentů (autotrofních organismů schopných fotosyntézy) a posléze může dojít k produkci velkého množství biomasy fytoplanktonních organismů (sinic, řas rozptýlených ve vodě). Popřípadě se mohou začít objevovat velké nárůsty makroskopických vláknitých sinic, řas na ponořených podkladech, nebo docházet k intenzivnímu růstu vodní makrovegetace. Svou fotosyntetickou aktivitou spotřebovává biomasa fytoplanktonu nadměrné množství kyslíku (v blízkosti dna) a způsobuje nárůst pH ve vodě, mnohdy nad hodnotu 9,0 (HARPER, 2008; SUKOP, 1998; OPPELTOVÁ, 2015).

Eutrofizace je způsobena zejména v důsledku antropogenní činnosti a to erozí, splachy a vyluhováním živin z hnojených zemědělských pozemků. Jako další zdroje nežádoucích živin jsou průmyslové odpadní vody, obsahující biologicky rozložitelné látky, fosfor z pracích prášků a čistících prostředků, nebo vypouštění splaškových



odpadních vod. Dalším významným znečišťovatelem může být atmosférická depozice dusíku z masového chovu dobytka a spalování zplodin v dopravě. K eutrofizaci napomáhá i rybniční hospodaření viz 3.4.4 (HUBAČÍKOVÁ, OPPELTOVÁ, 2008; TLAPÁK, ŠÁLEK a LEGÁT, 1992; PITTER, 2009; OPPELTOVÁ, 2015).

Jak uvádí OPPELTOVÁ (2015) sekundární znečištění vody organickými látkami nastává, pokud se ve vodě nahromadí dostatečné množství biogenních prvků a nastane vyšší produkce fytoplanktonu, který se začne rozrůstat. To vede ke zhoršení organoleptických vlastností vody (barva, chuť, pach, zákal), a proto nemůže být dále použita k úpravě na vodu pitnou, ani využita k rekreačním účelům. Kromě toho dochází v takových vodách i k produkci cyanotoxinů, neboli toxinů sinic, které mohou způsobovat:

- onemocnění jater
- poruch trávicího traktu
- dermatitid, zánětů spojivek
- alergických respiračních reakcí.

Eutrofizace je rozdělena na kulturní eutrofizaci způsobenou člověkem a na eutrofizaci přirozenou, u které je voda obohacena o rozklady mrtvých živočichů a o výluhy živin z podloží na klidných úsecích dolních toků a mrtvých ramen řek (ŠTĚRBA, 2011).

### **3.5.6 Rozdělení vod podle trofie**

Trofie nebo také úživnost se dělí do několika rozdílných stupňů, viz Tab. 4, kde je u každého klíčovým faktorem fosfor, resp. množství fosforečnanového fosforu během jarní cirkulace.

Velkou roli zde hraje také tzv. trofický cyklus, ve kterém kolují látky upotřebitelné daným vodním společenstvem k potřebné prosperitě či obnově, ovšem nadbytek těchto látek působí negativně a je proto označován jako znečišťující látka (ŠTĚRBA, 2008).

Tab. 4: Rozdělení vod podle trofie (ŠTĚRBA, 2008).

<b>ULTRAOLIGOTROFNÍ</b>	Na obsah živin a minerálních látek velmi chudá voda. PH se zde pohybuje v rozmezí 3,5 – 6. Koncentrace fosforu pod hranicí $4 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Typickým příkladem jsou kyselá rašelinná jezírka.
<b>OLIGOTROFNÍ</b>	Vody s malým obsahem živin, dostatečně okysličená, většinou průhledná. PH se pohybuje na úrovni neutrální až lehce kyselé. Koncentrace fosforu není vyšší než $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Typickým příkladem mohou být vysokohorská jezera.
<b>MEZOTROFNÍ</b>	Jedná se o vody se střední úživností a mohou být také chápány jako mezistupeň mezi vodami oligotrofními a eutrofními. Koncentrace fosforu bývá v rozmezí $10 - 35 \mu\text{g.l}^{-1}$ .
<b>EUTROFNÍ</b>	Vody typické svým zákalem a rozvojem vodního květu, bohaté na živiny. PH bývá alkalické až silně alkalické, nasycení kyslíkem klesá směrem ke dnu. Koncentrace celkového fosforu je většinou v rozmezí $30 - 100 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Jedná se o mělké a prohřáté nádrže.
<b>HYPERTROFNÍ</b>	Voda s vysokým obsahem rozkládajících se látek organického původu, s vysokým zákalem. Vlivem nadbytku živin ve vodě je pH i koncentrace kyslíku velmi nestálá a mění se v průběhu dne. Koncentrace fosforu bývá v intervalech nad $100 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Typickým příkladem bývají návesní nádrže.

### 3.6 Charakteristika vybraných fyzikálních a chemických parametrů vody

Jak uvádí HETEŠA, KOČKOVÁ (1997), některé faktory (teplotu, pH, atd.) je možno stanovit z vody měřením ihned na místě pomocí přístroje, ovšem u ostatních faktorů (celkový fosfor, CHSK, atd.) je potřeba vodu zafixovat a co nejdříve (nejpozději do 24 hodin) stanovit v laboratoři. V rámci monitoringu byly zjišťovány a stanovovány hodnoty pro vybrané ukazatele (teplotu, obsah rozpuštěného kyslíku, pH, vodivost, celkový fosfor, dusičnany a CHSK).

### **3.6.1 Parametry vody měřené v místě odběru**

Tyto hodnoty se stanovují ihned v místě odběru, aby se zamezilo chybám, které by mohly nastat při manipulaci se vzorkem a časové prodlevě mezi odběrem vzorku a přesnou analýzou v chemické laboratoři (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997). V místě odběru se tedy stanovují teplota, obsah rozpuštěného kyslíku, pH a vodivost.

#### **3.6.1.1 Teplota**

Jak uvádí GRÜNWARD (1986), teplota je důležitým ukazatelem pro posouzení jak kyslíkových poměrů, tak rychlosti rozkladu organických látek a vhodnosti vody pro výskyt různých druhů živočichů. Teplota jako taková je značně proměnlivá a kolísá jak v průběhu roku či měsíce, tak i v průběhu dne. Teplotu největším podílem v našich podmínkách ovlivňuje sluneční záření, různé geotermální oblasti, lidská činnost, ale také geografická poloha. V našich středoevropských podmínkách se průměrná roční teplota v tocích pohybuje v rozmezí od 5-12°C se středovou hodnotou kolem 9 °C (SUKOP, 2006). Pro zjištění kyslíkového režimu, rychlosti rozkladu organických látek a vhodnosti pro vodní organismy je měření teploty povrchové vody velice významným ukazatelem, kterého je nutné změřit ihned při odebírání vzorků v místě odběru, aby nedošlo k jeho ovlivnění okolními vlivy (převozem vzorků, slunečním zářením, atd.) a zkreslení vypovídací hodnoty.

#### **3.6.1.2 Obsah rozpuštěného kyslíku**

Kyslík je do vody dodáván několika způsoby. Prvním je přirozenou absorpcí z atmosféry díky pohybu vody v tocích. Dalším způsobem je fotosyntetická asimilace zelených vodních rostlin a fytoplanktonu. Na rozpustnost kyslíku ve vodě má značný vliv i teplota, přičemž se stoupající teplotou se rozpouští méně kyslíku a klesá tlak. Důsledkem toho je voda chudší na kyslík. Pokud fyzikální vlastnosti vody odpovídají daným podmínkám (teplotě a tlaku), říkáme, že je voda nasycena kyslíkem na 100 % (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997). Průměrné nasycení se pohybuje kolem 85 % až 95 %. Při intenzivní fotosyntetické asimilaci zelených organismů může dojít k přesycení vody kyslíkem až na 250 %. Hodnota rozpuštěného kyslíku se pak uvádí v mg.l<sup>-1</sup> nebo v procentech nasycení (PITTER, 2009).

Na koncentraci kyslíku má významný vliv zatížení organickým znečištěním, které spotřebovává značnou část kyslíku na oxidaci. Pokud je pak znečištění ve větším

měřítka, může dojít i ke kyslíkovým deficitům. Ty však může způsobit i masový úhyn organismů, zákal vody po deštích, přemnožení zooplanktonu, pokryv hladiny (ledem nebo okřehky) i přítokem odpadních vod obsahujících vysoké množství oxidovatelných látek (SUKOP, 2006).

### **3.6.1.3 Hodnota pH**

Hodnota pH je důležitým ukazatelem jakosti vody. Posuzuje se podle ní kyselost a zásaditost vody. Je definovaná jako záporný dekadický logaritmus molární koncentrace vodíkových iontů. Rozsah hodnot pH je v rozmezí 0 - 14, přičemž hodnota 7 udává neutralitu, pod 7 se jedná o kyselé pH, nad 7 o zásadité (KOSTURA, 2006). S rostoucí koncentrací vodíkových iontů se hodnota pH snižuje (MALÝ, MALÁ, 1996).

Rozmezí pH u přírodních vod kolísá v intervalu od 4,5 do 9,5. Toto rozmezí je ovlivňováno stupněm disociace vody (vliv množství huminových látek ve vodě, teploty anebo množství uhličitánů ve vodě, které snadno podléhají hydrolyze), z toho důvodu se mění reakce na kyselou nebo zásaditou (VALENTOVÁ, MÁCHOVÁ, KROUPOVÁ, 2013; HARTMAN a kol., 2005). SUKOP (2006) uvádí, že v přirozených vodách kolísá pH mezi hodnotou 3 (kyselé rašelinné vody) až hodnotou 10 (zásadité vody se značným obsahem uhličitánů a hojným výskytem vodních porostů). Rovněž lesní porosty značně ovlivňují hodnotu pH s ohledem na obsah většího množství kationtů ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) v listových pletivech lesní vegetace. Z výše uvedeného plyne neutrální až zásaditá povaha půdy. Právým opakem je tomu pak u jehličnatých porostů, které ve svém listovém pletivu asimilují pryskyřice (kyselé složky), které okolní zeminu okyselují. V kyselých půdách se mohou uvolňovat hliník a železo (toxické dvojmocné). V zásaditých oblastech je možné uvolnění jedovatého čpavku z amonných iontů. Hodnota pH je tedy řazena do stupnice s významem hodnot:

- pH 4,5 a méně - velmi kyselé
- pH 4,5 – 6,5 - kyselé
- pH 5,5 – 6,5 - slabě kyselé
- pH 6,5 – 7,5 - neutrální
- pH 7,5 – 8,5 - slabě zásadité
- pH 8,5 – 9,5 - velmi zásadité

Je důležité brát v úvahu nestálost pH, které se mění v průběhu sezóny i v průběhu jednoho dne (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997).

#### **3.6.1.4 Vodivost (konduktivita)**

Vodivost (též konduktivita či konduktance) je jednou ze základních vlastností roztoků elektrolytů. Prakticky je to protiklad k odporu. Elektrolytická konduktivita je v podstatě výše koncentrace rozpuštěných ionizovatelných organických i anorganických látek ve vodě, tedy čím je více rozpuštěných látek ve vodě, tím větší vodivost naměříme. V přirozených vodních tocích, ale i v ostatních vodních útvarech s vodami o nízkých koncentracích organických látek je konduktivita dána množstvím anorganických kationtů a aniontů (PITTER, 2009). SUKOP (2006) uvádí, že vodivost narůstá i v době zvýšeného odparu vlivem zahuštění roztoku, přičemž v zemědělsky obhospodařovaných oblastech s vysokými splachy živin do toků a nádrží může vodivost dosáhnout hodnot i nad 500  $\mu\text{S}$ . Významný vliv zde má i teplota, která při svém růstu či poklesu o 1°C mění konduktivitu o 2% (PITTER, 2009).

#### **3.6.2 Parametry stanovované v laboratoři**

Odebrané vzorky z terénu určené pro následnou analýzu v laboratoři je potřeba uschovat a převézt v termotašce a dále je uskladnit v ledničce při 3-4 °C. Před samotnou analýzou je pak třeba nechat vzorky vytemperovat na teplotu cca 20 °C, kvůli přesnějšímu vyhodnocení (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997). Analyzovány byly vybrané ukazatele jako: celkový fosfor, dusičnanový dusík a chemická spotřeba kyslíku.

##### **3.6.2.1 Celkový fosfor**

Fosfor a jeho sloučeniny jsou významným činitelem v koloběhu látek a mají zásadní vliv na eutrofizaci povrchových vod. Vzhledem k tomu, že se ve vodě oproti ostatním prvkům (N, Fe apod..) vyskytuje v nižších koncentracích, stává se tím pádem limitujícím prvkem. V případě vyšších koncentrací fosforu dochází k nadměrnému rozvoji řas a sinic. Naopak v době, kdy je fosfor úplně odbourán, není možná syntéza bílkovin, jak uvádí PITTER (2009). HETEŠA a KOČKOVÁ (1997) dělí zdroje fosforu na anorganické a organické. Jako anorganické zdroje fosforu ve vodách uvádí minerály jako je kaolinit, apatit či fosforit. Ovšem hlavním zdrojem anorganického fosforu bývají splachy z polí hnojených superfosfátem a z odpadních vod z prádelen. Organickými zdroji pak mohou být splachy ze statkových hnojiv, mnohé odpadní vody z textilního

průmyslu, pivovarů, masokombinátů, produkty rozkladu vodních živočichů a rostlin a různé látky využívané především v zemědělství (PITTER, 2009; HORÁKOVÁ a kol., 1986). Do povrchových vod se dále dostává vysoké množství různých forem fosforu v podobě odpadních vod z měst a sídlišť v obou podobách – organické i anorganické (HORÁKOVÁ a kol., 1986).

