

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**

**Vliv silniční dopravy na chemický stav vodního toku**  
**Chvalka**

**Impact of road traffic on chemical status of the**  
**Chvalka creek**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

Diplomant: Bc. Miroslav Nagy

2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Miroslav Nagy

Ochrana přírody

Název práce

Vliv silniční dopravy na chemický stav vodního toku Chvalka

Název anglicky

Impact of road traffic on chemical status of the Chvalka creek

---

Cíle práce

Cílem DP je postihnout vliv pražského okruhu na chemický stav vodního toku Chvalka

Metodika

1) Literární rešerše

2) Terénní monitoring

a. odběr vzorků vody v bezdeštném a deštivém období

b. odběr sediment

3) Laboratorní analýza

a. stanovení základních ukazatelů kvality vody (pH, konduktivita, Cl<sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub>, TP, atd.)

b. stanovení obsahu vybraných toxických kovů (Ni, Zn, Cd, Cu, Cr, Pb) ve vodě

c. Stanovení obsahu vybraných toxických kovů v sedimentu

4) Vyhodnocení získaných terénních dat a vyhodnocení vlivu dopravy na chemický stav vodního toku

**Doporučený rozsah práce**

70 stran

**Klíčová slova**

chemický stav toku, doprava, voda, sediment, toxické kovy

---

**Doporučené zdroje informací**

- Fallah Shorshani M, Bonhomme C, Petrucci G, André M, Seigneur C (2014). Road traffic impact on urban water quality: a step towards integrated traffic, air and stormwater modelling. *Environ Sci Pollut Res Int.*;21(8):5297-310
- KREJČÍ, V. – GUJER, W. *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup*. Brno: NOEL 2000, 2002. ISBN 80-86020-39-8.
- Ruchter N, Sures B. (2015) Distribution of platinum and other traffic related metals in sediments and clams (*Corbicula sp.*). *Water Res.*;70:313-24.
- Sabin LD, Lim JH, Stolzenbach KD, Schiff KC. (2005). Contribution of trace metals from atmospheric deposition to stormwater runoff in a small impervious urban catchment. *Water Res.* 39(16):3929-37.
- Yuen JQ, Olin PH, Lim HS, Benner SG, Sutherland RA, Ziegler AD (2012). Accumulation of potentially toxic elements in road deposited sediments in residential and light industrial neighborhoods of Singapore. *J Environ Manage.*;101:151-63.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

prof. RNDr. Dana Komínková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2016

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2016

---

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením prof. RNDr. Dany Komínkové a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 18.4.2016

.....

podpis



**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí své diplomové práce paní prof. RNDr. Daně Komínkové, Ph.D. za neocenitelné rady a odbornou korekturu. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Tereze Březinové, Ph.D. za pomoc v laboratoři s praktickou částí diplomové práce. Nakonec patří mé díky i paní Ing. Martině Buchtíkové za poskytnutí mnoha důležitých informací.

V Praze dne 18.4.2016

.....

podpis

**Abstrakt:**

Cílem práce je zhodnotit chemický stav vodního toku Chvalka v Praze před/po dešťové události a vliv splachů z Pražského okruhu (Východní spojky) pomocí laboratorních rozborů vody a sedimentů. Z výsledků lze konstatovat, že potok Chvalka je silně znečištěn antropogenní činností již před zaústněním splachů z Východní spojky. Tyto splachy mají na fyzikálně-chemické ukazatele kvality vody (s výjimkou Cl<sup>-</sup>) v potoce minimální či žádný vliv. Naopak je tomu u sledovaných těžkých kovů (Cu, Pb, Cr a Zn), kdy nejvyšší koncentrace byly naměřeny právě na lokalitách ovlivněné splachy z Východní spojky. Odběr a laboratorní rozbor sedimentů, byl pro malé změny koncentrací v čase a časovou náročnost proveden pouze jednou. Z důvodů málo dat k porovnání lze pouze konstatovat, že splachy z Východní spojky mají vliv na zvýšené koncentrace Zn a možná Ni.

**Klíčová slova:**

Drobné vodní toky, splachy z dopravy, těžké kovy, sedimenty, fyzikálně-chemický ukazatelé.

**Abstract:**

The aim is to assess the chemical status of a water course Chvalka in Prague before/after rain events and the effect of discharge from the Pražský okruh (Východní spojka) using laboratory analysis of water and sediment. From the results we can say that the creek Chvalka is heavily polluted by human activities before mouthing of discharge from Eastern clutch. These runoffs (except Cl) have on the physico-chemical indicators of water quality of the creek little or no influence. In contrast to the heavy metals (Cu, Pb, Cr and Zn), the highest concentrations were measured just at the locations affected by runoffs from Východní spojka. Sampling and laboratory analysis of sediments were for small changes in concentration overtime and time demands made only once. Because of little data to comparison can pronounce that runoff from Východní spojka have an impact on increased concentrations of Zn and maybe even Ni.

**Keywords:**

Small streams, runoff from transport, heavy metals, sediments, physico-chemical indicators.

## Obsah

Seznam použitých zkratk.....	7
1 Úvod.....	11
2 Cíle práce .....	12
3 Literární rešerše.....	13
3.1 Voda .....	13
3.2 Vodní toky .....	13
3.2.1 Drobné vodní toky .....	13
3.2.2 Vodní toky v legislativě .....	14
3.2.3 Samočistící schopnost vodních toků .....	15
3.3 Člověk a jeho vliv na vodní toky v průběhu času .....	19
3.4 Znečištění vodních toků v urbanizovaném prostředí .....	21
3.4.1 Mokrý atmosférická depozice .....	24
3.4.2 Zemědělství.....	24
3.5 Znečištění vodních toků z dálnic.....	25
3.5.1 Faktory a znečišťující látky z dopravy.....	27
3.5.2 Vliv dálničního odtoku na vodní tok.....	28
3.5.3 „First flush“ fenomén (první splach) .....	31
3.6 Sedimenty .....	31
3.7 Vybrané ukazatele kvality vod a jejich hodnocení.....	33
3.7.1 Fyzikálně-chemické ukazatele kvality vod .....	33
3.7.2 ČSN 75 7221: Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod.....	41
3.7.3 Nařízení vlády 401/2015 Sb. (vypracováno podle nařízení vlády 401/2015 Sb. v platném znění) .....	44
3.8 Možnosti snížení znečišťujících látek v dálničním odtoku .....	45
3.8.1 Využití porézního asfaltu .....	45
3.8.2 Drenážní systém.....	45

4	Charakteristika studijního území.....	51
4.1	Dílčí povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka .....	51
4.1.1	Potok Chvalka (vytvořeno dle Sweco Hydroprojekt, 2007) .....	52
4.2	Geomorfologie a geologie .....	55
4.3	Klíma .....	56
4.4	Zastavěnost a doprava .....	58
5	Metodika .....	60
5.1	Odběr vzorků vody a rozbor ukazatelů jakosti vody.....	60
5.1.1	Odběry vzorků vody.....	60
5.1.2	Přehled hodnocených lokalit .....	61
5.1.3	Rozbor ukazatelů jakosti vody .....	68
5.2	Odběr vzorků sedimentu a jejich rozbor .....	76
5.2.1	Odběr vzorků sedimentu .....	76
5.2.2	Přehled hodnocených lokalit .....	77
5.2.3	Rozbor sedimentů.....	83
5.2.4	Hodnocení kvality sedimentu.....	85
6	Výsledky .....	87
6.1	Kvalita vody v potoce Chvalka .....	87
6.1.1	Celý tok .....	88
6.1.2	Charakteristická hodnota (C90) .....	89
6.1.3	Teplota, pH a vodivost .....	90
6.1.4	Rozpuštěný kyslík .....	93
6.1.5	Sloučeniny dusíku a celkový fosfor .....	94
6.1.6	Sírany a chloridy .....	98
6.1.7	Těžké kovy .....	100
6.2	Sedimenty .....	105
6.2.1	Vyhodnocení na základě distribučního koeficientu .....	105

6.2.2	Vyhodnocení na základě koeficientu rizika .....	106
7	Diskuze.....	108
7.1	Kvalita vody .....	108
7.2	Sedimenty .....	110
8	Závěr .....	112
9	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	114
9.1	Literatura a periodika .....	114
9.2	Legislativa a normy .....	122
9.3	Internetové zdroje.....	123
9.4	Programy .....	126
10	Přílohy.....	127

## **Seznam použitých zkratk**

AOX – halogenové organické látky

ČOV – čistírna odpadních vod

DDT – organochloridový insekticid

DUN – dešťová usazovací nádrž

HQ – koeficient rizika

Kd – distribuční koeficient

LC50 – smrtelná koncentrace látky pro polovinu vystavených organismů této dávce po dobu 1 hodiny

NEK-NPK - norma environmentální kvality vyjádřená jako nejvyšší přípustná hodnota je nepřekročitelná

NEK-RP – norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota

NOEC – koncentrace bez pozorovaných účinků

PAU – polycyklické aromatické uhlovodíky

PCB – polychlorované bifenyly

PEC – koncentrace s pravděpodobným účinkem

TEC – koncentrace prahového účinku

TSS – celkové nerozpuštěné látky

## 1 Úvod

Člověk vždy přetvářel krajinu k obrazu svému a tak jak chápal své potřeby. Dokud tak činil v menší míře a s omezenými prostředky, krajina byla schopná se s působením člověka vyrovnat sama. Zcela nových rozměrů dosáhla činnost člověka na krajinu s příchodem průmyslového věku, kdy se začaly projevovat vedlejší důsledky jeho konání. Obdobně jako se postupně měnily přirozené lesy na smrkové monokultury, změnil svůj charakter i vodní toky a krajina kolem nich (Arnika, 2010, online). Člověk vybudováním hrází a jezů způsobil na většině toků migrační neprostupnost, vyvolal změny v morfologických a hydrologických podmínkách koryt. Vystavěním měst, silnic a zřizováním polí okolo vodních toků zapříčinil zhoršení jakosti vody, napomohl ke snížení biodiverzity a k nárůstu počtu tolerantních nepůvodních druhů živočichů a v neposlední řadě prohloubil projevy hydrologických extrémů (Lelut et Matoušková, 2008). Ve městech se na vodní tok začalo pohlížet jako na nebezpečný živel, který je nutno zkrotit a co nejrychleji z měst odvést. Vodní toky se tedy začali nevhodně opevňovat, zatrubňovat a nadměrně zkapacitňovat, což vedlo spolu s výstavbou kanalizací a podzemních sítí k pozvolnému vysychání pramenišť drobných vodních toků (Karnecki, 2007). Velmi důležitým hlediskem je kvalita vody, která je v urbanizovaném území neustále zatížená městskými zdroji znečištění. Zdroj znečištění může být odtok z dešťových kanalizací a čistíren odpadních vody (ČOV), z dopravy a průmyslu, a přepady z odlehčovacích komor jednotné kanalizace. V příměstské krajině jsou velmi často vodní toky kontaminovány splachy ze zemědělsky obdělávaných ploch (Koubková, 2011).

Lidstvo dnes pocítuje stále větší potřebu chránit a obnovovat přirozený charakter vodních toků a říční krajiny (Arnika, 2010, online). Vodní toky jsou postupně revitalizovány, betonová koryta se nahrazují přírodními materiály a provádějí se podrobné výzkumy s cílem vytvoření co nejlepších metodik úprav vodních toků (Karnecki, 2007).



## **2 Cíle práce**

Hlavním cílem této diplomové práce je zjištění vlivů silniční dopravy v potoce Chvalka v Praze ze základních chemických analýz odebraných vzorků přímo ze zkoumaného toku. Součástí práce je i popis problematiky znečištění drobných vodních toků automobilovou dopravou u nás a ve světě. Dále si tato práce klade za cíl stanovit množství vybraných těžkých kovů v odebraných vzorcích vody a sedimentu. Na závěr budou výsledky mezi sebou porovnány dle dvou platných českých norem.

### **3 Literární rešerše**

#### **3.1 Voda**

Voda je jednou z nejjednodušších chemických sloučenin ve vesmíru obsahující jeden atom kyslíku a dva atomy vodíku. Tvoří zároveň jednu z nejméně předvídatelných a nejsložitěji se chovajících sloučenin (Němec et Hladný, 2006). Voda se na Zemi vyskytuje nad povrchem (v atmosféře), na povrchu, tak i pod povrchem a to ve všech třech skupenstvích (kapalné, pevné a plynné) (Myslil et al., 1999). Voda v krajině má obdobný význam jako krev v lidském těle. S pomocí vodních roztoků je zajištěn přenos látek a energie v prostředí. Je svébytným životním prostředím mnoha druhů organismů a prostřednictvím rozborů kvality vody lze zhodnotit ekologický stav krajiny (Němec et Hladný, 2006).

Voda byla, je a navždy bude základní podmínkou pro život na Zemi. S rozvojem civilizace se postupem času znehodnotila povrchová voda a člověk byl přinucen přejít k získávání vody z pramenů a zdravotně nezávadné podpovrchové vody. Odhaduje se, že celková roční potřeba vody lidstva (pitná voda, voda průmyslová a voda pro závlahy v zemědělství) je asi 3500 až 3700 km<sup>3</sup> (v průměru okolo 2000 l na člověka za den) (Myslil et al., 1999). Z této odhadované průměrné potřeby vody je přibližně 85% spotřebováno v zemědělské výrobě, která ji znečistí (Shinklomanov et Rodda, 2003) a předpokládá se, že se tato spotřeba nejpozději do roku 2050 zdvojnásobí (Tilman et al., 2002) z důvodu nutnosti uživit 10 miliard lidí na Zemi (Stambouli et al., 2014). S růstem zemědělské výroby bude docházet např. k vysoušení krajiny, k narušení funkcí ekosystému a biologické degradaci (Pfister et al., 2011).

#### **3.2 Vodní toky**

Na území České republiky jsou vodní toky rozděleny na významné vodní toky o délce 16 269,0 km a na 114 720 drobných vodních toků o délce 89 119,1 km (MZe, 2009 – 2013a, online).

##### **3.2.1 Drobné vodní toky**

Velká část naší říční sítě je tvořena drobnými vodními toky, které jsou většinou technicky upravené a jejich značná část je v zemědělské krajině (Králová, 2007). Jsou častokrát opomíjeny, přestože tvoří velmi podstatnou část ekosystému.

Drobné vodní toky jsou životním prostředím vhodným pro řadu rostlin i živočichů jak vodních tak i suchozemských. V urbanizované oblasti a ve volné krajině plní též estetickou funkci pro člověka (Nábělková, 2012).

Přestože definice drobného vodního toku prakticky neexistuje, považuje se za něj takový tok, jehož plocha povodí nepřekračuje 150 km<sup>2</sup>, průtok  $Q_{90d}$  je menší než 0,6 m<sup>3</sup>/s a  $Q_{330d}$  je menší než 0,2 m<sup>3</sup>/s (Gordon et al., 1996; Kovář et Křovák, 2002; TNV 752102, 2010).

Téměř polovinu drobných vodních toků (43 506,0 km) spravují státní podniky Povodí Vltavy s. p., Ohře s.p., Labe s. p., Odry s. p. a Moravy s. p.. O 39 148,5 km drobných toků pečuje státní podnik Lesy České republiky (MZe, 2009 – 2013a, online). O zbývajících 6 034,6 km drobných vodních toků se starají tzv. ostatní správci, jako jsou např. Ministerstvo obrany, Správy Národních parků, obce a ostatní fyzické či právnické osoby (MZe, 2013, online).

### 3.2.2 Vodní toky v legislativě

Evropský parlament a Rada ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států vydaly k 23. říjnu roku 2000 směrnici 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky „(dále jen směrnice 2000/60/ES)“. Hlavním zákonem v České republice v oblasti vod je zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění „(dále jen vodní zákon)“ zabývající se ochranou vod, práv k nim a jejich využíváním. Dalšími zákony jsou zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, v platném znění „(dále jen zákon o ochraně přírody a krajiny)“ a zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění „(dále jen stavební zákon)“.

**Vodní zákon:** (vypracováno podle zákona č. 254/2001 Sb.: o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění).

Vodní tok je definován v tomto zákoně jako „Povrchová voda tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých. Jejich součástí jsou i vody ve slepých ramenech a v úsecích přechodně tekoucích přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo zakrytými úseky.“.

V § 44 je napsáno, jestliže vodní tok protéká přes pozemek, který je evidován jako vodní plocha v katastru nemovitostí, je korytem tento pozemek. Naopak, jestliže vodní tok protéká přes pozemek, který není uveden jako vodní plocha v katastru nemovitostí, je korytem tohoto vodního toku část pozemku zahrnující břehy i dno koryta až po břehovou čáru určenou hladinou vody, která převážně stačí protékat tímto korytem, aniž by docházelo k vylévání vody do přilehlého území. Přirozeným korytem vodního toku je „koryto nebo jeho část, které vzniklo přirozeným působením tekoucích povrchových vod a dalších přírodních faktorů nebo provedením opatření k nápravě zásahů způsobených lidskou činností a která může měnit svůj směr, podélný sklon a příčný profil“.

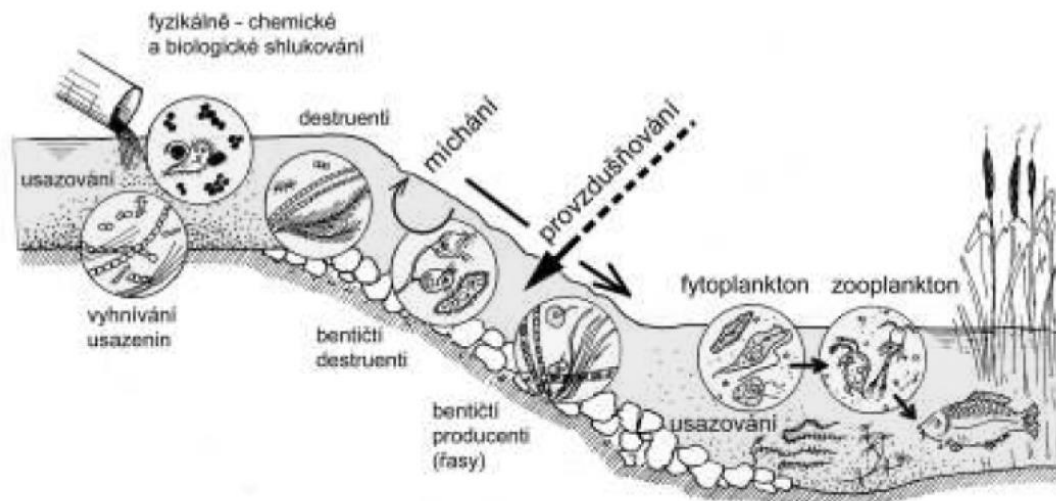
**Zákon o ochraně přírody a krajiny:** (vypracováno podle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, v platném znění).

Zákon 114/1992 Sb. vidí vodní tok jako významný krajinný prvek, který představuje geomorfologicky, ekologicky nebo esteticky hodnotnou část krajiny utvářející její typický vzhled a napomáhá k udržení její stability. Vodní tok je tedy z hlediska ochrany přírody a krajiny vnímán v širším smyslu a není považován jen jako striktní zákonné vymezení.

Ochrana přírody a krajiny se podle tohoto zákona zajišťuje především „ovlivňováním vodního hospodaření v krajině s cílem udržovat přirozené podmínky pro život vodních a mokřadních ekosystémů při zachování přirozeného charakteru a přírodě blízkého vzhledu vodních toků, vodních ploch a mokřadů“.

### **3.2.3 Samočistící schopnost vodních toků**

Samočistící schopnost vody označuje proces, při kterém dojde přirozenou cestou ke zlepšení kvality vody, tedy bez přispění člověka. Jedná se o soubor chemických, fyzikálních, biologických a biochemických procesů (viz. obr. č. 1), jimiž se voda zbavuje nečistot (Tlapák et al., 1992). Podíl, který mají tyto pochody na celkovém efektu čištění, je tok od toku jiný, nicméně nikdy neprobíhají navzájem oddělené a jsou velmi úzce propojené. Celá řada faktorů ovlivňuje jejich rychlost jako např. pH, teplota, obsah kyslíku, redoxní potenciál atd. (Hlavínek et Říha, 2004). V průběhu samočistícího procesu dochází především k mineralizaci a odbourávání organických látek antropogenního nebo přirozeného původu, obsažených ve vodě (Tlapák et al., 1992).



Obr. č. 1: Dílčí procesy samočištění na vodním toku (Zdroj: Just et al., 2005).

Samočistící proces probíhá ve všech typech vod, přičemž nejúčinnější bývá ve vodách tekoucích spíše než ve vodách stojatých. Nejrychleji a nejintenzivněji probíhá samočištění v mělkých přejícných tocích, kde častý styk molekul znečištění s mikrobiálními nárosty na dně toku a dobré prokysličené vody napomáhají mineralizaci látek. Na druhou stranu v pomalu tekoucích vodách a ještě více ve vodách stojatých, jsou v důsledku zvýšené sedimentace ukládány ve zvýšené míře různé znečišťující látky do sedimentů dna, kde poté probíhá jejich značně pomalejší anaerobní rozklad. V důsledku vyšší degradační a metabolické aktivity mikroorganismů má samočistící proces zpravidla lepší průběh v letních měsících (VSB, 2006c, online).

Rozsah samočistící schopnosti toku je odrazem přírodních faktorů, míry ovlivnění krajiny člověkem a ukazatelem celkového ekologického stavu. Velká část toků v ČR má výrazně dlouhodobě potlačenou samočistící schopnost v důsledku intenzivního využívání krajiny pro osídlení, dopravu, průmysl, zemědělství atd. Přírozená samočistící schopnost toku může být značně posílená vhodnými revitalizačními zásahy (Langhammer, 2002).

### 3.2.3.1 Fyzikální procesy samočištění

Z fyzikálních pochodů, které ovlivňují samočistící schopnost vody, mají největší význam především:

- Sedimentace, akumulace a retence nerozpuštěných částic

- Disturbance (rozrušování) větších předmětů následkem proudu a saltací či sunutím po dně
- Sorpce znečišťujících látek na povrch dna
- Vzplývání lehkých částic (olejů, tuků a polystyrénu), jejich vyplavování na břehy a shlukování, zachycování v kořenech stromu, v porostech vodních makrofyt atd.
- Rozptyl, naředování a promíchávání znečišťujících látek
- Působení slunečního záření (podpora fotosyntézy a fotodegradace)
- Difúze plyných látek z vodního prostředí do ovzduší (VSB, 2006a, online)

### **3.2.3.2 Chemické procesy samočištění**

Největší význam z chemických procesů samočištění má oxidace a hydrolyza, pomocí kterých dochází k odbourávání organických částic znečištění (Langhammer, 2002). Dále to mohou být např. hydratace a iontová výměna (VSB, 2006a, online). Chemické faktory v přírodě nevystupují samostatně, ale jsou úzce propojeny navzájem s fyzikálními či biologickými procesy. V horních vrstvách tekoucích i stojatých povrchových vod se uplatňuje i fotochemický rozklad organických látek (Kučerová et al., 2010, online).

### **3.2.3.3 Biologické procesy samočištění**

Nejdůležitějšími procesy samočištění jsou pochody biologické, respektive biochemické, které ovlivňují jak látky rozpuštěné, tak látky nerozpuštěné (VSB, 2006a, online). Při biologickém rozkladu se uplatňují anaerobní (v bez kyslíkatém prostředí) i aerobní (za účasti kyslíku) procesy. Těmito procesy dochází hlavně k rozkladu látek organických, které se stávají zdrojem sloučenin a energie pro výstavbu buněčné hmoty různorodých mikroorganismů, a to především mikromycet (tzv. vodních hyfomycet) a bakterií (Langhammer, 2002). Tyto jsou dále potravou vyšších organismů. Současně probíhají i opačné procesy, kdy organismy umírají a dochází k procesům rozkladným, kterých se opět účastní nižší organismy (Synáčková, 1996).

Anaerobní proces čištění sice dosahuje obdobných účinností v odstraňování organického znečištění jako aerobní proces, ale je doprovázen vznikem pachových

závad a odtékající anaerobní voda nepříznivě ovlivňuje oživení recipientu i kyslíkový režim (Langhammer, 2002). Dle Tlapáka et al. (1992) probíhají anaerobní procesy zpravidla na dně vodního toku a jsou to zejména:

- Převod močoviny na amonné sloučeniny
- Redukce síranů na sirovodík, amoniak nebo až volný dusík a dusičnany na dusitany
- Rozklad bílkovin na jednoduché štěpné produkty, přičemž konečným výsledkem jsou produkty mineralizace  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  a  $NH_3$
- Štěpení sacharidů a celulózy
- Štěpení mastných kyselin při současné tvorbě metanu

Aerobní procesy spotřebovávají kyslík ze zásob ve vodě rozpuštěného kyslíku, který se do toků dostává nejčastěji přestupem z atmosféry. Probíhají-li rozkladné aerobní procesy s přespříliš velkou intenzitou, dochází k rychlému poklesu koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě, což vede k zastavení rozkladných aerobních procesů a s nimi i samočištění v toku. Rozkladných aerobních procesů se účastní všechny typy organismů od bakterií přes vodní rostliny až po ryby. Mikroorganismy mají v samočisticím procesu hlavně roli destruentů, kteří rozrušují organickou hmotu (např. viry, bakterie a houby) (Langhammer, 2002). Vodní rostliny jsou velmi významné při samočištění a to zejména jako dodavatelé kyslíku fotosyntézou. Vyšší vodní rostliny současně působí i jako mechanické filtry, které zachycují suspendované látky v toku a odebírají mineralizované látky, které následně akumulují ve svém těle (Tlapák et al., 1992). Bezobratlí a vyšší živočichové se při procesu samočištění uplatňují jednak jako vyšší článek potravního řetězce a přímo se podílejí na samočištění pomocí filtrování vody (Langhammer, 2002).

Podle chování organických látek ve vodě a schopnosti mikroorganismů tyto látky využívat jako zdroj energie a transformovat je na jednodušší látky, dělíme organické látky na obtížně a lehce rozložitelné nebo nerozložitelné, biochemicky rezistentní či stabilní. K odhadu rozložitelnosti organických látek se používá jejich chemická struktura (viz tabulka č. 1). Zastoupení nerozložitelných a rozložitelných látek lze vyjádřit poměrem  $BSK_5 : CHSK_{Cr}$ , který je u obtížně rozložitelných látek 0,25 až 0,4 a u dobře rozložitelných přibližně 0,4 až 0,7 (VSB, 2006a, online).

Základní princip odbourávání biologicky rozložitelných látek lze vyjádřit pomocí Streeter Phelpsovi rovnice, která udává, že „Rychlost biochemické spotřeby kyslíku je úměrná zbývající koncentraci dosud biochemicky neoxidovaných látek“ (Pitter, 2009). Zatímco organické látky rozložitelné se ve vodním prostředí postupně mění na jednodušší sloučeniny, při úplném rozkladu až na anorganické sloučeniny (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> atd.) a negativně mohou účinkovat pouze při vyšších koncentracích na kyslíkové bilance, rezistentní sloučeniny se nemění. Mohou se ukládat v sedimentech a prostřednictvím potravního řetězce i ve vodních organismech. Tyto látky mohou mít karcinogenní, toxické, teratogenní nebo mutagenní účinky (VSB, 2006a, online).

<b>Biologicky dobře rozložitelné</b>	<b>Biologicky obtížně rozložitelné</b>
Nízkomolekulární látky	Vysokomolekulární látky
Alifatické sloučeniny	Aromatické sloučeniny
Nenasycené sloučeniny	Nasycené sloučeniny
Sloučeniny bez terciárního uhlíku	Sloučeniny s terciárního uhlíku
Méně substituované látky	Více substituované látky
Nízké koncentrace	Vysoké koncentrace

Tabulka č. 1: Biologická rozložitelnost organických látek (Zdroj: Hyánek et al., 1991).

V odbourávání anorganického a organického znečištění nemohou procesy samočištění překročit přírodní mez a jejich výsledky nemohou být tedy lepší, než by odpovídalo přirozené úrovni nasycení živinami v určitém místě vodního toku (Just et al., 2005).

### **3.3 Člověk a jeho vliv na vodní toky v průběhu času**

Prvních historicky doložených zásahů člověka do vodních toků pocházejí již z dob středověku (Just et al., 2003). Hojně se využívala vodní síla na pilách, mlýnech a hamrech (Němec et Hladný, 2006), což mělo za následek vznik jezů, které se tak staly prvními umělými překážkami pro migraci vodních živočichů (Vlčková, 2013, online). Voda byla také zapotřebí k napájení rybníčních soustav a k báňským účelům. Využívala se i k obraně měst v podobě vodních příkopů (Němec et Hladný, 2006). Docházelo také k rozvoji plavení dřeva a říční plavby, které měly za následek odstranění kamenů a tím i členitosti koryt (Vlčková, 2013, online).



Doba největších technických zásahů a znečištění začala na konci 19. století, kdy se místo zvířecích a lidských sil začalo využívat strojů. Zvýšené nároky na ochranu zemědělských ploch a staveb před zaplavováním a zamokřením, vedly k rozvoji protipovodňových úprav vodních toků (Just et al., 2003). Tuto ochranu zabezpečilo co největší zkapacitnění koryt, které mělo za důsledek rychlejší odvádění vody z okolí měst a obcí (Vlčková, 2013, online). Počátkem 20. století se postupně z vodních toků stávaly stoky, sloužící jako zdroje vody pro průmysl a odpadní kanály pro stále se zvětšující množství odpadů. Kromě „klasického“ znečištění se do vodních toků s příchodem nových technologií, začaly dostávat nová znečištění v podobě toxických látek (PCB, AOX, DDT a těžké kovy, které se usazují v sedimentech a představují hrozbu i několik desetiletí) (Langhammer, 2004, online).

V druhé polovině 20. století se započaly v České republice stavět velkoplošné odvodňovací systémy, které byly budovány v důsledku intenzifikace zemědělské velkovýroby a potřeby nové orné půdy (Dostál et Koudelka, 2003). Just (2010) uvádí, že šlo většinou o zužování příčných meandrových pásů (k získání oddělených ploch), zkapacitňování a zahlubování koryt (snížení četnosti záplav a plošné odvodnění zemědělských pozemků). V intravilánu byly hlavní cíle podobné. Převážně šlo o ochranu zastavěného území před povodněmi, získávání dalších ploch (k zástavbě), tvorba umělých koryt a kanálů pro odvod splašků a deště. Následkem těchto úprav došlo k postupnému vytrácení říček a potoků z krajiny a jejich nahrazení upravenými vodními toky, kanály a svodnicemi (Just et al., 2003). Na konci období socialismu v ČR bylo přes 70% celkové délky vodních toků znečištěno v takové míře, že odpovídaly dvěma nejhorším třídám jakosti (dle normy ČSN 75 7221). Jednalo se tedy o vodu v tocích s omezeným nebo žádným možným využitím (Langhammer, 2004, online).

Vlčková (2013, online) uvádí, že vodohospodářské úpravy vodních koryt v minulosti ovlivnily charakter toků a negativně přispěly ke:

- Změnám splaveninového a průtokového režimu
- Snížení zásob podzemních vod v nivách
- Zrychlení odtoku velkých vod
- Změnám splaveninového a průtokového režimu
- Zmenšení biodiverzity
- Zhoršení kvality vody

- Zmenšení estetického vnímání vodních toků

V severní Americe i západní Evropě se koncem 60. let postupně začaly dostávat otázky životního prostředí do popředí zájmu veřejnosti, čímž se započalo se sanací nejvíce znečištěných toků. ČR si však na obrat ve vývoji muselo počkat až do roku 1989 se změnou politických poměrů. Avšak během jednoho desetiletí došlo k mohutným investicím do ČOV největších měst a průmyslových zdrojů, které významně napomohly snížit do té doby kriticky znečištěné vodní toky (Langhammer, 2004, online).

### **3.4 Znečištění vodních toků v urbanizovaném prostředí**

Snížená propustnost v povodí urbanizovaného prostředí, vede společně s nedostatkem vegetace ve městech k poklesu evapotranspirace, infiltrace, intercepce a tím k nárůstu povrchového odtoku (Stádníková, 2014). V přirozeném prostředí s lesy a loukami, se většina vody infiltruje do podzemních vod nebo je evapotranspirována a povrchovým odtokem je odváděno pouze 10% dešťových srážek. Arnold a Gibbons (1996) uvádějí, že s rostoucí nepropustností se infiltruje méně a méně srážek čímž se zvyšuje podíl odtoku. Tvoří-li nepropustný povrch 10 až 20% povrchu, odtok se zdvojnásobí. U povrchu s 35 až 50% nepropustností se odtok ztrojnásobí a v nadměrně urbanizovaném prostředí s nepropustností 75 až 100% se zpětinásobí. Nejvýznamnějšími zdroji znečišťujících látek z povrchového odtoku srážkových vod ve městech jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), nerozpuštěné látky, benzín, nafta, oleje a těžké kovy. V zimních měsících lze v tocích zaznamenat zvýšené množství chloridů v důsledku solení silnic (Egodawatta et Goonetilleke, 2008; Aryal et al., 2010).

Provoz aut nebo kamiónů přispívá ke zhoršení situace řadou různých druhů znečišťujících látek, které vstupují do povrchového odtoku. Znečišťující látky pocházejí z automobilových kapalin, součástí se zhoršenou kvalitou a výfukových plynů či havárií. Tyto látky se postupem času ukládají na povrchu vozovek a parkovišť, odkud se pomocí srážek odplavují do vodních toků. V San Franciscu provedli výzkum a zjistili, že až 75% mědi pochází z automobilové dopravy (50% z opotřebování brzdových destiček a 25% z atmosférické depozice). Opotřebené pneumatiky jsou podstatným zdrojem kadmia a zinku. Chladicí kapaliny a nemrzoucí směsi obsahují propylenglykol, který je toxický (NRDC, 2015, online).

Oleje a maziva vztahující se k použití a údržbě vozidel jsou dalšími kontaminanty vod. Ve většině případů se do vod dostávají rozlitím na zem, úniky z automobilů a jejich následným splachem srážkovou vodou. Celkově se odhaduje, že z 1 km<sup>2</sup> silnic a parkovišť ročně unikne 40 000 litrů oleje, což v Americe činí asi 681 miliónů litrů použitého oleje za rok (National Academy of Science, 1985; Peirce J., 2015, online).

Domácí a veřejná údržba (sekání trávy) jsou dalšími možnými zdroji škodlivin v městském odtoku. Používání chemických látek včetně hnojiv na zahradách, golfových hřištích, hřbitovech a veřejných prostranstvích může do toků vnést sloučeniny dusíku a fosforu (Barth, 1995). Schueler (1995) ve svém výzkumu poukázal na přímou souvislost mezi chemikáliemi nacházejícími v prostředcích sloužících k péči o trávníky a městskou kvalitou vod. Dále výzkumný tým z Floridy odhaduje, že hnojiva používaná na zahradách představují až 1/3 přebytku dusíku vstupujícího do povodí. Toto zjištění se zejména týká aplikovaných hnojiv a pesticidů těsně před intenzivními srážkovými událostmi (University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, 1995). Podobně lze nalézt škodlivé pesticidy v přívalových vodách (např. chloropyrifos, 2,4-D, diazinon) z golfových hřišť, dálničních a silničních zatravněných okrajů či městských parků (Schueler, 1995). Hall et al. (1987) popisují špatnou aplikaci herbicidu 2,4-D jen několik hodin před bouří, kdy došlo k 90% ztrátě aplikovaného herbicidu do vodního toku.

Pesticid	Vliv na lidské zdraví a/nebo ostatní organismy
2,4-D	Nádory u lidí; testikulární toxikant u zvířat
Chloropyrifos	Mírně toxický pro člověka; neurotoxikant; může být vysoce toxický pro ptáky vodní org. a volně žijící živočichy
Diazinon	Mírně toxický pro člověka; neurotoxikant; může být vysoce toxický pro ptáky vodní org. a volně žijící živočichy
Dikamba	Nádory u lidí; neurotoxikant; reprodukční toxikant u zvířat
MCPA	Mírně toxický pro ptáky, ryby a volně žijící živočichy
MCPP	Mírně až středně toxický; škodlivé účinky na reprodukci u psů

Tabulka č. 2: Často nalézané pesticidy v přívalových vodách (Zdroj: NRDC, 2015, online).

Stavební činnost je největším přímým zdrojem sedimentujícího znečištění vytvořeného člověkem (Vice et al., 1969). Řada studií ukázala, že špatně spravované staveniště mohou uvolňovat 7 až 500 tun sedimentu na 1 hektar za rok (U.S. Environmental Protection Agency, 1993, online). Stavební činnost může také vést k zhutnění půdy a zvýšení odtoku. Déšť nebo rozbředlý sníh mohou narušit špatně zakryté hromady sypkého materiálu (písek, volná ornice, posypové soli atd.), které mohou přispívat sedimenty, solemi nebo jinými znečišťujícími látkami do okolních vodních toků (NRDC, 2015, online).

Nezákonné připojení odpadních vod z toalet do dešťové kanalizace může způsobit nárůst patogenů ve vodních tocích (U.S. Environmental Protection Agency, 1993). Koliformní bakterie, které pocházejí z lidských výkalů, se běžně používají jako indikátor přítomnosti patogenu ve vodě. Toto nelegální odvedení odpadních vod je také často zdrojem sloučenin dusíku a fosforu, které se ve zvýšených koncentracích vstupují do vodních toků (U.S. Environmental Protection Agency, 1993; Haile et al., 1996). Dále nezákonné připojení odpadních vod z průmyslu do dešťových kanalizací zvyšuje úroveň kovů, rozpouštědel nebo jiných nečistot v toku (NRDC, 2015, online).

Udržováním silnic, parkovišť a chodníků v zimním období pomocí solí vede začátkem jarního období (jarní srážky, tání sněhu a ledu) k zvyšování znečišťujících látek ve vodních tocích. I když je nutné udržovat silnice v kvalitě bezpečné pro automobilovou dopravu, mohou být přijata různá opatření ke snížení nebo prevenci dopadů na kvalitu vod. Hlavními solemi používanými k posypům jsou chlorid sodný a chlorid vápenatý. Dále se využívá i octan hořečnatý-vápenatý a další komerční produkty (Public Sector Consultants, 1993, online). Některé menší obce sypou silnice pískem, což může vést k většímu zatížení vodních toků sedimenty. Nejdrastičtější je ošetření letištních drah, které se většinou provádí nemrznoucí glykolovou směsí. Tato směs může být toxická jak pro člověka, tak i pro ryby a volně žijící živočichy (NRDC, 2015, online).

Mezi další zdroje znečišťujících látek patří vypouštění odpadních vod. Odpadní vody lze rozdělit na odpadní vody splaškové a průmyslové. Splaškové odpadní vody vznikají každodenní lidskou činností v domácnostech, školách, úřadech atd. převážně používáním různých přípravků, ze zbytků jídel a exkrementů (Almeida, 1999; SVAS, 2015, online). Průmyslové odpadní vody obsahují velké množství znečišťujících látek, záleží na tom, z jakého průmyslového odvětví pocházejí (organické látky, těžké kovy, sloučeniny dusíku, síry a fosforu). Jak splaškové tak průmyslové vody se před vypouštěním do vodních toků musí podrobit zpracování v čistírnách odpadních vod (SVAS, 2015, online). Nicméně vyčištěné odpadní vody mohou stále obsahovat vyšší množství organických látek, sloučenin fosforu a dusíku či dokonce těžké kovy (Cotman, 2001).

Odpady od domácích i divokých zvířat, černé skládky, odpadky pohozené po ulicích (kelímky, nedopalky od cigaret, obaly atd.), pozinkované střechy, prach

shromážděný na zpevněných cestách a bezpočet dalších aspektů každodenního života v městských oblastech přispívá k znečištění vodní toků (NRDC, 2015, online).

