

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



**ZPRACOVÁNÍ DAT Z ČÍTAČE PEVNÝCH
ČÁSTIC NA ÚV VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ A
VYHODNOCENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ
PO REKONSTRUKCI**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. ŠTĚPÁN ZVĚŘINA

Vedoucí diplomové práce: Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.

LEDEN 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Zvěřina Jméno: Štěpán Osobní číslo: 410201
Zadávací katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zpracování dat z čítače pevných částic na ÚV Valašské Meziříčí a vyhodnocení vybraných parametrů po rekonstrukci
Název diplomové práce anglicky: Processing of Data from the Solid Particle Counter at the Water Treatment Plant Valašské Meziříčí and Evaluation of Selected Parameters after Reconstruction

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce je zpracování dat z čítače pevných částic na ÚV Valašské Meziříčí a vyhodnocení těchto výsledků vzhledem k jakosti surové vody. Součástí práce bude zpracování literární rešerše k dané problematice s využitím české i zahraniční literatury. Další část práce se bude zabývat vyhodnocením vybraných ukazatelů jakosti vody a parametrů úpravy vody po rekonstrukci úpravny vody Valašské Meziříčí.

Seznam doporučené literatury:

BENJAMIN, Mark Millard, LAWLER Desmond F.: Water quality engineering: physical/chemical treatment processes. Hoboken: Wiley, c2013. ISBN 978-1-118-16965-0.

DOLEJŠ P., DOBIÁŠ P.: Využití počítačů částic v technologii úpravy vody. Vodní hospodářství 2007;57 (4): 111-113.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 5.10.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

5.10.2017

Datum převzetí zadání

/ Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Praha 7.1.2018

.....

podpis autora

Bc. Štěpán Zvěřina

Rád bych poděkoval vedoucí své diplomové práce Ing. Kateřině Slavíčkové, Ph.D., za odborné vedení, velkou ochotu, trpělivost a cenné rady v celém průběhu zpracování práce. Také bych chtěl poděkovat zaměstnancům společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín a.s., za velkou vstřícnost, poskytnutá data a konzultace. Dále panu Ing. Tomáši Křížovi ze státního podniku Povodí Moravy s.p. za poskytnutí průtoků ve Vsetínské Bečvě. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při zpracování této práce a po celou dobu mého studia.

ABSTRACT

The main purpose of the diploma thesis is a process of the particle counter data of water treatment plant Valašské Meziříčí and the evaluation of the selected water treatment parameters after the reconstruction. The goal of the thesis is a comparison among particle counter data and raw water quality parameters and drinking water quality parameters and the evaluation of the selected water quality parameters and parameters of water treatment process. The diploma thesis is divided into two parts. The first part of the thesis deals with literature research of the particle counter technology. The second part of the thesis handles the process of the particle counter data and the evaluation of the water quality analysis for the hydrological year season 2016/2017 and measured parameters of water treatment process. This evaluation is attached to a season before the reconstruction, to a trial operation and a current operation after the reconstruction. Complete conclusion is presented at the end of the thesis.

KEY WORDS

Water treatment plant, Particle counter, Reconstruction, Water quality

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je zpracování dat z čítače pevných částic na úpravně vody Valašské Meziříčí a vyhodnocení vybraných parametrů úpravy vody po rekonstrukci. Cílem práce je porovnání dat z čítače částic s ukazateli jakosti surové vody a upravené vody a vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody a parametrů úpravy vody. Diplomová práce je rozdělena do dvou částí. V první části práce je zpracována rešerše o čítačích částic. Druhá část práce se zabývá zpracováním dat z čítače částic a vyhodnocením dat z rozborů vody za období hydrologického roku 2016/2017 a parametrů měřených při procesu úpravy vody. Toto vyhodnocení je vztaženo na období před rekonstrukcí, zkušební provoz a běžný provoz po rekonstrukci. Na konci práce je uveden celkový závěr.