V podzemních vodách se fosfor vyskytuje obvykle ve stopových koncentracích vzhledem k jeho snadné absorpci do půdy (koncentrace kolem 0,001 mg/l a méně). Oproti tomu je v povrchových vodách zatížení fosforem významně vyšší v řádu několika desetin až jednotek mg/l. Vlivem fosfátů, které jsou součástí pracích prostředků, závratně stoupl jejich obsah v řekách a ostatních povrchových vodách (SUKOP, 2006). Vody jako horská jezera či toky nezatěžované hnojivy apod. mají obsah fosfátů v tisícinách až setinách mg/l. Naopak v nádržích, kde dochází k hnojení či zatěžování odpadními vodami vzrůstá obsah fosforečnanů až desetinásobně. Značná část fosforu se dále váže v organické i anorganické podobě do sedimentů dna nádrží (HETEŠA a KOČKOVÁ, 1997).

HETEŠA a KOČKOVÁ (1997) dále uvádí, že se v tocích a nádržích vyskytuje fosfor v mnoha podobách a to jak rozpuštěný (ve formě lineárních kondenzovaných fosforečnanů, ortofosforečnanů, cyklických kondenzovaných ortofosforečnanů, organicky vázaného fosforu, metafosforečnanů a polyfosforečnanů), tak nerozpuštěný (suspendovaný chemicky vázaný na hlinitokřemičitany) viz Tab. 5. Fosforečnany je možné z vodního prostředí odstranit jak chemickou, tak i biologickou cestou (HLAVÍNEK, 2004).

Tab. 5: Formy fosforu v přírodních vodách podle Ohleho (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997)

rozpuštěný P		kondenzovaný P	
anorganický	organický	anorganický	organický
$\text{PO}_4^{3-}$	většinou koloidní nebo jako takový adsorptivně vázaný	$\text{FePO}_4$ , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ a s nimi spojené adsorpční komplexy jako $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{PO}_4^{3-}$ atd.	organismy, detritus, (s organicky a adsorpčně vázaným P)
stanovení P- $\text{PO}_4^{3-}$			
stanovení celkového P ve filtrátu		organický P s anorganickými suspenzemi	
celkový fosfor			

### 3.6.2.2 *Dusičnanový dusík*

Dusičnanový dusík se vyskytuje prakticky ve všech vodách v různých koncentracích (PITTER, 2009). Srážkové vody obsahují od desetin po jednotky  $\text{mg.l}^{-1}$ , podzemní a povrchové vody pak jednotky až desítky  $\text{mg.l}^{-1}$  a v případě odpadních vod to mohou být až stovky  $\text{mg.l}^{-1}$ . Do vod se dostávají jako konečný produkt bakteriálního rozkladu při nitrifikaci amoniakálního dusíku či splachy ze zemědělsky obhospodařovaných půd (dusíkatá hnojiva). Vysoké množství dusičnanů (až  $1.000 \text{ mg.l}^{-1}$ ) je též vázané na oblasti s borovými lesy, akátovými porosty apod. např. v Jihomoravském kraji. Zvýšené množství dusičnanů je ve většině případů i na odtocích z čistíren odpadních vod (PITTER, 1977).

Pro člověka jsou dusičnany obsažené ve vodě závadné a je nutné, aby se z hlediska jejich obsahu dodržovaly dané limity. Z tohoto důvodu patří stanovení množství dusičnanů mezi základní stanovení u rozborů vod a dělají se prakticky u všech typů vod (HORÁKOVÁ a kol., 2003).

V reakci na vysoké znečištění vod dusičnany ze zemědělství vznikla v Evropské unii v roce 1991 „Nitrátová směrnice“, na kterou byl v roce 2003 v České republice vydán akční program označující celé území republiky za citlivou oblast – nařízení vlády č.103/2003 Sb. (PITTER, 2009). Dle nových právních úprav tuto problematiku řeší nařízení vlády č. 262/2012 Sb. „o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem“, které upravuje příslušné předpisy EU a stanovuje konkrétní zranitelné oblasti a akční program pro ně.

### 3.6.2.3 *Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)*

HETEŠA a KOČKOVÁ (1997) uvádí definici chemické spotřeby kyslíku jako množství kyslíku, které se spotřebuje za přesně daných podmínek na oxidaci organických látek ve vodě pomocí silného oxidačního činidla. Jak dále uvádí OPPELTOVÁ (2015), výsledky se přepočítají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se v  $\text{mg.l}^{-1}$ . Postupně dochází k nahrazování metody manganistanové (oxidační činidlo manganistan draselný) metodou dichromanovou (oxidační činidlo dichroman draselný). CHSK je tedy hodnotou vyjadřující celkový obsah organických látek ve vodě a tedy i podstatným ukazatelem organického znečištění vody, který je nedílnou součástí každé analýzy všech druhů vod.

## **4 CHARAKTERISTIKA VYBRANÉHO TOKU A JEHO OKOLÍ**

### **4.1 Vymezení lokality toku Břežanka**

Potok Břežanka pramení na území obce Mackovice, jenž spadá pod správní obvod obce s rozšířenou působností města Znojma v Jihomoravském kraji. Břežanka ústí do řeky Jevišovky a protéká celkem čtyřmi katastrálními územními celky: Mackovicemi (na jejichž území potok pramení), dále Břežany, Pravicemi a Hrušovany nad Jevišovkou. Lokalita se tedy nachází přibližně 24 km východně od Znojma, 45 km od Brna a u ústí 5 km od Rakouských hranic. Oblast spadá pod povodí Dunaje, jeho přítoku Moravy, dílčího povodí Dyje a náleží tedy k úmoří Černého moře.

#### **4.1.1 Popis obcí**

Všechny čtyři obce (Mackovice, Břežany, Pravice a Hrušovany nad Jevišovkou) se nacházejí ve východní části okresu Znojmo v Jihomoravském kraji České republiky. Svou geomorfologií, pedologií, florou, hydrologií a klimatem se od sebe zásadním způsobem neliší.

##### **4.1.1.1 Mackovice**

V obci Mackovice žije (ke dni 1. 1. 2015) 359 obyvatel. Svou katastrální rozlohou zaujímají výměru o 1179 ha v nadmořské výšce 228 m n. m. Poloha obce dle zeměpisných souřadnic je: 48° 53' 1" severní šířky a 16° 18' 34" východní délky. Sousedí s obcemi Břežany, Dolenicemi, Čejkovicemi, Miroslaví a Oleksovicemi. Převažující část plochy obce v zastavěném území zaujímají obytné plochy a v území nezastavěném převládá orná půda. Z hlediska monitoringu je významná mechanicko-biologická čistírna odpadních vod, jež byla v obci vybudována v roce 2006. Celková vodní plocha se v katastru rozprostírá na cca 8 ha plochy.

##### **4.1.1.2 Břežany**

Obec Břežany je pro monitoring významná hlavně svým rybníkem evidovaným jako evropsky významná lokalita (EVL) a druhy, jež žijí v jeho okolí. V obci žije (ke dni 1. 1. 2015) 871 obyvatel a svou výměrou zaujímá 1642 ha v nadmořské výšce 195 m n. m. Poloha dle zeměpisných souřadnic je 48° 52' 12" severní šířky a 16° 20' 30" východní délky. V obci se taktéž nachází čistírna odpadních vod a celková vodní plocha v katastru zaujímá 13,87 ha.



#### **4.1.1.3 Pravice**

Obec Pravice zaujímá výměru o 992 ha v nadmořské výšce 187 m n. m. K datu 1. 1. 2015 zde žije 340 obyvatel a je důležité zmínit, že obec čistírnou odpadních vod nedisponuje. Poloha Pravic dle zeměpisných souřadnic je 48° 50' 36" severní šířky a 16° 21' 40" východní délky. Převažuje zde orná půda se svými cca 660 ha a vodní plocha zde zaujímá jen 3,78 ha.

#### **4.1.1.4 Hrušovany nad Jevišovkou**

Hrušovany nad Jevišovkou, jež jsou s dlouhou tradicí zemědělská obec s výměrou 2532 ha, disponují převážně ornou půdou o rozloze 1883 ha. Vodní plocha zde zaujímá cca 56 ha. Žije zde k 1. 1. 2015 cca 3300 obyvatel a obec se nachází dle zeměpisných souřadnic v 48° 49' 48" severní šířky a v 16° 24' 10" východní délky, v nadmořské výšce 181 m n. m. Obec taktéž disponuje čistírnou odpadních vod, která je z hlediska monitoringu nevýznamná, poněvadž neovlivňuje tok Břežanky (je zaústěna do toku Jevišovky).

### **4.2 Charakteristika lokality toku Břežanka**

Mackovický potok, dnes známý jako tok Břežanka (náleží do povodí řeky Moravy), pramení v katastru obce Mackovice. Protéká celkem čtyřmi obcemi (Mackovice, Břežany, Pravice a Hrušovany nad Jevišovkou). Na toku jsou vystavěny dva rybníky a na území Mackovic se do budoucna počítá s vybudováním dvou nádrží, jež budou sloužit jako ochrana proti přívalovým povodňovým vlnám. Břežanka ústí do řeky Jevišovky, jež je dále levostranným přítokem řeky Dyje, která výrazně snižuje kulminační průtoky. Dále jsou v Tab. 6 uvedeny základní charakteristiky Břežanky, která odvodňuje zájmové území o plošné výměře 18,94 km<sup>2</sup>.

Tab. 6 Charakteristické údaje toku (<http://voda.chmi.cz/>, 2016)

Hydrologické číslo povodí	4-14-03-048
Tok	Břežanka
Místo	ústí do Jevišovky
Plocha povodí	18,94 km <sup>2</sup>
Průměrný roční úhrn srážek	520 mm
ID toku	10197267

#### 4.2.1 Geomorfologické údaje

Jak uvádí CULEK a kol. (1996) z hlediska členění ČR spadá zájmové území pod jižní část celku Dyjsko-svrateckého úvalu v soustavě Západních Karpat. Geomorfologicky je území řazeno do:

- systému: Alpsko-himalájského
- provincie: Západní Karpaty
- subprovincie: Vněkarpatské sníženiny
- oblasti: Západní vněkarpatské sníženiny
- celku: Dyjsko-svrateckého úvalu
- podcelku: Drnholecké pahorkatiny
- okrsku: Jevišovická niva, Hrabětická plošina, Hostěradická sníženina a Olbramovická pahorkatina.

Reliéf v zájmové oblasti je tvořen rozsáhlou sníženinou a plochým povrchem pahorkatin. V těchto částech jsou terasové plošiny i pahorkatiny měkce modelovány úpady a mělkými údolími. Příkřejší sklony můžeme pozorovat výhradně u terasových svahů.

#### 4.2.2 Geologické údaje

Z geologické stránky je horninové podloží tvořeno nezpevněnými mořskými sedimenty z období mladších třetihor a čtvrtohor. Dále zde jsou sedimenty v podobě jílu, písků, štěrků, spraší a fluvialních štěrkopísků. Oblast je velmi známá svou dlouholetou tradicí k zemědělství a tedy minimálním výskytem vegetačního pokryvu.

Proto na území dochází k větrné a na svažitéch pozemcích i k vodní erozi (geology.cz, 2016).

#### **4.2.3 Pedologické údaje**

Zájmové území leží v oblasti lehkých podkladů, jako jsou mírně zahlíněné písky (rendziny) a štěrkopísky, zatímco na jejich povrchu se nachází chudší variety černozemí, hnědozemě, nivní až lužní půdy. Jsou zde tedy obzvláště výsušné půdy s vysokým poměrem spraší. V okolí zájmového území se dají najít i ostrůvky typických nenasycených kambizemí až regozemí, zejména na čistých píscích a štěrkopíscích (CULEK a kol., 2013).

#### **4.2.4 Klimatické údaje**

Území povodí leží dle klasifikace QUITTA (1971) ve velmi teplé a suché klimatické oblasti, označované jako T4. Oblast T4 charakterizují velmi dlouhá, velmi teplá a velmi suchá léta. Jaro a podzim tvoří přechodné období, které je velmi krátké. Zima je krátká, mírně teplá, suchá až velmi suchá s velmi krátkou dobou trvání sněhové pokrývky. Území Mackovice až Hrušovany nad Jevišovkou (zájmové území) patří k nejteplejším územím naší republiky. Roční úhrn srážek je zde okolo 520 mm. Většina srážek (přibližně 62 % ročního úhrnu) spadne ve vegetačním období (duben až září), kdy je současně největší výpar i největší spotřeba vody rostlinstvem. Během roku je tedy rozdělení atmosférických srážek nevyrovnané.