### 3.4.1 Mokrý atmosférická depozice

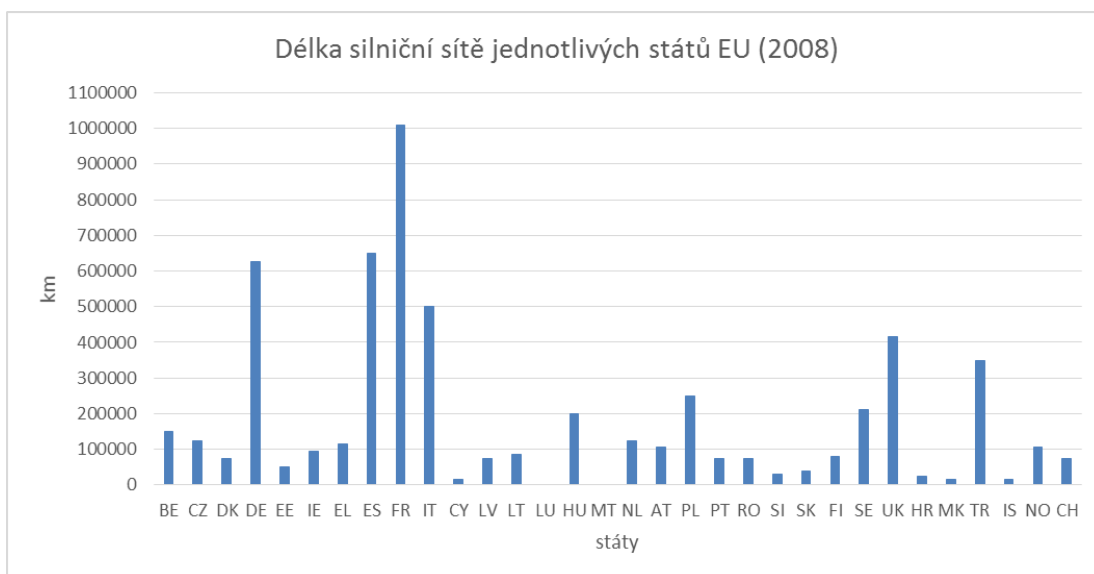
Ve srážkových vodách se vyskytuje velké množství látek, které se do vodních toků dostává nejen z povrchového odtoku, ale také pomocí ovzduší z tzv. mokré atmosférické depozice. Nejzávažnějšími znečišťujícími látkami z mokré atmosférické depozice na území Prahy jsou především sloučeniny síry ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) a dusíku ( $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NH}_4^+$ ) (Šolc, 1998). Zdrojem sloučenin dusíku v atmosféře je především doprava a průmysl. Sloučeniny síry se do atmosféry dostávají hlavně spalováním fosilních paliv. Vysoká koncentrace  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{SO}_4^{2-}$  mohou zapříčinit acidifikaci vod (Menz et Seip, 2004). Acidifikace způsobuje uvolňování některých těžkých kovů ze sedimentů (hliníku, kadmia, rtuti a manganu) a má negativní vliv na většinu vodních organismů (VSB, 2006b, online).

### 3.4.2 Zemědělství

V důsledku neustálé intenzifikace zemědělství a rostoucímu množství využívaných hnojiv dochází ke znečišťování vodních toků a ploch, hlavně sloučeninami fosforu a dusíku, které se do vod dostávají s odtokem srážkové vody (Carpenter et al., 1998). Používáním různých fungicidů a pesticidů se do vodních toků mohou dostávat různé toxické látky a to převážně těžké kovy, které jsou součástí těchto přípravků (Hřebíková, 2007). Při vysoké koncentraci fosforu a dusíku dochází k eutrofizaci vod, která má za následek rychlý a nadměrný rozvoj primárních producentů (hlavně fytoplanktonních organismů jako jsou sinice a řasy). Zvýšenou biomasou fytoplanktonu dochází k narušení kyslíkového režimu a významnému vlivu na toxicitu vody. Sinice a řasy sice přes den asimilují a produkují kyslík, ale v noci převládá respirace, která vede k nedostatku kyslíku v ranních hodinách pro jiné organismy (Kočí, 2015, online). V důsledku vyčerpání kyslíku ve spodních vrstvách, často dochází k uvolňování dalšího fosforu ze sedimentů do vod, což vede k větší eutrofizaci (Lellák et Kubíček, 1991). Následkem výše zmíněných důvodů může mít eutrofizace nežádoucí změny v druhovém složení ekosystémů a může způsobit úmrtí ryb či dalších vodních organismů (Kočí, 2015, online).

### 3.5 Znečištění vodních toků z dálnic

Strategie EU zaměřená na zlepšení a výstavbu infrastruktury mezi lety 1970 až 1996 vedla k zvýšení délky dálnic o 195% a počet osobních automobilů se ztrojnásobil (European Commission, 2001, online). Celková délka všech dálnic, silnic atp. (dále jen silniční síť) jednotlivých zemí EU k roku 2008 v kilometrech je uvedena v obr. č. 2. Největší délku silniční sítě mají Francie, Španělsko a Německo. Naopak nejméně je v Lucembursku a Maltě. Lepší srovnání je v obr. č. 3, který ukazuje hustotu silniční sítě taktéž za rok 2008 (European Union Road Federation, 2011).

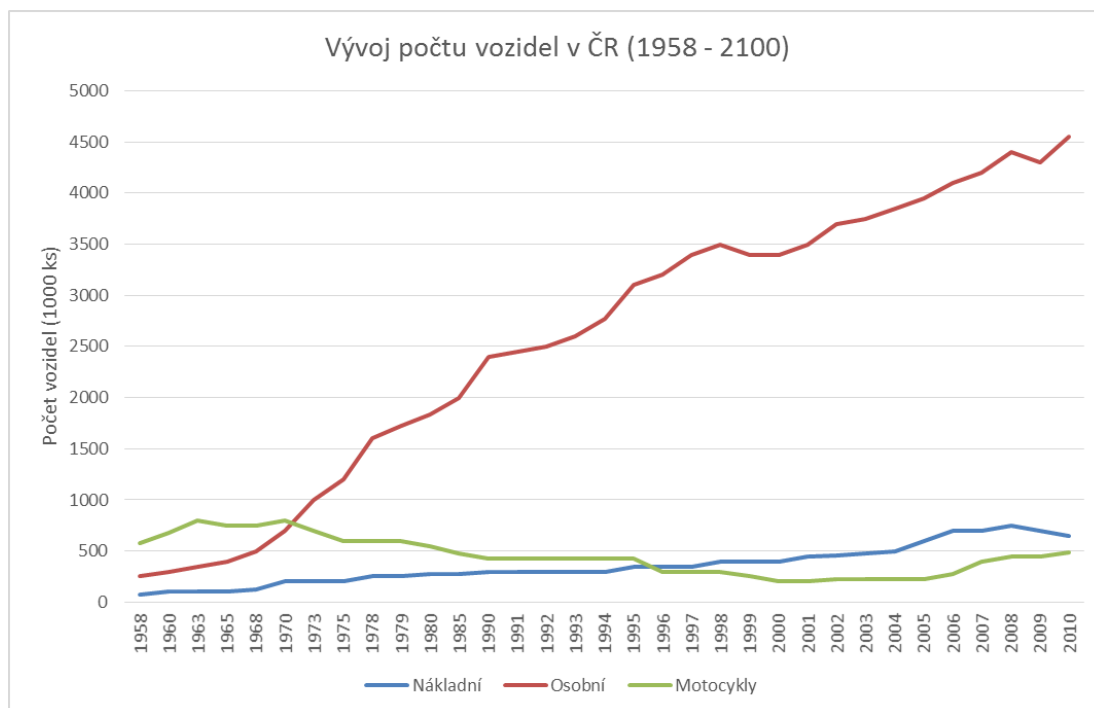


Obr. č. 2: Celková délka silniční sítě EU v km za rok 2008 (Zdroj: European Union Road Federation, 2011).



Obr. č. 3: Hustota celkové silniční sítě EU za rok 2008 (km silnice/km<sup>2</sup> plochy) (Zdroj: European Union Road Federation, 2011).

Silniční síť v České republice dosahuje přibližně 56 000 km (konkrétně dálnice 750 km). Rozdíl českých a evropských statistik tkví v tom, že do evropských statistik se započítávají i tzv. „Other roads“ což jsou silnice s nezpevněným povrchem (v ČR asi 75 000 km). ČR se s hustotou 0,7 km silnic na 1 km<sup>2</sup> plochy řadí mezi přední státy EU (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2013). Celkový počet vozidel na území ČR stoupl od roku 2000 (4,1 mil. vozidel) do roku 2010 (5,6 mil. vozidel) o přibližně 1,5 milionu vozidel (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2011).



Obr. č. 4: Vývoj počtu vozidel od roku 1958 do roku 2010 v ČR (Zdroj: Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2011).

### 3.5.1 Faktory a znečišťující látky z dopravy

Většina studií dopadů dálnic a silnic na životní prostředí se zabývá znečištěním ovzduší nebo hlukem (Delucchi, 2000). V dnešní době neexistuje žádný dobrý odhad dopadu motorových vozidel na vodní prostředí, což je zarážející, neboť tyto dopady jsou značné. Znečišťující látky z automobilové dopravy je obtížné spolehlivě kvantifikovat, protože motorová vozidla jsou jen jedním z několika zdrojů znečištění vod (Nixon et Saphores, 2007).

Znečišťující látky z automobilové dopravy se ukládají na povrchu vozovky, ostrovech mezi jednotlivými směry (tzv. střednice), v oblastech poblíž dálnic apod. Během srážkových událostí se nečistoty splachují do dešťových odtoků, které většinou končí v sousedních vodních útvarech (potoky, řeky, jezera, mokřady atd.) (Yannopoulos et al., 2013).

Na kvalitu dešťového odtoku z dálnic může mít vliv řada faktorů:

- Objem dopravy (zejména u silnic s intenzitou větší než 30 000 vozidel / den)
- Charakteristiky srážek (počet suchých dnů předcházející srážkové události, intenzita deště a objem odtoku)



- Typ povrchu (běžně používaný asfalt nebo porézní asfalt)
- Povaha samotných znečišťujících látek
- Sezónní změny
- Stav dálnice a dálničních odtoků (U. S. Environmental Protection Agency, 1996, online; Aldheimer et Bennersdt, 2003; Yannopoulos et al., 2004)

Znečišťující látky, které se obvykle vyskytují v dálničním odtoku, jsou:

**1. rozpuštěné a nerozpuštěné látky**, které jsou jemnými částicemi prachu, přicházejícími z okolního využívání půd a prachu produkovaného udržovacími pracemi (používané rozmrazovací prostředky atd.) (Yannopoulos et al., 2013).

**2. těžké kovy**, jako je olovo, zinek, železo, měď, kadmium, chrom, nikl, mangan, baryum, cesium a antimon (viz tabulka č. 3). Nejvíce se v dálničním odtoku nachází olovo a zinek (Hares et Ward, 1999; Gnecco et al., 2005). Podle Bingham et al. (2002) olovo, zinek a měď jsou největšími škodlivinami v dálničním odtoku s maximální koncentrací během prvních 30 minut srážek. Největším zdrojem olova je palivo, ale pouze 5% je odstraněno do dálničního odtoku (největší podíl je pravděpodobně rozptýlen do ovzduší a okolní půdy). Dále Hewitt et Rashed (1992) ve své studii napsali, že hlavním zdrojem zinku jsou pneumatiky, brzdy a korodovaná pozinkovaná svodidla. Olovo a zinek se také mohou objevovat ve zvýšené koncentraci v zimním období z používaných posypových solí.

**3. chloridy**, které se nejvíce objevují v zimním období a to především díky aplikaci posypových solí. V dálničním odtoku se dále mohou nacházet sodík a vápník taktéž z posypových solí (U.S. Environmental Protection Agency, 1996).

**4. sloučeniny dusíku a fosforu** se mohou dostat do vodních toků z ošetřených střednic a okolí dálnic pesticidy (Polkowska et al., 2007).

**5. polycyklické aromatické uhlovodíky** pocházejí z otěru pneumatik a uvolňování ze silnic, které obsahují PAU jako např. fluoranthen nebo pyren (Moy et al., 2003).

### 3.5.2 Vliv dálničního odtoku na vodní tok

Povrchové vody (potoky, řeky, mokřady a jezera) jsou zvláště citlivé na znečištění, protože jsou přímo vystaveny znečišťujícím látkám z dálničního odtoku a

ovzduší (Young et al., 1996). Obecně platí, že nejčastějším problémem v tocích je potlačení vodního života vlivem toxických dopadů těžkých kovů (Driscoll et al., 1990). Působení je závislé na kvalitě vody, tvrdosti (např. krátkodobou toxicitu zinku snižuje rostoucí tvrdost vody), tak i na rychlosti průtoku a proudění vodního toku. Např. vodní toky, s nízkým průtokem mají menší potenciál k ředění dálničního odtoku a jsou více ohroženy než toky s vysokými průtoky. Podobně tam kde jsou průtokové rychlosti nízké nebo až nulové (jezera a kanály), existuje zvýšené riziko sedimentace kolem bodu vypouštění. Dále je důležitá i rychlost, s níž se znečišťující látky dostávají do vodního systému. Zejména vysoký příliv znečišťujících látek v průběhu malého časového intervalu může vytvářet významné změny v kvalitě vody a možné negativní dopady na živou složku toku. V případě, že se tento jev bude často opakovat, stanou se dopady trvalými a nakonec je nebude možno odstranit (DMRB, 2006; Johnson et Crabtree, 2007; Yannopoulos et al., 2013).

Těžké kovy mohou snižovat kvalitu vodních toků a poškodit vodní organismy (vodní faunu i flóru) snížením jejich schopnosti fotosyntézy, přirozeného vývoje a rozmnožování. Těžké kovy nemusejí být nutně toxické, protože toxicita závisí na chemické formě a dostupnosti pro vodní organismy. Nicméně, některé těžké kovy se bioakumulují v potravním řetězci a mohou se stát toxické pro člověka (Nixon et Saphores, 2007). Např. iontová měď je škodlivá pro vodní organismy více než organicky vázaná měď (Yousef et al., 1985).

Zdroj	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Benzín	■			■				■	■
Výfuk							■	■	
Motorový olej a mazivo		■			■		■	■	■
Nemrznoucí směs					■				■
Spodní nátěr aut								■	■
Brzdové destičky				■	■		■	■	■
Pneumatiky	■			■				■	■
Asfalt				■			■		■
Beton				■			■		■
Nafta	■								
Opotřebení motoru					■	■	■	■	■

Tabulka č. 3: Zdroje těžkých kovů z dopravy (Zdroj: NRDC, 2015, online).

Rozpuštěné a nerozpuštěné pevné látky v dálničním odtoku mohou nepříznivě ovlivnit vodní toky. Rozpuštěné látky mohou zvýšit slanost nebo být složeny z potenciálních nečistot. Nerozpuštěné pevné látky mohou mít přímý vliv na

znečištění recipientu snižováním průhlednosti vod nebo pohřbením vodních organismů. Nerozpuštěné látky také mohou působit jako substrát pro přenos toxických materiálů (McKenzie et Irwin, 1983). U. S. Environmental Protection Agency (1996) popsala, že až polovina nerozpuštěných látek a šestina PAU (známý karcinogen) ve vodních tocích pocházejí právě z dálničních odtoků a to především z opotřebovaných brzd (20%), výfuků (8%), pneumatik a opotřebované vozovky (asi 33% každý).

Determinant	Koncentrace odtoku					Zatížení odtoku	
	Jednotky	Minimum	Průměr	Medián	Maximum	Průměr/1000 m <sup>2</sup>	Jednotky
Celková měď	ug/l	4,00	91,22	42,99	876,80	0,66	g
Rozpuštěná měď	ug/l	2,15	31,31	23,30	304,00	0,16	g
Celkový zinek	ug/l	9,73	352,63	140,00	350,00	2,44	g
Rozpuštěný zinek	ug/l	4,99	111,09	58,27	1360,00	0,50	g
Celkové kadmium	ug/l	<0,01	0,63	0,29	5,40	0,00	g
Celkový fluoranthen	ug/l	<0,01	1,02	0,30	12,50	0,01	g
Celkový pyren	ug/l	<0,01	1,03	0,31	12,50	0,01	g
Celkové PAU	ug/l	<0,01	7,52	3,33	62,18	0,04	g

Tabulka č. 4: „Významné“ znečišťující látky v dálničním odtoku (Zdroj: Crabtree et al., 2008).

K zimnímu ošetřování lze využít inertních nebo chemický posypů, přičemž každý má svou vymezenou oblast použití, liší se svou cenou, vlivem na životní prostředí a také účinností. Mezi inertní řadíme různá kameniva (šterk, drtě) a písek, který zvyšuje prašnost, oděr vozovky i pneumatik a během splachů zanáší vodní toky (Trávníčková, 2011). Z chemických posypů se nejčastěji používají anorganické soli (chlorid sodný, vápenatý a hořečnatý), dále soli organické (octan vápenato-hořečnatý, močovina a různé alkoholy či glykoly) a různé protispékavé (zabraňující tvorbě hrudek jako např. hexakvanoželeznatan draselný nebo sodný) a antikoroziní příměsi (Ramakrishna et Viraraghavan, 2005). Drobné vodní toky a menší plochy jsou ohroženy změnou hustotního gradientu. Osolená voda ve stojatých vodách, má vyšší hustotu, čímž má tendenci klesat ke dnu a zabraňovat tak sezónnímu promíchávání, důležitému z hlediska přenosu živin a kyslíku ve vodě. V důsledku mohou být ohroženy ryby a zoobentos. Zvýšená koncentrace chloridů a sodíku navíc ovlivňuje iontovou výměnu a může zapříčinit uvolnění toxických kovů (rtuti) ze sedimentů (Chang et al., 1994). Akutní toxický efekt chloridů na vodní faunu a flóru byl pozorován až při LC50 1500 mg/l se 4 denní expozicí u *Ceriodaphnia dubia*. Chronická toxicita se objevuje při nižších koncentracích (NOEC pro vajíčka střevle

potoční s 33 denní expozicí je 252 mg/l) (Ramakrishna et Viraraghavan, 2005; Trávníčková, 2011). Vyšší koncentrace acetátů snižují množství rozpuštěného kyslíku ve vodním sloupci (Fischel, 2001).

### **3.5.3 „First flush“ fenomén (první splach)**

Počáteční (asi v prvních 20 minutách srážkové události) odtok z městských komunikací a dálnic, obsahuje největší koncentrace znečišťujících látek. Tento specifický odtok je znám v mezinárodní literatuře jako „first flush“ a není přesně definovaný (Gupta et Saul, 1996; Bertrand et al., 1998). „First flush“ je jev ovlivněný určitými parametry, jako je velikost povodí, množství a intenzita srážek, nepropustnost povrchu a doba trvání předcházejícího suchého období (Yannopoulos et al., 2006). Bertrand - Krajewski et al. (1998) ve své studii uvádějí, že až 80% hmoty znečišťujících látek je v prvních 30% splachů. První splach z dálnic a silnic obsahuje největší koncentrace celkového dusíku, rozpuštěného organického uhlíku, mědi, niklu a zinku (Kayhanian et al., 2012).

V důsledku toho že „first flush“ obsahuje nejvyšší koncentraci znečišťujících látek, nejčastěji postačuje k výzkumům vlivů silnic a dálnic na vodní toky, odebrat vzorky pouze z tohoto počátečního odtoku. Nicméně jedná se o poměrně nákladný postup pro analýzu dešťové vody (Yannopoulos et al., 2013).

## **3.6 Sedimenty**

Sediment je důležitou a všudypřítomnou znečišťující látkou v městském a dálničním srážkovém odtoku. V mezinárodní literatuře se k pojmu sediment objevují dva základní pojmy. Prvním je tzv. „total suspended solids (TSS) představující veškeré pevné částice sedimentu. Druhým pojmem je „total dissolved solids“ (TSD), který zahrnuje všechny rozpuštěné látky a minerály (CWP, 2003). Měřením TSS v městských a dálničních srážkových vodách napomáhá odhadnout zatížení sedimentů na vodní toky a nádrže (Smullen et Cave, 1998). Zákal je příznakem toho, jak nerozpuštěné látky přítomné ve vodě snižují schopnost světla pronikat vodním sloupcem (CWP, 2003).

Obecně sediment z vodních nádrží a toků vzniká prostým usazováním (gravitační sedimentací) pevných částic přirozeně unášených vodou. Při poklesu rychlosti proudění dochází k přirozené sedimentaci unášených částic. Jedná se tedy o přirozený proces, jenž je intenzifikován antropogenní činností (Bláha, 2005, online).

Dopady sedimentu na vodní biotu jsou dobře zdokumentované a mohou být rozděleny do dopadů způsobených suspendovaným sedimentem nebo uloženým sedimentem. Obecně platí, že vysoké hladiny TSS a/nebo zakalení mohou ovlivnit proudění v toku a způsobit sedimentaci v recipientu. Uložený sediment může pokrýt bentické organismy, jako jsou vodní hmyz a sladkovodní mušle. Dalším problémem spojeným s vysokým podílem sedimentů může být oteplování toku odražením zářivé energie v důsledku zvýšeného zákalu (Kundell et Rasmussen, 1995). Sedimenty také přepravují různé jiné znečišťující látky (těžké kovy, uhlovodíky a živiny), které se váží k částicím sedimentu a při srážkách jsou splachovány do vodních toků a nádrží. Testy akutní toxicity pro ryby ve vodních tocích zjistili, že většina druhů může vydržet expozici více než 100 000 mg/l TSS po dobu jednoho týdne. Koncentrace 300 až 400 mg/l TSS, může snížit viditelnost ryb a narušit tak jejich schopnost hledání potravy (Crunkilton et al., 1996).

<b>Souhrn dopadů suspendovaných sedimentů na vodní prostředí</b>
obrušují a poškozují rybí žábry, zvyšují riziko infekce a nemoci
ztráta citlivých nebo ohrožených druhů ryb v důsledku zakalení
posuny směrem k druhům více tolerantním k sedimentům
snižují viditelnost pro pstruhy a jejich schopnost krmení
snižují pronikání světla, což vede ke snížení planktonu a růstu vodních rostlin
nepříznivě ovlivňují vodní hmyz, který je základem potravinového řetězce
mírně zvyšují teplotu proudu v létě
mohou být hlavními nositeli živin a kovů

Tabulka č. 5: Souhrn dopadů suspendovaných látek na vodní prostředí (Zdroj: Schueler et Holland, 2000).

<b>Souhrn dopadů uložených sedimentů na vodní prostředí</b>
fyzicky zavalují bentický vodní hmyz
snižují přezívání rybích jiker
ničí rybí třecí oblasti
výrazně snižují počet sladkovodních mušlí
snižují kapacitu koryta a tím po proudu zhoršují břehovou erozi a záplavy
snižují přepravní kapacitu povodní pod mosty a před propustky
narušují estetické a rekreační hodnoty vodních toků

Tabulka č. 6: Souhrn dopadů uložených sedimentů na vodní prostředí (Zdroj: Schueler et Holland, 2000).

Zdroje sedimentu u urbanizovaných vodních toků jsou nejčastěji eroze břehů, eroze z exponovaných půd a splachů z nepropustných ploch (CWP, 2003). Eroze

břehů je obecně považována za primární zdroj sedimentů u městských toků. Dartiguenave et al. (1997, online) a Trimble (1997) ve své studii popisují, že eroze břehů přispívá více než dvěma třetinami ročních sedimentů ve vodních tocích. Splachy ze zatravněné plochy obsahují především půdu a organickou hmotu. Zdrojové oblasti sedimentů z nepropustných ploch jsou zejména parkoviště, střechy, ulice a dálnice. Ulice, parkoviště a dálnice produkují splachem nečistoty a špínu z opotřebení, nafoukané půdy a organické hmoty, usazených výfukových částic a atmosférické depozice (CWP, 2003). Je prokázáno, že parkovací místa, ulice a dálnice jsou odpovědné až za 70% TSS obsaženého ve srážkovém odtoku z urbanizovaného prostředí (Waschbusch et al., 2000).

Zdroj sedimentu	Zatížení vodního toku	Zdroje
Eroze břehů	75% z celkového rozpočtu sedimentu toku	Dartiguenave et al., 1997
	66% z celkového rozpočtu sedimentu toku	Trimble, 1997
Okolní zatravněná plocha	11,5% z celkového rozpočtu sedimentu toku	Waschbusch et al., 2000
Splachy ze staveníšť	200 až 1200 mg/l	CWP, 2003
Splachy z nepropustných ploch	78 mg/l (průměr)	CWP, 2003

Tabulka č. 7: Zdroje suspendovaný sedimentů v městských vodních tocích.

### 3.7 Vybrané ukazatelé kvality vod a jejich hodnocení

Tato kapitola podrobně popisuje pouze ty ukazatele kvality vody, které byly u odebraných vzorků sledovány. Dále popisuje jednotlivé metody, kterými byly hodnoceny vybrané ukazatelé kvality vody a to konkrétně normu ČSN 75 7221 a nařízení vlády 401/2015 Sb. Závěrem popisuje metodu hodnocení vybraných ukazatelů v sedimentu na základě distribučního koeficientu a koeficientu rizika.

#### 3.7.1 Fyzikálně-chemické ukazatelé kvality vod

##### Teplota vody:

Teplota je jedním z hlavních ukazatelů vlastností a jakosti vody. Teplota povrchových vod působí zejména na rychlost biochemických procesů (tím i na samočisticí schopnost vody) a rozpustnost kyslíku (Pitter, 2009). Teplota povrchových vod se v průběhu dne a během střídání ročních období značně mění (Grünwald, 1993). Nejvyšší teploty vody bývají u nás v červnu a červenci, nejnižší v lednu a únoru. V průběhu roku se denní teploty pohybují od 0 do 34° C. Denní teplotní změny u drobných vodních toku jsou 3 až 6° C a v zimě se na těchto tocích vytváří ledová pokrývka, která zabraňuje výměně plynů a mění světelný režim (Lellák et Kubíček, 1991).

Všechny vodní organismy jsou závislé na určitém rozmezí teplot, při kterých jsou schopny existovat. Příliš vysoké teploty vody, způsobují vodnímu životu stres nebo případně smrt. Nejčastějšími důvody oteplení vody kromě splachů z nepropustných ploch představují odtoky z dešťových nádrží městských povodí a odstranění břehové vegetace. Nárůst teploty se nejvíce projevuje u drobných vodních toků, kde se uplatňuje mnohem vyšší vliv teploty odpadních vod z kanalizací v počátku deště a její nedostatečné naředění. Zvýšení teploty má za následek snížení koncentrace a rozpustnosti kyslíku ve vodě a zrychlení mikrobiologických procesů, které mají za následek další snižování koncentrací kyslíku, což může vést k negativním vlivům na některé vodní organismy (Kabelková et al., 2002).

### **Hodnota pH:**

Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů (Grünwald, 1993). Tato hodnota má mimořádný význam, jelikož ovlivňuje řadu chemických, fyzikálně-chemických a biochemických procesů, které probíhají ve vodě. Povrchové neznečištěné vody mívají hodnoty pH mezi 6 až 8,5, což je dáno uhlíčanovou rovnováhou. Hodnota pH se může v některých tocích pohybovat v alkalické oblasti (nad 8,0). Nejčastěji to bývá způsobeno asimilací zelených organismů, kdy dochází k vyčerpání volného oxidu uhličitého. Naopak nízké hodnoty pH (někdy i pod 4) převážně vykazují vody z rašelinišť, které obsahují humínové látky.

Některé biologické procesy mohou ovlivnit pH, např. desulfatace, denitrifikace a fotosyntéza způsobují zvýšení pH a naopak nitrifikace, respirace, methanizace a oxidace síry vedou ke snížení pH (Pitter, 2009).

### **Konduktivita/vodivost:**

Vodivost je definována jako převrácená hodnota elektrického odporu roztoku mezi dvěma vloženými platinovými elektrodami a její jednotkou je Siemens na metr ( $S \cdot m^{-1}$ ) (Grünwald, 1993). Je to míra koncentrace ionizovatelných organických a anorganických součástí vody, tedy iontů. Vodivost závisí na koncentraci iontů, jejich pohyblivosti, nábojovém čísle a teplotě (Pitter, 2009).

### **Rozpuštěný kyslík:**

Při hodnocení jakosti vody je jedním z nejdůležitějších kritérií kyslíkový režim. Rozpuštěný kyslík ve vodním toku pochází z přímé difúze z ovzduší a

z fotosyntetické činnosti vodních řas a rostlin. Kyslík je ve vodě spotřebováván respirací (dýcháním) vodních rostlin a živočichů (Lellák et Kubíček, 1991). Koncentrace kyslíku je závislá na organickém znečištění vody, protože rozkladnými biochemickými procesy se kyslík z vody vyčerpává. Pokles koncentrace kyslíku je jedním z prvních příznaků organického znečištění povrchových vod (Pitter, 2009).

#### **Dusitanový dusík (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):**

Dusitany se ve vodách vyskytují ve formě jednoduchého aniontu NO<sub>2</sub><sup>-</sup> a jsou odvozeny od kyseliny dusité (HNO<sub>2</sub>) (Grünwald, 1993). Vznikají zejména nitrifikací (biochemická oxidace amoniakálního dusíku) nebo biochemickou redukcí dusičnanů. V přírodních vodách nejčastěji doprovázejí formy amoniakálního dusíku a dusičnany. Z důvodů jejich biochemické a chemické lability, se dusitany vyskytují obvykle jen ve velmi malých koncentracích. Dusitany z anorganických forem dusíku nikdy v přírodních vodách nedominují, což je způsobeno rychlou transformací na dusičnany pomocí nitrifikace. Některé průmyslové odpadní vody jsou bohaté na dusitany, např. odpadní vody z výroby barviv nebo strojírenství (Pitter, 2009). Do vodních toků se mohou dusitany dostat skrze oděr komunikace a dopravního značení (ASIO, 2010, online).

Dusitany mohou toxicky působit na ryby a jiné vodní organismy, avšak toxicita značně závisí na celkovém složení vod (Grünwald, 1993).

#### **Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):**

Dusičnany jsou odvozeny od kyseliny dusičné (HNO<sub>3</sub>) a vznikají především sekundárně nitrifikací amoniakálního dusíku a jsou produktem rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Dusičnany v přírodních vodách za anoxických podmínek podléhají denitrifikaci a naopak v oxických podmínkách jsou stabilní. Ve vodách se vyskytují jako jednomocné ionty a objevují se skoro ve všech vodách (Pitter, 2009). Dusičnany se do vod dostávají nejčastěji v důsledku užívání dusíkatých hnojiv v zemědělství a s některými odpadními vodami (Grünwald, 1993). Nejvyšší koncentrace se vyskytují v zimě (doba vegetačního klidu), kdy se dusičnany mohou vyluhovat z půd. Naopak nejnižší koncentrace se objevují v letních měsících, kdy jsou z vody dusičnany odčerpávány vegetací (Pitter, 2009). Do vodních toků se mohou dusičnany dostat skrze oděr komunikace a dopravního značení (ASIO, 2010, online).



Dusičnany bývají při vyšších koncentracích toxické pro vodní organismy. Avšak u ryb se tato toxicita projevuje značně slabě a až při velmi vysokých koncentracích (desítek  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) (Camargo, 2005).

#### **Amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):**

Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu. Antropogenní činností se amonné ionty organického původu dostávají do toků převážně splaškovými odpadními vodami a odpady ze zemědělství nebo ze závodů živočišné výroby. Antropogenními zdroji anorganického amoniakálního dusíku jsou hlavně splachy dusíkatých hnojiv ze zemědělsky obdělávaných ploch. Značné množství  $\text{NH}_4^+$  je obsaženo v průmyslových odpadních vodách z tepelného zpracování uhlí a galvanického pokovování. Koncentrace amoniakálního dusíku většinou u vod povrchových nepřesahuje 1  $\text{mg/l}$  (Pitter, 2009). Amoniak je v přírodních vodách za oxických podmínek značně nestálý. Velmi snadno podléhá nitrifikaci díky přítomnosti nitrifikačních bakterií, kterými se oxiduje na dusitany až dusičnany. Jako primární produkt rozkladu organických dusíkatých látek, hraje velkou roli při posuzování charakteru znečištění přírodních vod (Grünwald, 1993).

Amoniakální dusík je velmi toxický pro zooplankton a ryby. Tato toxicita je velmi ovlivněna hodnotou pH vody, protože toxický účinek má zejména nedisociovaná molekula  $\text{NH}_3$  (Pitter, 2009).

#### **Celkový fosfor (P<sub>c</sub>):**

Pojmem celkový fosfor se myslí rozpuštěné i nerozpuštěné sloučeniny fosforu. Dle chemického hlediska se celkový fosfor dále dělí na organicky a anorganicky vázaný. Organicky vázaný fosfor se vyskytuje v celé řadě sloučenin. Anorganicky vázaný fosfor bývá přítomen jako orthofosforečnany nebo polyfosforečnany (IRZ, online). Přírodním zdrojem fosforu je rozpouštění a vyluhování některých půd, zvětralých hornin a minerálů. Dále to může být také rozkládající se biomasa planktonu (Grünwald, 1993). Mezi antropogenní zdroje patří hlavně živočišný odpad, fosforečná hnojiva používaná v zemědělství a splaškové odpadní vody, které obsahují fosforečnany z různých používaných prostředků v domácnostech (Edwards et Withers, 2008).

Sloučeniny fosforu mají velký význam v přírodním koloběhu látek, kdy anorganické formy fosforu jsou přeměňovány vyššími organismy na formy organické a po uhynutí těchto organismů, dochází k uvolnění fosforečnanů do prostředí. Vysoké koncentrace fosforu způsobují eutrofizaci vod, která vede k masovému rozvoji řas (Pitter, 2009).

### **Sírany (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):**

Sírany se ve vodách vyskytují zejména ve formě jednoduchého síranového aniontu SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Koncentrace síranů v povrchových vodách se většinou pohybuje v řádech desítek mg\*l<sup>-1</sup> (Pitter, 2009). Jejich přirozený výskyt je poměrně často vázán na geologické podloží a z hlediska hygienického a jakosti vody nemají velký význam. Avšak sírany mají schopnost agresivně reagovat vůči betonu a proto má sledování úrovně jejich koncentrací význam při hodnocení potenciálních rizik na vodní stavby (Grünwald, 1993). Do vodních toků se mohou sírany dostat z oděru komunikace či dopravního značení a otěrem pneumatik (ASIO, 2010, online).

Vysoké koncentrace síranů ovlivňují ve vodách zejména hodnotu pH a přispívají tak k acidifikaci vod, která má nepřímý a přímý toxický vliv na vodní organismy. Nepřímý toxický vliv je způsoben uvolňováním těžkých kovů ze sedimentu díky nízkým hodnotám pH (Menz et Seip, 2004).

### **Chloridy (Cl):**

Chloridy jsou ve vodách přítomny ve formě jednoduchého iontu Cl<sup>-</sup>. Do přírodních vod se dostávají vyluhováním a zvětráváním půd a hornin. Z ložisek kamenných solí a draselných solí mohou pocházet větší koncentrace. Zdroje vyšších koncentrací chloridů z antropogenní činnosti jsou převážně průmyslové a splaškové vody či zemědělské odpady z živočišné výroby a v zimních měsících také solení silnic (Pitter, 2009). Koncentrace chloridů se v povrchových vodách pohybují většinou v rozmezí několika jednotek až desítek mg/l a ve vodách minerálních mohou koncentrace dosáhnout až několika tisíc mg/l (Grünwald, 1993).

Vysoké koncentrace chloridů jsou přímo a nepřímo toxické pro vodní organismy. Chloridy mohou způsobit vyplavování některých kovů, s kterými vytvářejí komplexy (Marsalek, 2003). Chlór může také reagovat s řadou organických látek ve vodě a vzniklé látky jsou obvykle biologicky stabilní, toxické a ovlivňují sensorické vlastnosti vod. Aktivní chlór je velmi nebezpečný (forma chlóru, která

v kyselém prostředí oxiduje jodidy na jod) a působí toxicky na řadu vodních organismů (Pitter, 2009).

### **Nikl (Ni):**

Nikl se v přírodě vyskytuje v minerálech obvykle společně s arsenem, antimonem a sírou. Jedná se např. o pentlandit, millerit, gersdorfit, garnierit nikelin a pyrhotin. Je také součástí některých hlinitokřemičitanů (např. hadec). Antropogenní činností se nikl dostává do prostředí v odpadních vodách z povrchové úpravy kovu a barevné metalurgie. Nikl se používá také ve sklářském a keramickém průmyslu (Pitter, 2009). Spalovny komunálního odpadu mohou kontaminovat prostředí niklem (Kafka et Punčochářová, 2002). Do vodních toků se může nikl dostat skrze otěr brzd (ASIO, 2010, online).

Pro některé vodní organismy je nikl vysoce toxický. Patří mezi několik málo prvků, které jsou pro lidský organismus jednoznačně škodlivé. Způsobuje tzv. niklový svrab, je karcinogenní (rakovina plic a nosní přepážky) a akutní otrava má za následek poškození zažívacího traktu, ledvin, cév, srdce a centrální nervové soustavy (IRZ, online).

### **Zinek (Zn)**

Zinek se vyskytuje pouze v dvojmocných sloučeninách  $Zn^{2+}$ . Je běžnou součástí půd, hornin a sedimentů. Zinek se v jílech vyskytuje v koncentraci až 100 mg/kg. Z nejrozšířenějších zinkových rud je smithsonit a sfalerit. Oxidačním rozkladem sulfidických rud se zinek dostává do podzemní vody. Antropogenním zdrojem zinku v přírodních vodách je především atmosférický spad. Zpracováním zinkových rud a spalováním fosilních paliv se zinek dostává do atmosféry. Dalším zdrojem jsou průmyslové odpadní vody z mořírén mosazi, zpracování zinkových rud, povrchové úpravy kovů a ze zpracovávání tuků. Zinek je součástí hnojiv (Pitter, 2009). Do vodních toků se může zinek dostat z otěru pneumatik (ASIO, 2010, online).

Zinek patří mezi esenciální stopové prvky a jeho nízké koncentrace jsou důležité pro zvířata, lidi i rostliny. Zinek je velmi toxický pro ryby (hlavně pro lososové ryby) a jiné vodní organismy. U člověka jeho vysoké koncentrace způsobují bolesti žaludku, zvracení, křeče a průjem (IRZ, online).

## **Kadmium (Cd)**

Díky své chemické podobnosti doprovází kadmium zinek v jeho rudách. V přírodním prostředí je hlavním zdrojem kadmia atmosférická depozice. V běžných přírodních materiálech (např. půda, horniny, rostliny a uhlí) je koncentrace kadmia nízká a průměrný obsah bývá zpravidla nižší než 1 mg/kg. Zvýšená koncentrace kadmia se do přírodního prostředí dostává nejčastěji antropogenní činností (Mihaljevič et Šebek, 1995). Fosforečná hnojiva mohou obsahovat až 170 mg/kg kadmia a čistírenské kaly mohou obsahovat i přes 1000 mg/kg kadmia. Dalšími antropogenními zdroji kadmia jsou odpadní vody z výroby Ni-Cd baterií a z galvanického pokovování. K znečištění atmosféry dochází při spalování fosilních paliv, nafty, plastových odpadů a topných olejů (Pitter, 2009). Kadmium se také používá při výrobě plechu v automobilovém průmyslu z důvodu schopnosti kadmia chránit železo před korozi (Bencko et al., 1995). Kadmium je v kyselém prostředí jedním z nejrychleji se rozpouštějícím těžkým kovem. Rozpustnost kadmia roste s rostoucí acidifikací (Lodenus, 1990).

Kadmium je druhým nejtoxičtějším kovem (po rtuti), který má velkou schopnost se hromadit v potravním řetězci. Může se vyskytovat ve všech složkách životního prostředí a akumulovat se v sedimentech a půdách s velkým rizikem potenciálního nárazového uvolnění (např. změnou pH). Kadmium u člověka výrazně poškozuje ledviny, je karcinogenní (plíce, prostata atd.) a teratogenní (IRZ, online).

## **Měď (Cu)**

Výskyt ryzí mědi v přírodě je velmi vzácný. Nejvíce se vyskytuje ve formě sulfidů (např. covellin, chalkosin, chalkopyrit nebo bornit). Mezi další významné minerály patří např. zelený malachit, modrý azurit a kuprit. Nejčastěji měď tvoří sloučeniny v oxidačním stupni  $\text{Cu}^{1+}$  a  $\text{Cu}^{2+}$ . Měď má velmi dobrou elektrickou a tepelnou vodivost, je odolná proti atmosférické depozici a dobře se mechanicky zpracovává. Je součástí řady slitin a má mimořádný význam pro elektrotechniku (Benešová, 2009, online). Antropogenním zdrojem mědi v povrchových vodách může být aplikace algicidních preparátů proti nadměrnému rozvoji řas a sinic nebo odpadní vody z povrchové úpravy kovů. Atmosférická depozice může být dalším zdrojem znečištění (Pitter, 2009). Do vodních toků se může měď dostat skrze otěr brzd a korozi automobilových součástek (ASIO, 2010, online).