KLÍČOVÁ SLOVA

Úpravna vody, Čítač částic, Rekonstrukce, Jakost vody

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 PROBLEMATIKA ČÍTAČŮ PEVNÝCH ČÁSTIC	10
1.1 Rozdělení čítačů částic.....	10
1.1.1 Čítače pevných částic užívané pro měření v kapalinách	10
1.2 Princip měření čítačů pevných částic a jejich funkce	11
1.2.1 Metoda blokace světla (Light blockage method)	12
1.2.2 Metoda detekce světelného rozptylu (Laser light scattering method).....	12
1.2.3 Metoda snímání el. pole elektrodami (Electrical sensing zone method).....	14
1.3 Výstupy a využití čítačů pevných částic ve vodním hospodářství	15
1.4 Využití čítačů pevných částic na úpravnách vody	18
1.4.1 Čítače částic při úpravě vody v ČR	18
1.4.2 Čítače částic při úpravě vody ve světě.....	20
2 ÚPRAVNA VODY VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ A JEJÍ PROVOZ.....	23
2.1 Popis a vývoj úpravný vody Valašské Meziříčí	23
2.1.1 Technologie na úpravě vody Valašské Meziříčí	24
2.2 Čítač pevných částic na úpravě vody Valašské Meziříčí – ARTI WPC-22 Hach Lange	25
3 Vyhodnocení extrémních průtoků ve vodním toku a jejich vlivu na úpravnu vody Valašské Meziříčí.....	27
3.1 Popis vodních stavů a hydrologických podmínek	27
3.2 Vyhodnocení rozdílů práce úpravný vody při extrémních průtocích ve vodním toku.....	32
3.2.1 Vyhodnocení rozborů vody.....	32
3.2.1.1 Maximální průtoky	33
3.2.1.2 Minimální průtoky.....	34
3.2.2 Parametry měřené na úpravě vody – CHSK _{Mn}	36

3.2.2.1	Měření CHSK _{Mn} pro max. průtoky v laboratoři na úpravně vody	36
3.2.2.2	Měření CHSK _{Mn} pro min. průtoky v laboratoři na úpravně vody.	37
3.2.3	Parametry měřené na úpravně vody – kontinuální měření sondami	37
3.2.3.1	Parametry při procesu úpravy vody – max. průtoky	38
3.2.3.2	Parametry při procesu úpravy vody – min. průtoky.....	39
3.3	Zhodnocení situace a shrnutí vlivu extrémních průtoků ve vodním toku na úpravnu vody	40
4	ZPRACOVÁNÍ DAT Z ČÍTAČE PEVNÝCH ČÁSTIC	42
4.1	Počet a velikostní distribuce pevných částic za hydrologický rok 2016/2017	42
4.2	Vyhodnocení dat z čítače částic vzhledem k jakosti surové a upravené vody	46
4.2.1	Výpočet doby zdržení vody v úpravně vody při její úpravě.....	47
4.2.1.1	Výpočet objemu vody v potrubích	50
4.2.1.2	Výpočet doby zdržení v sedimentačních nádržích	53
4.2.1.3	Výpočet doby zdržení v pískových filtrech.....	55
4.2.1.4	Výpočet doby zdržení ve filtrech s granulovaným aktivním uhlím	58
4.2.1.5	Celková doba zdržení od odběrného objektu k čítači částic	60
4.2.2	Tabelární vyhodnocení rozborů vody s výstupy z čítače částic.....	62
4.2.2.1	Shrnutí tabelárního vyhodnocení	68
4.2.3	Grafické vyhodnocení vybraných parametrů jakosti surové vody s výstupy z čítače pevných částic.....	69
4.2.4	Porovnání zákalu za GAU filtry s výstupy z čítače částic.....	73
4.2.5	Vyhodnocení zákalu surové vody ze sond vzhledem k dávce koagulantu a počtu částic	76
5	VYHODNOCENÍ VYBRANÝCH UKAZATELŮ JAKOSTI VODY A PARAMETRŮ ÚPRAVY VODY	80
5.1	Vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody	80
5.1.1	Grafické zpracování mikrobiologických ukazatelů jakosti vody	80