#### **4.2.5 Biotické údaje**

V zájmové oblasti převládá teplomilná, zejména stepní flóra, kterou označujeme jako termofytikum. Dominuje zde 1. vegetační stupeň tvořící zejména dubohabrové háje a teplomilné doubravy na píscích. V oblasti převládají zejména pole, nepůvodní akátové lesíky, větrolamy a porosty ostřic. V lužních částech toku z původních druhů převažuje především olše lepkavá, topol černý a bílý, jasan, javor, jilm a lípa. Biodiverzita intenzivní zemědělskou činností není vysoká, a proto se zde vyskytují převážně běžné druhy typické pro kulturní krajiny na Moravě. Ovšem na Břežanském rybníce, který je evidován jako Evropská významná lokalita (EVL) v rámci soustavy Natury 2000, se vyskytuje velmi vzácný (uvedený v Červeném seznamu ohrožených druhů) vrkoč bažinný (*Vertigo moulinsiana*) viz Obr. 1 (CULEK a kol., 2013).



Obr. 1: Vrkoč bažinný (nature.cz, 2016)

## **5 METODIKA**

Vymezení odběrných míst na toku Břežanka, odběr vzorků a jejich vyhodnocení proběhlo v přímé návaznosti na diplomovou práci paní Ing. Dagmar Michalčíkové, která prováděla monitoring od března roku 2014 do března roku 2015. Vlastní měření a vyhodnocení vzorků tedy navazovalo od dubna roku 2015 do března roku 2016 a bylo rozšířeno o jedno odběrné místo a to před ústím Břežanky do řeky Jevišovky v Hrušovanech nad Jevišovkou. Pro zpracování bakalářské práce bylo tedy celkem zvoleno 6 odběrných míst, na kterých bylo prováděno měření stavu jakosti vod v pravidelných měsíčních intervalech v průběhu jednoho roku. Část vybraných ukazatelů jakosti vody byla monitorována přímo v terénu, další ukazatele byly vyhodnocovány z odebraných vzorků následující den v laboratoři ÚAKE AF MENDELU a to dle mezních hodnot platné legislativy ČR.

### **5.1 Práce v terénu**

Na zvolených odběrných místech byly měřeny ukazatele jakosti vody (konduktivita, rozpuštěný kyslík, hodnota pH a teplota) a také odebírány oddělené vzorky vody pro laboratorní analýzu.

#### **5.1.1 Odběr a další manipulace se vzorky**

Odběry vzorků vody pro jejich následné vyhodnocení v laboratoři probíhaly v pravidelných měsíčních intervalech vždy v neděli od 11:00 do 14:00 hodin. Vzorky byly odebírány ze břehu, přímo do předem (destilovanou vodou) vypláchnutých polyetylenových lahví (vzorkovnice s obsahem 250 ml). V letních měsících při dlouhotrvajícím suchu došlo k vyschnutí horní části toku a kvůli tomu nebylo možno odebírat vzorky vody. Důraz byl kladen na plnost vzorkovnic (kvůli zamezení přítomnosti vzduchu), řádné označení a uložení do termotašky, aby se zamezilo tepelným a světelným vlivům.

#### **5.1.2 Měření ukazatelů v terénu**

Na stanovištích se jednotlivé hodnoty měřily přenosným digitálním jednokanálovým multimetrem HQ30D (HACH Company) s výměnnými elektrodami (sondami). Konduktivita se měřila sondou konduktivity, množství rozpuštěného kyslíku se měřilo sondou LDO a na hodnoty pH byla použita gelová pH elektroda,

která je uložena v lahvičce s pufovacím roztokem KCl. Na všech sondách byla také měřena teplota vody.



Obr. 2: Jednokanálový multimetr HQ30D s výměnnými elektrodami (Foto AUTOR, 2016)

## 5.2 Laboratorní zpracování vzorků

Odebrané vzorky se zpracovávaly v laboratoři ÚAKE AF Mendelovy univerzity v Brně. Při zpracovávání vzorků v laboratoři bylo potřeba vždy postupovat v souladu s bezpečnostními předpisy, použít ochranné pomůcky (gumové rukavice, laboratorní plášť), a dále dodržovat správné zásady při manipulaci s chemikáliemi.

Analýzy vody se dělaly pro stanovení koncentrací celkového fosforu, dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ) a chemickou spotřebu kyslíku (CHSKcr). Pro stanovování těchto tří ukazatelů byly využity metodiky a dva přístroje od společnosti HACH, mineralizátor HACH Digital Reactor Block 200 (DRB 200) neboli termoreaktor a dále spektrofotometr HACH DR/4000V. Kromě toho byla využita i pipeta, dále kyvety a vialky, které se důkladně očištěné a osušené vkládaly do nástavců spektrofotometru.



Obr. 3: Spektrofotometr HACH DR/4000V a mineralizátor HACH Digital Reactor Block 200 (Foto AUTOR, 2016)

### 5.2.1 Stanovení koncentrace celkového fosforu

U stanovení celkového fosforu bylo potřeba napipetovat 5 ml nefiltrovaného vzorku do testovací vialky „Total and Acid Hydrolyzace“ a promíchat. Do vialky se poté vsypal obsah Potassium Persulfate Powder Pillow for Phosphonate a testovací vialka byla opět promíchána. Následně se vialky umístily do předem připraveného termoreaktoru, který byl nastaven na teplotu 150 °C, kde se po dobu 30 minut zahřívaly. Po uplynutí 30-ti minutového intervalu byly vialky vyjmuty z reaktoru a ve stojanu se nechaly vychladnout na pokojovou teplotu. Poté bylo do vialek pipetováno 2 mm 1,54 N Sodium Hydroxide Solution a obsah byl opakovaně protřepán. Ve spektrofotometru byl zvolen program č. 3036 (P Total As. TNT), poté nainstalován držák na vialky, do kterého se nejdříve vložila vialka se slepým vzorkem (vzorek bez reagentu). Následně se do ní vsypal obsah reagentu PhosVer 3. Vialku bylo opět potřeba 15 sekund promíchat a poté odstavit a nechat probíhat dvouminutovou reakci. Po skončení reakce byla opět vložena do spektrofotometru. Na displeji se poté zobrazil výsledek v mg/l P.

### 5.2.2 Stanovení koncentrace dusičnanového dusíku

U dusičnanového dusíku jsme na spektrofotometru nastavili program č. 2530 (N, Nitrate HR). Odebrané vzorky vody z každého odběrného místa byly přefiltrovány přes filtrační papír do kádínek. Z kádínek se poté odpipetovalo 10 ml přefiltrovaného vzorku vody do kyvet, a jako slepý vzorek byl vložen do držáku ve spektrofotometru.

Do druhé kyvety byl ke vzorku vody přidán obsah NitraVer 5, a po dobu 1 minuty intenzivně promícháván. Po zaznění zvukového signálu začala probíhat 5-ti minutová reakce. Po další signalizaci byl spektrofotometr vynulován a slepý vzorek vyměněn za vzorek s reagentem. Koncentrace dusičnanového dusíku se na displeji zobrazila v  $\text{mg/l NO}_3^-$ .

### 5.2.3 Stanovení hodnot CHSK

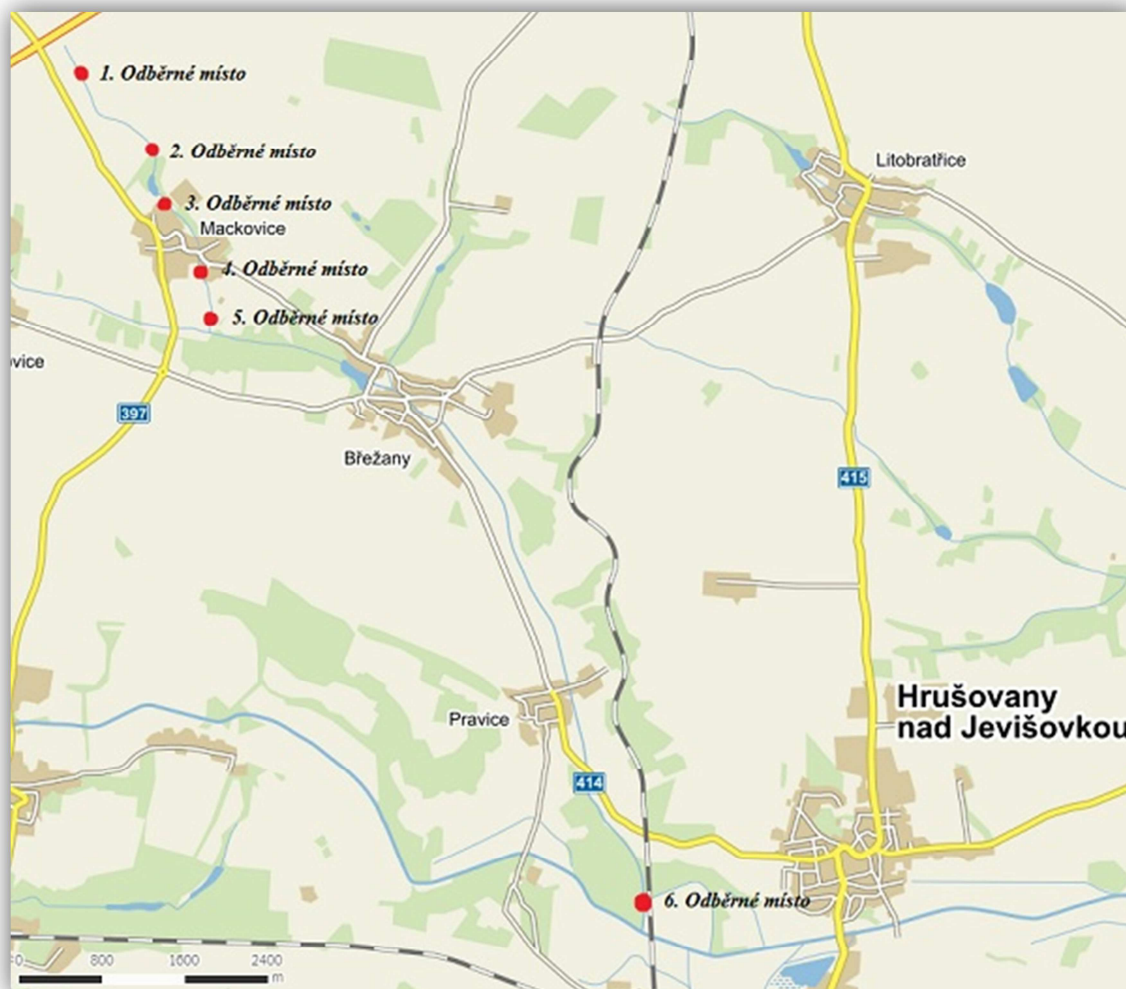
U stanovení chemické spotřeby kyslíku, stejně jako u celkového fosforu nebyl měřený vzorek filtrován. Do COD Digestion Regent Vial se odpipetovaly 2 ml vzorku. Jako slepý vzorek byla použita COD Digestion Regent Vial s napipetovanými 2 ml destilované vody. Vialky se následně uzavřely a promíchaly (během míchání se vialky zahřály). Poté byly vloženy do termoreaktoru předehřátého na  $150\text{ }^\circ\text{C}$ , v kterém byly po dobu 120 minut zahřívány. Po zaznění zvukového signálu byly vytaženy, otočeny několikrát dnem vzhůru a na 20 minut odloženy, aby zchladly.

Po zchladnutí vialek se na spektrofotometru nastavil program 2710 (COD, LR). Následně se vložila do držáku vialka se slepým vzorkem, jež nám stanovila počáteční hodnotu  $0,0\text{ mg.l}^{-1}$  COD, poté se do držáku vložila vialka se vzorkem odebrané vody a výsledná hodnota CHSK se zobrazila na displeji.

## 5.3 Charakteristika odběrných míst

Vzhledem k návaznosti práce na monitoring jakosti vody toku Břežanka prováděný Ing. Michalčíkovou probíhal odběr vzorků vody a měření její kvality na stejných odběrných místech, kterými byly odběrná místa 1 až 5. Jako nové (šesté) odběrné místo bylo zvoleno ústí sledovaného toku do řeky Jevišovky.





Obr. 4: Odběrná místa 1. - 6. (mapy.cz, 2016)

### 5.3.1 Pramen Břežanky

První odběrné místo se nachází v Mackovicích přímo na zemědělských pozemcích (Obr.), kde tok Břežanka vyvěrá na povrch. Kolem toku roste krátký pás porostu v podobě akátů, jasanů a černého bezu. Měření a odběr vzorků byl prováděn hned u mostku mezi dvěma ornými poli, která rozděluje právě tok Břežanka. Po celou dobu monitoringu zde byl dostatek vody s největší hladinou vody z celého toku. V lednu se na odběrném místě objevily zbytky švestek z vypalování alkoholu, poté zde byla voda vždy napěněná a šel cítit z vody líh.