Měď je esenciálním prvkem pro živočichy a vyšší rostliny. Avšak ve vyšších koncentracích se stává toxickou a to zejména pro vodní organismy. U člověka je nezbytná pro růst a vývoj kostí, srdce, mozku a dalších orgánů. Je také velmi důležitá pro správné využití vitamínu C a u dětí se nedostatek mědi projevuje fyzickou a duševní retardací. Její vysoké koncentrace způsobují poškození jater, ledvin, žaludeční a střevní potíže (IRZ, online).

### **Chrom (Cr)**

Výskyt volného chromu v přírodě je velmi vzácný a byl nalezen pouze v meteoritech. Vyskytuje se tedy výhradně jen ve sloučeninách. Z minerálů je nejvýznamnější kromit a chromit (Bencko et al., 1995). Antropogenní zdroje chromu jsou především odpadní vody z barevné metalurgie, povrchové úpravy kovů, textilního a kožedělného průmyslu. Dalšími antropogenními zdroji mohou být některé inhibitory koroze využívané v chladicích okruzích, při rozvedení teplé vody či při čištění kotlů (Pitter, 2009).

Veškerý chrom přírodního původu se vyskytuje ve stavu  $\text{Cr}^{3+}$ , který se ve vodě skoro všechen váže na nečistoty a spolu s nimi klesá ke dnu. Z tohoto důvodu je rozpuštěný  $\text{Cr}^{3+}$  přítomen ve vodě jen ve velmi malém množství.  $\text{Cr}^{6+}$  je velmi toxický pro vodní organismy. Funguje jako silné oxidační činidlo, které se v přítomnosti jakékoliv organické hmoty rychle redukuje na  $\text{Cr}^{3+}$ . Proto vysoké koncentrace  $\text{Cr}^{6+}$  jsou nebezpečné jen v blízkosti jeho zdroje. Dlouhodobé působení  $\text{Cr}^{6+}$  se u člověka projevuje tvorbou vředů a nádorů nosní přepážky (IRZ, online).

### **Olovo (Pb)**

Olovo je nejrozšířenějším těžkým kovem. Vyskytuje se ve vodách, půdách i v atmosféře. V místech, která nebyla doposud kontaminována antropogenní činností, se předpokládá maximální koncentrace olova v ovzduší do  $1 \text{ ng/m}^3$ . Ve většině anorganických sloučenin se olovo vyskytuje ve dvojmocné formě (Bencko et al., 1995). Nejrozšířenějším a nejdůležitějším minerálem obsahujícím olovo je galenit, dále je obsažen v cerrusitu a anglesitu. Antropogenními zdroji olova mohou být vody ze zpracování rud, výroby akumulátorů, barevné metalurgie a ze sklářského průmyslu, kde jsou sloučeniny olova součástí glazur. Významným zdrojem v minulosti byly výfukové plyny z motorových vozidel, díky kterým se olovo hromadilo v okolí silnic, odkud se srážkovou činností dostávalo do povrchových a

podzemních vod (Pitter, 2009). Do vodních toků se může olovo dostat z otěru brzd a pneumatik (ASIO, 2010, online).

Pro vysoký akumulační koeficient se olovo hromadí v sedimentech, kalech i v biomase organismů a může se dostat do potravin. V povrchových a podzemních vodách bývá jeho koncentrace nízká a obvykle nebývá hlavním expozičním zdrojem. U člověka vede expozice olova k poškození jater, ledvin, červených krvinek a nervového systému. Při vysoké expozici olovem dochází k oslepnutí, křečím, poškození mozku i ke smrti (IRZ, online).

### **3.7.2 ČSN 75 7221: Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod**

Norma ČSN 75 7221 (dále jen norma jakosti vod) byla schválena v srpnu 1989 a slouží k určení třídy jakosti povrchových vod na různých místech a v různém čase. Na základě zkušeností s jejím užíváním v praxi proběhla poslední novelizace v roce 1998, čímž se norma jakosti vod přiblížila ke klasifikaci používané v členských státech EU (Šolc et al., 1999, online).

Sledování ukazatelé jsou dle této normy rozděleni podle jejich charakteru do 6 skupin (A až F). Pro každý ukazatel v jednotlivé skupině se hodnocení provádí zvlášť, přičemž výsledná třída jakosti se určí u každé skupiny podle nejnepříznivějšího ukazatele kvality vody v dané skupině:

- **Kyslíkový režim** (rozpuštěný kyslík,  $CHSK_{Cr}$ ,  $CHSK_{Mn}$ ,  $BSK_5$ )
- **Základní chemické a fyzikální ukazatelé** (teplota vody, pH, vodivost, rozpuštěné nebo nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, celkový fosfor atd.)
- **Doplňující chemické ukazatelé** (chloridy, sírany, vápník, hořčík aj.)
- **Těžké kovy** (Pb, Hg, Cd atd.)
- **Biologické a mikrobiologické ukazatelé** (koliformní bakterie, saprobní index a fekální koliformní bakterie)
- **Ukazatelé radioaktivity** (Langhammer, 2002)

Norma jakosti vody používá ke klasifikaci všech sledovaných ukazatelů má celkem 5 tříd jakosti vody. Norma dále stanovuje i standardní barvy pro kartografické vyjádření ke znázornění jednotlivých tříd:

- **I. třída (voda neznečištěná):** stav povrchové vody, bez významného ovlivnění antropogenní činností, při které ukazatelé jakosti vody nepřekračují odpovídající hodnoty běžného přirozeného pozadí v tocích
- **II. třída (voda mírně znečištěná):** stav povrchové vody, s takovým ovlivněním antropogenní činností, že ukazatelé jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci udržitelného a bohatého ekosystému
- **III. třída (voda znečištěná):** stav povrchové vody, s takovým ovlivněním antropogenní činností, že ukazatelé jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvářet podmínky pro existenci vyváženého, udržitelného a bohatého ekosystému
- **IV. třída (voda silně znečištěná):** stav povrchové vody, s takových ovlivněním antropogenní činností, že ukazatelé jakosti vody dosahují hodnot, které tvoří podmínky, umožňující pouze existenci nevyváženého ekosystému
- **V. třída (voda velmi silně znečištěná):** stav povrchové vody, s takovým ovlivněním antropogenní činností, že ukazatelé jakosti vody dosahují hodnot, umožňující pouze existenci silně nevyváženého ekosystému (ČSN 75 7221, 1989).

Zařazení povrchové vody do jakostní třídy se provádí na základě charakteristické hodnoty ukazatele ( $C_{90}$ ). K vypočtení  $C_{90}$  je nutné odebrat minimálně 11 vzorků za rok (Koubková, 2011).

Ukazatelé jakosti povrchové vody	Jednotka	Třída				
		I.	II.	III.	IV.	V.
Teplota vody	°C	<22	<23	<24	<26	>26
Hodnota pH	-	6,0-8,5	6,0-8,5	6,0-8,5	5,5-9,0	<5,5;>9,0
Vodivost	mS*m-1	<40	<70	<110	<160	>160
Rozpuštěný kyslík	mg*l-1	>7	>6	>5	>3	<3
Dusitanový dusík	mg*l-1	<0,002	<0,005	<0,02	<0,05	>0,05
Dusičnanový dusík	mg*l-1	<1,0	<3,4	<7,0	<11	>11
Amoniakální dusík	mg*l-1	<0,3	<0,5	<1,5	<5,0	>5,0
Celkový fosfor	mg*l-1	<0,03	<0,15	<0,4	<1,0	>1,0
Sírany	mg*l-1	<80	<150	<250	<300	>300
Chloridy	mg*l-1	<50	<200	<300	<400	>400
Nikl	mg*l-1	<20	<50	<100	<200	>200
Zinek	mg*l-1	<20	<50	<100	<500	>500
Kadmium	mg*l-1	<3	<5	<10	<20	>20
Měď	mg*l-1	<20	<50	<100	<200	>200
Chrom (VI)	mg*l-1	*	<10	<20	<50	>50
Olovo	mg*l-1	<10	<20	<50	<100	>100

Tabulka č. 8: Limitní hodnoty pro stanovení jakosti povrchových vod (Zdroj: ČSN 75 7221, 1989).

### **Výpočet charakteristické hodnoty ( $C_{90}$ )**

Charakteristická hodnota ( $C_p$ ) je hodnota, která nahrazuje celý soubor naměřených hodnot ukazatele jakosti vody při hodnocení jakosti vody. Hodnota  $C_p$  je hodnota s předem stanovenou pravděpodobností nepřekročení ( $p$ ), nejčastěji 90% ( $C_{90}$ ). Pouze u rozpuštěného kyslíku se používá hodnota s pravděpodobností překročení 90%, což odpovídá hodnotě s pravděpodobností nepřekročení 10%.

Naměřené hodnoty ukazatele se nejdříve seřadí do sestupné řady (u rozpuštěného kyslíku obráceně) podle velikosti, kde  $c_1$  = nejvyšší hodnota,  $c_2$  = druhá nejvyšší hodnota atd. Hodnota  $C_p$  se vypočítá z rovnice s použitím několika po sobě následujících kroků:

$$k = (100 - p / 100) * (n + 0,4) + 0,3$$

Kde  $k$  je pomocná proměnná (zaokrouhuje se vždy nahoru),  $p$  je předem zvolená pravděpodobnost a parametr  $n$  je počet měření. Vypočtená hodnota  $k$  se použije pro následující výpočet pomocné proměnné  $d_p$ :

$$d_p = k - (100 - p / 100) * (n + 0,4) - 0,3$$

Nakonec se vypočtená pomocná hodnota  $d_p$  dosadí do rovnice pro výpočet charakteristické hodnoty ( $C_p$ ):



$$C_p = d_p * c_{k-1} + (1 - d_p) * c_k$$

Kde  $C_p$  je hodnota s předem zvolenou pravděpodobností  $p$  (mg/l),  $c_k$  je  $k$ -tá hodnota v sestupné řadě (u rozp. kyslíku ve vzestupné řadě) (mg/l) a  $c_{k-1}$  je  $(k - 1)$ -tá hodnota v sestupné řadě hodnot (Pavlíková, 2013).

### 3.7.3 Nařízení vlády 401/2015 Sb. (vypracováno podle nařízení vlády 401/2015 Sb. v platném znění)

Nařízením vlády 401/2015 Sb. ze dne 14. prosince 2015, se změnilo nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se dříve změnilo nařízení vlády č. 61/2003 Sb., „o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. (Zákony pro lidi, 2015, online). Pomocí nařízení vlády č. 401/2015 se hodnotí kvalita povrchových vod jiným způsobem, než tomu bylo u normy jakosti vody a to formou limitních hodnot NEK (Norma environmentální kvality). NEK by neměla být překročena a jejím zavedením se zpřísnily limity a zvýšily požadavky na ochranu vodních útvarů před znečištěním.

Ukazatelé jakosti povrchové vody	Jednotky	Norma environmentální kvality (NEK)	
		NEK-RP (průměrná hodnota)*	NEK-NPK (nejvyšší přípustná hodnota)°
Teplota vody	°C	-	29
Hodnota pH	-	5,0-9,0	-
Vodivost	mS*m-1	-	-
Rozpuštěný kyslík	mg*l-1	>9	-
Dusitanový dusík	mg*l-1	-	-
Dusičnanový dusík	mg*l-1	5,4	-
Amoniakální dusík	mg*l-1	0,23	-
Celkový fosfor	mg*l-1	0,15	-
Sírany	mg*l-1	200	-
Chloridy	mg*l-1	150	-
Níkl	µg*l-1	4	34
Zinek	µg*l-1	92	-
Kadmium	µg*l-1	0,3	-
Měď	µg*l-1	14	-
Chrom	µg*l-1	18	-
Olovo	µg*l-1	1,2	14
*NEK-RP: norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota			
°NEK-NPK: norma environmentální kvality vyjádřená jako nejvyšší přípustná hodnota je nepřekročitelná			

Tabulka č. 9: Normy environmentální kvality pro útvary povrchových vod (Zdroj: Nařízení vlády č. 401/2015, v platném znění).

### 3.8 Možnosti snížení znečišťujících látek v dálničním odtoku

#### 3.8.1 Využití porézního asfaltu

Porézní nebo také propustný asfalt je druh povrchu vozovky s vysokým podílem pórů (>20%), čímž se snižuje jev zvaný aquaplaning, dále odštěkující voda a hluk. Voda dopadající na porézní asfalt je svedena do vrchní vrstvy silnice a vypouštěna u okraje vozovky. Pagotto et al. (2000) ve své studii popisují značný vliv porézního asfaltu na snížení znečišťujících látek v dálničním odtoku (viz tabulka č. 10). K největšímu snížení došlo u celkových uhlovodíků (92%) a u celkových nerozpuštěných látek (81%). U celkových těžkých kovů došlo ke snížení jejich koncentrace okolo 70% tedy až na měď (35%). Pro všechny kovy ve formě částic došlo také k výraznému poklesu jejich koncentrací. Porézní asfalt má významný vliv i na snížení dusičnanů (o 69%) a amoniaku (74%).

Ukazatel	Jednotka	Běžný asfalt (5.6 - 29.11.1995)		Porézní asfalt (9.6. - 9.11.1997)		Relativní rozdíl (%)
		Průměrná hodnota (25 analýz)	Směrodatná odchylka	Průměrná hodnota (25 analýz)	Směrodatná odchylka	
pH	-	7,4	0,2	7,6	0,2	2,3a
Vodivost	μS/cm	285	110	305	190	8,2
TSS	mg/l	46	40	8,7	9	-81a
Chemická spotřeba kyslíku	mg O <sub>2</sub> /l	80	42	80	68	-0,3
Celkový dusík dle Kjeldahla	mg N/l	2,1	1,6	1,2	0,9	-43a
Celkový uhlovodík	mg/l	1,2	1,1	0,09	0,1	-92a
Celkový Pb	μg/l	40	24	8,7	6,7	-78a
Celkový Cu	μg/l	30	14,7	20	17,7	-35a
Celkový Cd	μg/l	0,88	0,8	0,28	0,3	-69a
Celkový Zn	μg/l	228	125	77	44	-66a
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	6,7	6,8	2,1	1,9	-69a
Cl <sup>-</sup>	mg/l	18	23	16	13	-7,7
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/l	26	11	20	9,7	-23
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	1,0	1,2	0,27	0,4	-74a
Rozpuštěný Pb	μg/l	3,3	3,9	2,2	2,4	-32
Rozpuštěný Cu	μg/l	19	11	16	16	-15
Rozpuštěný Cd	μg/l	0,32	0,2	0,13	0,1	-60a
Rozpuštěný Zn	μg/l	140	74	54	30	-61a
Pb ve formě částic	μg/l	37	25	6,4	4,5	-83a
Cu ve formě částic	μg/l	11	9	3,5	4	-70a
Cd ve formě částic	μg/l	0,56	0,7	0,15	0,3	-73a
Zn ve formě částic	μg/l	89	70	23	17	-74a

a - Signifikantní na 95% úrovni pravděpodobnosti

Tabulka č. 10: Srovnání dálničního odtoku při použití běžného a porézního asfaltu (Zdroj: Pagotto et al., 2000).

#### 3.8.2 Drenážní systém

Drenážní systém může být buď aktivní, nebo pasivní. Aktivním systémem (vyžaduje provozovatele) mohou být např. stavidla, ventily a vrubové jezy. Pasivním systémem mohou být např. swales (travní rigol), rybníky, mokřady, umělé nádrže, lapače naplavenin, filtrační drenáže, odlučovače ropných látek atd. (DMRB, 2006).

## Travní rigoly

Travní rigoly jsou trávou zarostlé příkopy s mírnou svažítostí. V mnoha studiích byla prokázána jejich vysoká účinnost při odstraňování mnoha znečišťujících složek z dálničního odtoku. Travní rigoly podporují usazování nerozpuštěných látek a infiltraci odtoku do půd (Schueler et al., 1991). Na účinnost odstraňování nečistot má vliv typ trav, hustota trav, velikost listu, tvar listu, pružnost a struktura trav (Umeda, 1988). K významnému odstranění znečišťujících látek pomocí travních rigolů dochází u všech složek kromě bakterií a rozpuštěného celkového uhlíku (viz tabulka č. 11). Schueler et al. (1991) uvádí, že dobře navržený a udržovaný travní rigol může odstranit až 70% TSS, 30% z celkového fosforu, 25% z celkového dusíku a 50 až 90% z různých těžkých kovů.

Ukazatel	Jednotka	Vozovka	Travní rigol	Snížení (%)
Celkové koliformní bakterie	CFU/100ml	3,678	188,197	-
Fekální koliformní bakterie	CFU/100ml	1,934	101,545	-
Fekální streptokoky	CFU/100ml	6,909	89,482	-
TSS	mg/l	104	27	74
VSS	mg/l	23	7	72
Biologická spotřeba kyslíku	mg/l	7,5	4,1	46
Chemická spotřeba kyslíku	mg/l	51	33	35
Celkový uhlík	mg/l	34	18	48
Celkový rozpuštěný uhlík	mg/l	17	15	9
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,88	0,36	59
Celkový fosfor	mg/l	0,15	0,1	31
Olej a mazivo	mg/l	3,9	0,5	88
Cu	mg/l	0,014	0,007	49
Fe	mg/l	2,066	0,442	79
Pb	mg/l	0,014	0,009	35
Zn	mg/l	0,074	0,019	74

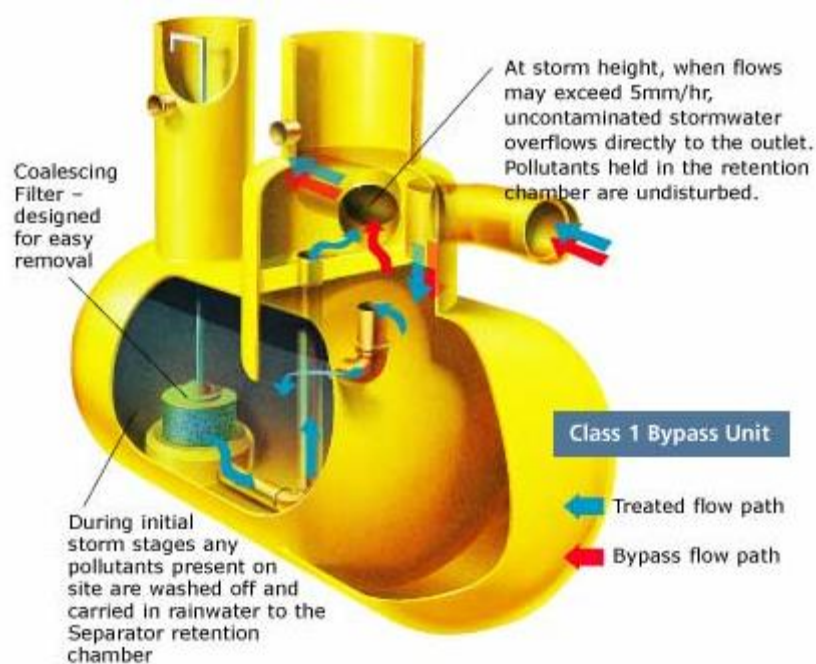
Tabulka č. 11: Srovnání dálničního odtoku protékajícím po vozovce a po travním rigolu (Zdroj: Barrett et al., 1995).



Obr. č. 5: Travní rigol.

### **Bypass oil separator (Odlučovač lehkých kapalin)**

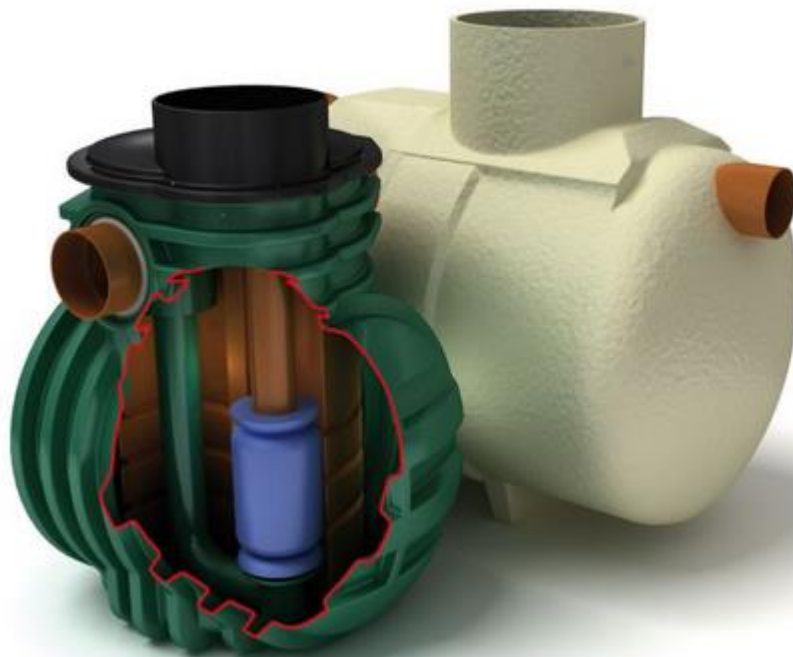
Bypass separátory slouží k snižování znečišťujících látek z dešťových odtoků až do intenzity deště 6,5 mm/hodinu (99% všech srážkových událostí), avšak neposkytují úplné odstranění znečišťujících látek (Klargester, 2015, online). Tyto separátory jsou schopny odstranit 30% různých těžkých kovů a až 50% celkových nerozpuštěných látek (Moy et al., 2003).



Obr. č. 6: Bypass oil separator/Odlučovač lehkých kapalin (Zdroj: Morclean, 2015, online).

### **Full retention oil separator (Odlučovač lehkých kapalin s retenčním prostorem)**

Plný retenční separátor dokáže vyčistit celý průtok, který může být dopraven drenážním systémem. Je uzpůsoben k intenzitě srážek až 65 mm/hodinu (Klargester, 2015, online). Stejně jako bypass separátory jsou schopny odstranit až 30% těžkých kovů a navíc až 97% lehkých polycyklických aromatických uhlovodíků (Moy et al., 2003).

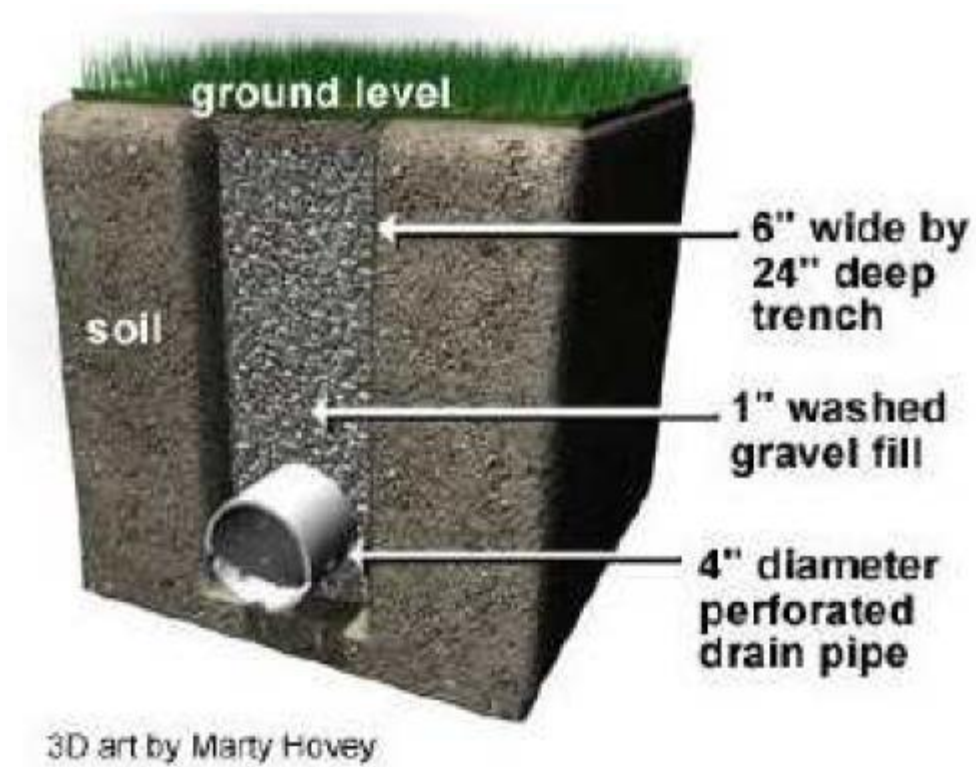


Obr. č. 7: Full retention oil separator/Odlučovač lehkých kapalin s retenčním prostorem (Zdroj: Kingspan environmental, 2015, online).

#### **Filter drain (filtrační drenáž)**

Filter drain je příkop lemovaný geotextilií a naplněný štěrkem, přes který prochází povrchový odtok většinou do potrubního systému a dále do vodních toků. Štěrk zachytává sedimenty, organickou hmotu a ropné zbytky (SuDS Wales, 2015, online). Tento filtrační systém je schopen snížit koncentrace těžkých kovů až o 50% a polycyklické aromatické uhlovodíky až o 70% (Moy et al., 2003).

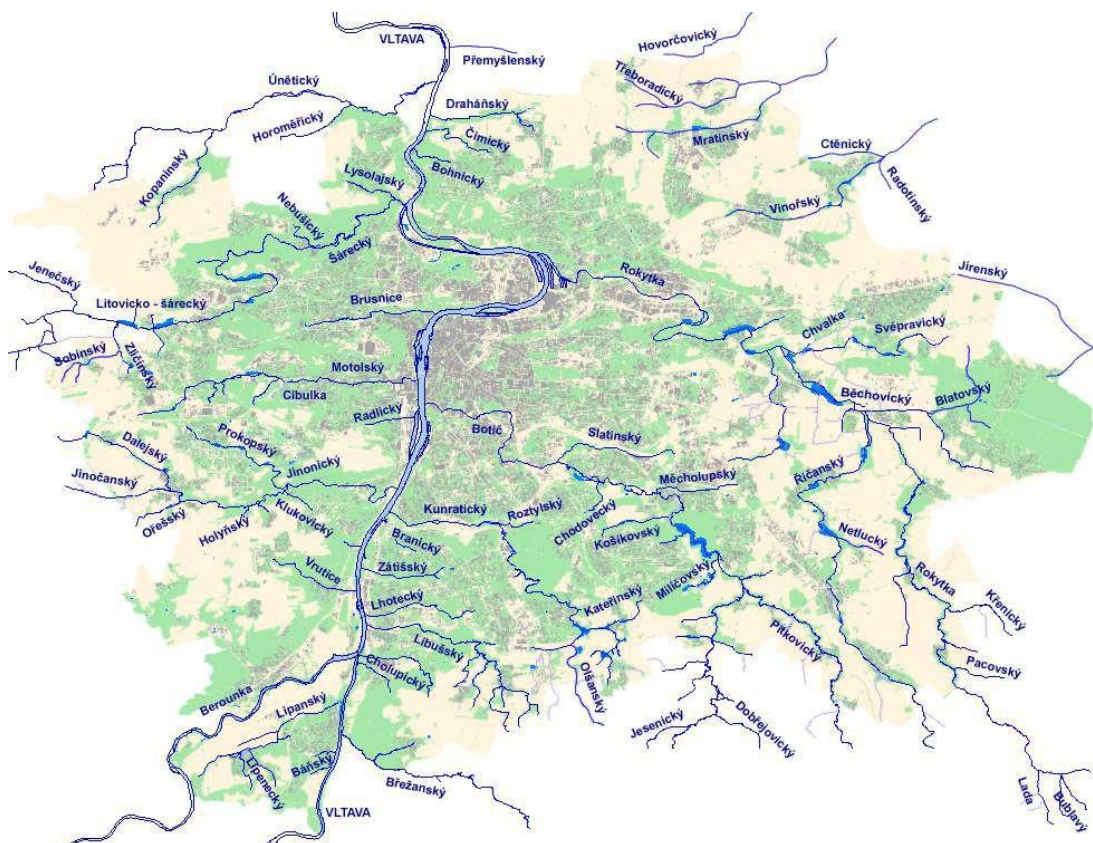




Obr. č. 8: Filter drain/Filtrační drenáž (Zdroj: SuDS Wales, 2015, online).

## 4 Charakteristika studijního území

Územím Prahy protéká celkem 99 potoků (viz. obr. č. 9), což činí dohromady téměř 374 km toků, které jsou v současnosti chápány jako nedílná součást města a městské zeleně (Lesy hl. m. Prahy, 2015, online).

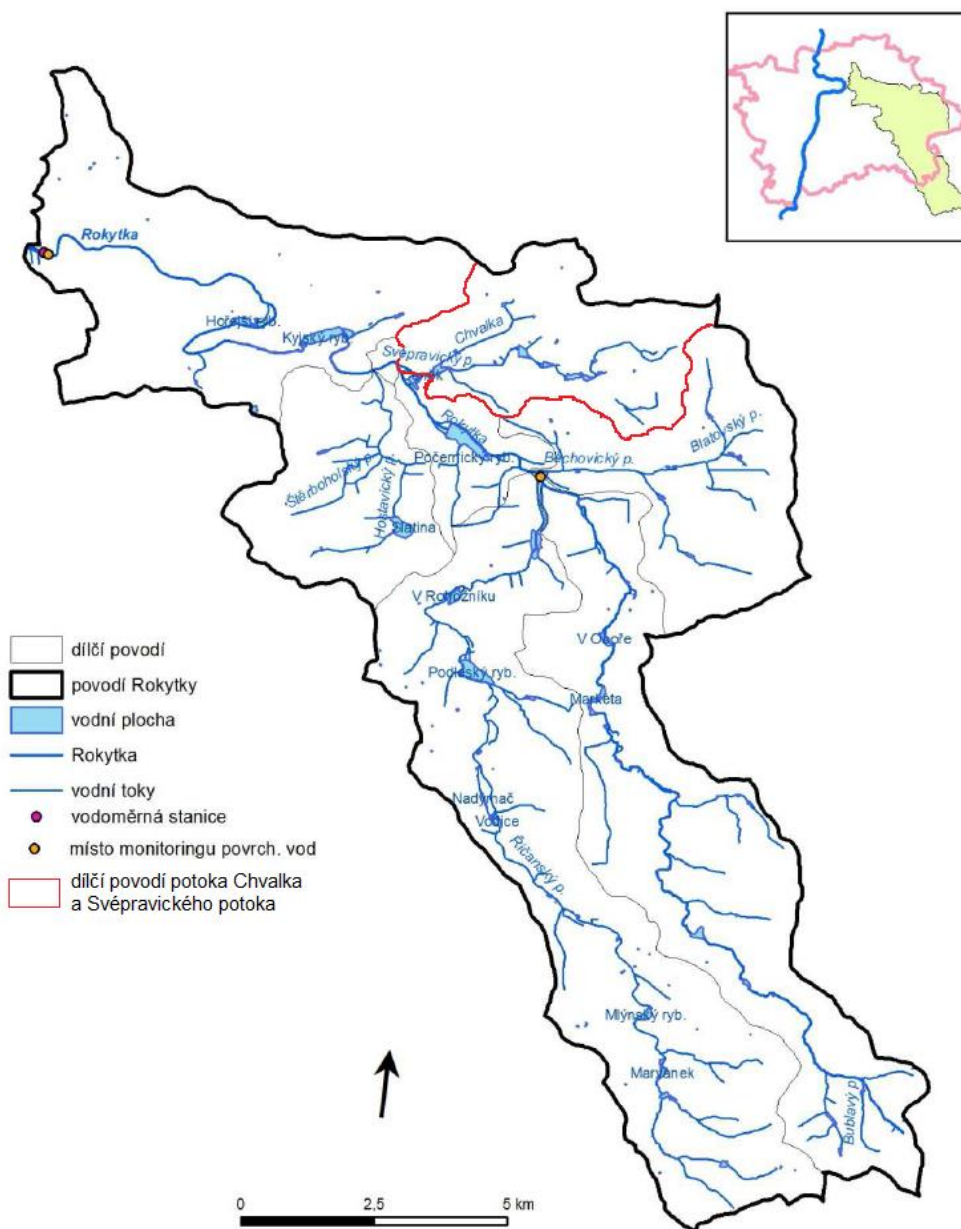


Obr. č. 9: Vodní toky hl. m. Prahy (Zdroj: Lesy hl. m. Prahy, 2015, online).

### 4.1 Dílčí povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka

Dílčí povodí o rozloze 2,18 km<sup>2</sup> s hydrologickým pořadím 1-12-01-031 zahrnuje potok Chvalka a Svěpravický potok (viz. obr. č. 10). Toto dílčí povodí spadá do katastrálního území Horní Počernice, Černý Most, Hostavice a Dolní Počernice. Potok Chvalka a Svěpravický potok spravuje Odbor ochrany prostředí Magistrátu hl. m. Prahy.





Obr. č. 10: Povodí Rokytky (Zdroj: Stádníková, 2014).

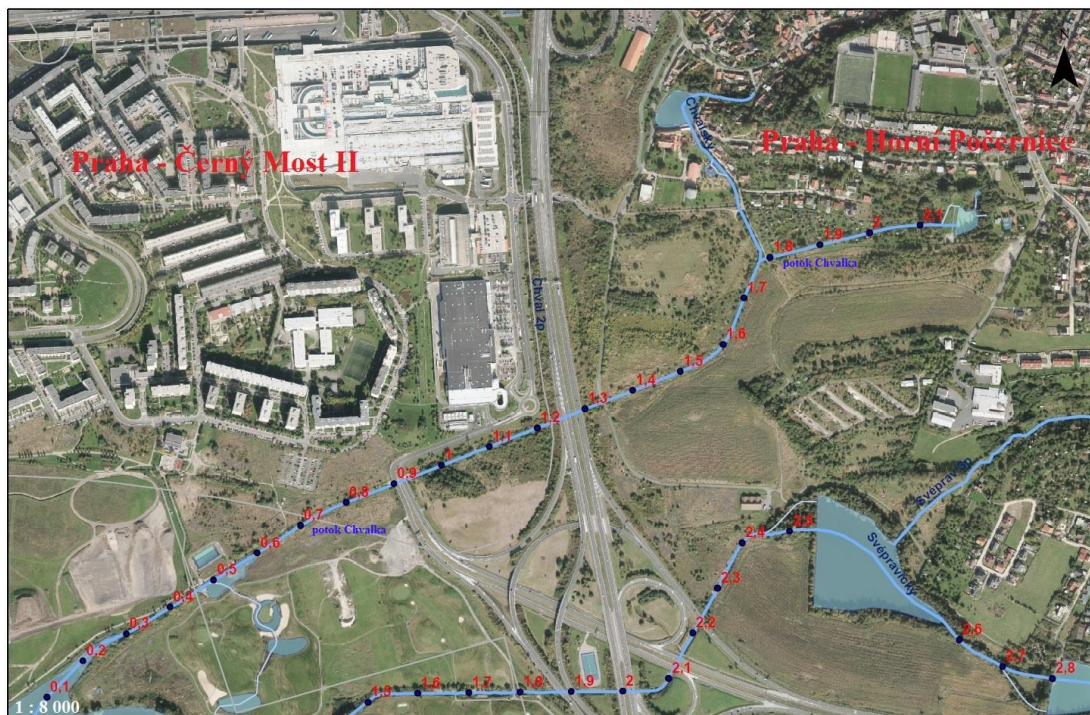
#### 4.1.1 Potok Chvalka (vytvořeno dle Sweco Hydroprojekt, 2007)

Potok Chvalka o délce 2,15 km se skrze rybník Martiňák vlévá do Svěpravického potoka, který je pravostranným přítokem Rokytky. Rokytky se vlévá do Vltavy v nadmořské výšce 180 m n. m. v Praze - Libni a je jejím pravostranným přítokem. Potok Chvalka pramení do malého jezírka ve výšce 266 m n. m. v Horních Počernicích v Praze, mezi ulicemi Na Chvalce a Slatinská.

Chvalka končí zaústěním do rybníka Martiňák (v některých publikacích uveden jako rybník Čeněk) stabilizovaným betonovým prahem a koryto je jednoduchého lichoběžníkového profilu. Dolní část svahu a dno koryta jsou

opevněny polovegetačními tvárnici. Svahy jsou osety travou a nejméně jednou ročně koseny.

V říčním kilometru 0,324 (ř. km) do toku z pravého břehu ústí litinová či ocelová trouba (DN 400 mm) se stálým přítokem relativně čisté vody. Z pravého břehu ústí do koryta v ř. km 0,426 betonová trouba (DN 1 600 mm) dešťové kanalizace z dešťové usazovací nádrže (DUN) Černý Most II stojící na pravém břehu koryta (viz. obr. č. 11). V této části činí průměrný spád cca 2 %.



Obr. č. 11: Potok Chvalka s uvedenými říčními kilometry (Zdroj: Magistrát hl. m. Prahy odbor ochrany prostředí).

V ř. km 0,463 je v korytě vybudována přehrádka z kamenné dlažby s účelem navýšení hladiny pro drobné jezírko sloužící k napájení jezírek v areálu golfového hřiště na levém břehu. V korytě se dále nachází zaplavený spádový stupeň (v ř. km 0,625) s závěrnými stabilizačními prahy a vývary.

Další spádový stupeň se nachází pod mostem u příjezdu do komerční zóny Černý Most II (ř. km 0,901). Konstrukčně je součástí mostního objektu a jeho spád činí 0,75 m. Koryto Chvalky je v mostním profilu stabilizováno kamennou dlažbou, jež sahá na délku mostních křídel pod i nad mostní profil. Pod i nad mostem do toku ústí řada odvodňovacích zařízení a v profilu mostu je na pravém břehu vyvedeno zaústění vod z mostní konstrukce.

V ř. km 0,989 je v korytě vybudován spádový stupeň o výšce 0,98 m a v ř. km 1,017 je do koryta z pravého břehu zaústěna dešťová kanalizace (DN 1 200 mm) odvodňující komerční zónu Černý Most II. Podél paty násypu Východní spojky (východní část Pražského okruhu) do Chvalky (z pravého břehu v ř. km 1,221) přitéká bezejmenný přítok, který odvodňuje část komerční zóny a Východní spojky. Spád dna toku od stupně v ř. km 0,901 po stupeň v ř. km 1,341 se pohybuje mezi 0,86 až 0,97 %.

Od příjezdu do komerční zóny až k násypu Východní spojky je levý břeh neudržovaný, porostlý keři a stromy, deroucími se až k břehové hraně. Postupně keřů i stromů ubývá a jsou nahrazovány rákosem a nakonec vysokou trávou s občasnými keři a stromy. Pravý břeh je zcela zastavěn komerčními budovami a silniční sítí. Pouze v nejbližší blízkosti pobřežní hrany se vyskytuje rákos s ojedinělým výskytem keřů a stromů.

Koryto toku dále pokračuje pod tělesem Východní spojky propustkem z ocelového pozinkovaného vlnitého plechu s betonovými čely. Nad komunikací pokračuje Chvalka v korytu s jednoduchým lichoběžníkovým profilem se dnem a dolní částí svahů koryta opevněnými polovegetačními tvárniciemi. V ř. km 1,338 křížuje tok příjezdová cesta k ČOV pod hrází rybníka Xaverovského 2 (Svépravický potok) a to částečně zaneseným propustkem se dvěma troubami (DN 1 200 mm). Provozu schopná je jen jedna trouba.

V ř. km 1,351 je spádový stupeň o výšce 37 cm, bez vývaru a dále tok pokračuje luční tratí. Oba břehy koryta v této části jsou porostlé neudržovanou vegetací, skládající se hlavně z rákosu, křovin a stromů. Vegetace tvoří téměř neproniknutelnou stěnu a koryto je zanesené a ztrácí se v ní. Součástí porostu v tomto úseku je i bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum* Sommier et Lévier).

Šikmý stupeň o výšce 15 cm v ř. km 1,651, je praktický celý ukryt v bujně vegetaci. Postupně vegetace řídne a koryto toku se stává viditelnějším. Opevnění v této části je zajištěno spárovanou kamennou dlažbou. V ř. km 1,742 je vybudován trojúhelníkový přeliv z PP desek. Deska je přibližně 4 cm tlustá a nemá upravenou ostrou hranu, tedy její technické provedení nesplňuje požadavek na měrný přeliv.

V ř. km 1,780 do potoka Chvalka vtéká z pravého břehu přítok od návesního rybníka Chvaly. V ř. km 1,786 těsně nad soutokem je na korytě vybudován trubní propustek (DN 800 mm) a kousek nad ním se nacházejí zbytky měrného přelivu s obdobnou konstrukcí jako měrný přeliv na ř. km 1,742. Zprava v ř. km 1,791 ústí do koryta ocelová trouba (DN 500 mm).