5.1.2	Grafické zpracování vybraných ukazatelů jakosti vody.....	83
5.1.3	Tabelární zpracování vybraných ukazatelů jakosti vody.....	88
5.2	Vyhodnocení vybraných parametrů úpravy vody po rekonstrukci	94
5.2.1	Parametry měřené kontinuálně sondami.....	95
5.2.1.1	Dávka koagulantu síranu hlinitého.....	95
5.2.2	Parametry měřené v laboratoři na úpravě vody.....	96
6	ZÁVĚR.....	98
7	SEZNAM LITERATURY A PODKLADŮ	101
8	SEZNAM TABULEK	105
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	107
10	SEZNAM GRAFŮ	108

ÚVOD

Obor zabývající se problematikou úpravy vody stejně jako jiné vědní obory jde dopředu a vyvíjí se. To s sebou přináší nové možnosti inovací, efektivnější práce a rozšíření souvisejících aspektů. Vinou stárnutí a opotřebení stávajícího zařízení a v kontextu moderních metod a nových technologií je potřeba po určité době pro zachování udržitelnosti uvažovat o částečné či zásadní rekonstrukci. Na úpravně vody Valašské Meziříčí rekonstrukce proběhla, a to rekonstrukce přímo generální v letech 2014 až 2015. V rámci neustálé snahy o postup vpřed je však zapotřebí tyto změny a zásahy do technologií zpětně řešit a hodnotit. Jedním z jasných signálů modernizace úpravní vody Valašské Meziříčí bylo i zabudování čítače pevných částic. Jeho vhodné využití může být přínosem do budoucna. Dále je na místě brát v potaz také výsledky vybraných ukazatelů jakosti vody a parametrů úpravy vody, jejichž odezva se promítá do technologie procesu. Vhodné je tedy porovnat výsledky z průběhu zkušebního provozu po rekonstrukci a po jeho ukončení, jelikož úpravna vody Valašské Meziříčí odebírá vodu z toku Vsetínská Bečva, což je zdroj surové vody velmi citlivý na změnu kvality surové vody.

Ve své diplomové práci si kladu za cíl vyhodnotit data poskytovaná čítačem pevných částic a vztáhnout je k rozborům surové i upravené vody odebírané z toku Vsetínská Bečva a pokusit se najít spojitost mezi výstupy z čítače částic a ukazateli jakosti vody. Součástí diplomové práce je řešerše problematiky čítačů pevných částic používaných při úpravě vody. V další části své diplomové práce se věnuji vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody a parametrů úpravy vody na úpravně vody Valašské Meziříčí po rekonstrukci, které jsou pro tuto úpravnu vody nejdůležitější. Zde navazuji na svou bakalářskou práci, kde jsem se zabýval vyhodnocením rekonstruované úpravní vody Valašské Meziříčí v průběhu zkušebního provozu.

1 PROBLEMATIKA ČÍTAČŮ PEVNÝCH ČÁSTIC

1.1 Rozdělení čítačů částic

Čítače částic jsou přístroje, které dokáží sledovat a počítat pevné částice.

Čítače částic jsou schopny detekovat částice ve vzduchu, v kapalině a na povrchu pevných látek. Pro velmi malé částice (menší než 1 μm) se používají nano čítače částic. Dle určení svého využití mohou být čítače částic různé konstrukce. To je uvedeno v tabulce 1 [18]:

Tabulka 1: Rozdělení čítačů částic podle druhu [18]

Rozdělení čítačů částic									
Čítače částic ve vzduchu			Čítače částic povrchu		Čítače částic v kapalině			Nano čítače částic	
Příruční	Přenosné	Zabudované se vzdáleným přístupem	Využívající nepřímé světlo	Využívající polovodičové destičky	Zabudované se vzdáleným přístupem	S dávkováním vzorků	Stacionární	Přenosné	