Obr. 5: Pramen Břežanky (Foto AUTOR, 2016)

### 5.3.2 Za hřbitovem

Druhé odběrné místo se nacházelo asi 100 metrů za hřbitovem na konci orných ploch u kraje malého lesíka před Mackovickým rybníkem. Toto odběrné místo bylo hlavně v letních měsících vyschlé a v zimních měsících až na dno zamrzlé, proto zde byla měření a odběry komplikovanější a v letních měsících neproveditelná.



Obr. 6: Za hřbitovem (Foto AUTOR, 2016)

### 5.3.3 Pod hrází rybníka

Třetí odběrné místo bylo bezprostředně za hrází Mackovického rybníka, blízko podniku opravujícího zemědělské stroje. Zajímavostí bylo, že pod hrází přímo na odběrném místě se nacházela po celý rok olejová skvrna, bez zjistitelných příčin. Stejně jako u 2. odběrného místa byl i na tomto místě vzhledem k vyschnutí koryta monitoring znemožněn.



Obr. 7: Pod hrází rybníka (Foto AUTOR, 2016)

### 5.3.4 U čistírny odpadních vod

Čtvrtým odběrným místem byla lokace hned za Mackovickou čistírnou odpadních vod. Vzorčky byly často odebírány, když byla čistírna odpadních vod v provozu. Vytékající voda byla u výtoku zpěněná a zapáchala, často byly z vody cítit prací prášky a saponáty. Přístup k vodě byl na tomto odběrném místě udržovaný, z důvodu čerpání vody na závlahu přilehlých zahrádek.



Obr. 8: U čistírny odpadních vod (Foto AUTOR, 2016)

### 5.3.5 U soutoku se Skaličkou

Páté odběrné místo se nacházelo v lesíku, před soutokem s potokem Skalička v blízkosti rybníka a bylo celoročně zastíněné.



Obr. 9: U soutoku se Skaličkou (Foto AUTOR, 2016)

### 5.3.6 U soutoku s Jevišovkou

Šesté odběrné místo bylo zvoleno nad soutokem Břežanky a Jevišovky v Hrušovanech nad Jevišovkou. Zde tok protéká lesem s několika zachovanými velmi starými duby. Opodál se nachází i starý, už léty zanesený, nefunkční betonový náhon vedoucí vodu do města. Koryto toku zde bylo nejširší a z velké části obsahovalo překážky bránící ve volném průtoku vody (kmeny, klest, nabalený opad ze stromů, apod.). V letních měsících zde byl taktéž problém s odběry a monitoringem kvůli vyschlému toku.



Obr. 10: U soutoku s Jevišovkou (Foto AUTOR, 2016)

## 6. VÝSLEDKY A DISKUZE

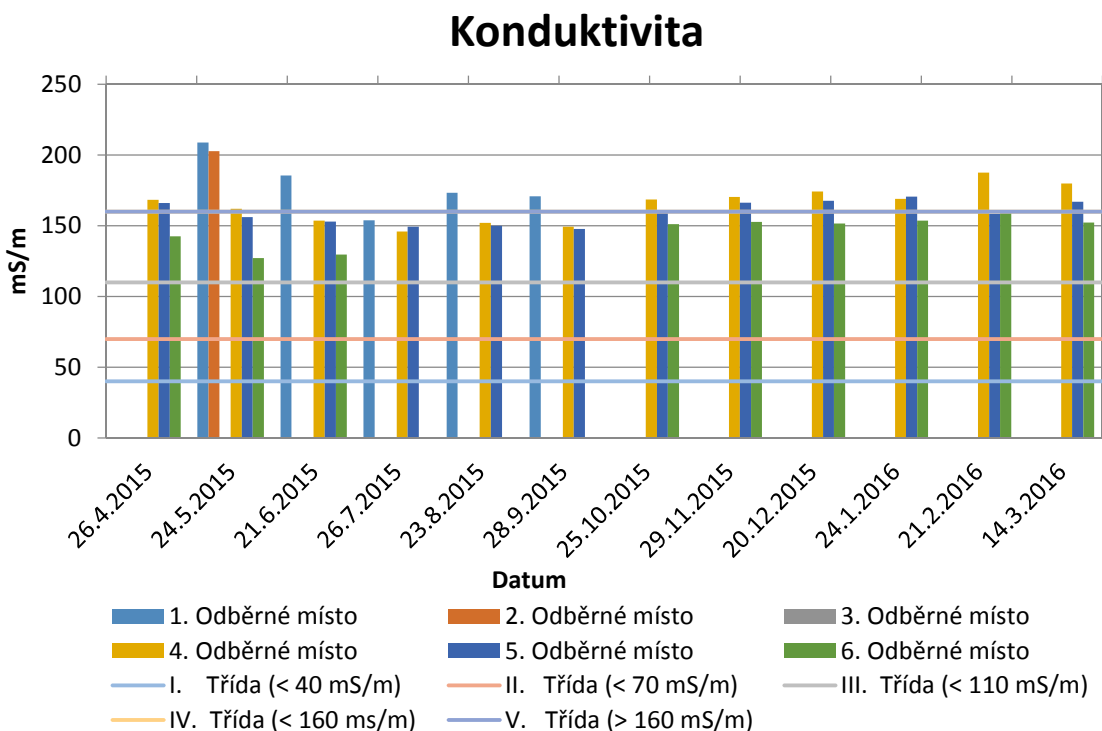
V této kapitole jsou uvedeny výsledky naměřených terénních a laboratorních hodnot vybraných ukazatelů za monitorované období. Klasifikace hodnot vybraných ukazatelů jakosti vody byla provedena dle normy ČSN 75 221 Klasifikace jakosti povrchových vod a dále dle přílohy č. 3 k Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. U těchto předpisů je zapotřebí splnit minimální délku monitoringu po dobu jednoho roku.

U vyhodnocení dle normy ČSN 75 221 bylo zapotřebí zjištěné hodnoty průměrovat, aby bylo vůbec možno uskutečnit porovnání výsledků druhého roku měření s výsledky MICHALČÍKOVÉ (2015) z prvního roku měření.

### 6.1 Vyhodnocení dle normy ČSN 75 7221

Normou ČSN 75 7221, jež klasifikuje kvalitu povrchových vod rozdělených do pěti jakostních tříd znečištění, bylo hodnoceno pět vybraných ukazatelů: konduktivita, obsah rozpuštěného kyslíku, dusičnanový dusík, celkový fosfor a chemická spotřeba kyslíku (Příloha 1). Zjištěné hodnoty vybraných ukazatelů měřených v terénu a laboratoři jsou v jednotlivých termínech měření znázorněny v grafech s barevnou odlišností odběrných míst, včetně znázornění limitních hranic jednotlivých tříd jakosti.

#### 6.1.1 Konduktivita



Graf 1: Konduktivita

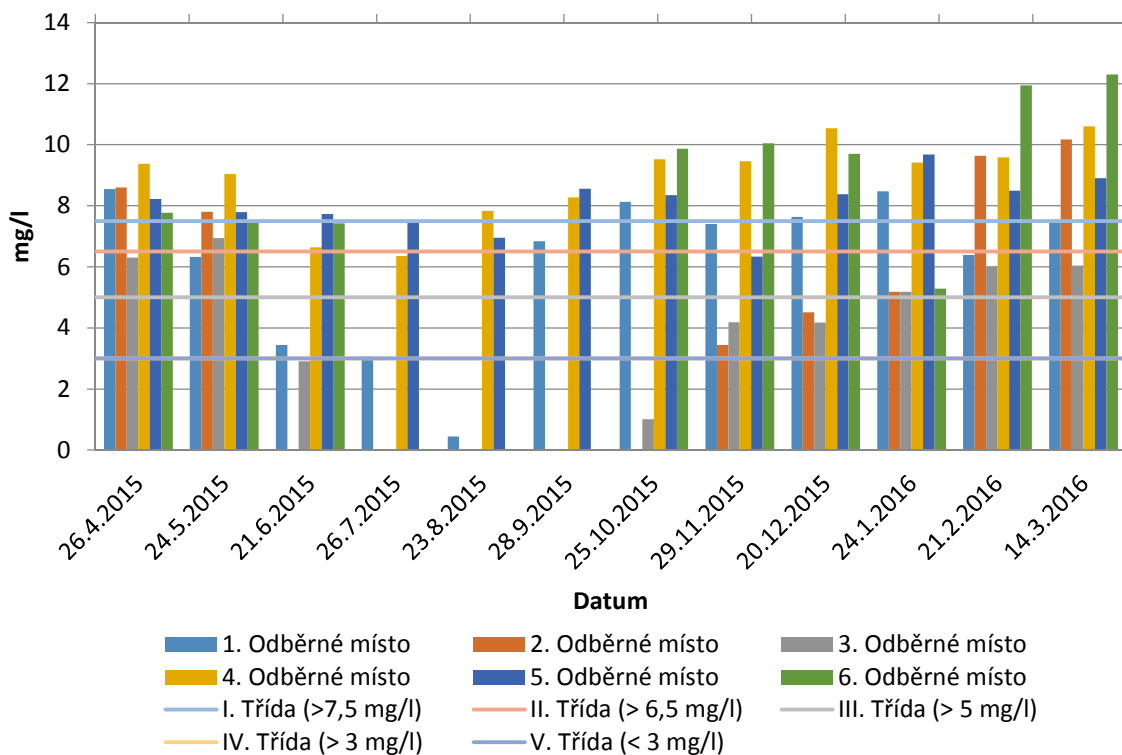
V Grafu 1 jsou zaznamenány celoročně měřené hodnoty konduktivity. Průměrná hodnota konduktivity  $103,48 \text{ mS.m}^{-1}$  za celé období řadí vodu do III. jakostní třídy (znečištěné vody). Ze všech odběrných míst byl nejvyšší průměr ( $165,03 \text{ mS.m}^{-1}$ ) zaznamenán u 4. odběrného místa, které mělo jednotlivé hodnoty v V. třídě (velmi silně znečištěná voda) v osmi měsících. Tyto hodnoty se dále u níže položených odběrných míst pozvolna snižovaly díky přítoku Skaličky a samočisticí schopnosti toku. Nejnižší průměr byl zaznamenán u 2. odběrného místa ( $29,15 \text{ mS.m}^{-1}$ ). Z grafu lze dále vyčíst u 1. odběrného místa nejvyšší naměřena hodnota  $208,8 \text{ mS.m}^{-1}$  (zaznamenána 24. 5. 2015) i nejnižší  $0,221 \text{ mS.m}^{-1}$  (zaznamenána 24. 1. 2016).

Vysoké hodnoty klasifikované IV. i V. třídou jakosti u 1. odběrného místa byly zaznamenány v měsících květen až září, kdy bylo nejméně vody a také u 4., 5. i 6. odběrného místa. U odběrných míst 2., 3. a 6. nebylo možno v letních měsících (květen až září) vodu odebrat kvůli úplnému vyschnutí toku.

Dle porovnání výsledků s prací Michalčíkové, došlo k menšímu zlepšení hodnot, kdy z loňského celkového průměru  $216,98 \text{ mS.m}^{-1}$  došlo ke snížení na  $103,48 \text{ mS.m}^{-1}$ . Na celkovém výsledku se hodně podepsalo 2. odběrné místo, kde se snížila průměrná hodnota zjištěná v loňském roce z  $270,79 \text{ mS.m}^{-1}$  na letošních  $29,15 \text{ mS.m}^{-1}$ . Roli zde může hrát změna použitého hnojení na zemědělských pozemcích, či vápnění, případné sucho nebo naopak ředění dešťovou vodou za zvýšených atmosférických srážek.