Koryto nad propustkem má stálý tvar jednoduchého lichoběžníkového profilu, se dnem i svahy až do poloviny délky opevněnými plnými betonovými deskami. Zbytek svahů je osázen trávou a koryto je zjevně pravidelně udržováno sečením.

Potok stoupá podél zahrádkářské kolonie na pravém břehu směrem k lokalitě Na Chvalce. V této části spád kolísá mezi 2,9 % až 6,66 % v nejhořejším úseku toku. V ř. km 1,911 přechází oplocení zahrádkářské kolonie z pravého i na levý břeh a koryto potoka Chvalka se stává její součástí. V ř. km 1,921 a 2,087 spojují oba břehy toku betonové lávky a v celém úseku z obou stran do koryta ústí značné množství drobných výustí.

Koryto končí funkčním objektem v hrázi rybníka Chvalka, jež měl převážně sloužit jako dočišťovací nádrž za bývalou ČOV v Horních Počernicích. Ta byla vybudována v lokalitě Na Chvalce a dnes z ní zůstaly pouze nádrže, sloužící jako DUN. Odtok z DUN je řešen kaskádovým skluzem ze zdiva z lomového kamene od výusti (DN 800 mm) pod bývalou ČOV v Horních Počernicích na východním břehu rybníka.

Rybník Chvalka je napájen z pramenní jímky pod skalou přibližně 30 m severně od rybníka. Přítok byl kdysi zatrubněn a po ucpaní potrubí je v současnosti voda vedená do rybníka přepadem a povrchovým neupraveným korytem.

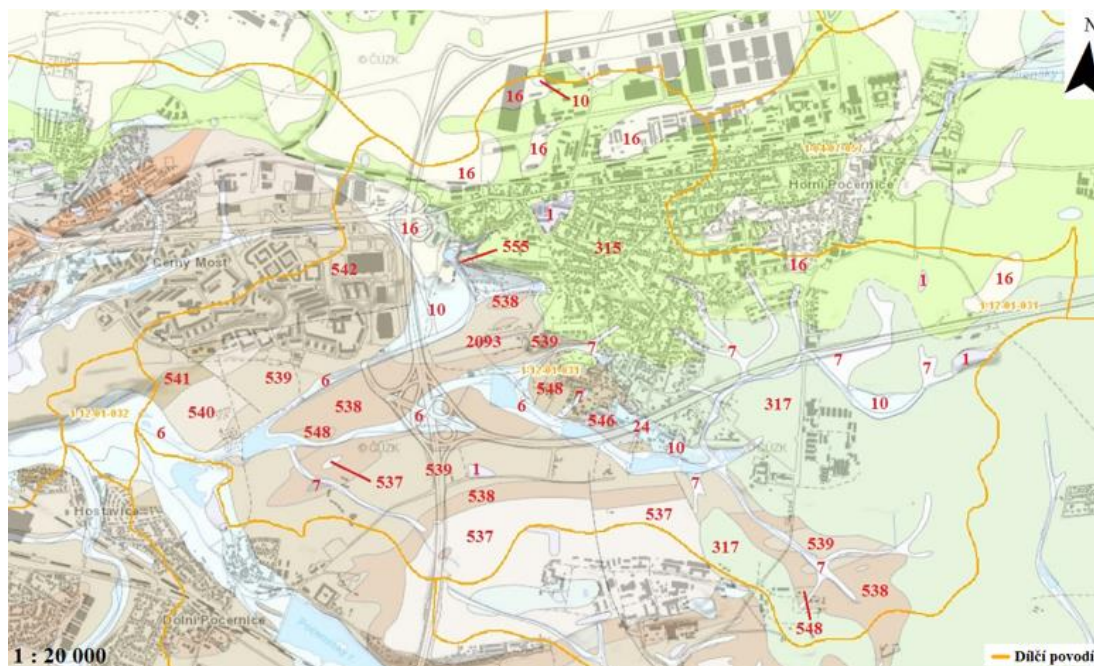
## **4.2 Geomorfologie a geologie**

Dílčí povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka, se nachází větší částí v subprovincii České tabule, konkrétněji v okrsku Čakovické tabule (kód: VIB-3E-b). Zbývající menší část dílčího povodí se vyskytuje v subprovincii Poberounské soustavy, v okrsku Úvalské plošiny (kód: VA-2A-c) (Kovanda et al., 2001).

Potok Chvalka protéká po kvartérních nivních sedimentech (viz. obr. č. 12). V okolí pramene mají největší zastoupení pískovce křemenné, jílovité až glaukonitické. Dále po proudu se v nejbližším okolí vyskytují tmavošedé jílovce a



prachovce, zelenavé jílovce, jílovité břidlice a kvartérní hlíny, písky a štěrky (Česká geologická služba, 2014, online).



Geologická jednotka	
<p>1. Český masív – krystalinikum a prevariské paleozoikum</p> <p>1.1. Barrandien</p> <p>1.1.1. Středočeská oblast (bohemikum)</p> <p>1.1.1.1. Paleozoikum Barrandienu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 538 – zelenavé jílovce, jílovité břidlice</li> <li>• 539 – tmavoséď jílovce, prachovce</li> <li>• 540 – prachovce, tmavé břidlice</li> <li>• 541 – černošedé jílovité břidlice</li> <li>• 542 – strídání drob, pískovců, prachovců a jílovitých břidlic</li> <li>• 546 – jílovité břidlice</li> <li>• 548 – černé břidlice, Fe rudy</li> <li>• 555 – silicity</li> </ul> <p>1.2. Barrandien, ostrovní zóna středočeského plutonu</p> <p>1.2.1. Středočeská oblast (bohemikum)</p> <p>1.2.1.1. Paleozoikum Barrandienu, rozmitálský ostrov</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 537 – pískovce, prachovce, jílovité břidlice, na bázi diamiktity</li> </ul> <p>1.3. Region nerozlišen</p> <p>1.3.1. Středočeská oblast (bohemikum)</p> <p>1.3.1.1. Jednotka nerozlišená</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2093 – lamprofyr</li> </ul>	<p>2. Český masív – pokryvné útvary a potvariské magmatity</p> <p>2.1. Česká křídová pánev</p> <p>2.1.1. Křída</p> <p>2.1.1.1. Jednotka nerozlišená</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 315 – pískovce křemenné, jílovité, glaukonitické</li> <li>• 317 – jílovce, uhelné jílovce, uhlí, prachovce, pískovce, slepenec</li> </ul> <p>2.2. Region nerozlišen</p> <p>2.2.1. Kvartér</p> <p>2.2.1.1. Jednotka nerozlišená</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 – navážka, halda, výsypka, odval</li> <li>• 6 – nívní sedimenty</li> <li>• 7 – smíšený sediment</li> <li>• 10 – hlína, písek, štěrk</li> <li>• 16 – spraš a sprašová hlína</li> <li>• 24 – písek, štěrk</li> </ul>

Obr. č. 12: Geologické jednotky v dílčím povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka (Zdroj: Česká geologická služba, 2014, online).

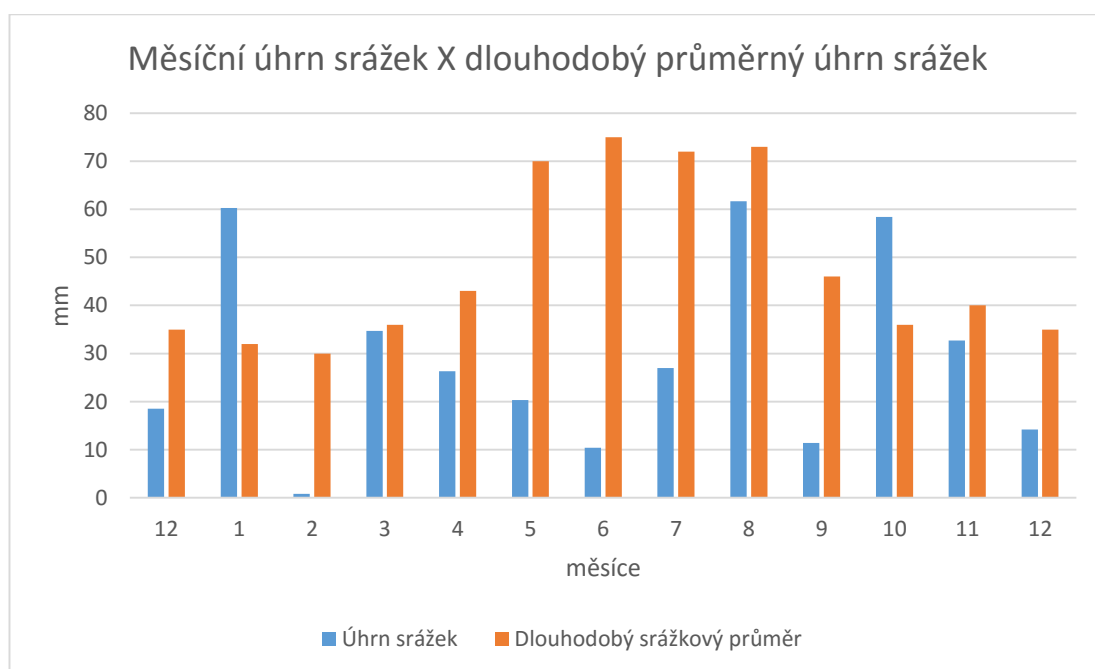
### 4.3 Klima

Dle klasifikace klimatu podle Quitta z Atlasu podnebí Česka (Tolasz, 2007) z pozorování 1901 – 1950 spadá dílčí povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka do klimatické oblasti teplé (klimatické podoblasti T2), u které se jedná o dlouhé suché a teplé léto, velmi krátká přechodná období, mírně teplé až teplé jaro a podzim, krátkou suchou až velmi suchou a mírně teplou zimu.

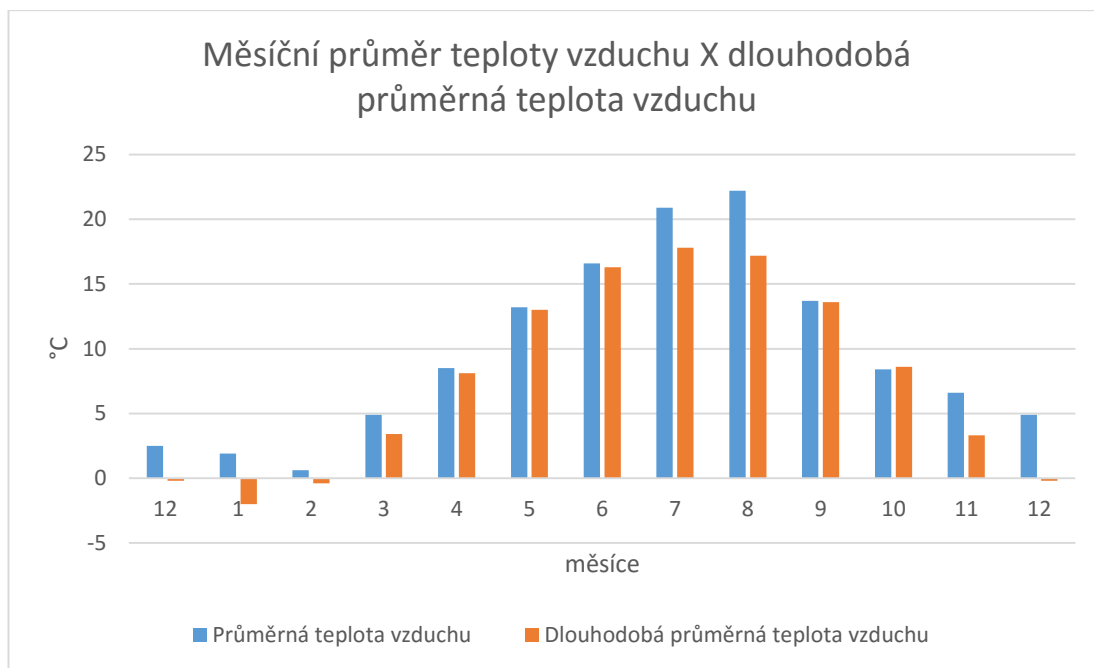
V Atlase krajiny ČR (Hrnčiarová et al., 2009) jsou uvedeny pozorování za roky 1961 – 2000. Bylo vytvořeno 5 odlišných klimatických oblastí na základě délky

ročních období podle počtu dnů s charakteristickými teplotami (dále členěných dle srážkových úhrnů, hypsometrie terénu a průměrné teploty jednotlivých ročních období). V případě dílčího povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka klimatická podoblast T2 podle Quitta odpovídá teplé oblasti podle Atlasu krajiny ČR, u které se jedná o dlouhé (40 – 50 dnů), teplé (průměrné teploty 15 – 16 °C) a přiměřeně vlhké léto (200 – 400 mm), krátká přechodná období, mírně teplé jaro (průměrná teplota 7 – 8 °C) a teplý podzim (průměrná teplota 8 – 9 °C), normálně dlouhou (50 – 60 ledových dnů), mírně chladnou (průměrná teplota -2 až -3 °C) s vyššími srážkami (> 400 mm).

V dílčím povodí se nenachází žádná meteorologická stanice. Jako informační zdroj o srážkových úhrnech (obr. č. 13) a teplotě vzduchu (obr. č. 14) byla využita data nejbližší meteorologické stanice SSŠVT v Praze 9 (Prosek – Litvínovská 600/1) vzdálené vzdušnou čarou cca 5,5 km od dílčího povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka.



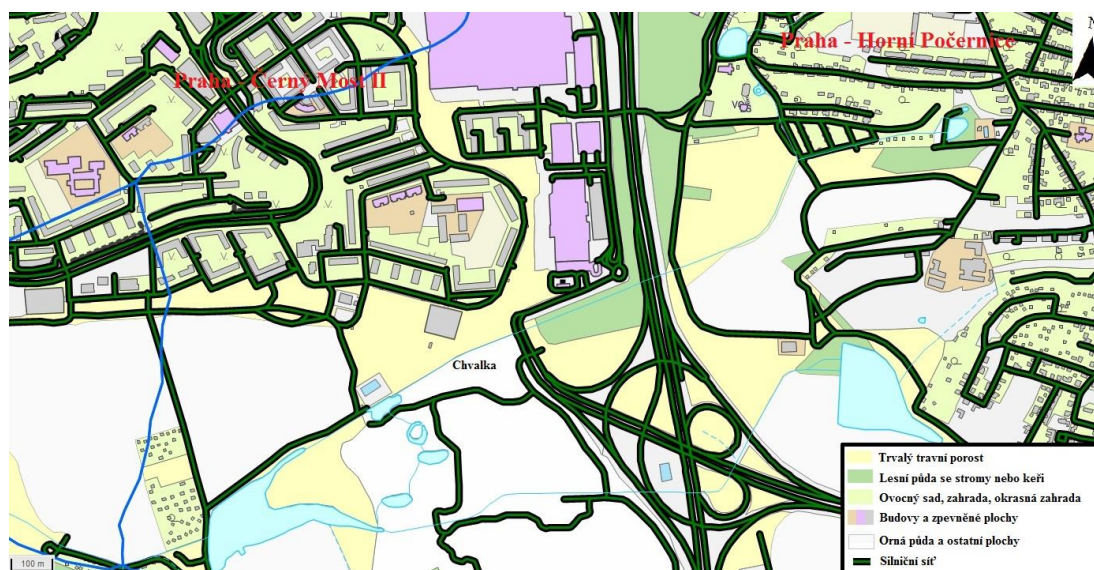
Obr. č. 13: Měsíční úhrn srážek v letech 2014/2015 ve srovnání s dlouhodobým průměrem úhrnu srážek v letech 1961 až 1990 (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online; ČHMÚ, online).



Obr. č. 14: Průměrná měsíční teplota vzduchu v letech 2014/2015 ve srovnání s dlouhodobým průměrem teploty vzduchu (Zdroj: ČHMÚ, online).

#### 4.4 Zastavěnost a doprava

Jak je možné vidět na obr. č. 15, v blízkosti toku se nachází značná část silniční sítě, budov a jiných zpevněných ploch. I přes značné množství zpevněných ploch převažují v blízkém okolí toku tzv. nezpevněné plochy (trvalý travní porost, lesní půdy, orné půdy atd.).



Obr. č. 15: Využití území v blízkosti potoka Chvalka (Zdroj: Geoportal, online).

V dílčím povodí potoka Chvalka a Svěpravického potoka se vyskytuje cca 0,07 km<sup>2</sup> parkovišť a přibližně 0,95 km<sup>2</sup> průmyslových a skladovacích zón. Dále se v dílčím povodí nalézají cca 67 km silniční sítě s poměrně vysokou zatížeností automobilové dopravy. Např. na úseku Východní spojky mezi 59 (Chlumecká) a 60 km (Dálnice D11) projede průměrně 61 200 vozidel/den, což řadí tento úsek mezi nejvíce zatížené rychlostní silnice automobilovou dopravou (na prvním místě je s 66 975 vozidly/den (viz. tabulka č. 12) úsek Pražského okruhu mezi Slivencem a Ořechem) (ŘSD ČR, 2010, online).

Rok	Číslo uzlu		ULICE	Začátek	Konec	Délka (m)	Osobní automob.	Pomalá vozidla	Bus (MHD)	Tram. spoju	Vozidel celkem
	U1	U2									
2010	9010	9033	PRAŽ OKRUH	CHLUMECKÁ	DÁLNIČE D11	1200	20500	4500	0	0	25000
2010	9010	9033	PRAŽ OKRUH	DÁLNIČE D11	CHLUMECKÁ	1200	22200	4900	0	0	27100
2011	9010	9033	PRAŽ OKRUH	CHLUMECKÁ	DÁLNIČE D11	1200	21900	4000	0	0	25900
2011	9010	9033	PRAŽ OKRUH	DÁLNIČE D11	CHLUMECKÁ	1200	21700	4800	0	0	26500
2012	9010	9033	PRAŽ OKRUH	CHLUMECKÁ	DÁLNIČE D11	1200	25800	5300	0	0	31100
2012	9010	9033	PRAŽ OKRUH	DÁLNIČE D11	CHLUMECKÁ	1200	26900	5500	0	0	32400
2013	9010	9033	PRAŽ OKRUH	CHLUMECKÁ	DÁLNIČE D11	1200	28100	6500	0	0	34600
2013	9010	9033	PRAŽ OKRUH	DÁLNIČE D11	CHLUMECKÁ	1200	33500	5800	0	0	39300
2014	9010	9033	PRAŽ OKRUH	CHLUMECKÁ	DÁLNIČE D11	1200	24400	5600	0	0	30000
2014	9010	9033	PRAŽ OKRUH	DÁLNIČE D11	CHLUMECKÁ	1200	28400	5700	0	0	34100

Tabulka č. 12: Sčítání množství vozidel jedoucích mezi 59 a 60 km Pražského okruhu za den v letech 2010 až 2014 (Zdroj: Technická správa komunikací hl. m. Prahy – úsek dopravního inženýrství, 2016, in litt.).

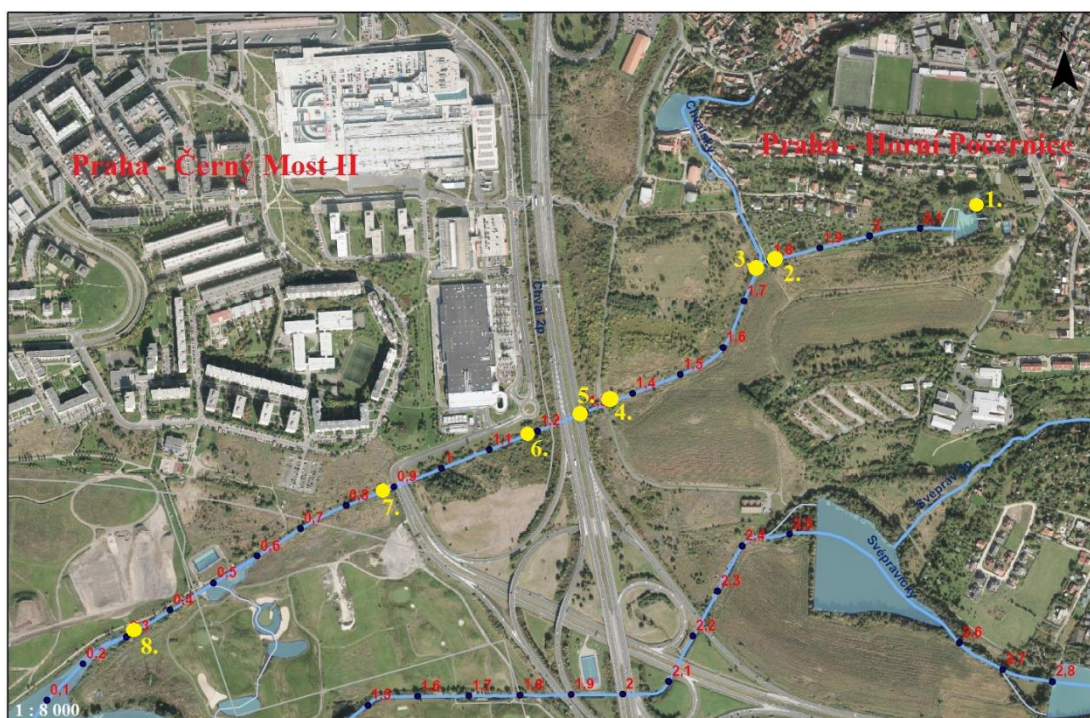


## 5 Metodika

### 5.1 Odběr vzorků vody a rozbor ukazatelů jakosti vody

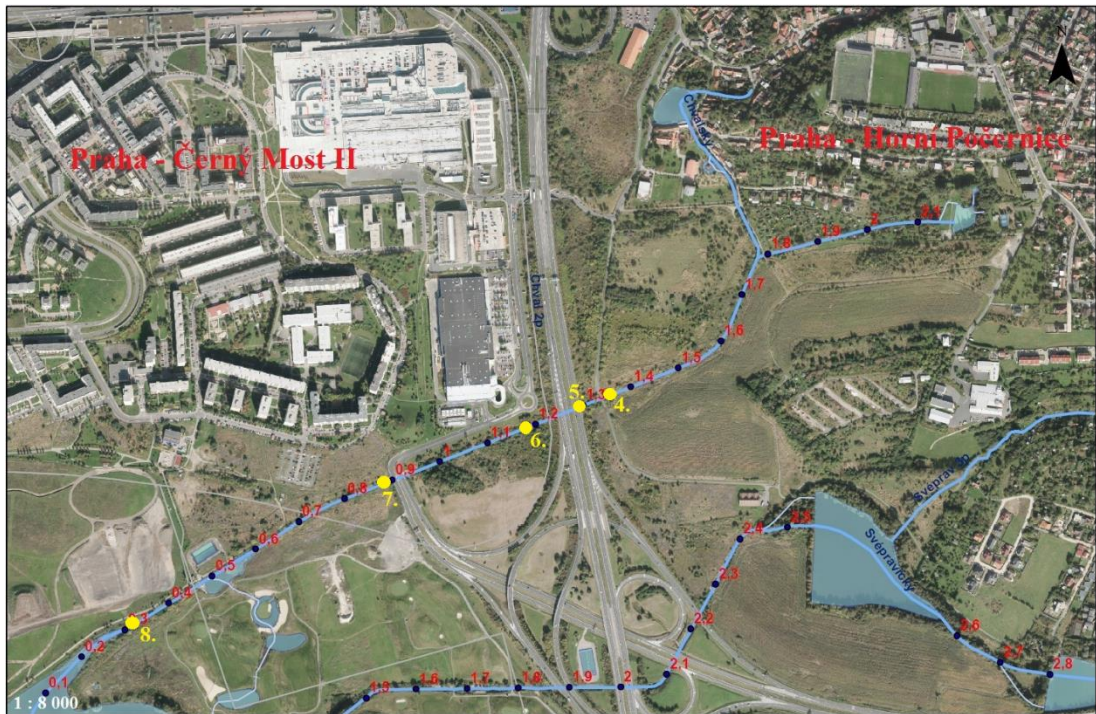
#### 5.1.1 Odběry vzorků vody

Odběry vzorků byly dvojího typu. První proběhly 4 krát mezi lety 2014 až 2015 a to na 8 předem vybraných lokalitách (obr. č. 16) v celé délce drobného vodního toku Chvalka. Druhý typ odběrů probíhal na 5 vybraných lokalitách blízko pražského okruhu (obr. č. 17) v toku Chvalka a to vždy před a po srážkové události v roce 2015. Zatímco cílem prvního typu odběrů bylo zjistit kvalitu vody ve vodním toku během suchého období, druhý typ odběrů byl zaměřen na sledování vlivu odvodnění Východní spojky na kvalitu vody během dešťových událostí, tzn. posouzení akutního versus chronického stavu toku. Voda u obou dvou typů byla vždy odebírána v proudnici toku do 1 litrových plastových láhví, které byly důkladně vymyty. Odebrané vzorky byly mrazeny a v co nejbližší době analyzovány v laboratoři (Kostelec nad Černými lesy) České zemědělské univerzity v Praze.



Obr. č. 16: 8 vybraných lokalit pro první typ odběrů vzorků (Zdroj: Magistrát hl. m. Prahy odbor ochrany prostředí).





Obr. č. 17: 5 vybraných lokalit pro druhý typ odběrů vzorků (Zdroj: Magistrát hl. m. Prahy odbor ochrany prostředí).

### 5.1.2 Přehled hodnocených lokalit

K odběru vzorků bylo vytypováno celkem 8 lokalit, tak aby co nejlépe vystihovaly možné zdroje znečištění a účinnost samočisticí schopnosti toku.

#### **Lokalita č. 1: GPS - 50°06'28.7"N, 14°36'01"E (WGS84)**

Lokalita se nachází v horní části drobného vodního toku Chvalka, 15 metrů od skalního pramene tohoto toku. Dno je zpevněno kameny. Břežky a blízké okolí jsou zatravněné. Lokalitu č. 1 dokumentuje obr. č. 18.



Obr. č. 18: 1 – skalní pramen drobného vodního toku Chvalka; 2 – lokalita č. 1 pro odběr vzorků vody v pohledu po proudu.



### **Lokalita č. 2: GPS - 50°06'23.4"N, 14°35'42"E (WGS84)**

Lokalita (viz. obr. č. 19) je situovaná u jihozápadního okraje zahrádkářské osady, přibližně 20 metrů před soutokem vodního toku Chvalka s tokem vytékajícím z revitalizovaného rybníku Chvalky. Kvalitu vody může ovlivnit rybník Chvalka (405 m zpět proti proudu) do kterého vede výpusť z bývalé ČOV Horní Počernice (dnes DUN). Jakost vody může být dále ovlivněna i splachy ze zahrádkářské osady, kterou Chvalka protéká. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je silně zahloubeno. Dno a břehy jsou opevněny betonovými deskami, které zabraňují kontaktu vody se substrátem. Nejbližší okolí je zatravněné a pravidelně sečené s malým počtem křovin a stromů.



Obr. č. 19: 1- lokalita č. 2 pro odběr vzorků vody v pohledu proti proudu; 2 – drobný vodní tok Chvalka protékající zahrádkářskou osadou v pohledu proti proudu.

### **Lokalita č. 3: GPS - 50°06'22.3"N, 14°35'40.7"E (WGS84)**

Lokalita se nachází 31 metrů od jihozápadního okraje zahrádkářské osady, přibližně 13 metrů za soutokem vodního toku Chvalka s tokem vytékajícím z revitalizovaného rybníku Chvaly. Kvalita vody může být ovlivněna stejně jako lokalita č. 2, avšak navíc ji mohou ovlivnit splachy přitékající tokem z rybníka

Chvaly. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je silně zahloubeno. Dno a břehy jsou pokryty betonovými deskami a v nejbližším okolí se nacházejí křoviny a ovocné stromy. Lokalitu č. 3 dokumentuje obr. č. 20.



Obr. č. 20: Lokalita č. 3 pro odběr vzorků vody v pohledu po proudu.

**Lokalita č. 4: GPS - 50°06'13.1"N, 14°35'28.2"E (WGS84)**

Lokalita se nachází 43 metrů od pravého okraje Pražského okruhu (obr. č. 21). Touto lokalitou končí nejvíce přirozeně vypadající část toku Chvalka a kvalita vody může být zatížena splachy z přilehlého pole. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je silně zahloubeno. Dno je pokryto betonovými deskami a břehy jsou zatravněné s ruderální vegetací.





Obr. č. 21: 1 – lokalita č. 4 pro odběr vzorků vody v pohledu proti proudu; 2 – nejvíce přirozená část toku Chvalka.

**Lokalita č. 5: GPS - 50°06'12.6"N, 14°35'26.5"E (WGS84)**

Lokalita se nalézá pod Pražským okruhem, přibližně 10 metrů od východního vstupu do zatrubněné části toku Chvalka. Kvalita vody v této části toku může být ovlivněná splachy z Horních Počernic a Východní spojky. Koryto toku vede v 2 metry širokém ocelovém potrubí s dnem pokrytým betonovými deskami. Lokalitu č. 5 dokumentuje obr. č. 22.



Obr. č. 22: Lokalita č. 5 pro odběr vzorků vody v pohledu po proudu.

**Lokalita č. 6: GPS - 50°06'10.5"N, 14°35'20.8"E (WGS84)**

Lokalita se nachází 49 m od levého okraje Pražského okruhu a 31 m od vyústění bezejmenného toku odvodňujícího část komerční zóny Černý Most II a Východní spojky do vodního toku Chvalka (obr. č. 23). Kvalita vody může být zatížena splachy z komerční zóny a Východní spojky. Dále může být ovlivněna 78 metry zatrubněné části toku vedoucí pod Pražským okruhem. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je silně zahloubeno. Dno je zpevněno polovegetačními tvárnicemi. Břehy a blízké okolí jsou zarostlé nízkými keři a stromy.



Obr. č. 23: Lokalita č. 6 pro odběr vzorků vody v pohledu po proudu.

**Lokalita č. 7: GPS - 50°06'05.8"N, 14°35'07.7"E (WGS84)**

Lokalita se nalézá 16 m od mostu silnice Chlumecká (přes drobný vodní tok Chvalka) vedoucí k Obchodnímu centru Černý Most a D11. Dále se nachází přibližně 100 m od sídliště Černý Most II. Kvalita vody může být ovlivněná splachy ze silnice Chlumecká, Východní spojky, z komerční zóny Černý Most II a černou skládkou přímo v toku pod mostem silnice Chlumecká. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je velmi silně zahloubeno. Břehy a dno jsou pokryty polovegetačními tvárnicemi s travinami a keři. Lokalitu č. 7 dokumentuje obr. č. 24.





Obr. č. 24: 1 - lokalita č. 7 pro odběr vzorků vody v pohledu proti proudu; 2, 3 – černá skládka v toku pod mostem silnice Chlumecká.

**Lokalita č. 8: GPS - 50°05'55.1"N, 14°34'45.7"E (WGS84)**

Lokalita se vyskytuje přibližně 150 m od rybníku Martiňák, do kterého se Chvalka vlévá a 25 m od staveniště budoucího parku u Čenku (obr. č. 25). Kvalita vody může být ovlivněna nově vybudovaným jezírkem u golfového hřiště, vodou pocházející z DUN Černý Most II (bývalé ČOV), splachy z přilehlého golfového hřiště, splachy ze sídliště Černý Most II a přilehlého staveniště parku U Čenku. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je velmi silně zahloubeno. Břehy a dno jsou zpevněny polovegetačními tvárnicemi s travinami a rákosem.





Obr. č. 25: 1 - lokalita č. 8 pro odběr vzorků vody v pohledu proti proudu; 2 - staveniště budoucího parku u Čenku; 3 – jezírko u golfového hřiště.

### 5.1.3 Rozbor ukazatelů jakosti vody

Kvalita vody v drobném vodním toku Chvalka byla hodnocena na základě 16 fyzikálně-chemických ukazatelů.

#### Použité přístroje a zařízení:

- Multimetr přenosný Hach Lange HQ30d flexi (Hach Lange)
- Analytické váhy R200D (SATORIUS/Německo)
- Spektrofotometr Cary 60 UV-VIS (Agilent Technologies/USA)
- Atomový absorpční spektrometr Agilent 55B AA – plamen (Agilent Technologies/USA)
- Atomový absorpční spektrometr Agilent 240/Z – kyveta (Agilent Technologies/USA)

#### Použité chemikálie:

- Vybarvovací činidlo pro stanovení  $N-NO_2^-$ 
  - Kyselina fosforečná
  - Amid kyseliny sulfanilové (Lachner)

- NED-dihydrochlorid
- Vybarvovací činidlo pro stanovení  $\text{N-NH}_4^+$ 
  - Salicylan sodný (Lachner)
  - Dihydrát citronan trisodný (Lachner)
  - Nitroprussid sodný (Lachner)
- Alkalický roztok pro stanovení  $\text{N-NH}_4^+$
- Kyselina sírová (Penta)
- Peroxodisíran draselný (Lachner)
- Kyselina askorbová (Lachner)
- Kyselý roztok molibdenanu amonného
  - Molibdenan amonný (Lachner)
  - Vinan antimonylodraselný (Penta)
- Chlorid barnatý dihydrát (Lachner)
- Činidlo pro stanovení  $\text{SO}_4^{2-}$ 
  - Chlorid sodný (Lachner)
  - Kyselina chlorovodíková
- Dusičnan stříbrný (Penta)
- Chromanový indikátor
  - Chroman draselný (Penta)
- Demineralizovaná voda

**Teplota, pH, vodivost, rozpuštěný kyslík:**

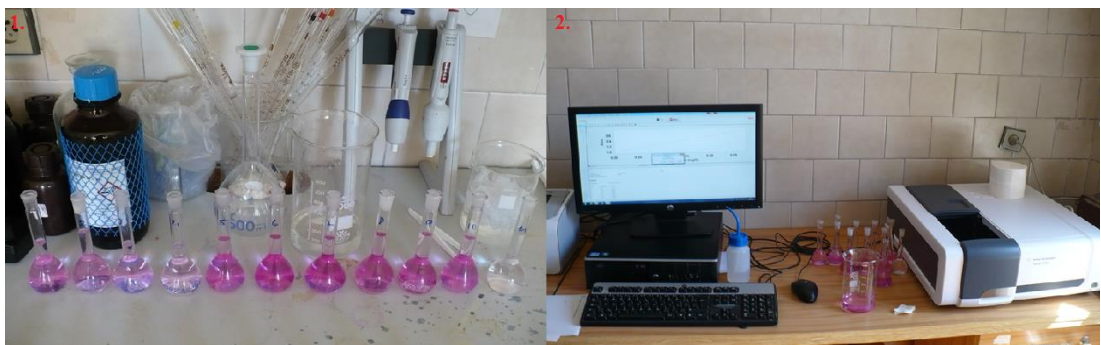
Všechny tyto ukazatele byly měřeny multimetrem Hach Lange (viz. obr. č. 26) s připojenou selektivní elektrodou k tomu určenou, ponořením sondy přímo do recipientu.



Obr. č. 26: Multimetr Hach Lange se sondami.

**Dusitanový dusík N-NO<sub>2</sub>: (molekulární absorpční spektrofotometrická metoda):**

Odebraný vzorek byl v laboratoři přelit do 40 ml odměrné baňky, do které se přidal 1 ml vybarvovacího činidla<sup>1</sup>. Odměrná baňka se promíchala, doplnila destilovanou vodou po rysku na 50 ml a nechala stát 20 minut. Poté se směs změřila ve spektrofotometru při vlnové délce 540 nm v 1 cm kyvetě (ČSN EN 26777, 1995).



Obr. č. 27: 1 – vzorky připravené k měření dusitanového dusíku ve spektrofotometru; 2 – spektrofotometr.

<sup>1</sup> Viz. seznam použitých chemikálií (str. 68)

### Dusičnanový dusík N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:

Dusičnanový dusík byl měřen využitím multimetru Hach Lange s připojenou selektivní elektrodou k tomu určenou v laboratoři.

### Amoniakální dusík N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (indofenolová metoda):

Odebraný vzorek byl v laboratoři přelit do 40 ml odměrné baňky, do které se přidaly 4 ml vybarvovacího činidla a 4 ml alkalického roztoku. Odměrná baňka se promíchala, doplnila destilovanou vodou po rysku na 50 ml a nechala stát 60 minut. Poté se směs změřila ve spektrofotometru při vlnové délce 655 nm v 1 cm kvytě (ČSN ISO 7150-1, 1994).



Obr. č. 28: Vzorky připravené k měření amoniakálního dusíku ve spektrofotometru.

### Celkový fosfor P<sub>c</sub> (Spektrofotometrická metoda stanovení rozpuštěných orthofosforečnanů):

Odebraný vzorek byl přelit do 40 ml odměrné baňky, do které se přidalo pár kapek H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 4 ml peroxidisíranu. Takto připravený vzorek se vařil 30 minut a objem směsi se po celou dobu udržoval pomocí destilované vody na 20 až 30 ml. Po vychladnutí se směs přelila do 50 ml odměrných baněk, do kterých se následně přidal 1 ml kyseliny askorbové, 2 ml kyselého roztoku molybdenanu amonného<sup>2</sup>, celá směs

<sup>2</sup> Viz. seznam použitých chemikálií (str. 68)



se zamíchala a doplnila po rysku destilovanou vodou. Po 15 minutách se konečná směs změřila ve spektrofotometru při vlnové délce 880 nm v 1 cm kyvetě (ČSN EN ISO 6878, 2005).



Obr. č. 29: Vzorky připravené k měření celkového fosforu ve spektrofotometru.

### **Sírany $\text{SO}_4^{2-}$ (turbidimetrická metoda):**

Na laboratorní váze se do zkumavky navážilo 0,03 g rozetřeného  $\text{BaCl}_2$ . Do zkumavky s takto naváženým  $\text{BaCl}_2$  se nalilo 10 ml odebraného vzorku a 1 ml činidla<sup>3</sup>. Tato směs se promíchala a po 10 minutách změřila ve spektrofotometru při vlnové délce 500 nm v 1 cm kyvetě (EPA 375.4, 1978).

<sup>3</sup> Viz. seznam použitých chemikálií (str. 68)



Obr. č. 30: Vzorky připravené k měření síranů ve spektrofotometru.

### **Chloridy Cl<sup>-</sup> (Argentometrické stanovení dle Mohra):**

Nejprve bylo důležité si stanovit přesnou koncentraci AgNO<sub>3</sub> pomocí 10 ml NaCl (0,02M) daného do 100 ml odměrné baňky a doplněné po rysku demineralizovanou vodou. Takto připravený vzorek se vлил do titrační baňky s 1 ml chromanového indikátoru<sup>4</sup> a byl titrován roztokem AgNO<sub>3</sub>. Přesná koncentrace AgNO<sub>3</sub> se vypočítala dle následujícího vzorce:

$$c(\text{AgNO}_3) = (c_{\text{NaCl}}/v_{\text{NaCl}})/v_{\text{AgNO}_3}$$

Dále se do titrační baňky odměří 100 ml vzorku, přidá se 1 ml chromanového indikátoru a titruje se dusičnanem stříbrným (0,02M) do vzniku červenohnědého zbarvení. Data z měření se spolu s neměnnou konstantou f (35453) dosadila do následujícího vzorce a vypočítala se tak koncentrace chloridů ve vzorku (ČSN ISO 9297).

$$c(\text{Cl}^-) = (v_{\text{AgNO}_3} - v_{\text{slep}}) * c_{\text{AgNO}_3} * f / v_{\text{vzorku}}$$

<sup>4</sup> Viz. seznam použitých chemikálií (str. 68)



Obr. č. 31: stanovení množství chloridů v odebraném vzorku pomocí titrace.

### **Zinek (Zn):**

Zinek byl stanoven pomocí atomového absorpčního spektrometru Agilent 55B AA – plamen (viz. obr. č. 32). Z důvodu finanční náročnosti byly analyzovány pouze vzorky odebrané před a po dešti.



Obr. č. 32: Atomový absorpční spektrometr Agilent 55B AA – plamen pro stanovení zinku.

**Nikl, kadmium, měď a olovo:**

Tyto těžké kovy byly stanoveny pomocí atomového absorpčního spektrometru Agilent 240/Z – kyveta (viz. obr. č. 33). Z důvodu finanční náročnosti byly u niklu, kadmia (pouze vybrané vzorky) mědi a olova analyzovány pouze vzorky odebrané před a po dešti.



Obr. č. 33: Atomový absorpční spektrometr Agilent 240/Z – kyveta pro stanovení niklu, kadmia, mědi a olova.