1.1.1 Čítače pevných částic užívané pro měření v kapalinách

Čítače částic umožňují sledovat počet a rozložení velikosti částic ve vodě. Technologie počítání částic je již dlouho zavedená v oborech, jako je medicína, průmysl či elektronika. Parametry, mezi které patří počet, velikost, tvar a distribuce částic v monitorovaném vzorku vody, mají vliv na zákal. Zákal měříme turbidimetry a řadí se mezi kvalitativní ukazatele jakosti vody. S rozvíjející se technologií čítačů pevných částic je však možno dosáhnout větší citlivosti měření, než tomu tak je v případě turbidimetrů. Toto může být využito k hodnocení účinnosti technologických procesů, dávkování chemikálií a změně parametrů jakosti vody při její úpravě. [4]

V oboru úpravy vody jsou čítače částic v České republice již na některých úpravárnách vody užívány v souvislosti s modernizací a rostoucí vyspělostí oboru.

Čítače pevných částic velmi vhodně zapadají do konceptu automatizace a kontinuity provozu úpraven vody. Díky čítačům pevných částic je obsluha úpraveny vody schopna reagovat okamžitě na základě online výsledků měření. To může eliminovat chybné nebo nevhodné rozhodnutí pracovníků způsobené vinou například menší provozní zkušenosti, či čekání na výsledky z laboratoří, které jsou k dispozici až s jistou časovou prodlevou. [5]

1.2 Princip měření čítačů pevných částic a jejich funkce

Čítače částic pracují na základě optických technologií. Mezi tyto technologie mohou patřit například [18]:

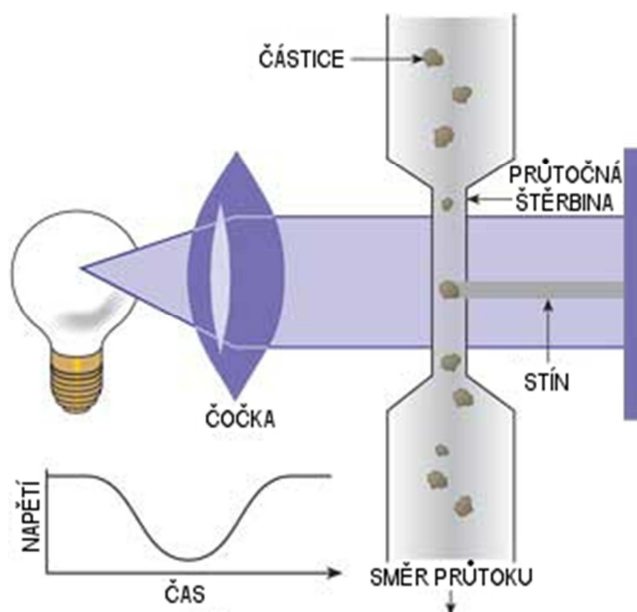
- laserová technologie (*laser*)
- technologie bílého světla (*white light*)
- nepřímé světlo (*glancing light*)
- snímací optika (*scanning optics*)
- mikroskopické vyhodnocování (*conventional microscope lenses*)

Z historického hlediska byla jedinou užívanou metodou metoda přímého mikroskopického pozorování. Jednalo se však o metodu zdlouhavou a náročnou, limitovanou velkými částicemi. Z tohoto důvodu se výsledkem inovací nástupcem této metody stalo osvětlování částic v malém prostoru suspenze laserovou diodou, fotograficky, pomocí videa se zvětšujícími objektivy a využívání softwaru schopného provádět analýzu obrazového materiálu k měření velikosti částic. Tyto dnes nejčastěji používané techniky měření využívají přístrojů, odebírajících vzorky ze zkoumané kapaliny. To probíhá buďto kontinuálně, nebo po dávkách. Takto odebrané vzorky poté protékají snímanou zónou a částice obsažené v těchto vzorcích, evokují elektrický signál, který odpovídá velikosti částice. Tyto signály jsou řazeny do složek dle velikosti a následně čítány. Velikost snímané zóny a rychlost kapaliny v ní proudící jsou uzpůsobovány tomu, aby procházela vždy pouze jedna částice, alespoň pokud je pro tento účel koncentrace suspenze dostatečně nízká. [2] Významné moderní metody používané pro počítání částic jsou popsány v následujících podkapitolách.