## 6.1.2 Obsah rozpuštěného kyslíku

### Rozpuštěný kyslík



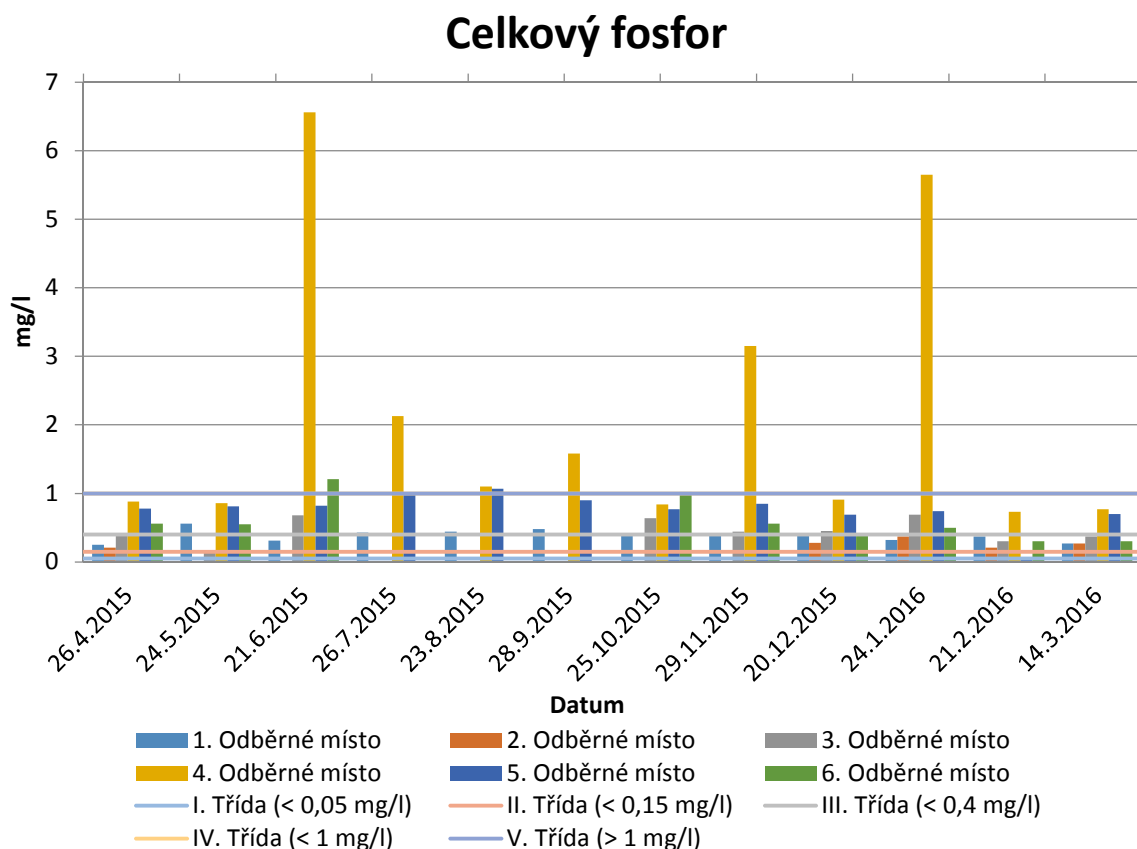
Graf 2: Rozpuštěný kyslík

V Grafu 2 jsou zaznamenány hodnoty obsahu rozpuštěného kyslíku. Průměrná koncentrace rozpuštěného kyslíku ze všech měření činí  $7,40 \text{ mg.l}^{-1}$  indikující II. třídu (mírně znečištěnou vodu). Nejvyšší koncentrace kyslíku byla naměřena 14. března 2016 u 6. odběrného místa ve výši  $12,30 \text{ mg.l}^{-1}$ . Nejnižší hodnota  $0,44 \text{ mg.l}^{-1}$  byla zaznamenána 23. 8. 2015 u 1. odběrného místa, jež spadá do V. třídy, ovšem průměrově nejnižší hodnoty rozpuštěného kyslíku byly naměřeny na 3. odběrném místě, kde průměr dosahoval koncentrace  $4,75 \text{ mg.l}^{-1}$ , odpovídající IV. třídě.

Je patrné, že na rozdíly koncentrací rozpuštěného kyslíku měla velký vliv teplota vody, a v letních měsících i snižující se průtoky vlivem tropického počasí s minimálními dešťovými srážkami. Na rozpuštěný kyslík má výrazný vliv také čistírna odpadních vod v Mackovicích (4. odběrné místo), pod níž se koncentrace navyšuje oproti prvním třem odběrným místům, stejně tak jako v zalesněných lokalitách 5. a 6. odběrného místa, kde byla zaznamenána vyšší a nejvyšší koncentrace kyslíku.

Po porovnání obsahu rozpuštěného kyslíku v jednotlivých měsících druhého roku měření s koncentracemi v 1. roce měření (MICHALČÍKOVÁ, 2015) byl zaznamenán pokles koncentrace z průměrné hodnoty  $9,05 \text{ mg.l}^{-1}$  na  $7,40 \text{ mg.l}^{-1}$ . Příčinou tohoto rozdílu mohlo být vyschnutí koryta toku v jiných datech odběru než v 1. roce sledování, a zároveň i nižší průměrná teplota v 2. roce sledování.

### 6.1.3 Celkový fosfor



Graf 3: Celkový fosfor

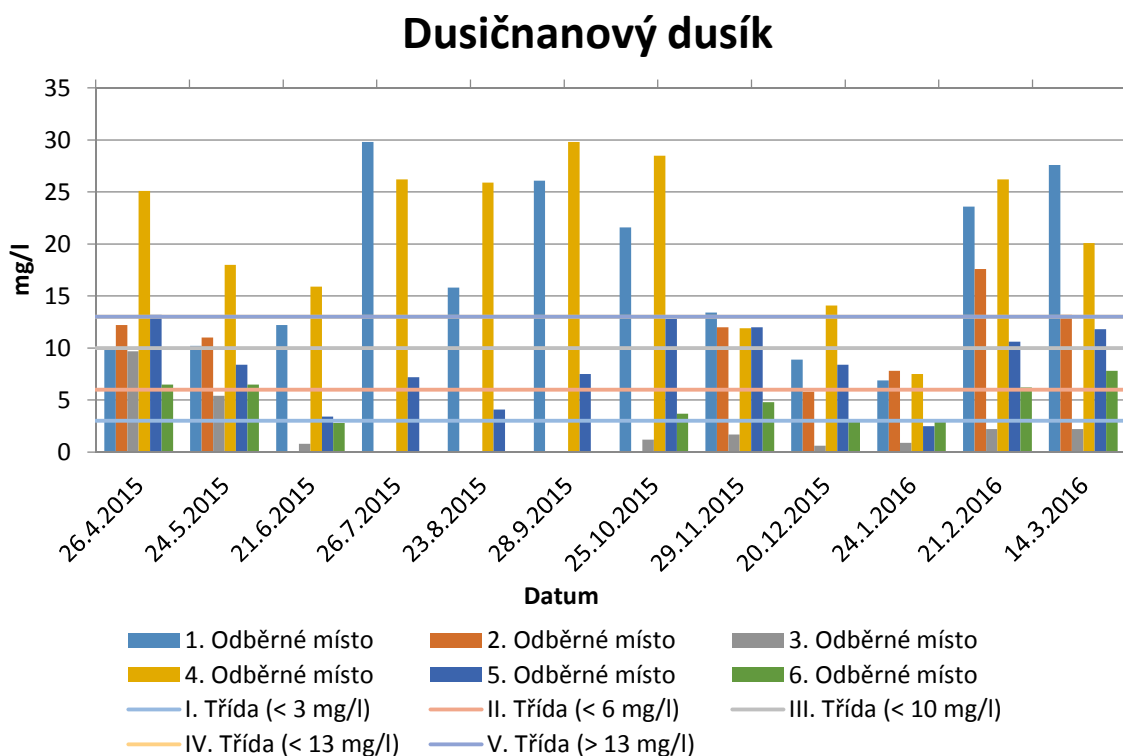
Hodnoty celkového fosforu zobrazené v Grafu 3 se řadí svým celkovým průměrem  $0,84 \text{ mg.l}^{-1}$  do IV. třídy (silně znečištěné vody). Nejnižší průměrné hodnoty, které řadily vodu v toku do III. třídy (znečištěné vody), byly naměřeny u 1. a 2. odběrného místa. U 3. odběrného místa již hodnoty průměrné koncentrace dosahovaly  $0,45 \text{ mg.l}^{-1}$ , které řadí vodu do IV. třídy silně znečištěných vod. U odběrného místa čtyři pod výtokem z čistírny odpadních vod byla dne 21. června 2015 naměřená nejvyšší hodnota za monitorované období ve výši  $6,56 \text{ mg.l}^{-1}$ , stejně jako nejvyšší průměr za dané období ve výši  $2,09 \text{ mg.l}^{-1}$ . Voda v tomto odběrném místě je klasifikována V. třídou jakosti vody, tedy jako velmi silně znečištěná. Nejnižší hodnota



za monitorované období  $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$  (I. třída) celkového fosforu byla analyzována u 5. odběrného místa 21. 2. 2016.

V porovnání s naměřenými hodnotami MICHALČÍKOVÉ (2015), došlo ke zhoršení, jak celkového průměru (navýšení z  $0,59 \text{ mg.l}^{-1}$  na  $0,84 \text{ mg.l}^{-1}$ ), tak i u nejvyššího zjištěného průměru na 4. odběrném místě (kde se hodnota zvýšila z  $1,09 \text{ mg.l}^{-1}$  na  $2,09 \text{ mg.l}^{-1}$ ).

#### 6.1.4 Dusičnanový dusík



Graf 4: Dusičnanový dusík

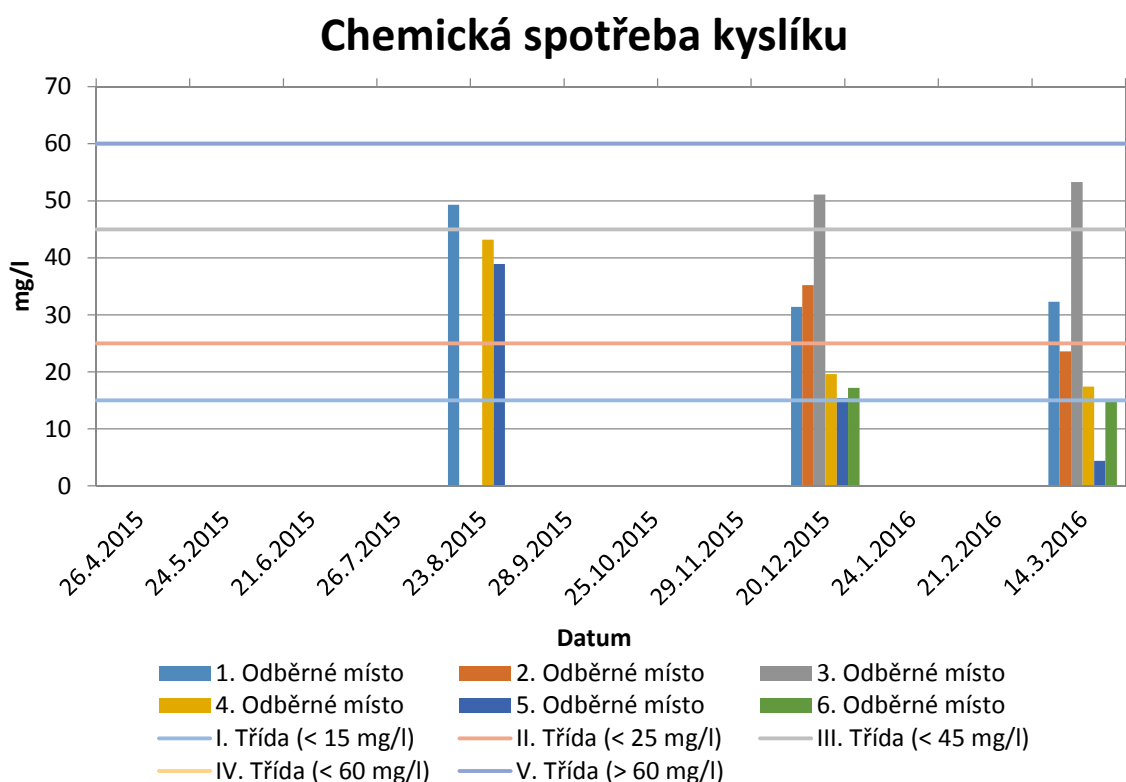
V Grafu 4 můžeme vidět hodnoty obsahu dusičnanového dusíku. Celkový průměr zde dosahoval  $11,56 \text{ mg.l}^{-1}$  tedy IV. třídy (silně znečištěné vody). U 3. odběrného místa byl zaznamenán nejnižší průměr  $2,74 \text{ mg.l}^{-1}$ , stejně jako nejnižší naměřená hodnota  $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$ . Naopak nejvyšší průměr byl zjištěn u 4. odběrného místa ve výši  $20,76 \text{ mg.l}^{-1}$ , stejně jako nejvyšší hodnota  $29,80 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Velkou roli na znečištění zde má antropogenní činitel. Především se jedná o znečištění dusičnanovými hnojivy a o jejich následný splach z orných půd do toku. Na kontaminaci se také značně podílí i vytékající voda z čistírny odpadních vod u 4. odběrného místa. Příznivý vliv na hodnoty koncentrace dusičnanového dusíku má

Mackovický rybník (3. odběrného místa) a také lesnatá oblast (5. a 6. odběrné místo), kde dochází k příznivému pozvolnému snižování koncentrace dusičnanového dusíku na průměrnou úroveň III. a II. třídy.

Při porovnání s hodnotami Michalčické došlo ke zlepšení a snížení celkového průměru z 32,57 mg.l<sup>-1</sup> na 11,56 mg.l<sup>-1</sup> a také ke snížení nejvyšší naměřené hodnoty oproti 1. roku měření z 86 mg.l<sup>-1</sup> na 17,6 mg.l<sup>-1</sup> u 2. odběrného místa.

### 6.1.5 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)



Graf 5: Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku viz Graf 5, se měřila jen ve 3 měsících a to v srpnu, prosinci a v březnu, a proto je potřeba nahlížet na hodnoty spíše jako na hodnoty orientační. V měsíci srpnu se voda nevyskytovala na 2., 3. a 6. odběrném místě. Svým celkovým průměrem 29,80 mg.l<sup>-1</sup> se voda díky CHSK řadí do III. třídy znečištění (znečištěné vody). Nejvyšší naměřená hodnota 53,30 mg.l<sup>-1</sup> (IV. třída – silně znečištěné vody) byla zaznamenána u 3. odběrného místa (pod hrází rybníka) v měsíci březnu, stejně jako nejnižší hodnota 4,40 mg.l<sup>-1</sup> u 5. odběrného místa (u soutoku se Skaličkou).