## 5.2 Odběr vzorků sedimentu a jejich rozbor

### 5.2.1 Odběr vzorků sedimentu

Odběr sedimentů proběhl jednorázově a to dne 2. 7. 2015 na 9 lokalitách v co největší blízkosti lokalit odběrů vzorků vody (obr. č. 34). Sedimenty byly odebírány ve středu toku do plastových misek (obr. č. 35). Sediment je považován za ukazatel dlouhodobého zatížení vodního prostředí prioritními polutanty, z těchto důvodů je možné jeden odběr sedimentu považovat za dostatečně reprezentativní pro potřeby diplomové práce a posouzení vlivu silniční dopravy na dlouhodobý chemický stav toku.



Obr. č. 34: 9 vybraných lokalit pro odběr vzorků sedimentu (Zdroj: Magistrát hl. m. Prahy odbor ochrany prostředí).



Obr. č. 35: Odběr vzorku sedimentu do plastových misek.

### 5.2.2 Přehled hodnocených lokalit

K odběru vzorků bylo vytypováno celkem 9 lokalit, tak aby co nejlépe vystihovaly možné zdroje znečištění a byli co nejbližší lokalitám pro odběry vzorků vody. Některé lokality pro odběr sedimentů nejsou zcela totožné s lokalitami pro odběr vody, protože na některých lokalitách nebyl příhodné sedimentační podmínky, které by umožnily akumulaci dostatečného množství sedimentu potřebného pro odběr reprezentativního vzorku pro chemické analýzy.

#### **Lokalita č. 1: GPS - 50°06'28.3"N, 14°36'01.4"E (WGS84)**

Lokalita č. 1 je malé jezírko vzdálené 3 m po proudu od lokality č. 1 odběrů vzorků vody. Tuto lokalitu dokumentuje obr. č. 36.





Obr. č. 36: 1 – lokalita č. 1 odběru vzorku sedimentu v pohledu proti proudu; 2 – revitalizovaný rybník Chvalka.

**Lokalita č. 2: GPS - 50°06'23"N, 14°35'41.1"E (WGS84)**

Lokalita se nachází 23 metrů od jihozápadního okraje zahrádkářské osady, přibližně 3 metry za soutokem vodního toku Chvalka s tokem vytékajícím z revitalizovaného rybníku Chvaly (obr. č. 37). Vliv na kvalitu vody, vzhled dna, břehů a okolí je identické s lokalitou č. 3 u odběrů vzorků vody.



Obr. č. 37: 1 – lokalita č. 2 odběru vzorku sedimentu v pohledu po proudu; 2 – revitalizovaný rybník Chvaly.

**Lokalita č. 3: GPS - 50°06'13.1"N, 14°35'28.2"E (WGS84)**

Lokalita č. 3 je identická s lokalitou č. 4 u odběrů vzorků vody.

**Lokalita č. 4: GPS - 50°06'11.4"N, 14°35'23"E (WGS84)**

Lokalita se nachází pod Východní spojkou, přibližně 2 metry od západního vstupu do zatrubněné části toku Chvalka. Vliv na kvalitu vody, vzhled dna, břehů a

okolí je identický s lokalitou č. 5 u odběrů vzorků vody. Lokalitu č. 4 dokumentuje obr. č. 38.



Obr. č. 38: Lokalita č. 4 odběru vzorku sedimentu v pohledu proti proudu.

**Lokalita č. 5: GPS - 50°06'08.2"N, 14°35'14.5"E (WGS84)**

Lokalita č. 5 se vyskytuje 54 m jižně od benzínové pumpy Globus Černý Most a 117 m od mostu silnice Chlumecká vedoucí přes drobný vodní tok Chvalka (obr. č. 39). Kvalita vody může být zatížena splachy z Černého Mostu II a Východní spojky. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je velmi silně zahloubeno. Dno je zpevněno polovegetačními tvárnicemi. Břehy a blízké okolí jsou zarostlé nízkými keři a stromy.





Obr. č. 39: Lokalita č. 5 odběru vzorku sedimentu v pohledu proti proudu.

**Lokalita č. 6: GPS - 50°06'06"N, 14°35'08.3"E (WGS84)**

Lokalita se nachází 11 m před (proti proudu) lokalitou č. 7 u prvního typu odběrů vzorků vody. Vliv na kvalitu vody, vzhled dna, břehů a okolí je identický s lokalitou č. 7 u odběrů vody. Lokalitu č. 6 dokumentuje obr. č. 40.

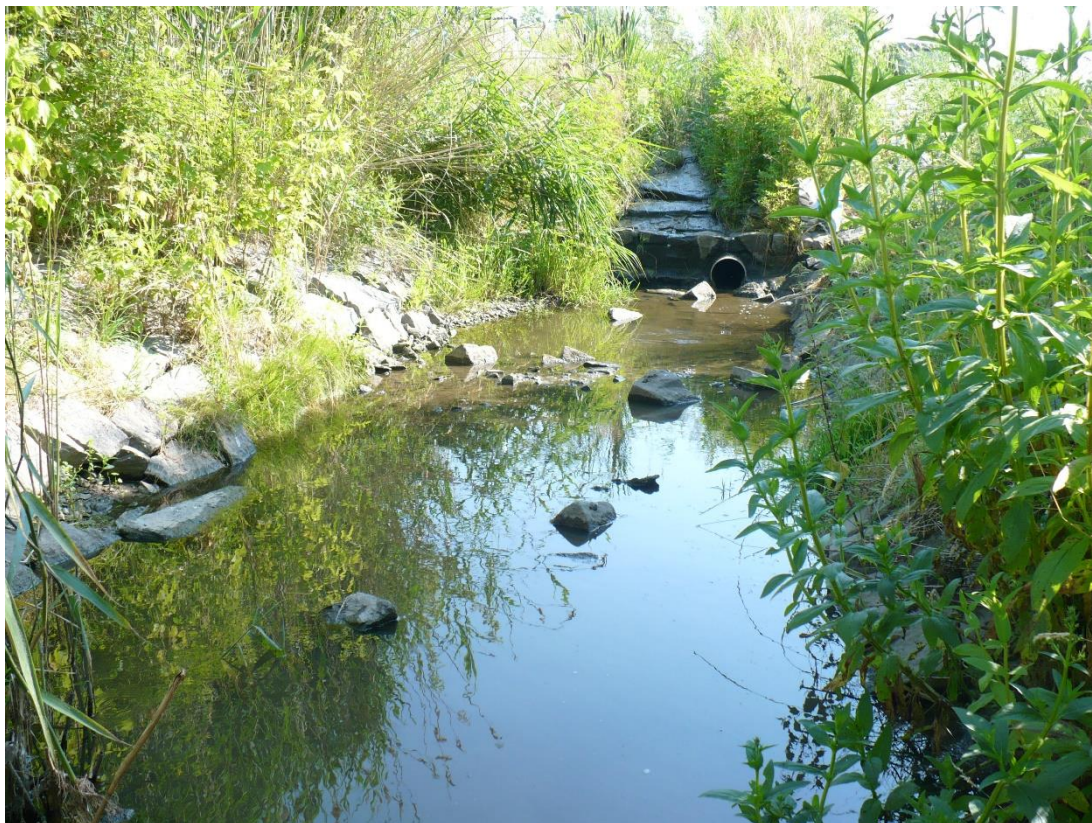


Obr. č. 40: Lokalita č. 6 odběru vzorku sedimentu v pohledu po proudu.



**Lokalita č. 7: GPS - 50°05'57.6"N, 14°34'50.5"E (WGS84)**

Lokalita č. 7 se vyskytuje 17 m pod nově vybudovaným jezírkiem sloužícím k napájení jezírek golfového hřiště (obr. č. 41). Kvalita vody může být ovlivněna jezírkiem napájejícím golfové hřiště, splachy z golfového hřiště a sídliště Černý Most II. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je velmi silně zahloubeno. Dno je zpevněno polovegetačními tvárniciemi a břehy jsou opevněny kameny s travinami a ruderalní vegetací.



Obr. č. 41: Lokalita č. 7 odběru vzorku sedimentu v pohledu proti proudu.

**Lokalita č. 8: GPS - 50°05'57.1"N, 14°34'49.5"E (WGS84)**

Lokalita se nachází 1 m pod vyústěním odtoku z dešťové usazovací nádrže (bývalé ČOV) Černý Most II. Kvalita vody může být ovlivněna touto dešťovou usazovací nádrží, tak i splachy ze sídliště Černý Most II a golfového hřiště. Koryto toku má jednoduchý lichoběžníkový profil a je velmi silně zahloubeno. Dno a břehy jsou opevněny polovegetačními tvárniciemi s travinami a rákosem. Lokalitu č. 8 dokumentuje obr. č. 42.



Obr. č. 42: Lokalita č. 8 odběru vzorku sedimentu v pohledu proti proudu.

**Lokalita č. 9: GPS - 50°05'55.1"N, 14°34'45.7"E (WGS84)**

Lokalita č. 9 je identická s lokalitou č. 8 u odběrů vzorků vody (obr. č. 43).





Obr. č. 43: Lokalita č. 8 odběru vzorku sedimentu v pohledu proti proudu.

### **5.2.3 Rozbor sedimentů**

Po odběru byly vzorky sedimentů zamraženy. Sušení bylo provedeno lyofilizací, vymražením. Usušené vzorky byly přesívány přes síto o velikosti ok 0,08 mm (obr. č. 44) a rozbor vzorků sedimentu byly provedeny v laboratoři ČZU v Kostelci nad Černými Lesy.





Obr. č. 44: Přesívání usušených vzorků sedimentů přes síto o velikosti ok 0,08 mm.

**Použité přístroje a zařízení:**

- Analytické váhy R200D (SATORIUS/Německo)
- Zařízení na mikrovlnný rozklad MWS-2 (Berghof/Německo)
- Atomový absorpční spektrometr Agilent 55B AA – plamen (Agilent Technologies/USA)
- Atomový absorpční spektrometr Agilent 240/Z – kyveta (Agilent Technologies/USA)

**Použité chemikálie:**

- Kyselina dusičná 65 % (Lachner)
- Demineralizovaná voda

Na laboratorní váze bylo nejprve naváženo maximálně 0,1999 g odebraného vzorku sedimentu. Navážený vzorek se přesypal do speciální kyvety (viz. obr. č. 45) a přililo se 7 ml 65 % kyseliny dusičné. Kyvety byly dále vloženy do zařízení na mikrovlnný rozklad MWS-2. Vzniklý roztok byl přelit do odměrné baňky, doplněn demineralizovanou vodou na definovaný objem (50 ml) a přefiltrován přes 45 mikrometrové filtry. Ve vyluzích sedimentů byly stanoveny koncentrace pěti těžkých kovů (Cu, Pb, Cd, Ni, Cr) pomocí atomového absorpčního spektrometru Agilent

240/Z (kyveta). S použitím atomového absorpčního spektrometru Agilent 55B AA (plamen) byly stanoveny koncentrace šestého těžkého kovu (Zn).



Obr. č. 45: Speciální kyvety a zařízení na mikrovlnný rozklad sedimentů.

## 5.2.4 Hodnocení kvality sedimentu

Výskyt toxických kovů v sedimentu na potoce Chvalka byl vyhodnocen podle dvou koeficientů, tzv. distribučního koeficientu ( $K_d$ ) a koeficientu rizika (HQ).

### 5.2.4.1 Hodnocení na základě distribučního koeficientu

Tento koeficient umožňuje určit, která fáze je pro hodnocení rizika podstatná. Vyjadřuje míru sorpce znečišťující látky na pevný materiál a je dán poměrem koncentrace znečišťující látky na pevné prostředí (sediment) k jeho koncentraci v okolním vodním prostředí.  $K_d$  je akutní ohrožení vodní bioty, protože vychází z aktuálních koncentrací v daném okamžiku odběru (Page, 1999). Velmi často se lze setkat s hodnotami  $K_d$  vyjádřené jako  $\log K_d$ , potom platí, že těžké kovy mající  $\log K_d$  okolo 3 se nejčastěji vyskytují v rozpuštěné formě. Pokud je  $\log K_d$  5 a více, těžké kovy se nejčastěji vyskytují vázané v sedimentu (např. Fe, Be, Pb) a těžké kovy mající  $\log K_d$  4 (As, Mn) se vyskytují vázané na suspendovaný sediment mnohem více než ve vodě, ale vzhledem k nízkým koncentracím suspendovaných látek ve vodním sloupci, častěji se pohybují ve vodním ekosystému v rozpuštěné formě (Komínková, 2006 ex. Veselý, 1994).

#### 5.2.4.2 Hodnocení na základě koeficientu rizika

Vyhodnotit možné riziko určité znečišťující látky pro vodní tok je možné provést s pomocí tzv. koeficientu rizika (HQ – Hazard Quotient), který srovnává aktuální koncentraci v prostředí se zvoleným toxikologickým kritériem (tzv. benchmarker). Pro výpočet koeficientu rizika platí vztah:

$$HQ = C_M / BC$$

Kde  $C_M$  je aktuální/monitorovaná koncentrace znečišťující látky v prostředí a BC je benchmarker pro danou znečišťující látku. Benchmarker je hraniční hodnota ukazatele v daném prostředí, která již sama o sobě způsobuje statisticky významný účinek na systém. Benchmarkery vycházejí z testů toxicity zahrnující dlouhodobé i krátkodobé účinky chemických látek na organismus. Ekologické riziko je signalizováno ve všech případech, kdy hodnota  $HQ > 1$  pro jednu znečišťující látku. Z důvodu nedostatku vhodných kritérií pro koncentrace znečišťujících látek v sedimentu v české legislativě byly použity benchmarkery z dokumentu ES/ER/TM-95/R4 a to TEC (Threshold effect concentration – koncentrace prahového účinku) a PEC (Probable effect concentration – koncentrace s pravděpodobným účinkem) viz. tabulka č. 13 (Nábělková et al., 2003).

Ukazatel	Jednotka	TEC	PEC
Ni	mg/kg sušiny	39,60	48,60
Zn	mg/kg sušiny	159,00	1532,00
Cd	mg/kg sušiny	0,59	11,70
Cu	mg/kg sušiny	28,00	77,70
Pb	mg/kg sušiny	34,20	396,00

Tabulka č. 13: Hodnoty benchmarkerů pro TEC a PEC (Zdroj: ES/ER/TM-95/R4, 1997).

## 6 Výsledky

### 6.1 Kvalita vody v potoce Chvalka

Celkové výsledky fyzikálních a chemických ukazatelů jsou shrnuty v tabulkách č. 14, 15 a 16. V tabulkách jsou uvedeny minimální, průměrné a maximální hodnoty jednotlivých ukazatelů, pro všechny sledované lokality, které byly vypočteny pomocí statistického programu R (R Core Team, 2012). V tabulkách jsou dále červeně zvýrazněny ty hodnoty, které překračují příslušnou normu environmentální kvality vyjádřenou jako celoroční průměrná hodnota (NEK-RP) uvedenou v nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění s výjimkou dusitanového dusíku (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), který není v tomto nařízení stanoven jako NEK-RP, ale pouze jako roční průměr přípustného znečištění pro lososové vody. Tabulka č. 14 zobrazuje výsledky rozborů vzorků (lokality č. 4, 5, 6, 7 a 8) odebraných v potoce Chvalka vždy před dešťovou událostí a vypočítané z 11 odběrů (těžké kovy byly vypočteny z 6 odběrů). Tabulka č. 15 ukazuje výsledky rozborů vzorků (lokality č. 4, 5, 6, 7 a 8) vždy po dešti a vypočítané ze 7 odběrů. Tabulka č. 16 zobrazuje výsledky rozborů vzorků (lokality č. 1, 2 a 3) před dešťovou událostí a vypočítané ze 4 rozborů (u těchto tří lokalit se neprováděl rozbor vody na těžké kovy). Pro lepší pochopení výsledků jsou v tabulce č. P12<sup>5</sup> shrnuty možné vlivy ovlivnění kvality vody v potoce Chvalka na jednotlivých lokalitách.

Ukazatel	Jednotka	Lokalita - před deštěm														
		4			5			6			7			8		
		Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.
tep. vody	°C	3,3	12,3	25,9	3,6	12,2	26,1	3,6	11,8	25,7	3,2	11,5	24,6	4,2	12,2	25,4
pH	-	7,62	8,02	8,34	7,79	8,12	8,34	7,94	8,22	8,49	8,19	8,43	8,68	7,15	7,78	8,21
vodivost	mS/m	97,8	104,1	113,5	98,1	104,3	113,5	100,6	105,4	113,5	107	116,5	131	102,2	115,8	137,6
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	4,92	8,78	11,89	6,07	9,49	11,73	6,88	9,93	12,37	8,11	10,79	13,06	1,55	7,21	10,25
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,018	0,045	0,084	0,014	0,038	0,079	0,013	0,034	0,070	0,003	0,031	0,081	0,048	0,247	0,970
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,007	0,037	0,072	0,006	0,041	0,087	0,000	0,065	0,350	0,000	0,023	0,082	0,821	1,574	3,135
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	6,24	8,84	11,90	5,44	8,65	12,70	5,21	8,26	11,30	4,99	8,03	11,50	2,52	4,85	7,26
P <sub>c</sub>	mg/L	0,03	0,41	0,72	0,05	0,44	1,20	0,04	0,53	0,93	0,06	0,35	0,82	0,10	0,89	2,46
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	188,1	220,3	248,6	146,5	204,6	223,2	171,6	207,7	236,3	181,0	219,4	251,2	111,3	189,3	234,2
Cl	mg/L	81,13	91,76	103,26	82,49	91,95	107,39	88,63	100,85	156,13	97,24	124,92	150,68	96,57	132,16	166,60
měď	µg/L	1,65	37,36	200,27	1,76	5,77	14,03	2,92	76,46	433,90	1,45	4,64	7,35	1,77	6,05	10,09
olovo	µg/L	0,01	8,63	31,31	0,00	1,03	3,00	0,21	2,06	5,40	0,08	0,61	1,60	0,19	0,76	1,30
nikl	µg/L	8,90	24,50	51,20	2,20	19,79	45,10	9,30	23,66	43,90	9,00	16,65	27,90	9,30	21,02	56,20
chrom	µg/L	15,90	43,05	139,00	15,00	39,91	123,60	18,34	54,95	126,00	10,23	31,30	86,30	10,60	29,49	75,60
zinek	µg/L	30,00	998,30	5580,00	30,00	193,30	870,00	40,00	120,00	260,00	10,00	11,70	500,00	30,00	68,33	180,00

Tabulka č. 14: Celkové výsledky fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody na lokalitě č. 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka před deštěm.

<sup>5</sup> V kapitole Přílohy na str. 139.

Ukazatel	Jednotka	Lokalita - po dešti														
		4			5			6			7			8		
		Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.
tep. vody	°C	7,2	12,7	18,5	6,9	12,2	18,5	6,9	12,0	18,3	7,2	11,9	18,2	7,6	12,4	18,5
pH	-	7,60	7,87	8,21	7,62	7,95	8,33	7,76	8,01	8,29	7,86	8,20	8,49	7,63	7,94	8,38
vodivost	mS/m	51,2	85,8	106	58,2	93,4	107,6	51,8	83,2	116,3	46,7	85,5	120	22,8	71,6	112,1
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	6,93	8,28	9,97	7,38	8,86	10,75	7,83	9,21	10,53	8,60	10,01	11,68	3,95	8,42	10,58
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,067	0,082	0,101	0,054	0,087	0,151	0,057	0,094	0,169	0,047	0,078	0,116	0,043	0,087	0,156
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,041	0,191	0,395	0,045	0,189	0,390	0,034	0,433	1,710	0,011	0,247	0,710	0,208	0,967	3,558
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	3,75	8,27	12,70	4,04	8,27	12,30	3,54	6,29	11,30	4,23	7,09	9,75	2,81	4,70	8,75
P <sub>c</sub>	mg/L	0,24	0,51	0,78	0,40	0,68	0,95	0,17	0,42	0,77	0,21	0,42	0,71	0,24	0,87	3,01
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	87,1	148,3	223,6	83,5	159,9	242,1	47,6	121,5	245,8	63,0	137,1	232,1	30,7	113,5	211,1
Cl	mg/L	42,00	78,04	106,01	42,68	78,02	105,33	42,68	92,83	163,84	48,19	93,70	132,68	19,26	80,18	134,93
měď	µg/L	2,62	8,37	30,57	4,30	10,41	26,70	6,08	13,42	22,40	4,47	9,74	15,72	5,34	10,14	17,26
olovo	µg/L	0,32	1,54	6,61	0,75	1,69	3,10	0,59	1,60	3,84	0,27	1,19	2,65	0,47	1,15	2,00
nikl	µg/L	4,00	15,27	21,30	3,80	25,82	74,50	8,10	16,22	28,80	8,40	13,23	18,57	4,20	21,25	87,30
chrom	µg/L	13,00	30,37	78,60	11,20	37,09	78,90	25,71	40,31	63,50	12,00	30,36	95,60	25,90	47,85	95,60
zinek	µg/L	40,00	77,14	120,00	30,00	92,86	150,00	50,00	100,00	130,00	30,00	92,86	290,00	10,00	121,40	250,00

Tabulka č. 15: Celkové výsledky fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody na lokalitě č. 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka po dešti.

Ukazatel	Jednotka	Lokalita - před deštěm								
		1			2			3		
		Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.	Min.	Průměr	Max.
tep. vody	°C	10,2	11,9	12,9	4,7	10,6	18,5	4,2	10,0	18,5
pH	-	6,85	6,97	7,09	8,15	8,24	8,33	7,98	8,19	8,42
vodivost	mS/m	105,6	108,4	111,4	88,1	91,7	98,7	97,8	105	112,2
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	6,43	7,08	7,75	9,80	12,27	14,95	7,79	10,94	12,97
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,006	0,013	0,019	0,116	0,205	0,377	0,075	0,131	0,230
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,000	0,015	0,040	0,102	0,136	0,170	0,086	0,103	0,124
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	11,86	15,62	22,40	6,15	10,26	14,10	6,73	8,26	9,61
P <sub>c</sub>	mg/L	0,35	0,45	0,60	0,09	0,35	0,69	0,14	0,63	1,65
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	146,5	158,3	168,3	125,6	143,2	155,6	196,2	215,6	231,5
Cl	mg/L	96,13	107,62	115,14	81,81	90,34	100,22	83,18	92,75	105,00

Tabulka č. 16: Celkové výsledky fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody na lokalitě č. 1, 2 a 3 potoka Chvalka před deštěm.

### 6.1.1 Celý tok

Jakost vody v potoce Chvalka byla vyhodnocena na základě vlastních terénních měření a chemických rozborů v laboratoři s pomocí 16 fyzikálně-chemických ukazatelů. Vzorky pro celý tok byly odebrány z důvodu časové náročnosti pouze čtyřikrát. Lokalita čtyři byla vzata jako referenční lokalita bez jakéhokoliv možného znečištění ze strany Východní spojky. Z tabulky č. 14 (před deštěm) je vidět u téměř většiny ukazatelů větší znečištění na lokalitě čtyři než u následujících lokalit (kromě P<sub>c</sub>, Cu a Cr) čímž lze konstatovat, že je tok velmi znečištěn již před možnou kontaminací splachy z pražského okruhu. Samotný pramen (lokalita jedna) má největší koncentrace N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve srovnání se zbývajících

částmi toku a je také nejvíce znečištěn i celkovým fosforem (viz obr. č. P11<sup>6</sup> a P12). Na lokalitě dva byli naměřeny zvýšené hodnoty N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> a N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Na lokalitě tři dochází díky naředění potoka Chvalka tokem vytékajícím z rybníka Chvaly ke snížení koncentrací většiny zvýšených ukazatelů lokality jedna a dva, kromě celkového fosforu a nově navýšeným koncentracím SO<sub>4</sub><sup>-II</sup>. U většiny parametrů kvality vody dochází (před dešťovou událostí) k jejich zlepšení v podélném profilu toku díky samočisticí schopnosti toku, s výjimkou již výše zmíněného celkového fosforu, mědi a chromu. Tyto tři ukazatele byly většinou naměřeny ve větších koncentracích oproti ostatním lokalitám na lokalitě šest, způsobené přitékajícím bezejmenným tokem podél Východní spojky a pravděpodobně uvolňováním Cu a Cr z velkého množství sedimentu před šestou lokalitou u západního vyústění zatrubněné části potoka Chvalka pod pražským okruhem. Na lokalitě osm bylo naměřeno nejhorší znečištění N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P<sub>c</sub> (až pětinasobné oproti sedmé lokalitě), Cl<sup>-</sup> (až dvojnásobné), N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> a snížená koncentrace rozpuštěného kyslíku, vše způsobené přitékající vodou z DUN Černý Most na které byl proveden jeden odběr 29.10.2015.

### 6.1.2 Charakteristická hodnota (C90)

Charakteristické hodnoty (C90) vypočítané pro vybrané ukazatele jednotlivých lokalit (lokality čtyři, pět, šest, sedm a osm) znázorňuje tabulka č. 17. V této tabulce jsou dále zprůměrovány třídy jakosti vody jednotlivých lokalit do jedné výsledné třídy pro každý ukazatel. Nejlepší výsledná třída vyšla pro teplotu vody (I. třída jakosti vody). Nejhorší výsledná třída vyšla pro dusitanový dusík, dusičnanový dusík a celkový fosfor (IV. jakostní třída). Celková výsledná třída (IV.) pro potok Chvalka byla určena dle tří ze šesti možných skupin ukazatelů kvality vody (základní chemické a fyzikální ukazatelé, kyslíkový režim a doplňující chem. ukazatelé).

---

<sup>6</sup> Obrázky a tabulky označené velkým písmenem P (např. P1, P2 atd.) jsou uvedeny v kapitole přílohy na str. 127.

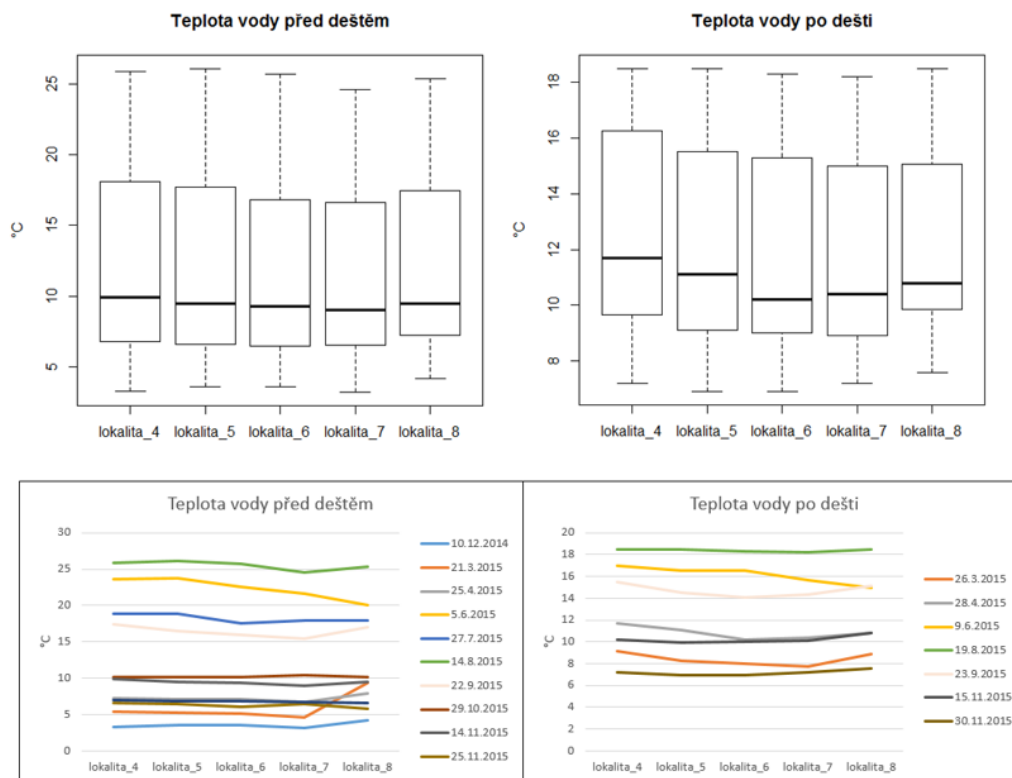
C90	Jednotka	lokalita_4	lokalita_5	lokalita_6	lokalita_7	lokalita_8	Výsledná třída
tep. vody	°C	20,91	21,06	19,80	19,57	18,87	I.
pH	-	8,21	8,27	8,41	8,65	8,15	III.
vodivost	µS/cm	108,3	109,8	111,3	121,6	127,5	IV.
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	6,62	7,20	7,57	8,54	4,26	II.
N-NO <sub>2</sub> -	mg/L	0,062	0,060	0,049	0,045	0,473	IV.
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,063	0,060	0,062	0,047	2,548	II.
N-NO <sub>3</sub> -	mg/L	10,92	11,09	10,99	10,60	6,45	IV.
Pc	mg/L	0,65	0,69	0,79	0,54	1,60	IV.
SO <sub>4</sub> -II	mg/L	237,0	218,8	229,7	246,7	228,9	III.
Cl	mg/L	95,3	94,9	103,8	142,2	164,7	II.
Třída jakosti vody		I.	II.	III.	IV.	V.	

Tabulka č. 17: Charakteristické hodnoty vybraných ukazatelů na potoce Chvalka s vyznačenými třídami jakosti vody dle normy ČSN 75 7221.

### 6.1.3 Teplota, pH a vodivost

Nejnižší teplota vody před deštěm byla naměřena v prosinci roku 2014 a to 3,2 °C na sedmé lokalitě. Nejnižší teplota po dešti byla naměřena koncem listopadu roku 2015 na páté a šesté lokalitě (6,9°C). Nejvyšší teploty vody před deštěm (25,9 °C na čtvrté lokalitě) i po dešti (18,5 °C na čtvrté, páté a osmé lokalitě) byly naměřeny v srpnu roku 2015. Teplota vody na jednotlivých lokalitách jsou poměrně vyrovnané (viz obr. č. 46) s minimálními rozdíly, nepřesahující NEK-RP (max. 29 °C).

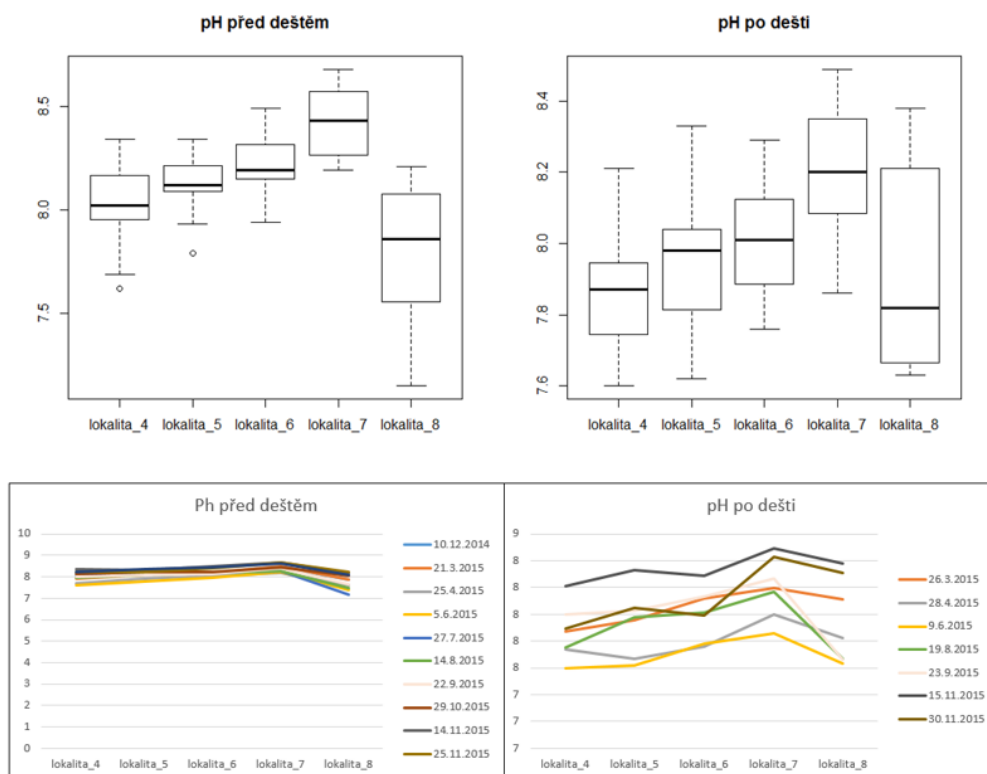




Obr. č. 46: Grafy a boxploty znázorňující teplotu vody před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka.

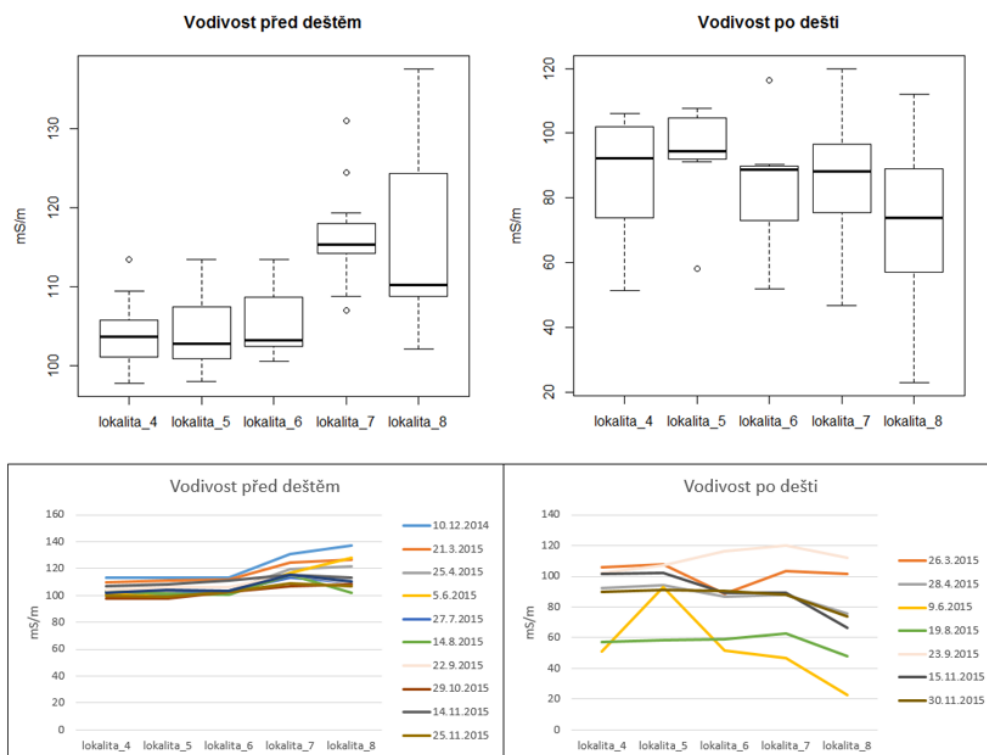
Hodnoty pH se v potoce Chvalka vyskytují v rozmezí 7,15 až 8,68 před deštěm a 6,60 až 8,49 po dešti. Minimální hodnoty pH před deštěm byly v červenci (lokalita osm) a po dešti v červnu (lokalita čtyři). Maximální hodnoty pH před deštěm i po dešti byly začátkem listopadu. Rozdíly průměrných hodnot jednotlivých lokalit před a po dešti činí cca dvě desetiny (viz obr. č. 47) a ukazují na mírné okyselení v důsledku deště.





Obr. č. 47: Grafy a boxploty znázorňující pH vody před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka.

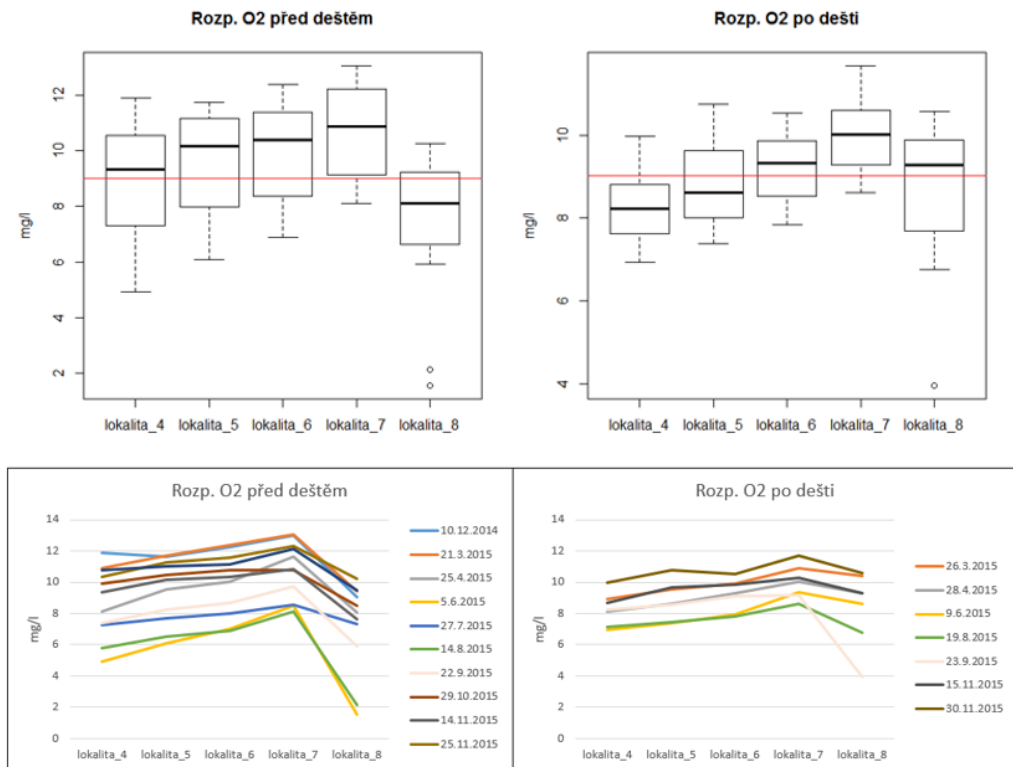
Hodnoty vodivosti se v potoce Chvalka pohybují v rozmezí 97,8 až 113,5 mS/m před deštěm a 22,8 až 106,0 mS/m po dešti. Minimální hodnoty byly naměřeny před deštěm v říjnu (lokalita čtyři) a po dešti v červnu (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty byli naměřeny před deštěm v prosinci roku 2014 (lokality čtyři, pět a šest) a po dešti v březnu (lokalita čtyři) roku 2015. Průměrné hodnoty znázorňuje obr. č. 48.



Obr. č. 48: Grafy a boxploty znázorňující vodivost vody před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka.

#### 6.1.4 Rozpuštěný kyslík

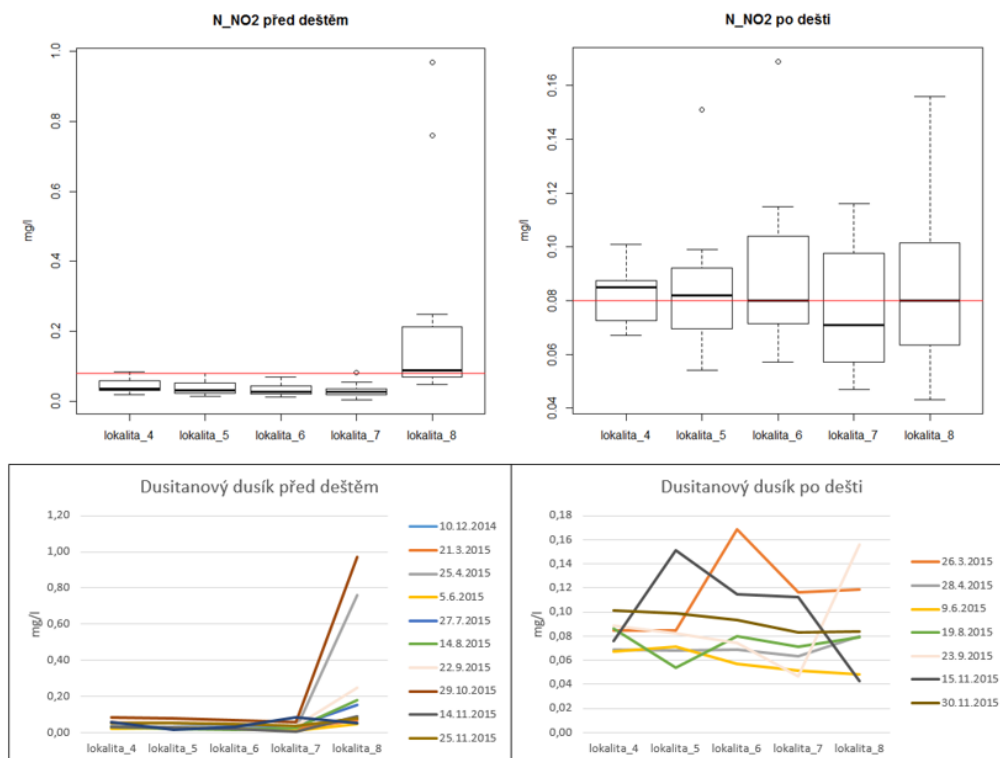
Koncentrace rozpuštěného kyslíku před a po dešti v potoce Chvalka znázorňuje obr. č. 49. Koncentrace se pohybovaly v rozmezí 1,55 až 13,06 mg/l před deštěm a 3,95 až 11,68 mg/l po dešti. Minimální hodnoty rozpuštěného kyslíku byly před deštěm v červnu (lokalita osm) a po dešti v září (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty před deštěm byly v březnu (lokalita sedm) a po dešti v listopadu (lokalita sedm) roku 2015. Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě záleží mimo jiné na teplotě vody (s nižší teplotou více kyslíku ve vodě) a díky extrémním letním teplotám jsou průměrné hodnoty nízké, což může představovat závažný problém pro vodní biotu, která může trpět nedostatkem rozpuštěného kyslíku.