1.2.1 Metoda blokace světla (Light blockage method)

Tato metoda založená na principu blokace světla, anglicky nazývaná *Light blockage method*, je v českém jazyce pojmenovatelná jako *Metoda blokace světla*, případně také známá jako *Detekce snížení intenzity světla*.

Princip, na jakém je založena tato metoda, spočívá v tom, že světelný paprsek (zdrojem může být LED žárovka, nebo laserová dioda), prochází kolmo přes vzorek protékající snímanou zónou přes průtočnou štěrbinu. Naproti zdroji světla se nachází fotovoltaický snímač. Světelný paprsek procházející vzorkem je blokován částicemi a dochází k tomu, že na plochu snímače nedopadá světelný paprsek, v místech, kde se nachází pevná částice. „Stín“ odpovídá příčnému řezu částicí blokující světelný paprsek. Výsledkem toho je změna napětí, která je úměrná velikosti blokované částice. [2] Princip blokace světla je zobrazen na obrázku 1.

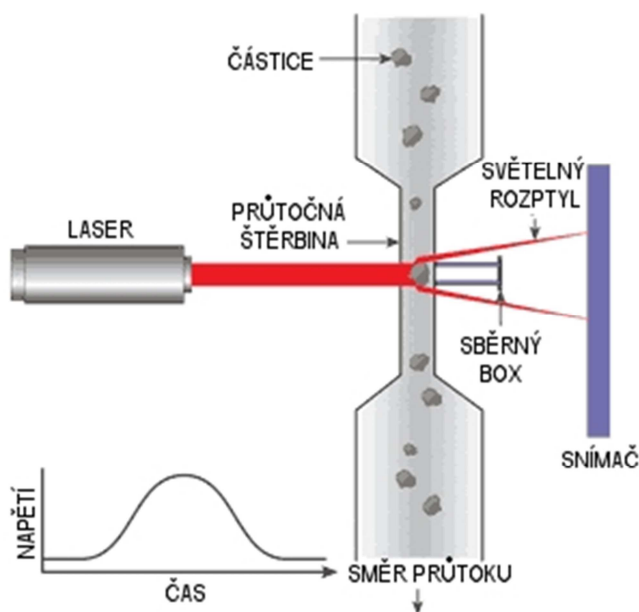


Obrázek 1: Metoda blokace světla (Light blockage method) [13]

1.2.2 Metoda detekce světelného rozptylu (Laser light scattering method)

Tento princip známý pod anglickým termínem *Laser light scattering method* je možné pojmenovat českým ekvivalentem *Detekce světelného rozptylu*.

Čítač častic zde funguje na principu průchodu paprsku z laserové diody skrze kapiláru s proudící vodou obsahující pevné částice, za kterou je umístěný snímač. Tento snímač signál elektronicky zpracovává a na základě impulsů způsobených průchodem částic zpracovává jejich tvarovou diferenciaci. [5]. Tento princip je znázorněn na obrázku 2.



Obrázek 2: Metoda detekce světelného rozptylu (Laser light scattering method) [14]