## 6.1.6 Souhrnné zhodnocení dle ČSN 75 7221

Dle ČSN 75 7221 se za souhrnné vyhodnocení považuje závěrečná kategorizace všech odběrných míst do jakostních tříd v jednotlivých dnech odběru. Výsledná třída jakosti vody v každém odběrném místě se pak stanoví podle nejvíce nepříznivého ukazatele zjištěného v průběhu sledovaného období.

Tab. 7: Zařazení vody v odběrných místech v jednotlivých termínech měření do jakostních tříd

Zařazení vody v odběrných místech v jednotlivých termínech měření do jakostních tříd												
Datum odběru	26.4.15	24.5.15	21.6.15	26.7.15	23.8.15	28.9.15	25.10.15	29.11.15	20.12.15	24.1.16	21.2.16	14.3.16
1. Odběrné místo	P	Konduktivita	Konduktivita	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita, O <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
2. Odběrné místo	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita						NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> , P, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
3. Odběrné místo	P, O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> , P, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub>				O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> , P	O <sub>2</sub> , P, CHSK	P	O <sub>2</sub> , P	CHSK
4. Odběrné místo	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , P	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , p	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , P	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , P	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita, P	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita, P	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
5. Odběrné místo	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita, P	Konduktivita, P	P	P	Konduktivita, P	Konduktivita, P, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita	Konduktivita	Konduktivita	Konduktivita, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Konduktivita
6. Odběrné místo	Konduktivita, P	Konduktivita, P	P				P	Konduktivita, P	Konduktivita, P	Konduktivita, P	Konduktivita, P	Konduktivita

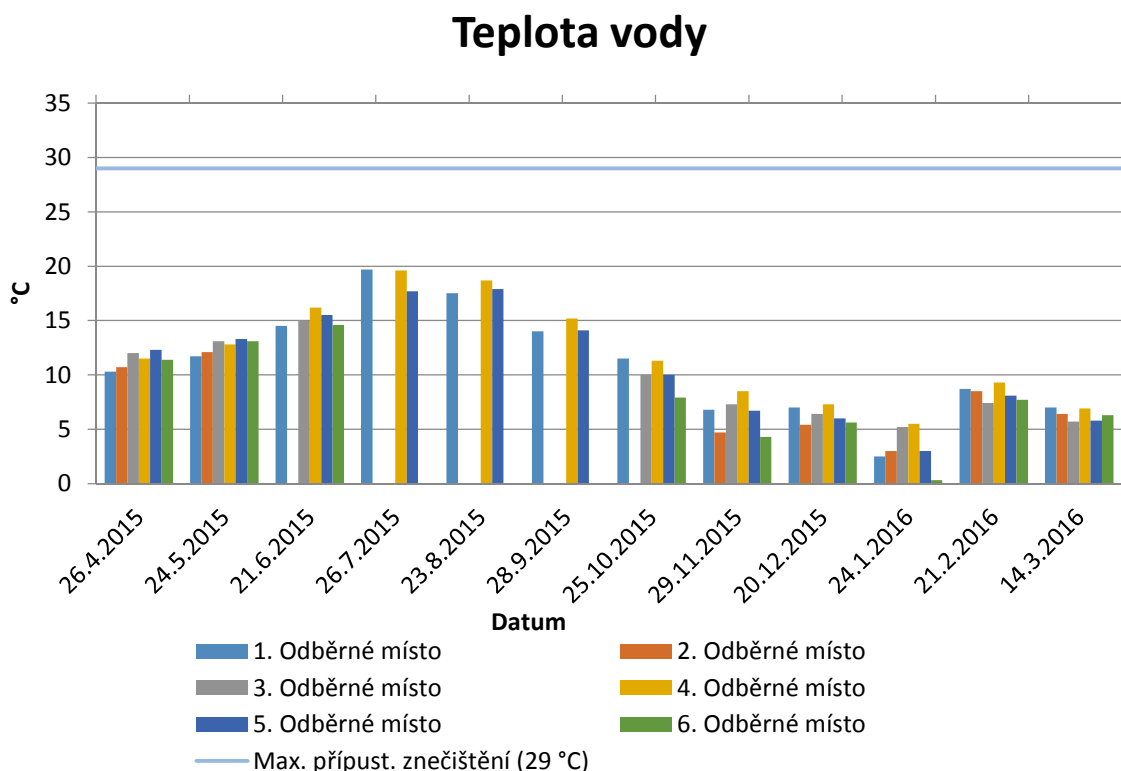
V Tab. 7 je zobrazeno, dle barevné identifikace, zatřídění odběrných míst do jakostních tříd v jednotlivých termínech měření s uvedením nejnepříznivějšího ukazatele (ukazatelů) určujícího výslednou třídu jakosti. V každém odběrném místě se během roku vždy vyskytla V. třída, a proto je každé odběrné místo a tedy i celý tok Břežanka řazen do V. jakostní třídy velmi silně znečištěných vod. Za celý rok bylo nejvíce znečištěné 4. odběrné místo (u čistírny odpadních vod), kde byla indikována v každém měsíci odběru V. jakostní třída. Nejlépe hodnocené bylo 3. odběrné místo, kde byly zaznamenány během roku jen dvě V. jakostní třídy (jediné dvě V. třídy u obsahu rozpuštěného kyslíku) a také nejnižší II. jakostní třída naměřená 24. 5. 2015. Jako nejvíce nepřízniví ukazatelé V. tříd (indikující velmi silně znečištěné vody) byli konduktivita, dusičnanový dusík a celkový fosfor a naopak nejlépe (pouze s dvěma V. třídami) byl hodnocen rozpuštěný kyslík.

Chemická spotřeba kyslíku, vzhledem k tomu že nebyla analyzována ve všech termínech měření, nebyla do souhrnného hodnocení zahrnuta.

## 6.2 Vyhodnocení dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015 Sb.

Pomocí přílohy č. 3 (ukazatele vyjadřující stav povrchové vody, normy environmentální kvality a požadavky na užívání vod), legislativně zakotvené v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. byly hodnoceny tyto ukazatelé: teplota, rozpuštěný kyslík, reakce vody (pH), celkový fosfor, dusičnanový dusík a CHSK.

### 6.2.1 Teplota vody



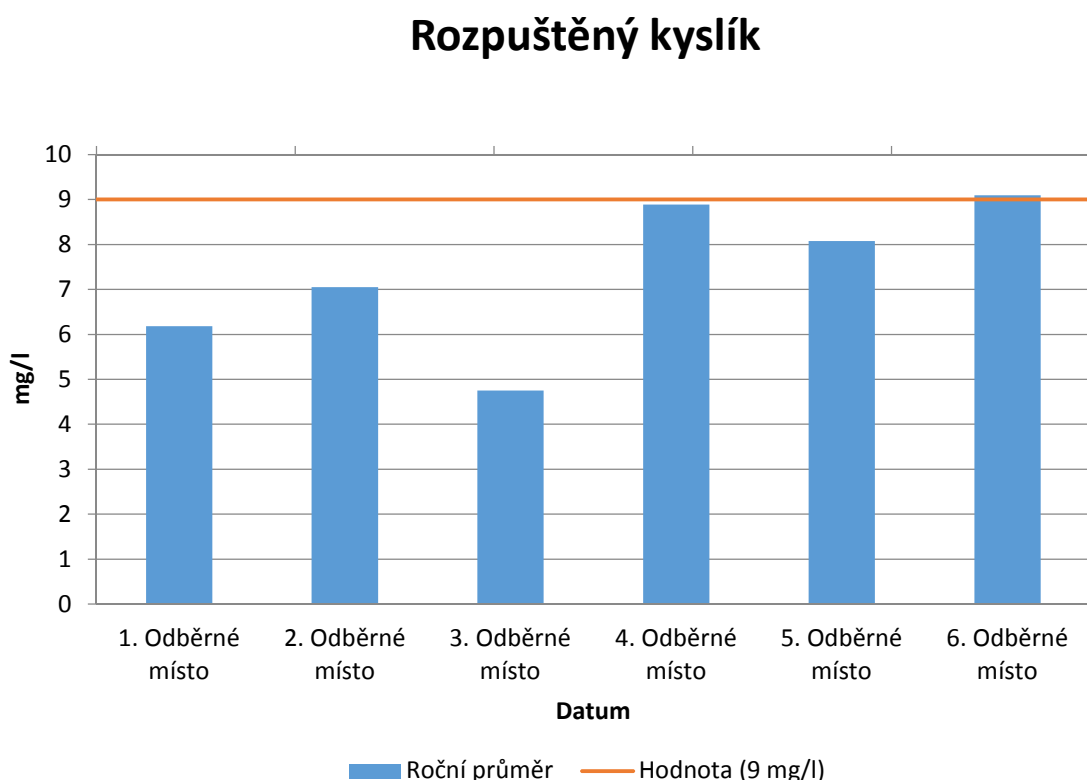
Graf 6: Teplota vody

Jak je vidět na grafu 6, limitující teplota dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015 Sb. je 29 °C. Tato hodnota nebyla za celé sledované období překročena v žádném odběrném místě. Nejvyšší teplota 19,6 °C i nejvyšší průměrná teplota 11,9 °C byla zaznamenána u 4. odběrného místa a naopak nejnižší teplota 0,3 °C byla zaznamenána 24. ledna 2016 u 6. odběrného místa. Nejnižší průměrná teplota 7,2 °C byla zaznamenána u 2. odběrného místa. Průměrná teplota ze všech odběrných míst zde činila cca 10 °C.

Ve výsledku lze tedy říci, že teplota nepřekračuje nejvyšší přípustné hodnoty. U čistírny odpadních vod (4. odběrné místo) dochází k mírnému oteplení vody, a naopak v lesnaté části 6. odběrného místa dochází k ochlazení.

V porovnání s hodnotami Michalčkové (které vyšla první rok měření průměrná teplota 11,1 °C), došlo k malému ochlazení na průměrných 10 °C.

### 6.2.2 Rozpuštěný kyslík

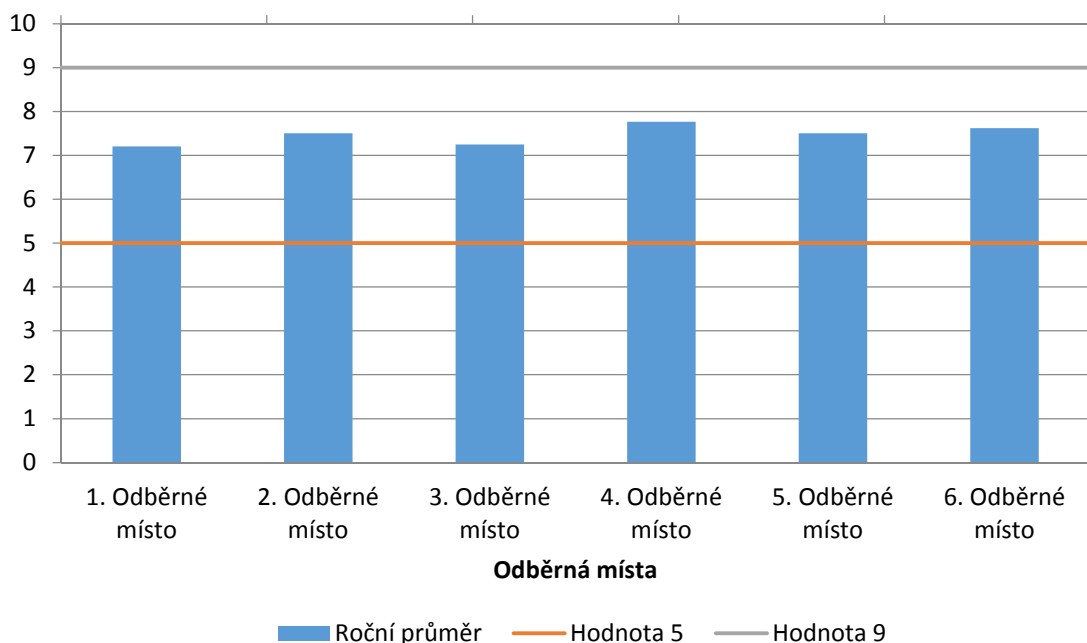


Graf 7: Rozpuštěný kyslík – 401/2015 Sb.

V příloze č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. je stanovena průměrná limitní hodnota rozpuštěného kyslíku 9 mg.l<sup>-1</sup>, pod kterou by průměrné hodnoty neměly klesnout. Jak je patrné z grafu 7, tak této průměrné limitní hodnoty nebylo dosaženo na žádném z odběrných míst s výjimkou 6. odběrného místa, kde průměrná koncentrace rozpuštěného kyslíku dosahuje hodnoty 9,09 mg.l<sup>-1</sup>. Velmi těsně pod limitní hodnotou 9 mg.l<sup>-1</sup> je také 4. odběrné místo se svým průměrem 8,88 mg.l<sup>-1</sup>. Nejnižší průměrná koncentrace 4,75 mg.l<sup>-1</sup> byla zaznamenána u 3. odběrného místa. Pod limitní hodnotou 9 mg.l<sup>-1</sup> se dále nachází zbylá odběrná místa (1., 2., a 5.) a tudíž i jejich průměrné hodnoty nesplňují požadavek určený v příloze č. 3. v nařízení vlády 401/2015 Sb.