Obr. č. 49: Grafy a boxploty znázorňující rozpuštěný kyslík ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

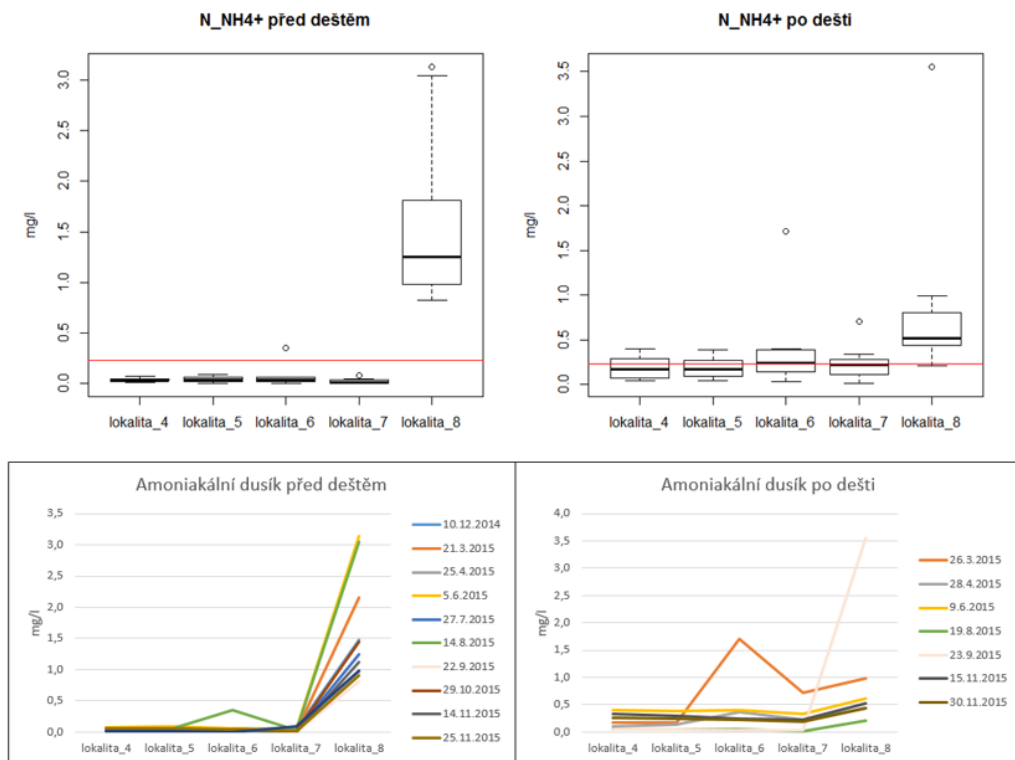
### 6.1.5 Sloučeniny dusíku a celkový fosfor

Koncentrace dusitanového dusíku ( $\text{N-NO}_2^-$ ) před a po dešti v potoce Chvalka znázorňuje obr. č. 50. Naměřené hodnoty se vyskytují v rozmezí 0,003 až 0,970 mg/l před deštěm a 0,043 až 0,169 mg/l po dešti. Minimální hodnoty dusitanového dusíku před deštěm byly naměřeny začátkem listopadu (lokalita sedm) a po dešti taktéž v začátkem listopadu (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty před deštěm byly naměřeny v říjnu (lokalita osm) a po dešti v březnu (lokalita šest) roku 2015.



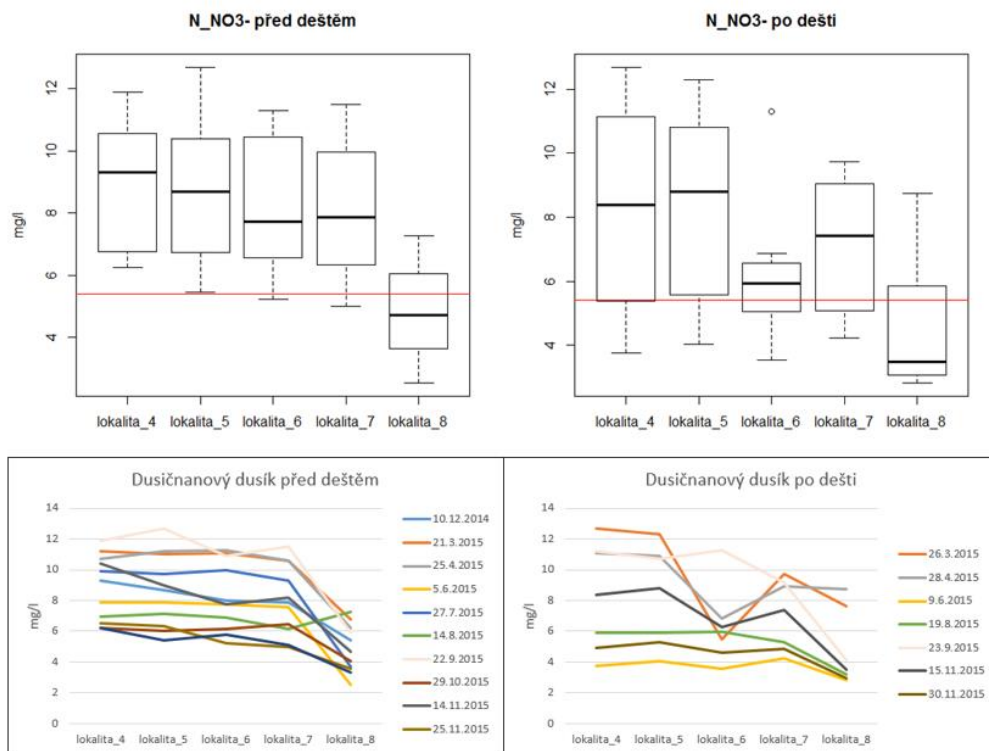
Obr. č. 50: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci dusitanového dusíku ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

Hodnoty amoniakálního dusíku ( $\text{N-NH}_4^+$ ) se v potoce Chvalka pohybují v rozmezí 0 až 3,135 mg/l před deštěm a 0,011 až 3,558 mg/l po dešti. Minimální hodnoty byly naměřeny před deštěm v dubnu a prosinci (lokality sedm a šest) a po dešti v srpnu (lokality sedm) roku 2015. Maximální hodnoty byly naměřeny před deštěm v červnu (lokality osm) a po dešti v září (lokality osm) roku 2015. Průměrné hodnoty znázorňuje obr. č. 51.



Obr. č. 51: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci amoniakálního dusíku ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

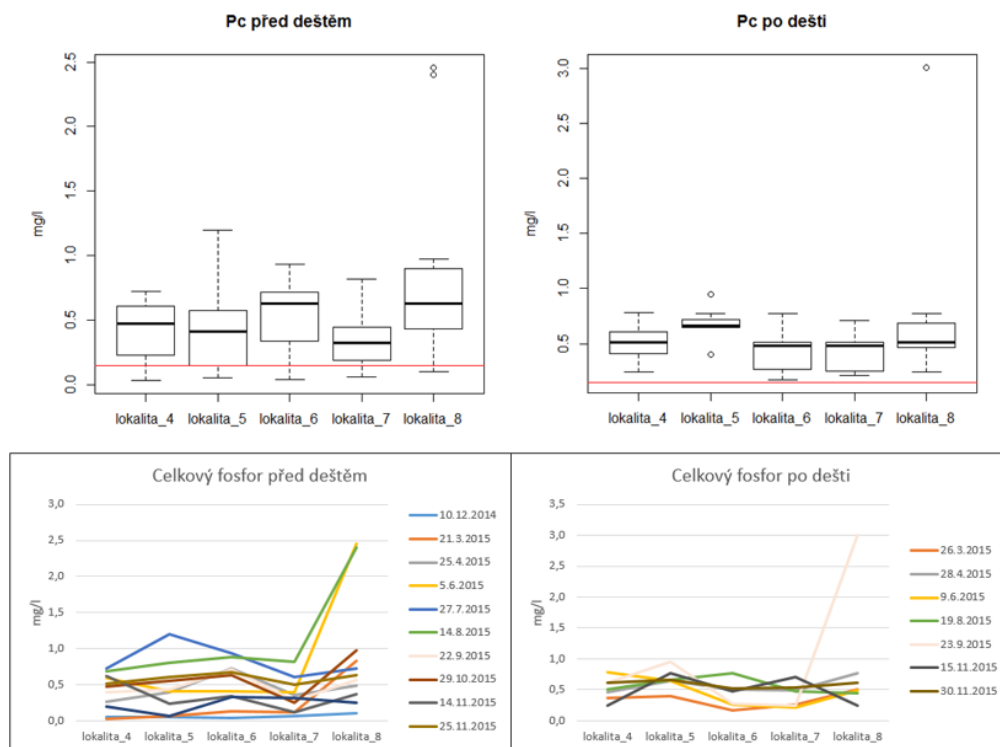
Koncentrace dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ) před a po dešti v potoce Chvalka znázorňuje obr. č. 52. Naměřené hodnoty se vyskytují v rozmezí 2,52 až 12,70 mg/l před deštěm a 2,81 až 12,70 mg/l po dešti. Minimální hodnoty dusičnanového dusíku před deštěm byly naměřeny v červnu (lokalita osm) a po dešti taktéž v červnu (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty před deštěm byly naměřeny v září (lokalita pět) a po dešti v březnu (lokalita čtyři) roku 2015.



Obr. č. 52: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci dusičnanového dusíku ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

Hodnoty celkového fosforu (Pc) se v potoce Chvalka pohybují v rozmezí 0,03 až 2,46 mg/l před deštěm a 0,17 až 3,01 mg/l po dešti. Minimální hodnoty byly naměřeny před deštěm v březnu (lokalita čtyři) a po dešti v březnu (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty byli naměřeny před deštěm v červnu (lokalita osm) a po dešti v září (lokalita osm) roku 2015. Průměrné hodnoty znázorňuje obr. č. 53.

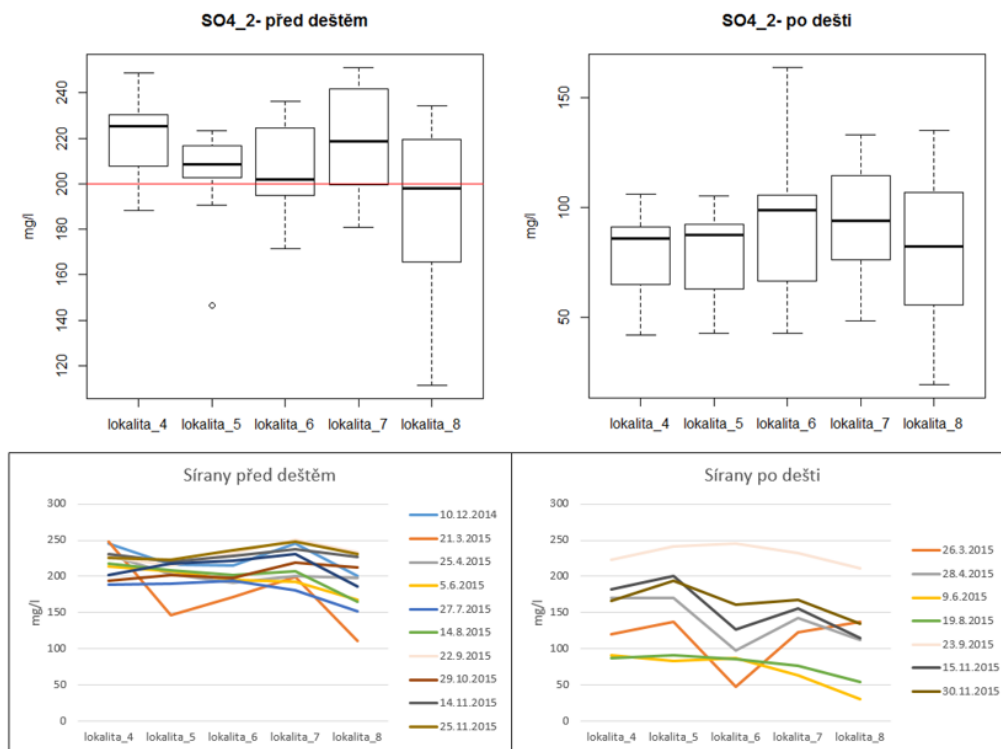




Obr. č. 53: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci celkového fosforu ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

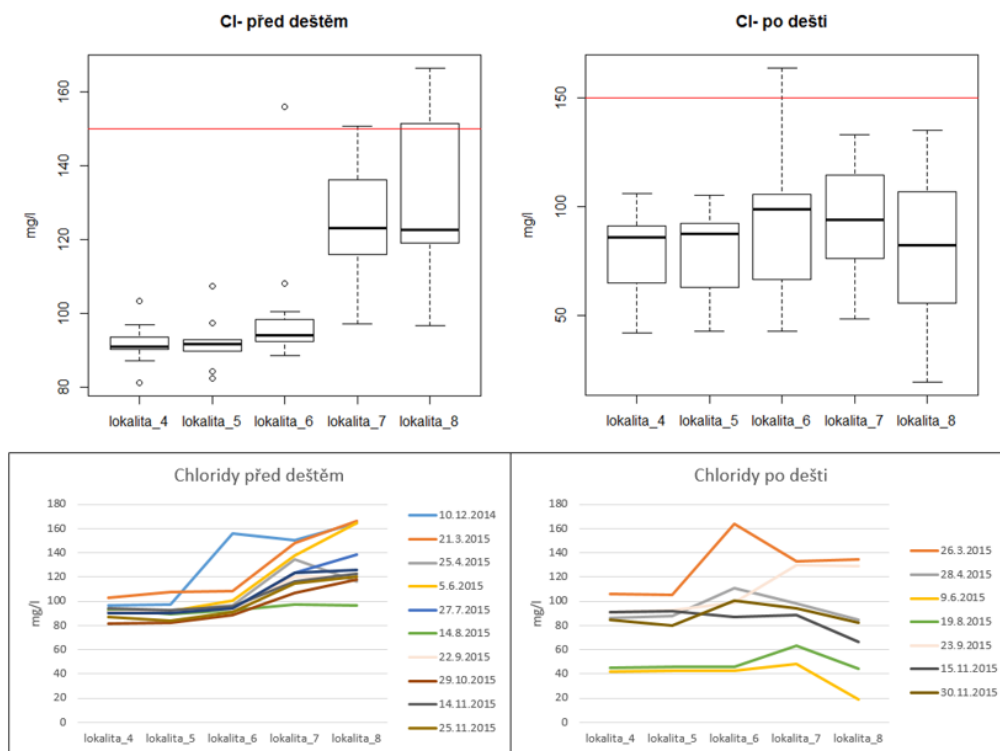
### 6.1.6 Sírany a chloridy

Koncentrace síranů ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) před a po dešti v potoce Chvalka znázorňuje obr. č. 54. Naměřené hodnoty se vyskytují v rozmezí 111,3 až 251,2 mg/l před deštěm a 30,7 až 245,8 mg/l po dešti. Minimální hodnoty síranů před deštěm byly naměřeny v březnu (lokalita osm) a po dešti v červnu (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty před deštěm byly naměřeny v září (lokalita sedm) a po dešti taktéž v září (lokalita šest) roku 2015.



Obr. č. 54: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci síranů ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

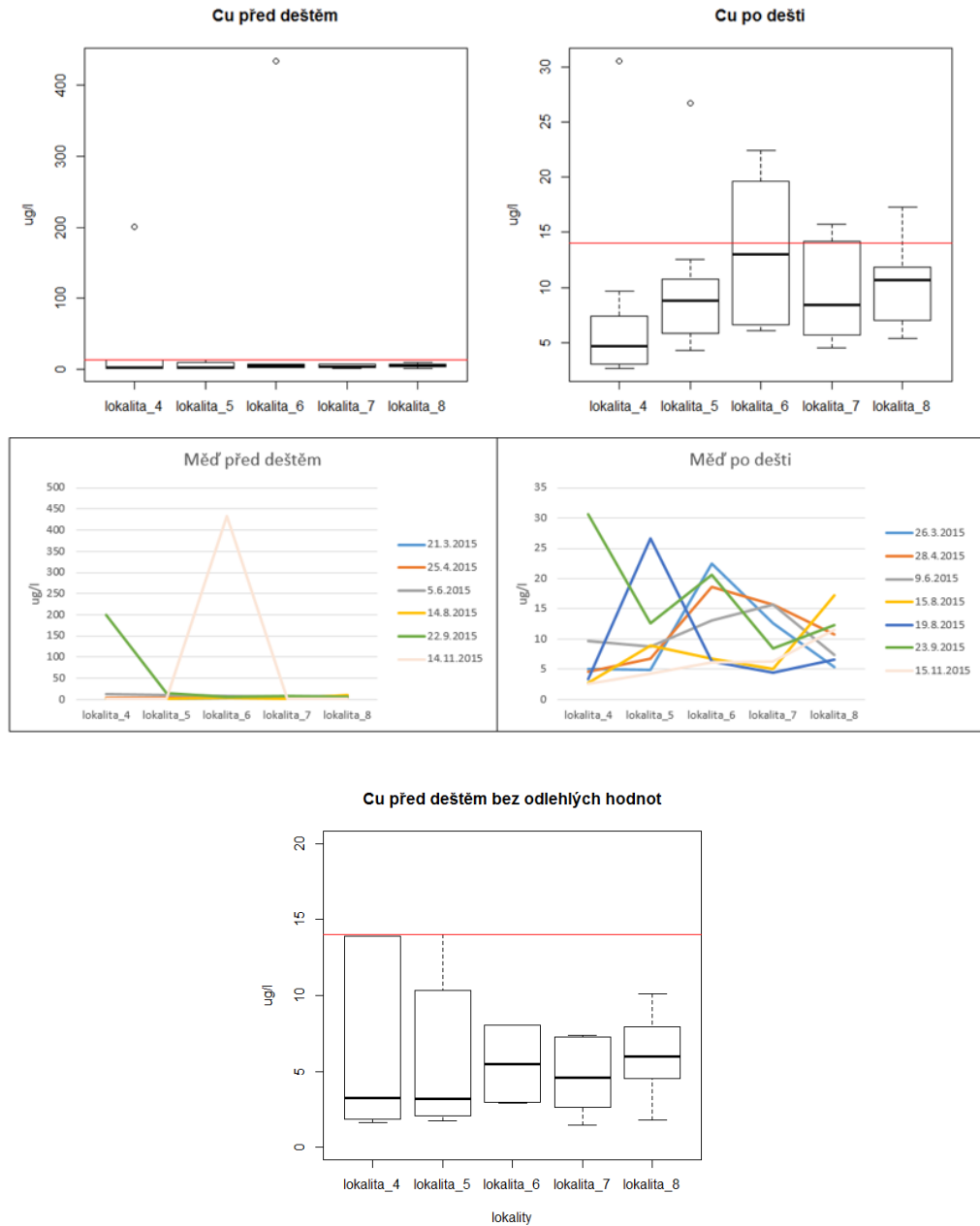
Hodnoty chloridů ( $\text{Cl}^-$ ) se v potoce Chvalka pohybují v rozmezí 81,13 až 166,60 mg/l před deštěm a 19,26 až 163,84 mg/l po dešti. Minimální hodnoty byly naměřeny před deštěm v říjnu (lokalita čtyři) a po dešti v červnu (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty byli naměřeny před deštěm v březnu (lokality osm) a po dešti taktéž v březnu (lokalita šest) roku 2015. Průměrné hodnoty znázorňuje obr. č. 55.



Obr. č. 55: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci chloridů ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

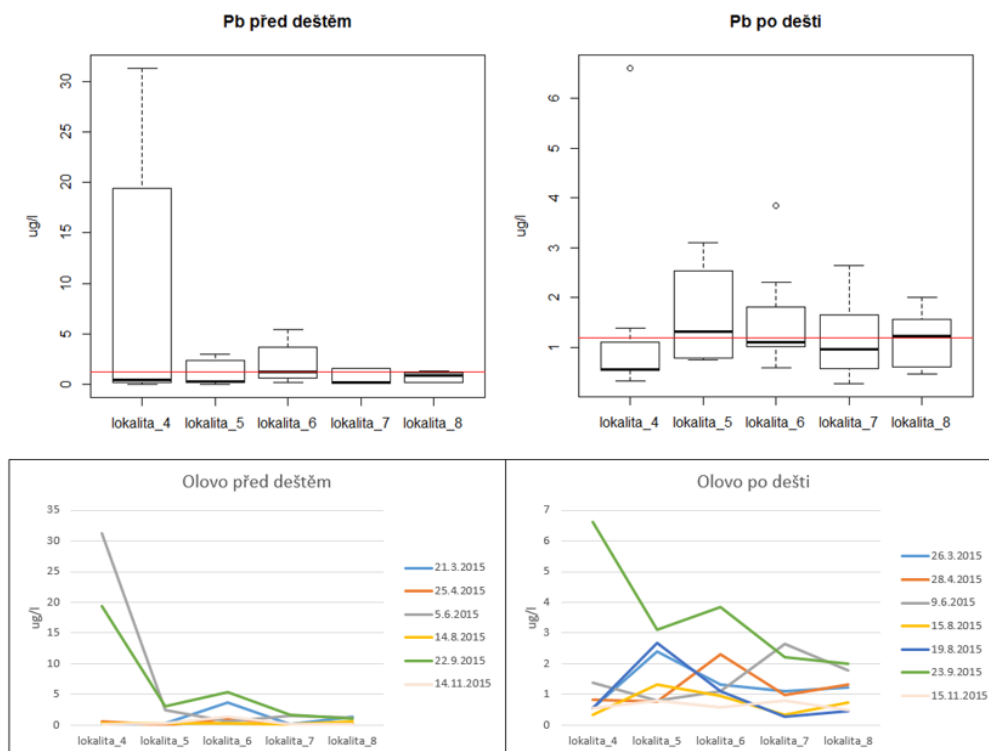
### 6.1.7 Těžké kovy

Koncentrace mědi (Cu) před a po dešti v potoce Chvalka znázorňuje obr. č. 56. Naměřené hodnoty se vyskytují v rozmezí 1,45 až 433,90  $\mu\text{g/l}$  před deštěm a 2,62 až 30,57  $\mu\text{g/l}$  po dešti. Minimální hodnoty mědi před deštěm byly naměřeny začátkem listopadu (lokalita sedm) a po dešti taktéž začátkem listopadu (lokalita čtyři) roku 2015. Maximální hodnoty před deštěm byly naměřeny začátkem listopadu (lokalita šest) a po dešti v září (lokalita čtyři) roku 2015.



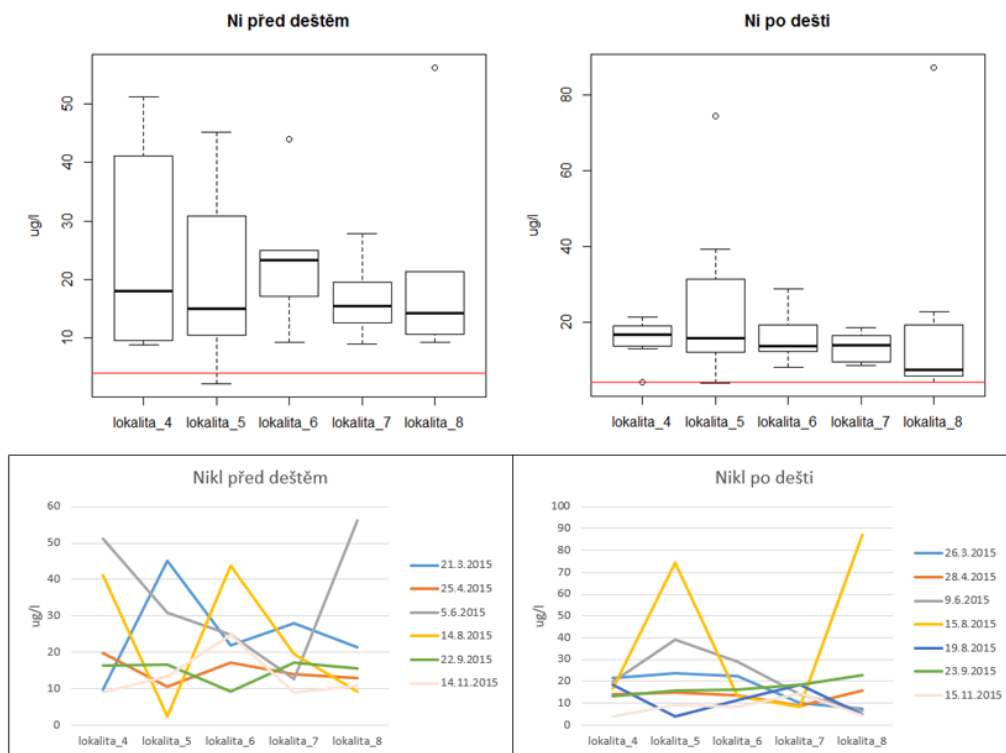
Obr. č. 56: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci mědi ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

Hodnoty olova (Pb) se v potoce Chvalka pohybují v rozmezí 0 až 31,31  $\mu\text{g/l}$  před deštěm a 0,27 až 6,61  $\mu\text{g/l}$  po dešti. Minimální hodnoty byly naměřeny před deštěm v dubnu (lokalita pět) a po dešti koncem srpna (lokalita sedm) roku 2015. Maximální hodnoty byli naměřeny před deštěm v červnu (lokality čtyři) a po dešti v září (lokalita čtyři) roku 2015. Průměrné hodnoty znázorňuje obr. č. 57.



Obr. č. 57: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci olova ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

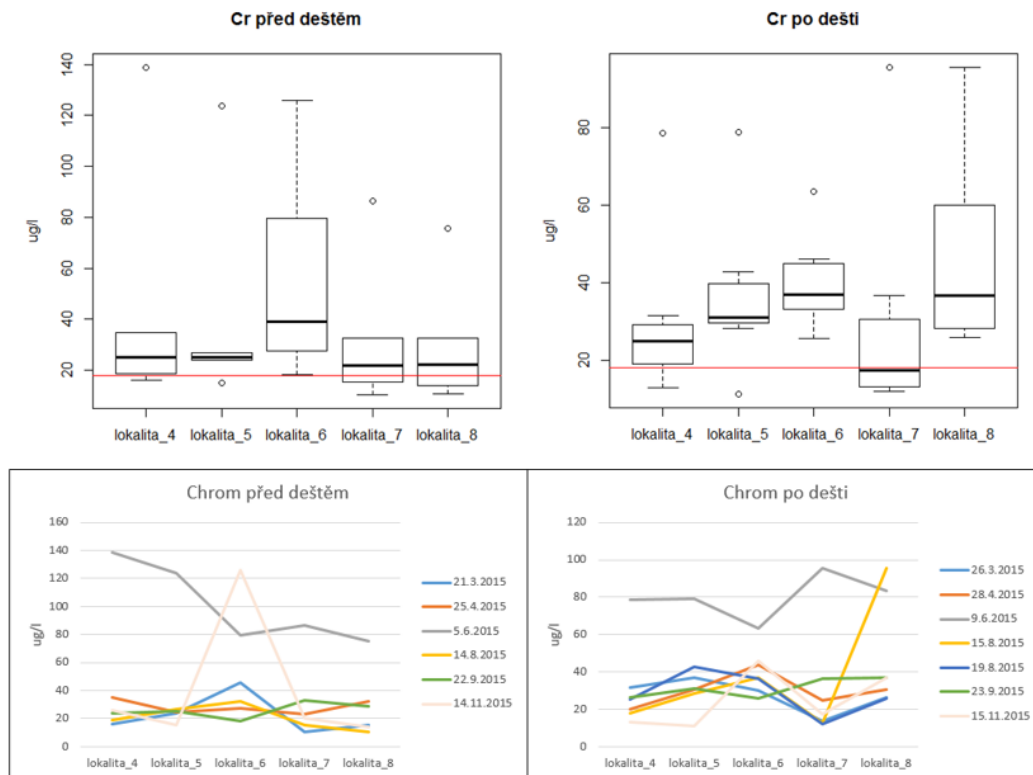
Koncentrace niklu (Ni) před a po dešti v potoce Chvalka znázorňuje obr. č. 58. Naměřené hodnoty se vyskytují v rozmezí 2,20 až 56,20  $\mu\text{g/l}$  před deštěm a 3,80 až 87,30  $\mu\text{g/l}$  po dešti. Minimální hodnoty mědi před deštěm byly naměřeny v srpnu (lokalita pět) a po dešti koncem srpna (lokalita pět) roku 2015. Maximální hodnoty před deštěm byly naměřeny v červnu (lokalita osm) a po dešti koncem srpna (lokalita osm) roku 2015.



Obr. č. 58: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci niklu ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

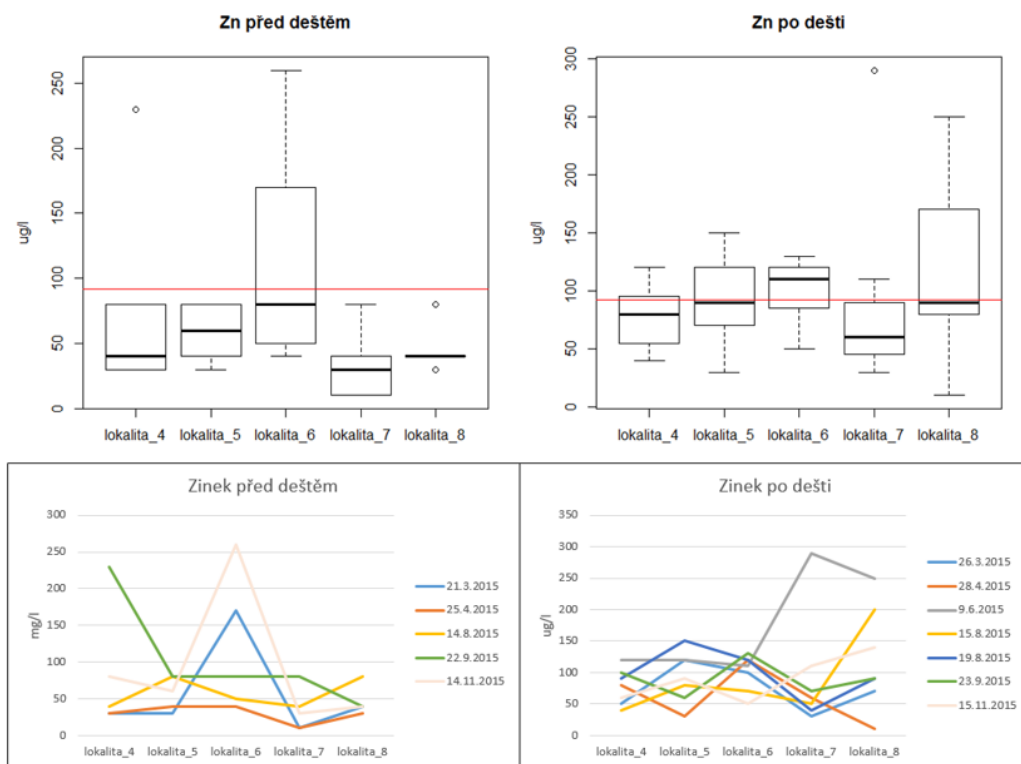
Hodnoty chromu (Cr) se v potoce Chvalka pohybují v rozmezí 10,23 až 139,00  $\mu\text{g/l}$  před deštěm a 11,20 až 95,60  $\mu\text{g/l}$  po dešti. Minimální hodnoty byly naměřeny před deštěm v březnu (lokalita sedm) a po dešti začátkem listopadu (lokalita pět) roku 2015. Maximální hodnoty byly naměřeny před deštěm v červnu (lokality čtyři) a po dešti v červnu a půlce srpna (lokality sedm a osm) roku 2015. Průměrné hodnoty znázorňuje obr. č. 59.





Obr. č. 59: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci chromu ve vodě před a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

Koncentrace zinku (Zn) před a po dešti v potoce Chvalka znázorňuje obr. č. 60. Z důvodů extrémně naměřených vysokých hodnot dne 5.6.2015 (viz tabulka č. P4) byly tato data odebrána z boxplotu „Zn před deštěm“. Naměřené hodnoty se vyskytují v rozmezí 10 až 5580 µg/l před deštěm a 10 až 290 µg/l po dešti. Minimální hodnoty zinku před deštěm byly naměřeny v březnu a dubnu (lokalita sedm) a po dešti v dubnu (lokalita osm) roku 2015. Maximální hodnoty před deštěm byly naměřeny v červnu (lokalita čtyři) a po dešti taktéž v červnu (lokalita sedm) roku 2015.



Obr. č. 60: Grafy a boxploty znázorňující koncentraci zinku ve vodě před (bez dat k 5.6.2015) a po dešťové události na lokalitě 4, 5, 6, 7 a 8 potoka Chvalka s červeně zvýrazněnou hodnotou NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

## 6.2 Sedimenty

Obsah stanovených těžkých kovů v odebraných vzorcích sedimentů (v mg/kg sušiny) z potoka Chvalka je uveden v tabulce č. 18.

Ukazatel	Jednotka	Lokalita								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
měď	mg/kg	30,41	36,23	80,53	47,05	63,17	69,91	54,49	173,24	139,07
olovo	mg/kg	6,35	18,48	28,60	18,88	22,09	28,61	14,80	12,65	21,51
kadmium	mg/kg	0,144	0,240	0,468	0,254	0,368	0,426	0,252	0,718	1,068
nikl	mg/kg	20,15	20,89	47,19	30,35	102,95	63,11	55,74	43,14	46,11
zinek	mg/kg	973	1087	2013	1882	2021	2097	2125	5024	3199

Tabulka č. 18: Obsah těžkých kovů v sedimentech potoka Chvalka.

### 6.2.1 Vyhodnocení na základě distribučního koeficientu

Distribuční koeficient (viz tabulka č. 19) byl vypočítán z hodnot lokalit si co nejbližších, tedy v prvním sloupci tabulky č. 19 jsou znázorněny vypočítané hodnoty log Kd pro třetí lokalitu odběrů sedimentů a pro čtvrtou lokalitu odběru vody před deštěm dne 5.6.2015.

Ukazatel	Lokalita				
	3s/4A	4s/5A	5s/6A	6s/7A	9s/8A
měď	3,76	3,66	3,90	4,10	4,25
olovo	2,96	3,89	4,54	4,26	4,26
nikl	2,53	2,39	3,11	2,86	2,79
zinek	2,56	3,34	4,23	3,62	4,25

Tabulka č. 19: Distribuční koeficient pro vybrané těžké kovy v sedimentech potoka Chvalka vypočítané jako log Kd.

Měď a olovo jsou dle vypočítaných hodnot více vázané na suspendovaný sediment než rozpuštěné ve vodě, kromě lokality 3s/4A kdy se olovo více vyskytuje v rozpuštěné formě. Nikl se ve všech lokalitách vyskytuje nejčastěji v rozpuštěné formě. Zinek se na prvních dvou lokalitách vyskytuje nejvíce v rozpuštěné formě (dáno naměřením extrémních hodnot k 5.6.2015) a od lokality 5s/6A je již více vázán na suspendovaný sediment.

### 6.2.2 Vyhodnocení na základě koeficientu rizika

Koeficient rizika je vypočten (s použitím PEC) a znázorněn v tabulce č. 20 s červeně znázorněnými hodnotami přesahující hodnotu 1, jejíž přesah znázorňuje pravděpodobný negativní vliv na organismy.

Ukazatel	Lokalita								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
měď	0,391	0,466	1,036	0,606	0,813	0,900	0,701	2,230	1,790
olovo	0,016	0,047	0,072	0,048	0,056	0,072	0,037	0,032	0,054
kadmium	0,012	0,021	0,040	0,022	0,031	0,036	0,022	0,061	0,091
nikl	0,415	0,430	0,971	0,624	2,118	1,299	1,147	0,888	0,949
zinek	0,635	0,710	1,314	1,228	1,319	1,369	1,387	3,279	2,088

Tabulka č. 20: Koeficient rizika pro vybrané těžké kovy v sedimentech potoka Chvalka.

Koncentrace mědi na potoce Chvalka se pohybují v rozmezí 30,41 až 173,24 mg/kg. Nejnižší koncentrace mědi byla naměřena na lokalitě jedna (pramen) s vypočtenou hodnotou HQ 0,391. Největší je na lokalitě osm (výpust z DUN) s hodnotou HQ 2,23. PEC dále přesahují lokality tři a devět.

Koncentrace olova a kadmia na žádné lokalitě potoka Chvalka nepřesahují PEC. Hodnoty olova se pohybují v rozmezí 6,35 (lokalita jedna) až 28,61 (lokalita šest) mg/kg. Koncentrace kadmia se pohybují mezi 0,144 (lokalita jedna) až 1,068 (lokalita devět) mg/kg.

Koncentrace niklu na potoce Chvalka se pohybují v rozmezí 20,15 až 102,95 mg/kg. Nejnižší koncentrace niklu byla naměřena na lokalitě jedna (hodnota HQ 0,415) a nejvyšší na lokalitě pět (hodnota HQ 2,118).

Koncentrace zinku na potoce Chvalka se pohybují v rozmezí 0,635 až 3,279 mg/kg. Nejnižší koncentrace zinku byla naměřena na lokalitě jedna (pramen) s hodnotou HQ 0,635 a nejvyšší na lokalitě osm (DUN) s hodnotou HQ 3,279. PEC není přesáhnuto pouze u lokality jedna a dva.

## 7 Diskuze

Cílem diplomové práce bylo postihnout a vyhodnotit vliv pražského okruhu na chemický stav vodního toku Chvalka, který je charakteristický svou polohou v příměstské krajině s křížující východní částí pražského okruhu přibližně v polovině délky toku.

### 7.1 Kvalita vody

Většina ukazatelů kvality vody před dešťovou událostí má v průběhu času podobný trend změn mezi jednotlivými lokalitami, s výjimkou těžkých kovů. Přesně naopak tomu je u ukazatelů kvality vody po dešťové události (viz obr. č. 46 až 60) kdy většina má v průběhu času velmi různorodý trend změn mezi jednotlivými lokalitami, dán pravděpodobně různou délkou suchého období před deštěm, kvalitou a délkou dešťové události (Aldheimer et Bennerst, 2003; Yannopoulos et al., 2004).

Průměrné hodnoty teplot a pH mají podobný trend před a po dešťové události, u obou se sníženými průměrnými hodnotami po dešti. Průměry teplot po dešti jsou nižší díky snížené teplotě vzduchu při dešti a podobně jako u pH nařazením dešťovou vodou. Naměřené hodnoty vodivosti před a po dešťové události se podobají měřením provedené Nábělkovou et al. (2012), taktéž před a po dešťové události. Zvýšené hodnoty vodivosti indikují celkové zatížení toku ionty různých chemických látek.

Koncentrace  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$  dle očekávání jen lehce překračují NEK-RP a to převážně po dešťové události v celé délce toku, čímž lze jako v mnoha publikacích konstatovat, že odtok z Východní spojky má žádný či minimální vliv na zvýšení  $\text{N-NO}_2^-$  a  $\text{N-NH}_4^+$  v toku (McKenzie et Irwin, 1983; Barrett et al., 1995; Pagotto et al., 2000). Hodnoty  $\text{N-NO}_3^-$  a  $\text{Pc}$  mají před a po dešťové události podobné průměrné hodnoty s daleko větším překročením NEK-RP než u předchozích ukazatelů dusíku, ale i zde na tyto vyšší hodnoty nemá pravděpodobně vliv odtok z Východní spojky. Je to převážně dáno znečištěním samotného toku již na lokalitě jedna (pramen) a černě napojenými odpadními vodami (Martina Buchtíková, 2015, in verb).