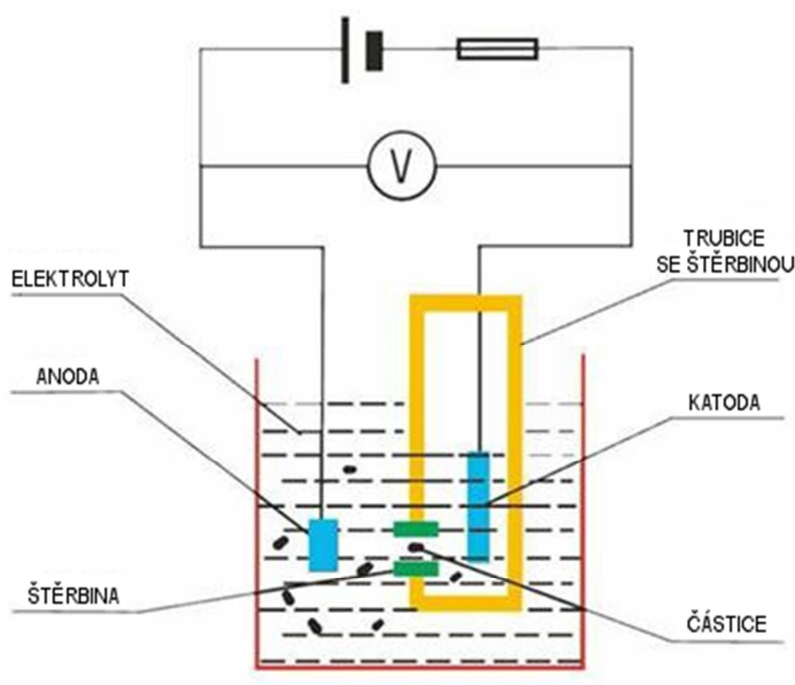
Použití světelného zdroje ve formě laseru oproti zdroji bílého světla je metodou modernější. Další rozdíl při použití metody světelného rozptylu spočívá v tom, že částice, která přerušuje paprsek světla (laseru), vytvoří rozptýlení tohoto paprsku. Tento rozptyl světelného paprsku způsobí nárůst energie na snímači, což je základem pro funkci čítače částic založeného na tomto principu. Jedná se tedy v podstatě o přesně opačný jev, než se dá pozorovat u metody blokace světla [15]. Zde se zvyšuje hodnota energie na snímači díky rozptylu paprsku o částici okolo ní. Naproti tomu u blokace světla hodnota energie na přijímači klesá, jelikož je ponížena o část záření, které je v zákrytu za sledovanou částicí.

Mezi výhody těchto používaných metod jsou řazeny snadná automatizace činnosti, či nenáročnost na provoz. Jedná se též o vhodnou volbu pro sledování kontaminace vody.

Nevýhoda u obou metod, jak metody blokace světla, tak metody světelného rozptylu, je možnost, že dojde ke zkreslení měření. Zkreslením měření se myslí, že počet částic změřený přístrojem bude navýšen změřením např. bublinek vody, vzduchu a jiných nečistot. Případně mohou být některé částice v zákrytu. [15]

1.2.3 Metoda snímání el. pole elektrodami (Electrical sensing zone method)

Tato metoda je založená na snímání elektrického pole mezi dvěma elektrodami. Je též známá jako *Coulterův princip*, nebo *Coulterův čítač*. Princip je takový, že suspenze je umístěna v roztoku elektrolytu a přes snímanou zónu je mezi dvěma elektrodami naproti sobě udržováno konstantní napětí, nebo konstantní proud. Jakmile částice prostupuje skrze malou plochu snímané zóny, částice zabírá část snímaného prostoru a to vyvolává vzrůst elektrického odporu, což způsobí špičkovou hodnotu napětí (která je jinak udržována konstantní). Tyto změny napětí proporcionálně odpovídají velikosti sledovaných částic. Princip užití elektrod je zobrazen na obrázku 3. [2] Tato metoda se velmi často užívá také v medicíně.



Obrázek 3: Metoda snímání el. pole elektrodami (Electrical sensing zone) [23]

1.3 Výstupy a využití čítačů pevných částic ve vodním hospodářství

Čítače částic vykazují údaje o počtu částic, které se vyskytují ve vzorku vody a také o rozložení částic podle jejich velikosti. Práce s těmito výstupy může být při technologii úpravy vody dobře využitelná, zvláště při posuzování funkce separačních zařízení, jako jsou třeba objekty filtrace nebo flotace. Standardní metodou hodnocení účinnosti a kvality práce separačních zařízení je měření zákalu. Avšak čítač částic podává mnohem podrobnější výsledky oproti běžnému měření zákalu a také je schopen nám podat informaci o tom, jaká je velikost částic pronikajících z filtru, což z výsledků běžného měření zákalu také nejsme schopni zjistit. Tento fakt při použití čítače částic eliminuje například problém, který může nastat, kdy při běžném měření zákaloměrem existuje stejná hodnota zákalu pro vzorek s malým počtem velkých částic, stejně tak jako pro vzorek s velkým počtem malých částic. Skutečnost, že nám přístroj podává informaci o velikostní distribuci částic, je také důvodem, proč je čítač částic užíván pro sledování možného průniku nebezpečných prvků, zvláště pak *Cryptosporidium* a *Giardia*. Měření čítačem částic je také velmi spolehlivou metodou i při měření vzorků s nízkou hodnotou zákalu, jelikož se u optických světelných čítačů částic snižuje šance, že se částice vzájemně překrývají, zastiňují nebo shlukují. [5]