### 6.2.3 Reakce vody (pH)

#### Reakce vody (pH)

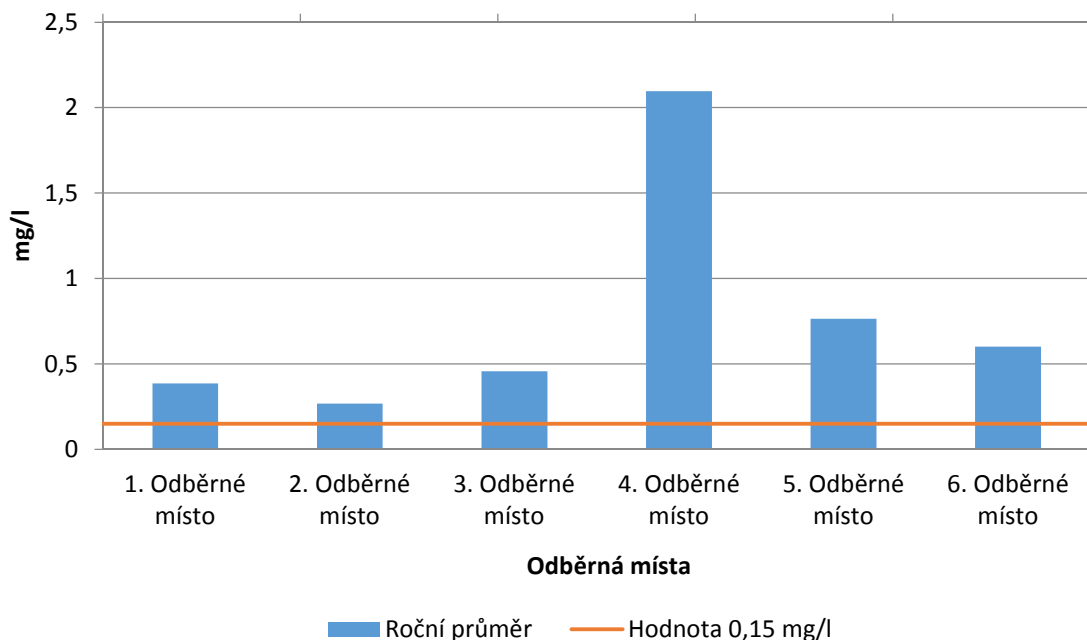


Graf 8: Reakce vody (pH) – 401/2015 Sb.

Průměrné hodnoty reakce vody (pH) jsou za sledované období v každém odběrném místě zaneseny v grafu 8. Hodnoty pH dle přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. se musí nacházet v rozmezí 5 až 9. Tato podmínka (viz graf 8) byla splněna ve všech odběrných místech. Průměrná hodnota se pohybovala kolem zásaditého pH 7,5. Nejnižší průměrné hodnoty byly zaznamenány u 2. (7,21) a u 3. (7,25) odběrného místa. Naopak nejvyšší průměr 7,64 byl zaznamenán u čistírny odpadních vod (4. odběrné místo).

## 6.2.4 Celkový fosfor

### Celkový fosfor

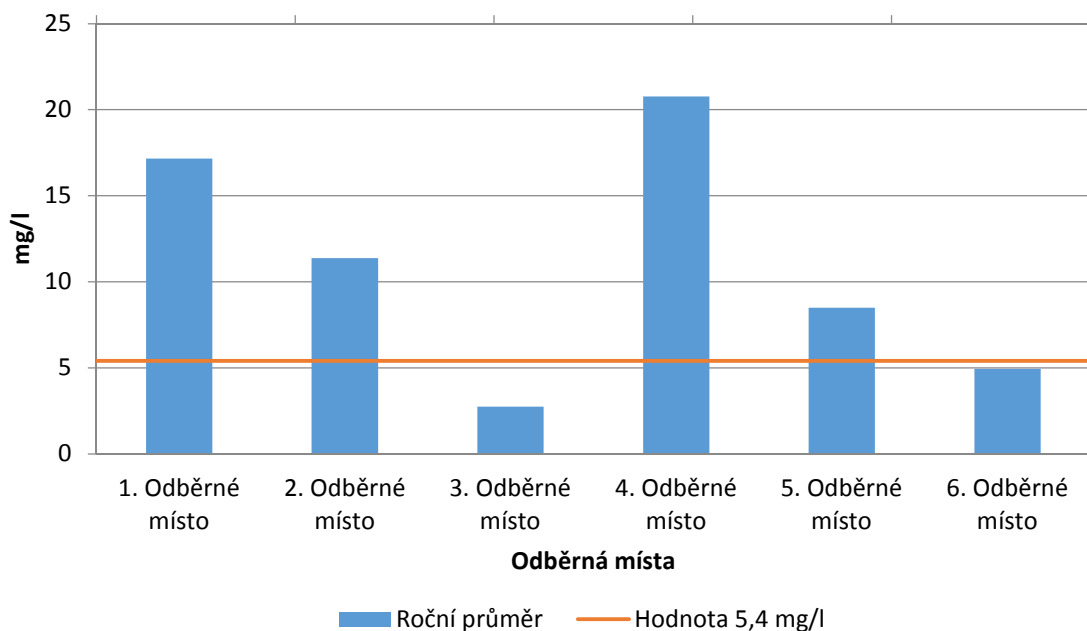


Graf 9: Celkový fosfor – 401/2015 Sb.

Průměrná koncentrace celkového fosforu dle podmínek přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. nesmí přesáhnout limit  $0,15 \text{ mg.l}^{-1}$  ročního průměru. Na grafu 9 jsou zobrazeny roční průměrné hodnoty v jednotlivých odběrných místech a je zde zcela patrné, že nejvyšší přípustná koncentrace byla překročena ve všech případech. Podmínka tedy nebyla v žádném odběrném místě splněna. Nejnižší průměr byl zjištěn u odběrného místa č. 2, který činil  $0,27 \text{ mg.l}^{-1}$ . Nejvyšší průměrná koncentrace celkového fosforu  $2,09 \text{ mg.l}^{-1}$  byla vyhodnocena na 4. odběrném místě u čistírny odpadních vod. U zbylých odběrných míst lze vidět postupné snižování hodnot, které mohou být způsobeny průtokem vody lesními částmi, což se může projevit vyšší samočistící schopností.

## 6.2.5 Dusičnanový dusík

### Dusičnanový dusík



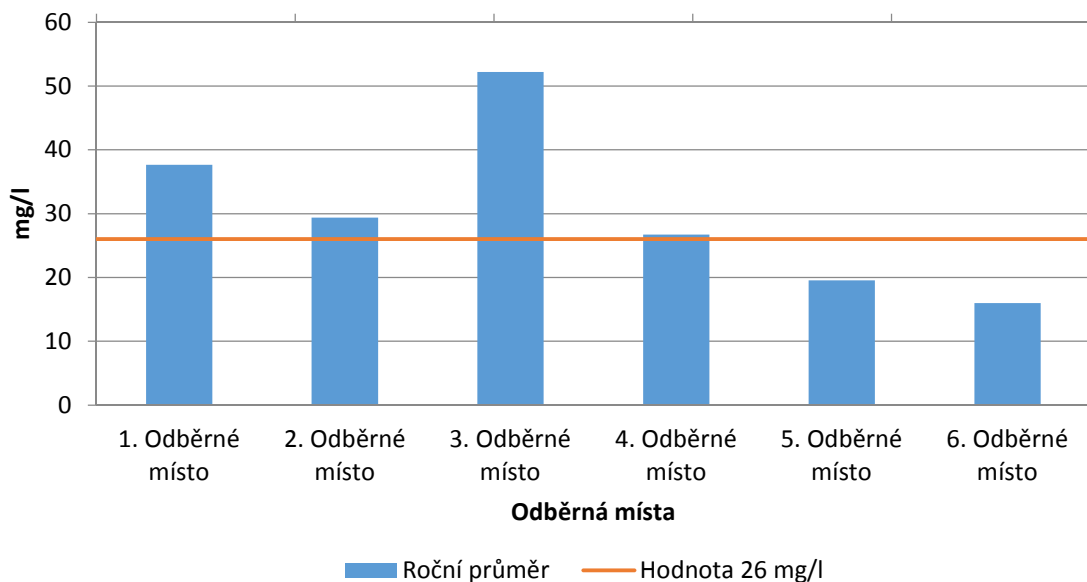
Graf 10: Dusičnanový dusík – 401/2015 Sb.

U dusičnanového dusíku je potřeba taktéž stanovit roční průměrné hodnoty. Z Grafu 10 lze vyčíst, že jsou hodnoty opět vyšší, než je nejvyšší přípustná hranice 5,4 mg.l<sup>-1</sup>. Vyšší koncentrace dusičnanového dusíku byly naměřeny u 1. odběrného místa (kde hrají velkou roli na pozemky aplikovaná dusíkatá hnojiva) a také u 4. odběrného místa (u čistírny odpadních vod). Od těchto dvou míst jde pak z grafu vidět postupné snižování koncentrací. Nejnižší roční průměr byl zaznamenán na 3. odběrném místě pod hrází rybníka ve výši 2,74 mg.l<sup>-1</sup>, z čehož je patrná jeho samočistící funkce.



## 6.2.6 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

### Chemická spotřeba kyslíku



Graf 11: Chemická spotřeba kyslíku – 401/2015 Sb.

V Grafu 11 jsou zobrazeny roční průměrné koncentrace chemické spotřeby kyslíku ze všech šesti odběrných míst. Nejvyšší přípustná průměrná hodnota je stanovena na  $26 \text{ mg.l}^{-1}$  dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015 Sb. Z grafu je patrné, že průměrné hodnoty CHSK jsou přípustnou hodnotou vyšší u 1. až 4. odběrného místa. Nejvyšší průměrná koncentrace byla zjištěna u 3. odběrného místa ( $52,2 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a nejnižší průměrná koncentrace ( $16 \text{ mg.l}^{-1}$ ) u 6. odběrného místa. Je ovšem nutno podotknout, že vypočítané průměrné hodnoty CHSK v jednotlivých odběrných místech jsou průměrnými hodnotami ze třech terénních měření. Z tohoto důvodu je nutno na uvedené hodnoty nahlížet pouze jako na orientační.

## 7 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá monitoringem jakosti vod toku Břežanka po dobu jednoho roku v návaznosti na předchozí monitoring Ing. Dagmar Michalčíkové zpracovaného formou diplomové práce. Z toho důvodu se pokračovalo ve 12 měsíčním monitoringu na stejných pěti odběrných místech a také na nově zvoleném 6. odběrném místě před soutokem s řekou Jevišovkou. Na všech odběrných místech se analyzovaly vybrané ukazatele: konduktivita, obsah rozpuštěného kyslíku, hodnota pH a teplota vody za pomoci přenosného digitálního multimetru. Současně s terénním měřením byly odebírány i vzorky vody pro chemickou analýzu prováděnou vždy následující den v laboratoři ÚAKE Mendelovy univerzity v Brně, kde byly pomocí spektrofotometru stanoveny hodnoty koncentrací celkového fosforu, dusičnanového dusíku a chemická spotřeba kyslíku (CHSK). Zhodnocení kvality vody a její zařazení do jakostních tříd dle jednotlivých ukazatelů bylo provedeno pomocí normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod, a také porovnávány s přípustnými hodnotami znečištění stanovené v příloze č. 3 k nařízení vlády 401/2015 Sb.

Výsledná třída jakosti v jednotlivých odběrných místech za sledované období byla určována dle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod. Jako nejvíce nepříznivé ukazatele, které způsobují zhoršení jakosti, jsou konduktivita, celkový fosfor a dusičnanový dusík řadící vodu do V. tříd jakosti. Z celkového hodnocení dle přílohy č. 3 k nařízení vlády 401/2015 Sb. splnila požadavek na kvalitu vody u všech odběrných míst teplota a také roční průměrné hodnoty u reakce vody (pH) a mimo 6. odběrné místo i obsah rozpuštěného kyslíku. Naopak požadavek na kvalitu vody nesplnil celkový fosfor, u kterého průměrné hodnoty přesáhly limitující hranici ve všech odběrných místech

Při porovnání naměřených výsledků s výsledky loňského monitoringu MICHALČÍKOVÉ (2015), došlo k mírnému snížení hodnot u konduktivity (hlavně díky snížení u 2. odběrného místa), obsahu rozpuštěného kyslíku a dusičnanového dusíku. Naopak k navýšení koncentrací došlo u celkového fosforu, a to především u 4. odběrného místa pod výpustí z ČOV, kde byla naměřena dne 21. 6. 2015 nejvyšší koncentrace  $6,56 \text{ mg.l}^{-1}$ . Toto odběrné místo pak mělo vliv i na ostatní vzorkovací lokality nacházející se dále po toku. Chemická spotřeba kyslíku byla stanovována jen ve třech měsících a nebyla tedy součástí srovnávání s prací Michalčíkové,

a proto je potřeba hodnoty brát spíše jako orientační. Stejně jako dle výsledků monitoringu Michalčické, je také ve druhém roce měření zařazen tok Břežanka do V. jakostní třídy velmi silně znečištěných vod, avšak se zaznamenanými zlepšujícími se celkovými průměry u konduktivity, rozpuštěného kyslíku a dusičnanového kyslíku.