Naměřené hodnoty  $\text{SO}_4^{\text{II}}$  jsou před deštěm ve většině případů vyšší než po dešti, z čehož lze usuzovat, že odtok z Východní spojky má žádný či minimální vliv na zvýšení koncentrace  $\text{SO}_4^{\text{II}}$  v toku. U koncentrací  $\text{Cl}^-$  se potvrdilo očekávání, že v zimních měsících budou zvýšené, ale předpokládalo se jejich několikanásobné

navýšení oproti naměřeným hodnotám před deštěm a v letních měsících, jako tomu bylo v nespočtu načtené zahraniční literatury (např. Schueler et al., 1991; Pagetto et al., 2000; Higgins et al., 2008). Nižší naměřené hodnoty  $\text{Cl}^-$  oproti jiným publikacím, byly patrně naměřeny v důsledku mírné zimy roku 2014/2015, kdy nebylo třeba používat velké množství posypového materiálu.

U Cu se očekávalo, že budou naměřeny jedny z nejvyšších koncentrací a to právě na lokalitách ovlivněných dálničním odtokem. Toto očekávání se potvrdilo pouze u zvýšených hodnot po dešti a to na lokalitách pět, šest a sedm ovlivňovanými splachy z Východní spojky, ale naměřené koncentrace ve většině případů (v 71,4%) nepřekročili NEK-RP. Průměrné hodnoty ve většině publikací se pohybují mezi 17 až 35  $\mu\text{g/l}$ , přičemž nejvyšší průměrná hodnota na potoce Chvalka byla po dešti na lokalitě šest 13,42  $\mu\text{g/l}$  (Moy et al., 2003; DMRB, 2006; Higgins et al., 2008 aj.). Je velmi pravděpodobné, že naměřené hodnoty na potoce Chvalka jsou oproti měřením jiných publikací nižší z důvodů jiného typu sběru dat, kdy většina prací používala přístroje odebírající vzorky přímo z odtoků srážkové vody z dálnic a ne v recipientu toku. S přibývajícím obdobím suchých dnů a se silnějšími srážkovými událostmi narůstá množství Cu v potoce Chvalka na lokalitách ovlivněné splachy z pražského okruhu. Dle CWP (2003) až 50% celkového zatížení Cu je způsobeno opotřebením brzdových destiček.

U naměřených koncentrací olova, se taktéž očekávali vyšší hodnoty na lokalitách ovlivněných odtokem z pražského okruhu. Tato domněnka se potvrdila, ale koncentrace v ostatních publikacích měly několikanásobně větší hodnoty. Nejvyšší hodnoty byly uváděny ve starších publikacích jako např. USEPA (1983), kdy za podobného dopravního zatížení naměřili průměrné hodnoty 175  $\mu\text{g/l}$ . S použitím bezolovnatých benzínů a zlepšení technologii se postupně koncentrace olova ve splachu z dálnic snižovaly, např. Smullen et Cave (1998) a Legret et Pagotto (1999) naměřili průměrné hodnoty Pb okolo 63  $\mu\text{g/l}$ . Novější publikace uvádějí dokonce průměrné koncentrace okolo 20  $\mu\text{g/l}$  (Moy et al., 2003; Higgins et al., 2008). Koncentrace Pb v potoce Chvalka na lokalitě pět, šest a sedm ve 42% případů překračují (maximálně dvojnásobně) NEK-RP, která činí 1,2  $\mu\text{g/l}$ .

Koncentrace Cd byly v potoce Chvalka ve vodě naměřeny v tak minimálních hodnotách, že v této práci nejsou uváděny. Cd a Ni nejsou pro své minimální hodnoty v tocích ovlivňovaných dálničními odtoky ve většině prací uváděny (Barret



et al., 1995). V této práci bylo naměřeno několikanásobné překročení hodnot NEK-RP pro Ni a to ve všech případech (na všech lokalitách) krom jednoho a to na lokalitě pět před i po dešťové události začátkem srpna. Z obrázku č. 58 jednoznačně vyplývá, že tok je Ni znečištěn již před deštěm a to v mnohdy větších koncentracích před lokalitami s možností ovlivnění splachy z Východní spojky.

Cr se stal pro více publikací zajímavější než předchozí Cd a Ni, i když zdaleka ne tolik jako Cu, Pb a Zn. Koncentrace naměřené a uváděné v ostatních publikacích se pohybují mezi 4 a 8  $\mu\text{g/l}$ , čímž nikde nepřesahují NEK-RP (18  $\mu\text{g/l}$ ) a jsou tedy ve výzkumu dálničního odtoku zanedbatelné (McKenzie et Irwin, 1983; Moy et al., 2003). Nicméně koncentrace Cr ve vodě potoka Chvalka se ve většině případů vyskytují nad touto hranicí a to i několikanásobně. Z výsledků vyplývá, že dešťové události snižují koncentrace Cr v toku naředěním, nicméně průměrné hodnoty se po dešti navyšují na lokalitách ovlivněných splachy z Východní spojky (viz obr. č. 59). Tyto vyšší hodnoty po dešti na lokalitě pět a šest budou pravděpodobně způsobeny korozí nátěrů a součástek automobilů (CWP, 2003).

Podobně jako u Cu a Pb se u Zn očekávali vysoké hodnoty (ty nejvyšší) na lokalitách ovlivňovaných splachy z Východní spojky. Průměrné koncentrace uváděné v publikacích se pohybují mezi 40 až 370  $\mu\text{g/l}$  (např. Pagotto et al., 2000; Polkowska et al., 2007; Higgins et al., 2008). Nejvyšší hodnoty na potoce Chvalka byly naměřeny 5.6.2015 před deštěm na lokalitě čtyři a to extrémních 5580  $\mu\text{g/l}$ . Tyto koncentrace byly pravděpodobně způsobeny kontaminací látkou obsahující vysoké množství těžkých kovů (Pb i Cr byly několikanásobně navýšeny oproti normálu). Průměrné hodnoty Zn jsou po dešťové události větší na lokalitách ovlivněných splachy z Východní spojky. Jejich koncentrace však nenaplnily očekávání a NEK-RP přesahují jen minimálně. Dle CWP (2003) jsou zvýšené hodnoty Zn ve splachu z dálnic ze 60% způsobeny opotřebáváním pneumatik a korozí automobilových součástek a nátěrů.

## 7.2 Sedimenty

Koncentrace těžkých kovů v sedimentu nevykazují důkaz ovlivnění Východní spojkou. Pouze u Cd a Ni jsou koncentrace zvýšené u lokalit za Východní spojkou, nicméně u sedimentu byl proveden pouze jeden odběr a nelze tak konstatovat, že na jejich zvýšení má vliv Pražský okruh. Ve srovnání se zahraniční literaturou jsou koncentrace těžkých kovů v sedimentu potoka Chvalka u lokalit s ovlivněním od

Východní spojky dvojnásobně navýšeny u Cu a až pětinasobně u Zn (např. Legret et Pagetto, 1999; Pagetto et al., 2000). Nábělková et al. (2012) na potoce Chvalka naměřila podobné výsledky, co se týká vyšších hodnot všech těžkých kovů (s výjimkou Ni) na lokalitě před Východní spojkou, nicméně její hodnoty byly dvojnásobně vyšší s výjimkou Ni a Zn kde tomu bylo obráceně. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně způsobeny množstvím organické hmoty v sedimentu, která má tendenci na sebe vázat těžké kovy.

## 8 Závěr

Vzhledem k získaným poznatkům ohledně kvality vody před/po dešťové události a znečištění sedimentů je celkový jakostní stav potoka Chvalka považován za velmi nepříznivý. Nejvíce ukazatelů kvality vody (60%) překračující NEK-RP má lokalita čtyři před dešťovými událostmi. S 53,3% ukazatelů kvality vody překračujícími NEK-RP jsou na druhém místě nejvíce ovlivněných lokalit antropogenní činnosti lokality pět a šest po dešti (obě ovlivněné splachy z Východní spojky), což naznačuje jistý vliv silniční dopravy Pražského okruhu.

Splachy z Východní spojky na většinu fyzikálně-chemických ukazatelů kvality vody mají buď minimální, nebo žádný vliv. Jistý vliv byl zaznamenán u Cl<sup>-</sup> v zimních měsících, ale vzhledem k mírné zimě 2014/2015 byly naměřené hodnoty poměrně nízké. Dále u celkového fosforu byly zaznamenány zvýšené koncentrace na lokalitě pět po dešti, ale zde byly nejpravděpodobněji způsobeny splachy z hnojení přilehlého pole a krajnic podél pražského okruhu. Prokazatelný vliv splachů z pražského okruhu byl zjištěn u všech měřených těžkých kovů (Cu, Pb, Cr a Zn) kromě Ni. Jejich nejvyšší koncentrace byly nejčastěji naměřeny právě na lokalitách pět, šest a sedm s ovlivněním od splachů Východní spojky.

Z rozborů těžkých kovů ze sedimentů se naměřily zvýšené hodnoty s možným vlivem ze splachů pražského okruhu pouze u Ni a Zn. Překvapením však bylo zjištění, že Ni překračoval hodnoty PEC více než dvojnásobně. Z velkého množství rozpuštěného Ni v celé délce potoka Chvalka lze usuzovat, že na lokalitě odběru sedimentu číslo pět se usazovalo více Ni než na ostatních lokalitách, pravděpodobně z důvodu většího obsahu organických látek.

Pro lepší zhodnocení by bylo zapotřebí do budoucna minimální doba odběrů za období alespoň dvou let. Metodika odběrů vzorků přímo z toku byla dostačující, ale nejlepší možné hodnoty by se daly získat pomocí přístrojů odebírající automaticky za určitých podmínek (délka období sucha, množství srážek, first flush) vodu přímo ze splachů Východní spojky neovlivněné naředěním samotným potokem Chvalka.

K zlepšení kvality vody na potoce Chvalka, by bylo zapotřebí zjištění a odstranění všech na černo napojených odpadních vod v horní části toku. Dále by jistě napomohlo odstranění betonového opevnění a zvlnění trasy, čímž by se posílila

samočistící schopnost toku. U splachů z Východní spojky je nejdůležitější snížení množství přitékajících těžkých kovů pravděpodobně převážně z automobilové dopravy a to instalací odlučovačů lehkých kapalin spolu s filtrační drenáží podél západní strany pražského okruhu.

## 9 Přehled literatury a použitých zdrojů

### 9.1 Literatura a periodika

Aldheimer G. and Bennerstedt K., 2003: Facilities for treatment of stormwater runoff from highways. *Water Science & Technology* 48: 113 – 121 s.

Almeida M. C., Butler D. et Friedler E., 1999: At-source domestic wastewater quality. *Urban water* 1, 49 – 55 s.

Arnold C. L. Jr. Et Gibbons C. J., 1996: Impervious Surface Coverage The Emergence of a Key Environmental Indicator. *Journal of the American Planning Association* 62, 243 – 258 s.

Aryal R., Vigneswam S., Kandasamy J. et Naidu R., 2010: Urban stormwater quality and treatment. *Korean journal of chemical engineering* 27, 1343 – 1357 s.

Barrett M. E., Malina J. F. et Charbeneau R. J., 1995: Characterization of highway runoff in the Austin, Texas area. The University of Texas at Austin, Austin.

Barth C. A., 1995: Nutrient Movement from the Lawn to the Stream?. *Watershed Protection Techniques* 2, 244 – 246 s.

Bencko V., Cikrt M. et Lener J., 1995: *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. Grada Publishing, Praha.

Bertrand - Krajewski J. L., Chebbo G. et Saget A., 1998: Distribution of pollutant mass vs. volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon. *Water Research* 32: 2341 – 2356 s.

Bingham R. L., Neal H. V. et El-Agroudy A. A., 2002: Characterization of the potential impact of stormwater runoff from highways on the neighbouring water bodies. In: Anonymus, 2002: *Proceedings seventh Biennial stormwater research and watershed management conference*. Southwest Florida Water Management District, Florida: 229 – 239 s.

Camargo J. A., Alonso A. et Salamanca A., 2005: Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere* 58: 1255 – 1267 s.

- Carpenter S. R., Caraco N. F., Corell D. L., Howarth R. W., Sharpley A. N. et Smith V. H., 1998: Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Society of America* 8: 559 – 568 s.
- Chang N., Pearson W., Chang J. I. J., Gross A., Meyer M., Jolly M., Vang B. et Samour H., 1994: Environmentally sensitive sanding and deicing practices, final report. University of Colorado at Denver, Denver.
- Cotman M., Droic A. et Končan J. Z., 2001: Study of impacts of treated wastewater to the Krka River. *Water Science Technology* 44: 47 – 54 s.
- Crabtree R. W., Dempsey P., Moy F., Brown C. et Song M., 2008: Improved Determination of Pollutants in Highway Runoff – Phase 2: Final Report. Highways Agency, Velká Británie.
- Crunkilton R., Kleist J., Ramcheck J., DeVita W. et Villeneuve D., 1996: “Assessment of the Response of Aquatic Organisms to Long-term In Situ Exposures of Urban Runoff.” *Effects of Watershed Development and Management on Aquatic Ecosystems. Proceedings of the ASCE Conference, Snowbird.*
- CWP, 2003: Impacts of Impervious Cover on Aquatic Systems. Center for Watershed Protection, Ellicott City.
- Delucchi M. A., 2000: Environmental externalities of motor-vehicle use in the US. *Journal of Transport Economics and Policy* 34: 135 – 168.
- DMRB, 2006: Design manual for roads and bridges: Water quality and drainage, volume 11, section 3, part 10. Highways Agency, Velká Británie.
- Dostál T. et Koudelka P., 2003: Zásady revitalizací drobných vodních toků. In: Puchřík J., 2003: 5. Odborná konference doktorského studia s mezinárodní účastí 12. 2. až 13. 2. 2003 Brno. Vysoké učení technické v Brně, Brno, 35 – 38 s.
- Driscoll E. D., Shelley P. E. et Strecker E. W., 1990: Pollutant Loadings and Impacts from Highway Stormwater Runoff, Vol. IV: Research report data appendix. FHWA, Washington D. C.
- Edwards A. C. et Withers P. J. A., 2008: Transport and delivery of suspended solids, nitrogen and phosphorus from various sources to freshwaters in the UK. *Journal of Hydrology* 350: 144 – 153 s.



Egodawatta E. et Goonetilleke A., 2008: Modelling Pollutant Build-up and Wash-off in Urban Road and Roof surfaces. Queensland University of Technology, Queensland.

ES/ER/TM-95/R4, 1997: Toxicological Benchmarks for Screening Contaminants of Potential Concern for Effects on Sediment-Associated Biota. East Tennessee Technology Park Technical information Office, Tennessee.

European Union Road Federation, 2011: European Road Statistics. Altitude, Belgium.

Fischel M., 2001: Evaluation of selected deicers based on a review of the literature. Colorado dept. of transportation, research branch, Louisville.

Gnecco I., Berretta C., Lanza L.G. et La-Barbera P., 2005: Storm water pollution in the urban environment of Genoa. Atmospheric Research 77: 60 – 73 s.

Gordon N. D., McMahon T. A. et Finlayson B. L., 1996: Stream Hydrology – An Introduction for Ecologist. John Wiley & Sons, England.

Grünwald A., 1993: Hydrochemie. Vydavatelství ČVUT, Praha.

Gupta K. et Saul A. J., 1996: Specific relationships for the first flush load in combined sewer flows. Water Research 30: 244 – 252.

Haile R. W. et al., 1996: An Epidemiological Study of Possible Adverse Health Effects of Swimming in Santa Monica Bay. Santa Monica Bay Restoration Project, Santa Monica.

Hall C., Browley C. et Stephenson G., 1987: Lateral Movement of 2,4-D from Grassy Inclines. Proceedings British Corp Protection Conference 2, 593 – 599 s.

Hares R. J. et Ward N. I., 1999: Comparison of the heavy metal content of motorway stormwater following discharge into wet biofiltration and dry detention ponds along the London Orbital (M25) motorway. Sci. Total Environ. 235: 169 – 178 s.

Hewitt C. N. et Rashed M. B., 1992: Removal rates of selected pollutants in the runoff waters from a major rural highway. Water Research 26: 311 – 319 s.

Higgins N. M. P., Johnston P.M., Gill L. W., Bruen M. et Desta M., 2008: Highway runoff in Ireland and management with a „French Drain“ system. Dep. in:

[https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage\\_CD/ICUD08/pdfs/735.pdf](https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/735.pdf), cit. 4.3.2016, *Nepubl.*

Hlavínek P. et Říha J., 2004: Jakost vody v povodí. Akademické nakladatelství CERM, Brno.

Hřebíková M., 2007: Kvalita vody ve vybraných malých povodích: Litovicko-Šárecký potok, ÚŽP PřF UK, Praha.

Hrnčiarová T., Mackovčín P., Zvara I. et al., 2009: Atlas krajiny České republiky – Landscape atlas of the Czech Republic (kartografický dokument). Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha.

Hyánek L., 1991: Čistota vod: Vysokošk. učebnice pre staveb. fak. vys. Školy. Alfa, Bratislava.

Johnson I. et Crabtree R. W., 2007: Effects of Soluble Pollutants on the Ecology of Receiving Waters. Highways Agency, Velká Británie.

Just T., 2010: Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. Revitalizace sídelního prostředí vodními prvky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Just T., Matoušek V., Dušek M., Fischer D. et Karlík P., 2005: Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. AOPK, Praha.

Just T., Šámal V., Dušek M., Fischer D., Karlík P. et Pykal J., 2003: Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha.

Kabelková I., Krejčí V. et Hlavínek P., 2002: Vodní toky v urbanizovaných povodích. In: Krejčí V., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. NOEL 2000, Brno.

Kafka Z. et Punčochářová J., 2002: Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. Chemické Listy 96: 611 – 617 s.

Karnecki J., 2007: Voda v Praze. Nika, Praha.

Kayhanian M., Fruchtman B. D., Gulliver J. S., Montanaro C., Ranieri E. et Wuertz S., 2012: Review of highway runoff characteristics: Comparative analysis and universal implications. Water research 46: 6609 – 6624 s.

- Komínková D., 2006: Vliv městského odvodnění na bioakumulaci těžkých kovů. Habilitační práce, ČVUT, FSt, Praha.
- Koubková L., 2011: Ekohydrologický průzkum vodních toků v urbanizované a příměstské krajině. Aplikace na modelovém povodní Vinořského potoka. Dep. In: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120054361/?lang=cs>, cit. 6.7.2015, *Nepubl.*
- Kovanda J., 2001: Neživá příroda Prahy a jejího okolí. Academia, Praha.
- Kovář P. et Křovák F., 2002: Hrazení bystřín, skripta pro distanční studium. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha,
- Králová H., 2007: Přírodě blízké úpravy malých vodních toků v kulturní krajině. VUTIUM, Brno.
- Kundell, J. et Rasmussen T., 1995: Recommendations of the Georgia Board of Regent's Scientific Panel on Evaluating the Erosion Measurement Standard Defined by the Georgia Erosion and Sedimentation Act. Proceedings of the 1995 Georgia Water Resources Conference, Athény.
- Langhammer J., 2002: Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. Univerzita Karlova v Praze, Praha.
- Legret et Pagotto, 1999: Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. *The Science of the Total Environment* 235: 143 – 150 s.
- Lellák J. et Kubíček F., 1991: *Hydrobiologie*, vydavatelství Karolinum, Praha.
- Lelut J. et Matoušková M., 2008: Revitalizační opatření za účelem zlepšení kvality habitatu vodních toků – modelová studie z povodí Rolavy. In: Matoušková M. [ed.], 2008: Ekohydrologický monitoring vodních toků: v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Praha, 187 – 196 s.
- Lodenius M., 1990: Environmental mobilization of mercury and cadmium. *Yliopistopaino*, Helsinki.
- Marsalek J., 2003: Road salts in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates. *Water Science and Technology* 48: 61 – 70 s.

- McKenzie D. J. et Irwin G. A., 1983: Water-quality assessment of stormwater runoff from a heavily used urban highway bridge in Miami, Florida. U. S. Geological Survey, Florida.
- Menz F. C. et Seip H. M., 2004: Acid rain in Europe and the United States: an update. *Environmental Science & Policy* 7: 253 – 265 s.
- Mihaljevič M. et Šebek O., 1995: Kadmium, Japonsko a syndrom "itai - itai". *Vesmír* 74: 444 s.
- Moy F. F. R., Crabtree R. W. et Simms T., 2003: The long term monitoring of pollution from highway runoff: final report. Environment Agency, Bristol.
- Myslil V. et al., 1999: Voda, země, život. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Nábělková J., 2012: Analýza těžkých kovů v sedimentech vodních toků. České vysoké učení technické v Praze, Praha.
- Nábělková J., Komínková D. et Šťastná G., 2003: Hodnocení rizika těžkých kovů v sedimentu drobných vodních toků pražské aglomerace. In: Zborník prednášok z konferencie so zahraničnou účasťou Sedimenty vodných tokov a nádrží. Pobočka SVHS ZSVTS, Bratislava.
- Nábělková J., Komínková D. et Jírák J., 2012: The impact of highway runoff on the chemical status of small urban streams. *Springer – Urban Environment* 12: 297 – 306 s.
- National Academy of Science, 1985: Oil in the Sea: Inpust, Fates, and Effects. National Academy Press, Washington D. C.
- Němec J. et Hladný J. [eds], 2006: Voda v České republice. Consult, Praha.
- Nixon H. et Saphores J. D., 2007: Impacts of motor vehicle operation on water quality in the US – Cleanup costs and policies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 12: 564 – 576 s.
- Page S. D. [ed.], 1999: Understanding Variation in Partition Coefficient,  $K_d$ , Values. US EPA, Washington DC.
- Pagotto C., Legret M. et Le Cloirec P., 2000: Comparison of the hydraulic behaviour and the quality of highway runoff water according to the type of pavement. *Elsevier Science Ltd.* 34: 4446 – 4454 s.

Pavlíková I., 2013: Environmentální aspekty ochrany vod a půd. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava.

Pfister S., Bayer P., Koehler A. et Hellweg S., 2011: Projected water consumption in future global agriculture: Scenarios and related impacts. *Science of The Total Environment* 409, 4206 – 4216 s.

Pitter P., 2009: *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT Praha, Praha.

Polkowska Ż., Skarzynska K., Dubiella-Jackowska A., Staszek W. et Namiesnik J., 2007: Evaluation of pollutant loading in the runoff waters from a major urban highway (Gdansk Beltway, Poland). *Global NEST Journal* 9: 269 – 275 s.

Ramakrishna D. M. et Viraraghavan T., 2005: Environmental impact of chemical deicers - a review. *Water, air and soil pollution* 166: 49 – 63 s.

Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2011: *Silnice a dálnice v České republice*. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha.

Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2013: *Silnice a dálnice v České republice*. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha.

Schueler T. R., 1995: *Urban Pesticides: From Lawn to Stream*. *Watershed Protection Techniques* 2, 252 s.

Schueler T. et Holland H., 2000: *The Practice of Watershed Protection- Techniques for Protecting Our Nations, Streams, Rivers, Lakes and Estuaries*. Center for Watershed Protection, Ellicott City.

Schueler T. R., Kumble P. A. et Heraty M. A., 1991: *A Current Assessment of Urban Best Management Practices, Techniques for Reducing Non-Point Source Pollution in the Coastal Zone*. Metropolitan Washington Council of Governments, Washington D.C.

Shinklomanov I. A. et Rodda J. C., 2003: *World water resources at the beginning of the 21st century*. Cambridge University Press, Cambridge.

Smullen J. et Cave K., 1998: *Updating the U.S. Nationwide Urban Runoff Quality Database*. 3<sup>rd</sup> International Conference on Diffuse Pollution. Scottish Environment Protection Agency, Edinburgh.

- Stádníková M., 2014: Ekologický stav vodních toků v urbanizovaných územích. Modelová studie povodí Rokytky. Dep. In: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120154942>, cit. 6.7.2015, *Nepubl.*
- Stambouli A. B., Khiat Z., Flazi S., Tanemoto H., Nakajima M., Isoda H., Yokoyama F., Hannachi S., Kurokawa K., Shimizu M., Koinuma H. et Yassaa N., 2014: Trends and challenges of sustainable energy and water research in North Africa: Sahara solar breeder concerns at the intersection of energy/water. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30: 912 – 922 s.
- Sweco Hydroprojekt, 2007: Generel toku Rokytky II. etapa. Sweco Hydroprojekt, a. s., Praha.
- Synáčková M., 1996: Čistota vod. ČVUT, Praha.
- Tilman T., Cassman K. G., Matson P. A., Naylor R. et Polasky S., 2002: Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671 – 677 s.
- Tlapák V., Šálek J. et Legát V., 1992: Voda v zemědělské krajině, Brázda a MŽP ČR, Praha.
- Tolasz R., 2007: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- Trávníčková E., 2011: Vliv zimního chemického ošetření silnic na mikrobiální společenstvo okolních půd. Dep. In: [https://is.muni.cz/th/211538/prif\\_m/DP.pdf](https://is.muni.cz/th/211538/prif_m/DP.pdf), cit. 6.7.2015, *Nepubl.*
- Trimble S., 1997: Contribution of Stream Channel Erosion to Sediment Yield from an Urbanizing Watershed. *Science* 278: 1442 – 1444 s.
- Umeda P. J., 1988: Use of Vegetation to Reduce the Toxicity of Stormwater Runoff. California Department of Transportation, Sacramento.
- University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, 1996: A Guide to Environmentally Friendly Landscaping: Florida Yards and Neighbourhoods Handbook. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida.
- USEPA, 1983: Results of the Nationwide Urban Runoff Project: Final Report. U. S. EPA, Washington DC.
- Veselý J., 1994: Chemické složení labské vody a sedimentů u státní hranice v Hřensku. Labe, řeka současnosti a budoucnosti. *Děčín*: 97 – 103.



Vice R. B., Guy H. P. et Ferguson G. E., 1969: Sediment Movement in an Area of Suburban Highway Construction, Scott Run Basin, Fairfax County, Virginia, 1961 – 1964. U. S. Government Printing Office, Washington D. C.

Waschbusch R., Selbig W. et Bannerman R., 2000: Sources of Phosphorus in Stormwater and Street Dirt from Two Urban Residential Basins in Madison, Wisconsin, 1994-1995. In: U. S. EPA, 2000: National Conference on Tools for Urban Water Resource Management and Protection. U. S. EPA, Chicago.

Yannopoulos S., Basbas S. et Giannopoulou I., 2013: Water bodies pollution due to highways stormwater runoff – measures and legislative Framework. Global NEST Journal 15: 85 – 92 s.

Yannopoulos S., Basbas S., Andrianos Th. et Rizos Ch., 2004: Receiving waters pollution investigation due to the interurban roads stormwater runoff. Proceedings from the International Conference on Protection and Restoration of the Environment VII, Mykonos.

Yannopoulos S., Giannopoulou I., Basbas S. et Petsalis N., 2006: Environmental Impacts and Best Management of Interurban Roads Stormwater Runoff. Proceedings from the 10th Hellenic Hydrotechnical Association, Xanthi.

Young G. K., Stein S., Cole P., Camer T., Graziano F. et Bank F., 1996: Evaluation and Management of Highway Runoff Water Quality. U.S. Dep. of Transportation, Washington D. C.

Yousef Y.A., Harper H.H., Wiseman L.P., and Bateman J.M. (1985), Consequential species of heavy metals. Transportation Research Record 1017: 56 – 61 s.

## **9.2 Legislativa a normy**

ČSN EN 26777, 1995: Jakost vod. Stanovení dusitanů. Molekulární absorpční spektrofotometrická metoda.

ČSN EN ISO 6878, 2005: Jakost vod. Stanovení fosforu. Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným.

ČSN ISO 7150-1, 1994: Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Část 1: Manuální spektrometrická metoda.

ČSN ISO 9297, 1996: Jakost vod. Stanovení chloridů. Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra).

EPA 375.4, 1978: Sulfate (Turbidimetric).

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 23/2011 Sb. a kterým se dříve změnilo nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

Směrnice evropského parlamentu a rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, v platném znění.

TNV 75 2102, 2010: Úpravy potoků.

Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb.: o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění.

### **9.3 Internetové zdroje**

Arnika, 2010: Revitalizace vodních toků a mokřadů. Arnika, Praha, online: <http://arnika.org/revitalizace>, cit. 15.2.2014.

ASIO, 2010: OLK odlučovače lehkých kapalin – teorie, normy, předpisy. ASIO spol. s r. o., Jiříkovice, online: <http://old.asio.cz/learning/obrazky/9.pdf>, cit. 5.11.2015.

Benešová L., 2009: Ochrana vod. Elektronické přednášky z předmětu Ochrana vod vyučované v ÚŽP PřF UK, Praha, online: [www.twinsen2.natur.cuni.cz/sis/predmety/kod.php](http://www.twinsen2.natur.cuni.cz/sis/predmety/kod.php), cit. 7.9.2013.

Bláha V., 2005: Jak nakládat se sedimenty z vodních toků a nádrží?. EuroChem, Praha, online: <http://www.eurochem.cz/index.php?MN=Sedimenty+z+vodn%EDch+tok%F9+a+n%E1dr%9E%ED&ProdID=00023C0682007C860002EDC4>, cit. 22.6.2015.

Česká geologická služba, online: [http://mapy.geology.cz/geocr\\_50](http://mapy.geology.cz/geocr_50), cit. 2.11.2015.

ČHMÚ, online: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>, cit. 21.12.2015.

Dartiguenave C., ECLille I. et Maidment D., 1997: Water Quality Master Planning for Austin. Center for research in water resources, Austin, online: [http://www.crwr.utexas.edu/gis/gishydro01/library/dartig/rpt97\\_6.pdf](http://www.crwr.utexas.edu/gis/gishydro01/library/dartig/rpt97_6.pdf), cit. 6.7.2015.

European Commission, 2001: White Paper — European transport policy for 2010: time to decide. Commission of the European communities, EU, online: [http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2001\\_white\\_paper/lb\\_com\\_2001\\_0370\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf), cit. 6.7.2015.

Geoportal, online: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>, cit. 21.12.2015.

IRZ, 2015: Informace o látkách ohlašovaných do IRZ. Integrovaný registr znečištění, Praha, online: <http://www.irz.cz/node/20>, cit. 30. 6. 2015.

Kingspan environmental, 2015: Fuel/Oil Separators. Kingspan Environmental, online: <http://kingspanenviro.pl/english/products/fuel-oil-separators.html>, cit. 4.7.2015.

Klargester, 2015: A Range of Fuel/Oil Separators for Peace of Mind. Kingspan Klargester, Aylesbury, online: <http://www.klargester.com/products/separators.htm>, cit. 4.7.2015.

Kočí V., 2015: Eutrofizace. Hnutí Brontosaurus Rozruch, Brno, online: [http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p6\\_eutrofizace.html](http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p6_eutrofizace.html), cit. 3.6.2015.

Kučerová R., Fečko P. et Lyčková B., 2010: Úprava a čištění vody – Multimediální učební texty zaměřené na problematiku úpravy a čištění vody. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, online: [http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka\\_2010/mapawebu.html](http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mapawebu.html), cit. 5.11.2015.

Langhammer J., 2004: Znečištění povrchových vod v ČR. iFORUM – časopis Univerzity Karlovy, Praha, online: <http://iforum.cuni.cz/IFORUM-1130-version1.pdf>, cit. 8.3.2015.

Lesy hl. m. Prahy, 2015: Pražské potoky. LHMP, Praha, online: <http://www.lhmp.cz/vt/prazske-potoky-2/>, cit. 31.10.2015.

Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online: [http://www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=praha\\_p](http://www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=praha_p), cit. 2.1.2016.

- Morclean, 2015: Streamflow. Morclean, Chesterfield, online: <http://www.morclean.com/special-equipment/carpark-bypass-separators.html>, cit. 4.7.2015.
- MZe, 2009-2013a: Správci vodních toků. Ministerstvo zemědělství, Praha, online: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/spravci-vodnich-toku/>, cit. 4.9.2013.
- MZe, 2013: Fakta o vodě v České republice. Ministerstvo zemědělství, Praha, online: [http://eagri.cz/public/web/file/211903/Fakta\\_o\\_vode\\_final.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/211903/Fakta_o_vode_final.pdf), cit. 6.9.2013.
- NRDC, 2015: Stormwater Strategies – Community Responses to Runoff Pollution. Natural Resources Defense Council, New York City, online: <http://www.nrdc.org/water/pollution/storm/chap2.asp>, cit. 2.6.2015.
- Peirce J., 2015: Nonpoint Source Pollution Education: Motor Oil. Commonwealth of Massachusetts, Massachusetts, online: <http://www.mass.gov/eea/agencies/massdep/water/watersheds/nonpoint-source-pollution-education-motor-oil.html>, cit. 20.12.2015.
- Public Sector Consultants, 1993: The Use of Selected Deicing Materials on Michigan Roads: Environmental and Economic Impacts. Public Sector Consultants, Inc., Michigan, online: [http://www.michigan.gov/documents/toc-deice\\_51451\\_7.pdf](http://www.michigan.gov/documents/toc-deice_51451_7.pdf), cit. 6.7.2015.
- ŘSD ČR, 2010: Celostátní sčítání dopravy 2010. Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha, online: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/Scitani-dopravy>, cit. 21.12.2015.
- SuDS Wales, 2015: Filter (or French) drains. Sustainable drainage systems, online: <http://www.sudswales.com/types/permeable-conveyance-systems/filter-or-french-drains/>, cit. 4.7.2015.
- SVAS, 2015: Odpadní voda. Středočeské vodárny a.s., Kladno, Online: <http://www.svas.cz/vse-o-vode/odpadni-voda/>, cit. 2.6.2015.
- Šolc J., 1998: Praha životní prostředí. Institut městské informatiky hl. m. Prahy, Praha, online: [http://envis.praha-mesto.cz/rocnky/roc98/rocnk98/00\\_obsah.htm](http://envis.praha-mesto.cz/rocnky/roc98/rocnk98/00_obsah.htm), cit. 2.6.2015.

Šolc J., Morávková L. et Pospíšilová J., 1999: Praha životní prostředí. Institut městské informatiky hl. m. Prahy, Praha, online: [http://envis.prahamesto.cz/rocenky/pr\\_99/00\\_obsah.htm](http://envis.prahamesto.cz/rocenky/pr_99/00_obsah.htm), cit. 3.7.2015.

U. S. Environmental Protection Agency, 1993: Guidance Specifying Management Measures for Sources of Nonpoint Pollution in Coastal Waters. EPA United States Environmental Protection Agency, Washington D. C., Online: <http://water.epa.gov/polwaste/nps/czara/index.cfm>, cit. 6.7.2015.

U. S. Environmental Protection Agency, 1996: Indicators of the Environmental Impacts of Transportation: Highway, Rail, Aviation and Maritime Transport. EPA United States Environmental Protection Agency, Washington D. C., online: <http://ntl.bts.gov/lib/6000/6300/6333/indicall.pdf>, cit. 6.7.2015.

Vlčková R., 2013: Revitalizace vodních toků. Ekologické centrum Most pro Krušnohoří, Most, online: [http://www.ecmost.cz/clanky.php?page=revitalizace\\_voda](http://www.ecmost.cz/clanky.php?page=revitalizace_voda), cit. 1.9.2013.

VSB, 2006a: Úpravy vodních toků. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, online: [http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni\\_loticky/upravy\\_vod\\_toku.htm](http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_loticky/upravy_vod_toku.htm), cit 23.11.2013.

VSB, 2006b: Acidifikace vodních ekosystémů. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, online: [http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni\\_loticky/acidifikace.htm](http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_loticky/acidifikace.htm), cit. 2.6.2015.

VSB, 2006c: Samočistící schopnost toků. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, online: [http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni\\_loticky/acidifikace.htm](http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_loticky/acidifikace.htm), cit. 2.6.2015.

Zákony pro lidi, 2015: Předpis č. 23/2011 Sb. online: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-23>, cit. 14.7.2015.

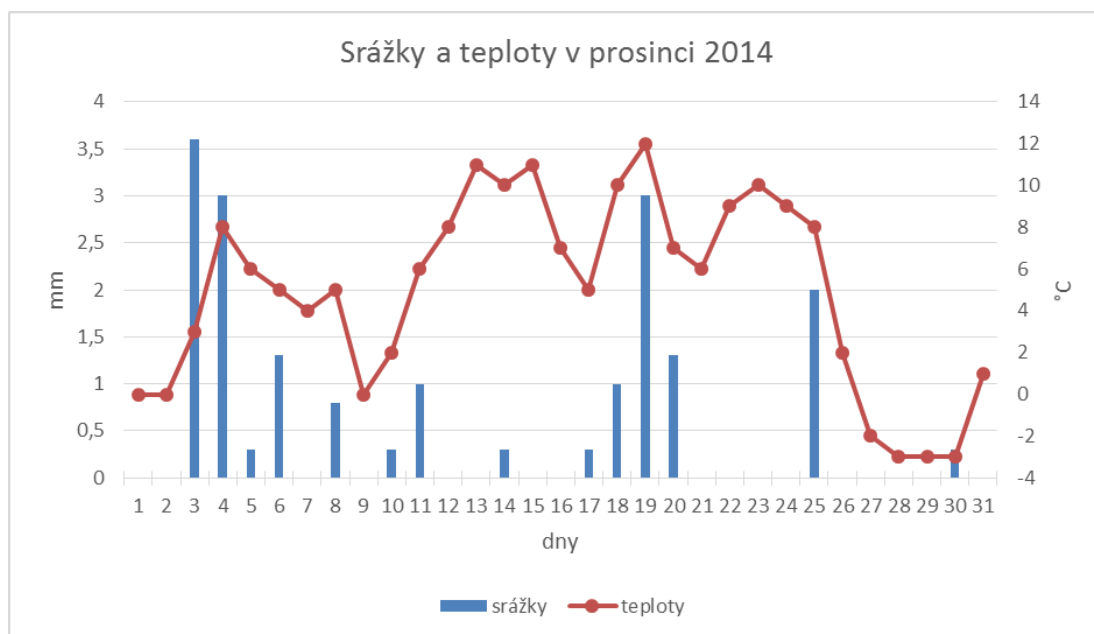
#### **9.4 Programy**

R Core Team, 2012: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

## 10 Přílohy

Ukazatel	Jednotka	Lokalita							
		1	2	3	4	5	6	7	8
tep. vody	°C	10,2	4,7	4,2	3,3	3,6	3,6	3,2	4,2
pH	-	6,92	8,15	8,15	8,11	8,14	8,20	8,46	7,86
vodivost	mS/m	108,1	98,7	112,2	113,5	113,5	113,5	131	137,6
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	7,75	14,95	12,97	11,89	11,67	12,26	12,99	9,04
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,006	0,126	0,075	0,032	0,031	0,027	0,023	0,071
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,04	0,14	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05	1,47
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	15,90	12,50	9,61	9,31	8,68	8,03	7,87	5,41
P <sub>c</sub>	mg/L	0,35	0,09	0,14	0,05	0,05	0,04	0,06	0,10
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	154,0	149,4	217,0	245,5	216,4	214,8	245,3	200,1
Cl	mg/L	112,50	100,22	105,00	96,81	97,50	156,13	150,68	165,00

Tabulka č. P1: První rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka v rozmezí celého toku ke dni 10.12.2014 s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

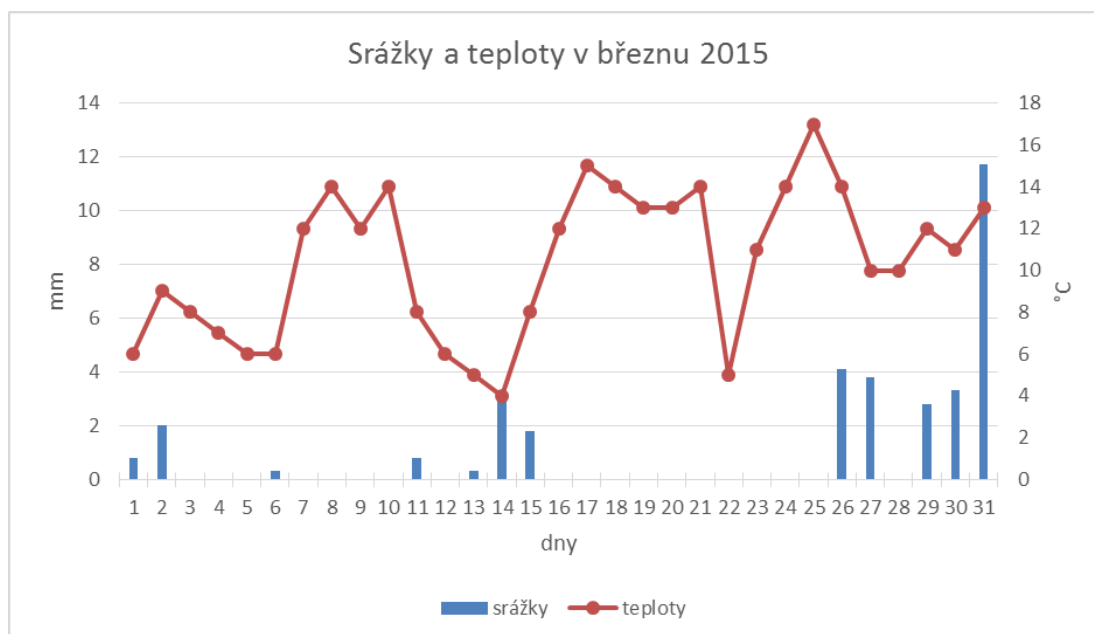


Obr. č. P1: Srážky a teploty vzduchu za měsíc prosinec v roce 2014 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).



Ukazatel	Jednotka	Lokalita									
		Před deštěm					Po dešti				
		4A	5A	6A	7A	8A	4B	5B	6B	7B	8B
tep. vody	°C	5,4	5,2	5,1	4,6	9,4	9,1	8,3	8,0	7,7	8,9
pH	-	7,93	8,10	8,19	8,50	7,88	7,87	7,96	8,12	8,20	8,11
vodivost	mS/m	109,5	111,3	111,9	124,5	127,0	106,0	107,6	88,7	103,5	101,9
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	10,88	11,73	12,37	13,06	9,42	8,91	9,56	9,91	10,90	10,43
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,027	0,023	0,021	0,019	0,068	0,085	0,085	0,169	0,116	0,119
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,03	0,02	0,06	0,02	2,16	0,17	0,17	1,71	0,71	0,99
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	11,20	11,00	11,10	10,60	6,77	12,70	12,30	5,49	9,75	7,61
P <sub>c</sub>	mg/L	0,03	0,06	0,13	0,12	0,83	0,36	0,40	0,17	0,26	0,51
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	248,6	146,5	171,6	199,4	111,3	119,3	137,2	47,6	123,2	137,6
Cl	mg/L	103,26	107,39	108,08	148,01	166,60	106,01	105,33	163,84	132,86	134,93
měď	µg/L	1,87	2,81	2,97	3,60	4,52	5,08	4,87	22,40	12,57	5,34
olovo	µg/L	0,01	0,32	3,69	0,08	1,30	0,56	2,39	1,32	1,10	1,23
nikl	µg/L	9,60	45,10	21,90	27,90	21,30	21,30	23,60	22,50	10,10	7,30
chrom	µg/L	15,90	24,00	45,63	10,23	15,36	31,60	36,90	30,10	13,43	26,30
zinek	µg/L	30	30	170	10	40	50	120	100	30	70

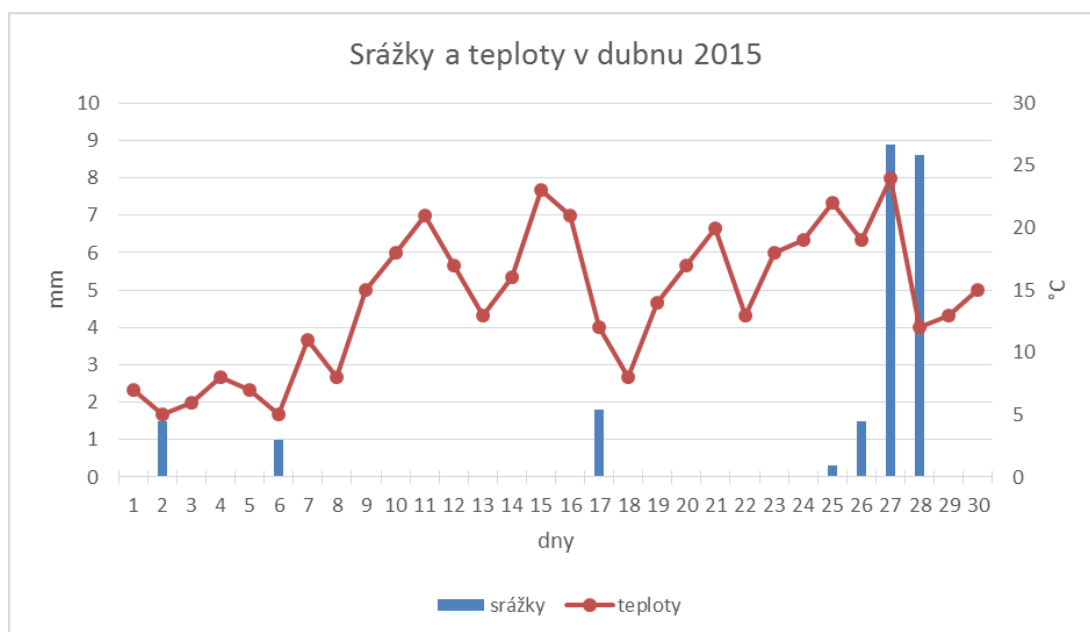
Tabulka č. P2: Druhý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka před deštěm (21.3.2015) a po dešti (26.3.2015) v rozmezí 4 až 8 lokality s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P2: Srážky a teploty vzduchu za měsíc březen v roce 2015 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).

Ukazatel	Jednotka	Lokalita									
		Před deštěm					Po dešti				
		4A	5A	6A	7A	8A	4B	5B	6B	7B	8B
tep. vody	°C	7,3	7,1	7,1	6,7	7,9	11,7	11,1	10,2	10,4	10,8
pH	-	7,69	7,93	8,03	8,19	7,62	7,74	7,67	7,76	8,00	7,82
vodivost	mS/m	103,7	102,8	103,2	119,3	121,7	92,2	94,4	86,9	88,2	76,0
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	8,14	9,56	10,06	11,62	8,09	8,11	8,61	9,32	10,02	9,27
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,036	0,031	0,026	0,018	0,760	0,069	0,068	0,069	0,063	0,080
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,041	0,024	0,037	-	0,975	0,108	0,130	0,370	0,220	0,440
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	10,70	11,20	11,30	10,60	6,20	11,10	10,90	6,86	8,92	8,75
P <sub>c</sub>	mg/L	0,26	0,40	0,72	0,36	0,49	0,46	0,65	0,50	0,49	0,77
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	230,0	203,7	191,0	199,9	198,0	169,6	170,8	97,5	141,8	111,9
Cl	mg/L	90,87	92,94	96,38	134,93	116,34	86,05	87,43	110,83	98,44	84,67
měď	µg/L	4,00	3,59	3,98	7,26	5,56	4,64	6,76	18,64	15,71	10,7
olovo	µg/L	0,57	-	1,03	0,09	0,22	0,84	0,75	2,3	0,97	1,33
nikl	µg/L	19,76	10,46	17,13	13,88	13,00	14,17	14,81	13,58	8,77	15,78
chrom	µg/L	34,81	24,52	27,54	23,31	32,52	19,92	30,7	43,6	24,68	30,28
zinek	µg/L	30	40	40	10	30	80	30	120	60	10

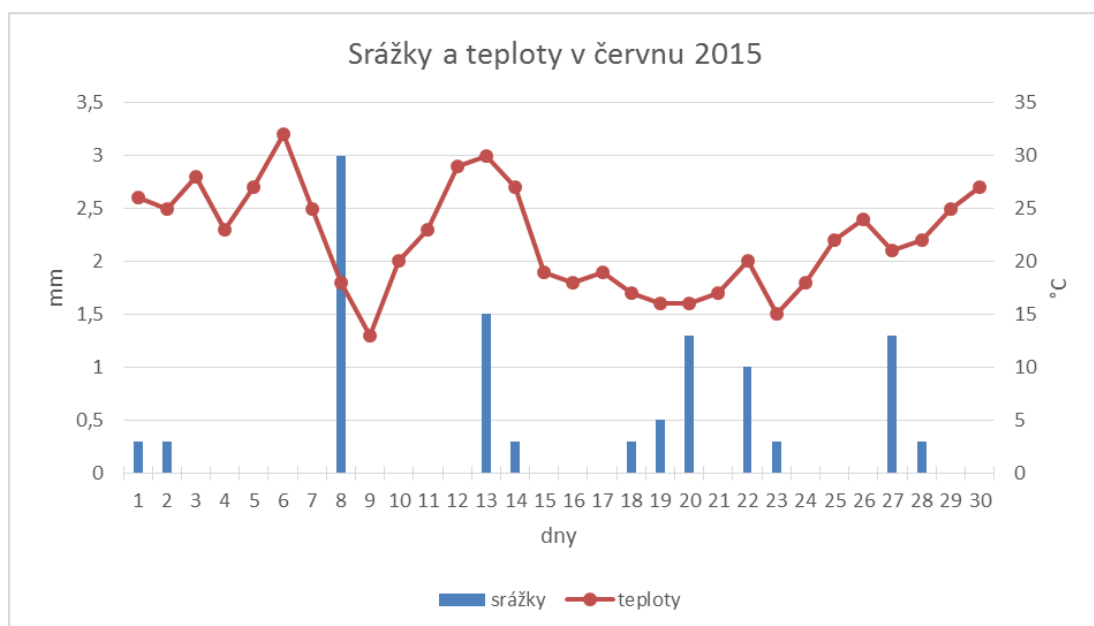
Tabulka č. P3: Třetí rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka před deštěm (25.4.2015) a po dešti (28.4.2015) v rozmezí 4 až 8 lokality s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P3: Srážky a teploty vzduchu za měsíc duben v roce 2015 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).

Ukazatel	Jednotka	Lokalita									
		Před deštěm					Po dešti				
		4A	5A	6A	7A	8A	4B	5B	6B	7B	8B
tep. vody	°C	23,6	23,8	22,6	21,7	20,1	17,0	16,5	16,5	15,7	15,0
pH	-	7,62	7,79	7,94	8,22	7,40	7,60	7,62	7,78	7,86	7,63
vodivost	mS/m	100,6	100,5	101,5	116,8	128,1	51,2	92,7	51,8	46,7	22,8
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	4,92	6,07	7,01	8,52	1,55	6,93	7,38	7,94	9,34	8,62
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,018	0,024	0,019	0,011	0,048	0,067	0,071	0,057	0,051	0,048
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,072	0,087	0,064	0,045	3,135	0,395	0,390	0,400	0,340	0,610
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	7,87	7,89	7,73	7,57	2,52	3,75	4,04	3,54	4,23	2,81
P <sub>c</sub>	mg/L	0,59	0,41	0,41	0,39	2,46	0,78	0,65	0,26	0,21	0,49
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	214,0	207,1	195,2	193,2	167,0	90,8	83,5	87,4	63,0	30,7
Cl	mg/L	91,56	91,56	100,51	137,68	164,53	42,00	42,68	42,68	48,19	19,26
měď	µg/L	13,88	10,31	8,04	5,59	7,91	9,65	8,79	13,03	15,72	7,4
olovo	µg/L	31,31	2,42	0,63	1,58	1,17	1,38	0,8	1,11	2,65	1,79
nikl	µg/L	51,20	30,90	24,90	12,60	56,20	19,6	39,2	28,8	13,8	6,5
chrom	µg/L	139,00	123,60	79,60	86,30	75,60	78,6	78,9	63,5	95,6	83,2
zinek	µg/L	5580	870	120	500	180	120	120	110	290	250

Tabulka č. P4: Čtvrtý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka před deštěm (5.6.2015) a po dešti (9.6.2015) v rozmezí 4 až 8 lokality s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P4: Srážky a teploty vzduchu za měsíc červen v roce 2015 z meteorologické stanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).

Ukazatel	Jednotka	Lokalita							
		1	2	3	4	5	6	7	8
tep. vody	°C	12,9	18,5	18,5	18,8	18,9	17,6	17,9	17,9
pH	-	6,85	8,33	7,98	8,02	8,12	8,17	8,28	7,15
vodivost	mS/m	105,6	91,5	104,1	103,7	101,4	103,6	113,4	109,7
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	6,43	9,80	7,79	7,26	7,72	8,01	8,55	7,35
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,011	0,377	0,230	0,059	0,050	0,043	0,034	0,150
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,019	0,102	0,112	0,036	0,060	0,025	0,010	1,250
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	22,40	14,10	9,03	9,89	9,75	9,98	9,30	3,68
P <sub>c</sub>	mg/L	0,47	0,69	1,65	0,72	1,20	0,93	0,60	0,73
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	146,5	125,6	196,2	188,1	190,6	194,6	181,0	151,9
Cl	mg/L	106,70	89,49	90,87	90,87	90,87	92,25	123,23	138,37

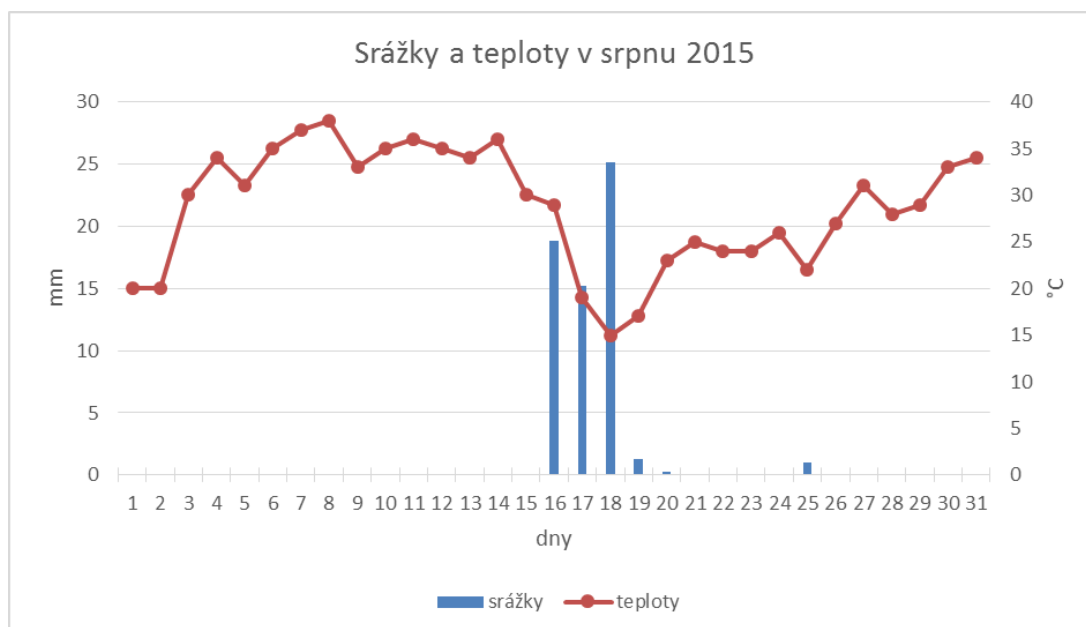
Tabulka č. P5: Pátý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka v rozmezí celého toku ke dni 27.7.2015 s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P5: Srážky a teploty vzduchu za měsíc červenec v roce 2015 z meteorologické stanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).

Ukazatel	Jednotka	Lokalita														
		Před deštěm					Po dešti					Po dešti				
		4A	5A	6A	7A	8A	4B	5B	6B	7B	8B	4C	5C	6C	7C	8C
tep. vody	°C	25,9	26,1	25,7	24,6	25,4	23,0	23,0	22,6	22,7	21,5	18,5	18,5	18,3	18,2	18,5
pH	-	7,98	8,10	8,19	8,25	7,49	7,99	8,09	8,18	8,29	7,39	7,75	7,98	8,01	8,17	7,67
vodivost	mS/m	103,4	101,6	100,6	115,1	102,2	105,1	105,3	105,4	114,0	101,9	57,5	58,2	58,9	62,9	47,7
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	5,80	6,53	6,88	8,11	2,15	6,16	6,94	7,33	8,28	2,38	7,12	7,46	7,83	8,60	6,76
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,030	0,021	0,013	0,026	0,178	0,034	0,033	0,027	0,026	0,213	0,086	0,054	0,080	0,071	0,079
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,032	0,039	0,350	0,024	3,042	0,050	0,090	0,050	0,080	2,860	0,041	0,045	0,057	0,011	0,208
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	6,96	7,13	6,92	6,18	7,26	6,76	6,56	6,44	5,92	7,59	5,88	5,89	5,94	5,29	3,19
P <sub>c</sub>	mg/L	0,69	0,80	0,88	0,82	2,40	0,82	1,13	1,16	0,90	2,26	0,51	0,66	0,77	0,48	0,44
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	218,3	208,5	202,0	206,9	164,3	186,4	207,1	200,1	198,1	186,5	87,1	91,3	85,3	76,8	54,3
Cl	mg/L	93,19	89,81	92,52	97,24	96,57	91,84	95,22	104,00	109,40	106,70	45,25	45,92	45,92	63,48	44,57
měď	µg/L	2,49	2,09	2,92	2,61	10,09	2,70	8,90	6,79	5,11	17,26	3,31	26,70	6,36	4,47	6,55
olovo	µg/L	0,34	0,26	0,21	0,18	0,63	0,32	1,32	0,94	0,33	0,74	0,54	2,67	1,11	0,27	0,47
nikl	µg/L	41,10	2,20	43,90	19,50	9,30	16,60	74,50	13,10	8,40	87,30	18,30	3,80	11,50	18,40	4,90
chrom	µg/L	18,60	26,90	32,60	15,26	10,60	18,00	28,30	36,90	12,80	95,60	25,00	42,69	36,34	12,00	25,90
zinek	µg/L	40	80	50	40	80	40	80	70	50	200	90	150	120	40	90

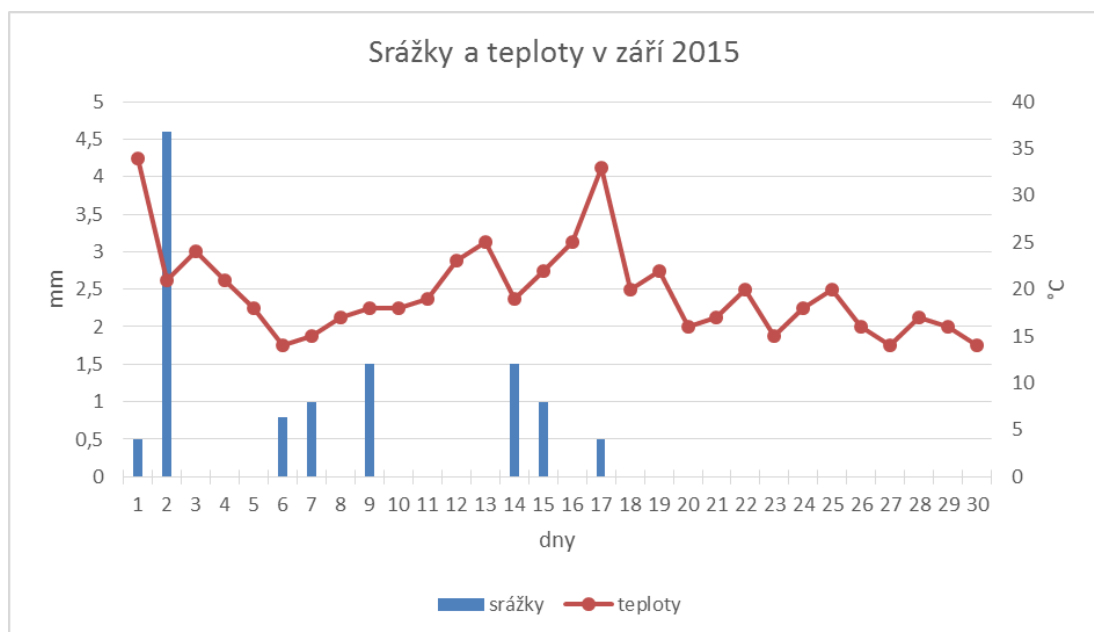
Tabulka č. P6: Šestý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka před deštěm (14.8.2015), po mírném dešti (15.8.2015) a po silném dešti (19.8.2015) v rozmezí 4 až 8 lokality s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P6: Srážky a teploty vzduchu za měsíc srpen v roce 2015 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).

Ukazatel	Jednotka	Lokalita									
		Před deštěm					Po dešti				
		4A	5A	6A	7A	8A	4B	5B	6B	7B	8B
tep. vody	°C	17,4	16,5	16,0	15,4	17,0	15,5	14,5	14,1	14,3	15,1
pH	-	7,99	8,08	8,13	8,39	7,66	8,00	8,03	8,13	8,27	7,66
vodivost	mS/m	104,3	106,3	106,4	115,4	109,6	102,2	107,0	116,3	120,0	112,1
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	7,36	8,23	8,71	9,70	5,91	8,22	8,57	9,09	9,20	3,95
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,065	0,067	0,053	0,037	0,248	0,089	0,082	0,074	0,047	0,156
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,021	0,040	0,018	0,002	0,821	0,042	0,048	0,034	0,026	3,558
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	11,90	12,70	10,90	11,50	5,88	11,20	10,70	11,30	9,20	4,11
P <sub>c</sub>	mg/L	0,39	0,43	0,71	0,27	0,56	0,61	0,95	0,27	0,24	3,01
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	227,5	215,1	231,7	251,2	234,2	223,6	242,1	245,8	232,1	211,1
Cl	mg/L	90,68	92,04	93,41	120,00	120,00	91,36	92,72	98,86	130,22	128,86
měď	µg/L	200,27	14,03	6,97	7,35	6,43	30,57	12,56	20,63	8,41	12,25
olovo	µg/L	19,41	3,00	5,40	1,60	1,10	6,61	3,10	3,84	2,22	2,00
nikl	µg/L	16,44	16,60	9,30	17,02	15,62	12,94	15,71	15,99	18,57	22,80
chrom	µg/L	24,00	25,45	18,34	32,70	29,05	26,50	30,97	25,71	36,59	36,75
zinek	µg/L	230	80	80	80	40	100	60	130	70	90

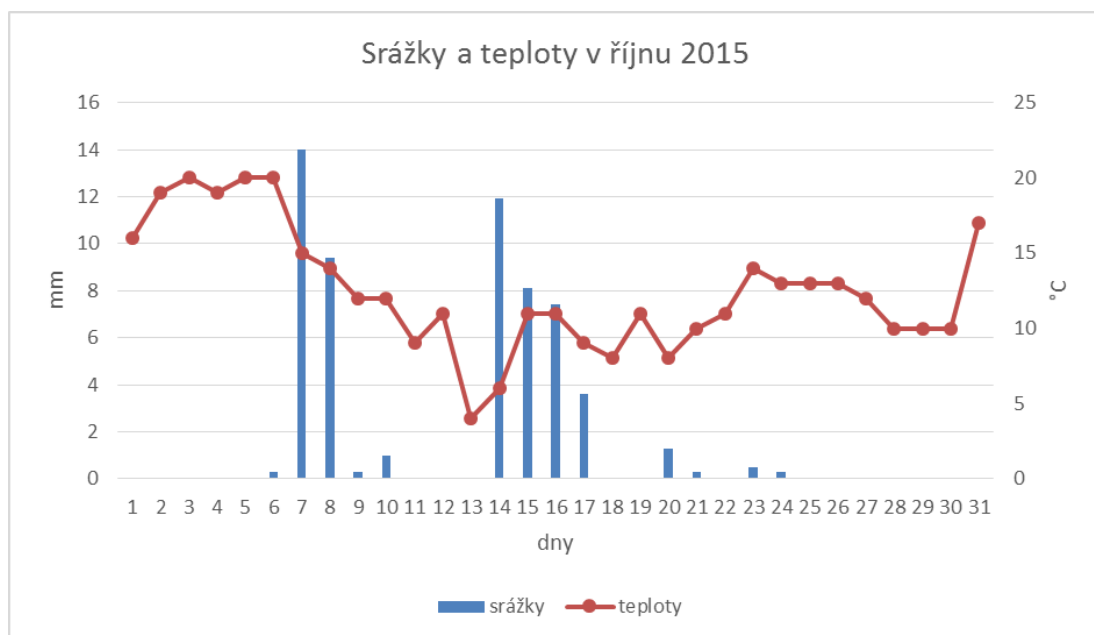
Tabulka č. P7: Sedmý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka před deštěm (22.9.2015) a po dešti (23.9.2015) v rozmezí 4 až 8 lokality s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P7: Srážky a teploty vzduchu za měsíc září v roce 2015 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).

Ukazatel	Jednotka	číslo vzorku							
		1	2	3	4	5	6	7	8
tep. vody	°C	12,9	10,9	10,4	10,2	10,2	10,1	10,4	10,1
pH	-	7,01	8,19	8,22	8,12	8,21	8,24	8,43	8,04
vodivost	mS/m	108,6	88,7	97,8	97,8	98,1	102,4	107	108,1
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	6,57	11,68	11,30	9,89	10,46	10,80	10,80	8,47
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,015	0,202	0,121	0,084	0,079	0,070	0,055	0,970
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,002	0,170	0,086	0,027	0,020	0,036	0,009	1,443
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	12,31	8,29	7,66	6,24	6,01	6,17	6,48	4,04
P <sub>c</sub>	mg/L	0,60	0,49	0,56	0,47	0,55	0,63	0,25	0,97
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	168,3	155,6	231,5	194,6	201,8	198,2	218,7	211,8
Cl	mg/L	96,13	81,81	83,18	81,13	82,49	88,63	107,04	117,95

Tabulka č. P8: Osmý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka v rozmezí celého toku ke dni 29.10.2015 s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P8: Srážky a teploty vzduchu za měsíc říjen v roce 2015 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).



Ukazatel	Jednotka	Lokalita									
		Před deštěm					Po dešti				
		4A	5A	6A	7A	8A	4B	5B	6B	7B	8B
tep. vody	°C	9,9	9,5	9,3	9,0	9,5	10,2	9,9	10,0	10,1	10,8
pH	-	8,34	8,33	8,49	8,68	8,20	8,21	8,33	8,29	8,49	8,38
vodivost	mS/m	107,3	108,6	110,9	115,1	113,3	101,8	102,5	89,5	89,5	66,5
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	9,33	10,15	10,37	10,85	7,62	8,69	9,68	9,83	10,30	9,32
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,031	0,027	0,021	0,003	0,089	0,076	0,151	0,115	0,112	0,043
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,015	0,031	0,022	-	1,127	0,327	0,301	0,238	0,227	0,520
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	10,41	8,97	7,73	8,18	4,70	8,38	8,79	6,26	7,41	3,48
P <sub>c</sub>	mg/L	0,62	0,23	0,34	0,12	0,37	0,24	0,77	0,48	0,71	0,24
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	230,4	220,6	228,2	238,1	227,3	181,7	200,9	126,4	155,6	115,0
Cl	mg/L	94,08	92,72	96,13	116,58	122,72	90,67	92,04	87,27	88,63	66,81
měď	µg/L	1,65	1,76	433,90	1,45	1,77	2,62	4,30	6,08	6,22	11,48
olovo	µg/L	0,16	0,20	1,37	0,13	0,19	0,54	0,78	0,59	0,81	0,49
nikl	µg/L	8,90	13,50	24,80	9,00	10,70	4,00	9,10	8,10	14,56	4,20
chrom	µg/L	26,00	15,00	126,00	20,00	13,80	13,00	11,20	46,00	17,40	36,90
zinek	µg/L	80	60	260	30	40	60	90	50	110	140

Tabulka č. P9: Devátý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka před deštěm (14.11.2015) a po dešti (15.11.2015) v rozmezí 4 až 8 lokality s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



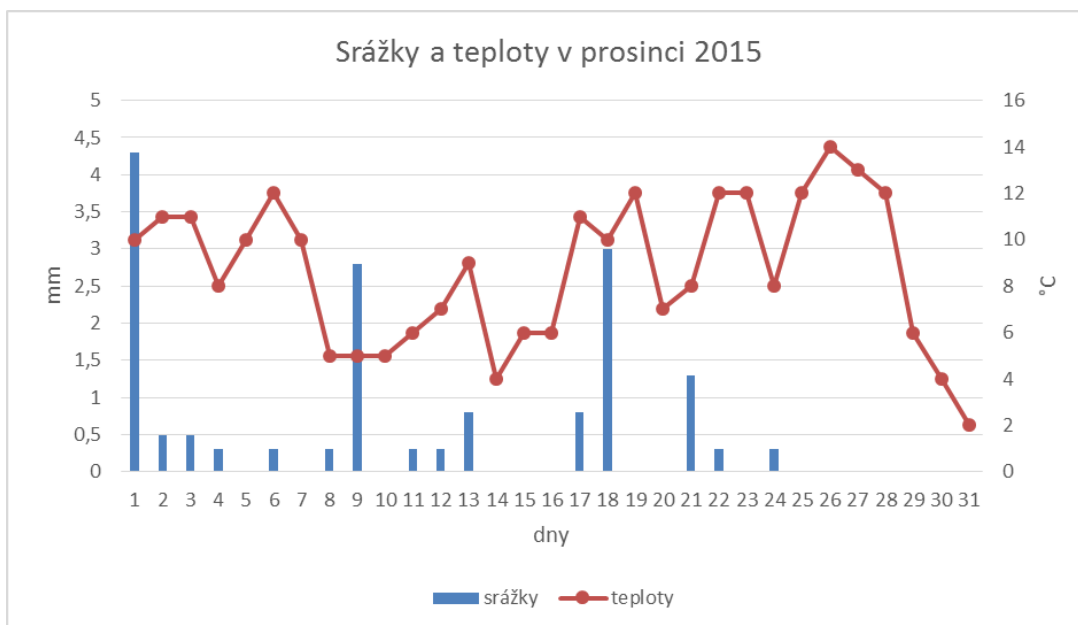
Obr. č. P9: Srážky a teploty vzduchu za měsíc listopad v roce 2015 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).

Ukazatel	Jednotka	Lokalita									
		Před deštěm					Po dešti				
		4A	5A	6A	7A	8A	4B	5B	6B	7B	8B
tep. vody	°C	6,6	6,4	6,1	6,4	5,8	7,2	6,9	6,9	7,2	7,6
pH	-	8,21	8,22	8,39	8,67	8,21	7,89	8,05	7,99	8,43	8,31
vodivost	mS/m	99,6	99,5	102,5	108,8	106,7	89,9	91,1	90,3	87,9	73,9
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	10,36	11,28	11,59	12,30	10,25	9,97	10,75	10,53	11,68	10,58
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,053	0,054	0,046	0,034	0,078	0,101	0,099	0,093	0,083	0,084
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,058	0,061	0,046	0,009	0,910	0,252	0,238	0,221	0,195	0,441
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	6,55	6,33	5,21	4,99	3,59	4,90	5,26	4,61	4,86	2,96
P <sub>c</sub>	mg/L	0,51	0,60	0,67	0,50	0,63	0,61	0,66	0,52	0,53	0,61
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	225,1	223,2	236,3	248,4	231,0	165,9	193,7	160,4	167,5	134,1
Cl	mg/L	87,05	84,25	91,27	115,14	120,05	84,95	80,03	100,39	94,07	82,14

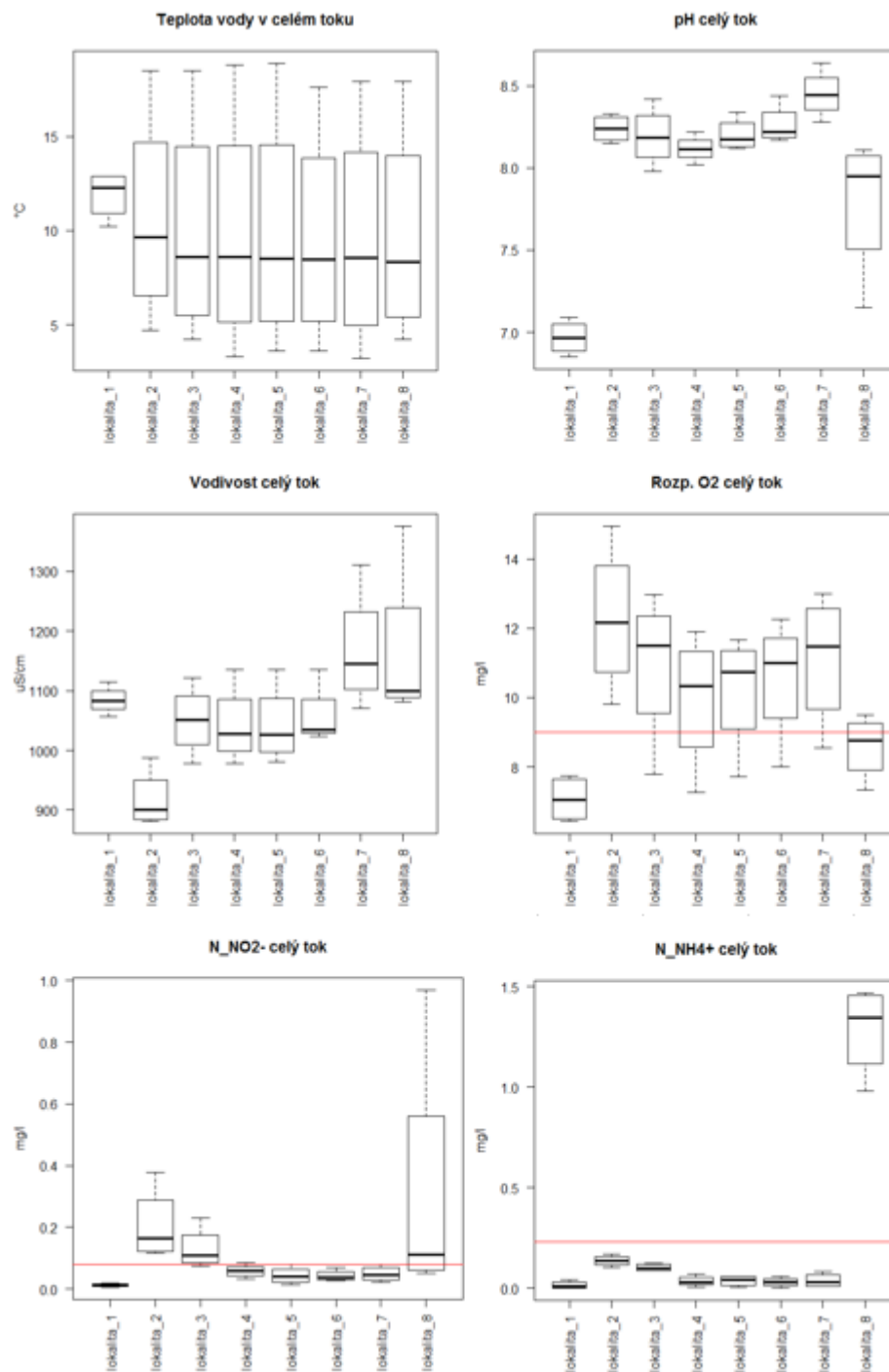
Tabulka č. P10: Desátý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka před deštěm (25.11.2015) a po dešti (30.11.2015) v rozmezí 4 až 8 lokality s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

Ukazatel	Jednotka	Lokalita							
		1	2	3	4	5	6	7	8
tep. vody	°C	11,6	8,4	6,8	7,0	6,8	6,8	6,7	6,6
pH	-	7,09	8,29	8,42	8,22	8,34	8,44	8,64	8,11
vodivost	mS/m	111,4	88,1	106,1	101,8	103,9	103,3	115,5	110,2
rozp. O <sub>2</sub>	mg/L	7,56	12,65	11,71	10,75	11,02	11,17	12,15	9,50
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,019	0,116	0,096	0,056	0,014	0,033	0,081	0,052
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	-	0,133	0,124	0,007	0,006	-	0,082	0,982
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	11,86	6,15	6,73	6,24	5,44	5,81	5,08	3,30
P <sub>c</sub>	mg/L	0,39	0,13	0,16	0,19	0,06	0,33	0,32	0,25
SO <sub>4</sub> <sup>-II</sup>	mg/L	164,4	142,2	217,7	201,4	217,4	221,1	231,3	185,8
Cl	mg/L	115,14	89,86	91,96	89,86	89,86	94,07	123,56	125,66

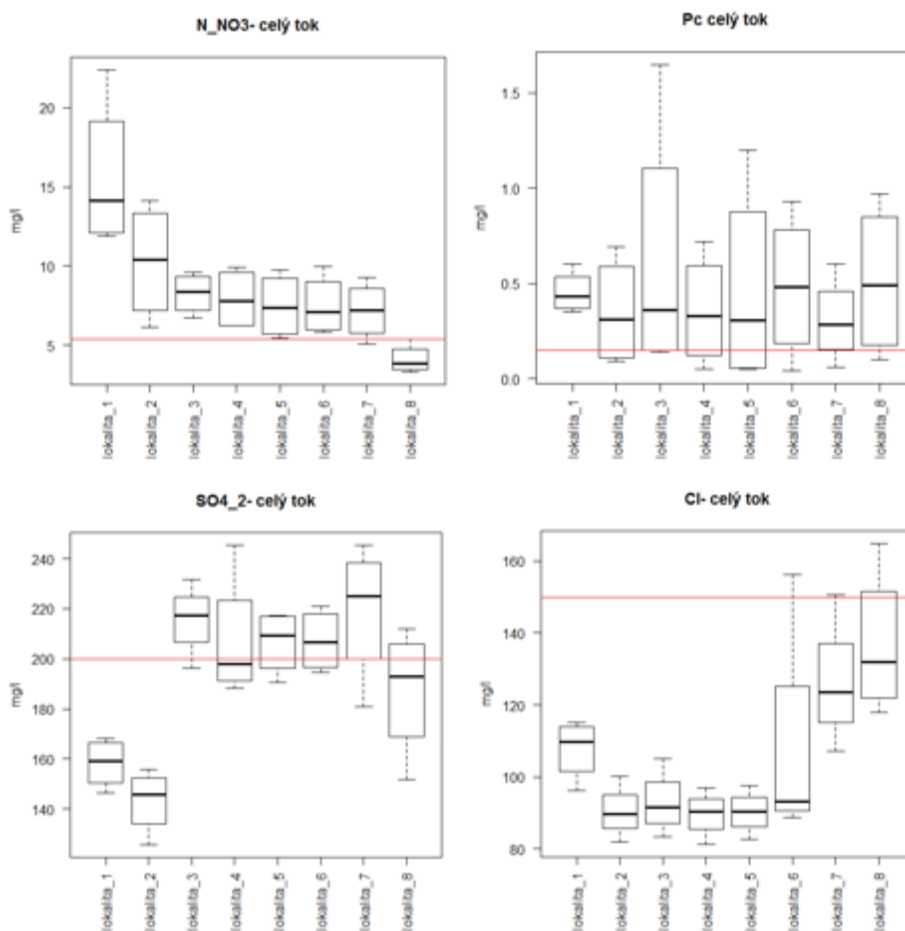
Tabulka č. P11: Jedenáctý rozbor fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody v potoce Chvalka v rozmezí celého toku ke dni 13.12.2015 s červeně zvýrazněnými hodnotami přesahující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P10: Srážky a teploty vzduchu za měsíc prosinec v roce 2015 z meteostanice Praha 9, Prosek (Zdroj: Meteorologická stanice SSŠVT v Praze, online).



Obr. č. P11: Boxploty znázorňující jednotlivé ukazatele kvality vody v potoce Chvalka za celý tok s červeně zvýrazněnou přímkou znázorňující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.



Obr. č. P12: Boxploty znázorňující zbývající ukazatele kvality vody v potoce Chvalka za celý tok s červeně zvýrazněnou přímkou znázorňující NEK-RP dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb, v platném znění.

Lokality odběru vody	Možné vlivy ovlivnění kvality vody v potoce Chvalka
1	sídliště nad pramenem
2	rybník Chvalka; DUN Horní Počernice; splachy ze zahrádkářské osady
3	vlivy lokality č. 2, rybník Chvaly
4	splachy z polí
5	splachy z polí, Horních Počernic a Východní spojky
6	splachy z komerční zóny, Východní spojky; zatrubněnou částí pod Východní spojkou
7	splachy ze silnice Chlumecká, komerční zóny a Východní spojky; černou skládkou přímo v toku
8	splachy z golfového hřiště, sídliště Černý Most II a staveniště parku U Čenku; jezírkem u golfového hřiště; DUN Černý Most II

Tabulka č. P12: Možné vlivy ovlivnění kvality vody v potoce Chvalka na jednotlivých lokalitách.