Z výsledků monitoringu dále vyplývá, že čistírna odpadních vod (u 4. odběrného místa) v Mackovicích značně zatěžuje přečištěnou odpadní vodou vodní tok Břežanka, hlavně v parametrech celkového fosforu, dusičnanového dusíku a obsahu rozpuštěných minerálních látek (konduktivity). Oproti tomu je pod výtokem z ČOV patrné výrazné zvýšení množství rozpuštěného kyslíku ve vodě.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

- CÍLEK V., KENDER, J., 2004: *Voda v krajině: kniha o krajinnotvorných programech*. Praha: Consult, 207 s. ISBN 80-902132-7-8.
- CULEK, M., a kol., 1996: *Biogeografické členění ČR*. Praha: Enigma, 350 s. ISBN 80-85368-50-3.
- CULEK, M., GRULICH, V., LAŠTŮVKA, Z., DIVÍŠEK, J., 2013: *Biogeografické regiony České Republiky*. Brno: Masarykova univerzita, 447 s. ISBN 978-80-210-6693-9.
- DURAS, J., POTUŽÁK, J., MARCEL, M., PECHAR, L., 2015: *Rybníky a jakost vody*. Vodní hospodářství 65(7) s. 16–24.
- GRÜNWARD, A., HORÁKOVÁ, M., LISCHKE, P., 1986: *Chemické a fyzikální metody analýzy vody*. Praha: SNTL- Nakladatelství technické literatury, 392 s. ISBN 04-614-86.
- HARPER, D., PACININI, N., ZALEWSKI, M., 2008: *Ecohydrology: Processes, Models and Case Studies*. Cambridge: Cambridge University press, 400 s. ISBN: 978-1-84593-002-8.
- HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E., 2005: *Hydrobiologie*. Praha: Informatorium, 364 s. ISBN: 80-7333-046-6.
- HETEŠA J., KOČKOVÁ E., 1997: *Hydrochemie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 95 s. ISBN 80-7157-289-6.
- HLAVÍNEK P., ŘÍHA J., KUŽMOVÁ V., MIKLÁNKOVÁ J., 2004: *Jakost vody v povodí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 209 s. ISBN 80-214-2815-5.
- HORÁKOVÁ, M., a kol., 1986: *Chemické a fyzikální metody analýzy vod*. Praha: SNTL- Nakladatelství technické literatury, 392 s.
- HORÁKOVÁ, M., a kol., 2003: *Analytika vody*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 335 s. ISBN: 80-7080-520-X.

- HUBAČÍKOVÁ, V., OPPELTOVÁ, P., 2008: *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 130 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
- JŮVA, K., 1955: *Hospodaření vodou v zemědělství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 206 s.
- KOSTURA, B., 2006: *Chemie I (Obecná chemie)*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 129 s. ISBN 80-248-1201-0.
- MALÝ, J., MALÁ, J., 2006: *Chemie a technologie vody*. Brno: Ardec s.r.o., 331 s. ISBN 80-86020-50-9.
- MICHALČÍKOVÁ, D., 2015: *Hodnocení ukazatelů kvality vody na vybraných povodích Znojemska*. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 89 s.
- OPPELTOVÁ, P., 2015: *Ochrana vodních zdrojů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 104 s. ISBN 978-80-7509-218-2.
- PITTER, P., SLÁDEČEK, V., GRÜNWARD, A., 1977. *Hydrochemie, obecná technologie vody a hydrobiologie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 129 s. ISBN 55-515-77.
- PITTER P., 2009: *Hydrochemie*. Praha: Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- QUITT, E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia, 73 s.
- SUKOP, I., 1998: *Aplikovaná hydrobiologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 145 s. ISBN 80-7157-290-X.
- SUKOP, I., 2006: *Ekologie vodního prostředí*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 199 s. ISBN 80-7157-923-8.
- SYNÁČKOVÁ, M., 1994: *Čistota vod*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 208 s.
- ŠTĚRBA, O., a kol., 2008: *Říční krajina a její ekosystémy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 391 s. ISBN 978-80-244-2203-9.

ŠTĚRBA, O., 2011: *Voda živá*. Praha: Arnika - program Toxické látky a odpady, 68 s. ISBN 978-80-904685-6-6.

TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V., 1992: *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR, 320 s. ISBN 07-030-92.

VALENTOVÁ, O., MÁCHOVÁ, J., KOCOUR KROUPOVÁ, H., 2013: *Základy hydrochemie - návody pro laboratorní cvičení*. Šumperk: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, fakulta rybářství a ochrany vod, 123 s.

ŽÁČEK, L., 1998: *Hydrochemie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s nakladatelstvím VUTIUM, 80 s. ISBN 80-214-1167-8.

### **Legislativa**

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

Nařízení vlády č. 401/2015 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

Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů.

Norma ČSN 75 7220 - Jakost vod. Kontrola jakosti povrchových vod.

Norma ČSN 75 7221 – Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod

### **Internetové zdroje**

Charakteristické údaje toku In: Voda.chmi.cz databáze [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/opv/index.html>

JHM303\_oznameni In: Portal.cenia.cz: databáze [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z:

[http://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX0pITTMwM19vem5hbWVuaURPQ18xLnBkZg/JHM303\\_oznameni.pdf](http://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX0pITTMwM19vem5hbWVuaURPQ18xLnBkZg/JHM303_oznameni.pdf)

Česká geologická služba In: Geology.cz: databáze [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet>

Evropsky významné lokality In: Nature.cz: databáze [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: [http://www.nature.cz/natura2000-design3/web\\_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000102319](http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000102319)

Základní mapy In: Mapy.cz: mapový prohlížeč [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=16.3404538&y=48.8660012&z=13&source=muni&id=601>

## **9 SEZNAM TABULEK**

Tab. 1: Limitní hodnoty pro dělení vod dle stupně mineralizace (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997)

Tab. 2: Mezní hodnoty tříd jakosti vody dle ČSN 75 7221 u vybraných ukazatelů (barevné zvýraznění je dáno normou)

Tab. 3: Hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a vod užívaných pro vodárenské účely, koupání osob a lososové a kaprové vody, vztahující se k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou, místu provozování koupání, respektive k úseku vodního toku stanoveného jako lososová nebo kaprová voda u vybraných ukazatelů

Tab. 4: Rozdělení vod podle trofie (ŠTĚRBA, 2008)

Tab. 5: Formy fosforu v přírodních vodách podle Ohleho (HETEŠA, KOČKOVÁ, 1997)

Tab. 6: Charakteristické údaje toku (<http://voda.chmi.cz/>, 2016)

Tab. 7: Zařazení vody v odběrných místech v jednotlivých termínech měření do jakostních tříd

## **10 SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Vrkoč bažinný (NATURE.CZ, 2016)

Obr. 2: Jednokanálový multimetr HQ30D s výměnnými elektrodami (Foto AUTOR, 2016)

Obr. 3: Spektrofotometr HACH DR/4000V a mineralizátor HACH Digital Reactor Block 200 (Foto AUTOR, 2016)

Obr. 4: Odběrná místa 1. - 6. (mapy.cz, 2016)

Obr. 5: Pramen Břežanky (Foto AUTOR, 2016)

Obr. 6: Za hřbitovem (Foto AUTOR, 2016)

Obr. 7: Pod hrází rybníka (Foto AUTOR, 2016)

Obr. 8: U čistírny odpadních vod (Foto AUTOR, 2016)

Obr. 9: U soutoku se Skaličkou (Foto AUTOR, 2016)

Obr. 10: U soutoku s Jevišovkou (Foto AUTOR, 2016)

## **11 SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Konduktivita

Graf 2: Rozpuštěný kyslík

Graf 3: Celkový fosfor

Graf 4: Dusičnanový dusík

Graf 5: Chemická spotřeba kyslíku

Graf 6: Teplota vody

Graf 7: Rozpuštěný kyslík – 401/2015 Sb.

Graf 8: Reakce vody (pH) – 401/2015 Sb.

Graf 9: Celkový fosfor – 401/2015 Sb.

Graf 10: Dusičnanový dusík – 401/2015 Sb.

Graf 11: Chemická spotřeba kyslíku – 401/2015 Sb.



## **PŘÍLOHY**

Příloha 1: Naměřené hodnoty vybraných ukazatelů s jejich dny a místy odběru a barevným zařazením do jakostních tříd dle normy ČSN 75 7221

Konduktivita (mS/m)												
Datum odběru	26.4.15	24.5.15	21.6.15	26.7.15	23.8.15	28.9.15	25.10.15	29.11.15	20.12.15	24.1.16	21.2.16	14.3.16
1. Odběrné místo	0,247	208,8	185,5	153,7	173,2	170,7	0,232	0,24	0,235	0,221	0,235	0,228
2. Odběrné místo	0,252	202,6						0,244	0,235	0,253	0,247	0,243
3. Odběrné místo	0,249	0,244	0,247				0,425	0,37	0,368	0,245	0,415	0,305
4. Odběrné místo	168,3	162	153,6	146	151,9	149,3	168,5	170,4	174,1	168,9	187,6	179,8
5. Odběrné místo	166,1	156,1	152,8	149,4	150	147,8	159,2	166,2	167,5	170,5	158,4	167
6. Odběrné místo	142,5	127,1	129,7				151,2	152,7	151,5	153,6	160,1	152,3

Rozpuštěný kyslík (mg/l)												
Datum odběru	26.4.15	24.5.15	21.6.15	26.7.15	23.8.15	28.9.15	25.10.15	29.11.15	20.12.15	24.1.16	21.2.16	14.3.16
1. Odběrné místo	8,55	6,33	3,44	3,07	0,44	6,84	8,13	7,4	7,64	8,47	6,39	7,46
2. Odběrné místo	8,6	7,8						7,82	4,51	5,18	9,64	10,17
3. Odběrné místo	6,3	6,94	2,91				1,01	4,19	4,18	5,18	6,01	6,04
4. Odběrné místo	9,38	9,04	6,64	6,36	7,83	8,27	9,52	9,46	10,54	9,42	9,58	10,6
5. Odběrné místo	8,22	7,79	7,73	7,48	6,95	8,56	8,35	6,34	8,38	9,68	8,49	8,9
6. Odběrné místo	7,77	7,5	7,43				9,87	10,05	9,7	5,29	11,94	12,3

Celkový fosfor (mg/l)												
Datum odběru	26.4.15	24.5.15	21.6.15	26.7.15	23.8.15	28.9.15	25.10.15	29.11.15	20.12.15	24.1.16	21.2.16	14.3.16
1. Odběrné místo	0,25	0,56	0,31	0,43	0,44	0,48	0,4	0,4	0,41	0,32	0,37	0,27
2. Odběrné místo	0,21	0,49						0,36	0,28	0,37	0,21	0,27
3. Odběrné místo	0,39	0,15	0,68				0,64	0,44	0,45	0,69	0,3	0,37
4. Odběrné místo	0,88	0,86	6,56	2,13	1,1	1,58	0,84	3,15	0,91	5,65	0,73	0,77
5. Odběrné místo	0,78	0,81	0,82	1,01	1,07	0,9	0,77	0,85	0,69	0,74	0,03	0,7
6. Odběrné místo	0,56	0,55	1,21				1,02	0,56	0,42	0,5	0,3	0,3

Dusičnanový dusík (mg/l)												
Datum odběru	26.4.15	24.5.15	21.6.15	26.7.15	23.8.15	28.9.15	25.10.15	29.11.15	20.12.15	24.1.16	21.2.16	14.3.16
1. Odběrné místo	9,8	10,2	12,2	29,8	15,8	26,1	21,6	13,4	8,9	6,9	23,6	27,6
2. Odběrné místo	12,2	11						12	5,8	7,8	17,6	13,2
3. Odběrné místo	9,7	5,4	0,8				1,2	1,7	0,6	0,9	2,2	2,2
4. Odběrné místo	25,1	18	15,9	26,2	25,9	29,8	28,5	11,9	14,1	7,5	26,2	20,1
5. Odběrné místo	13,2	8,4	3,4	7,2	4,1	7,5	12,8	12	8,4	2,5	10,6	11,8
6. Odběrné místo	6,5	6,5	2,8				3,7	4,8	3,1	3	6,2	7,8

Chemická spotřeba kyslíku (mg.l <sup>-1</sup> )												
Datum odběru	26.4.15	24.5.15	21.6.15	26.7.15	23.8.15	28.9.15	25.10.15	29.11.15	20.12.15	24.1.16	21.2.16	14.3.16
1. Odběrné místo					49,3				31,4			32,3
2. Odběrné místo									35,2			23,6
3. Odběrné místo									51,1			53,3
4. Odběrné místo					43,2				19,6			17,4
5. Odběrné místo					38,9				15,4			4,4
6. Odběrné místo									17,2			14,8