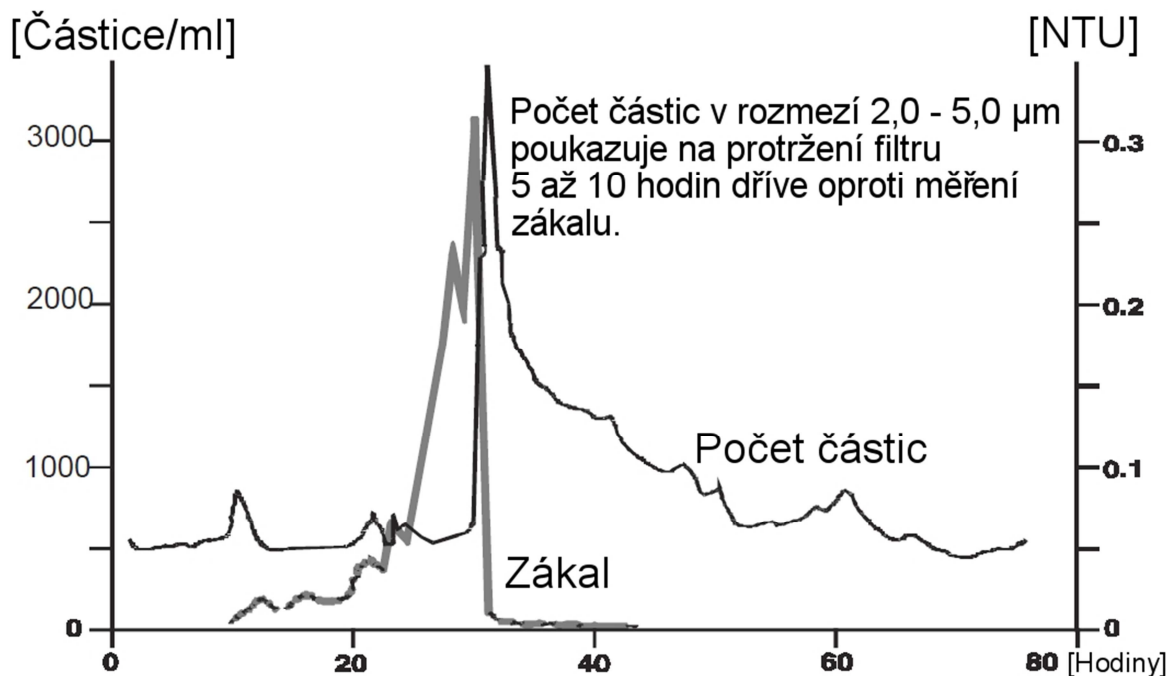
Při navrhování a posuzování účinnosti separačních zařízení, zvláště pak filtrů, lze viry, *Giardia* a *Cryptosporidium* eliminovat virtuálně. Tím se rozumí dosáhnout optimálního stavu podle tzv. *log removal* podle SWTRs (Surface Water Treatment Rules) vydaného Agenturou pro ochranu životního prostředí EPA:

$$\log \text{ removal} = \log_{10} \left(\frac{\text{počet částic před filtrem [počet/ml]}}{\text{počet částic pod filtrem [počet/ml]}} \right)$$

Při použití dvou čítačů částic k monitorované separační jednotce je tedy měřena jak voda „surová“ (voda před filtrem), tak voda profiltrovaná (voda za filtrem). Dle dosažených výsledků je možné vhodně nastavit dávku flokulantu a optimalizovat počet pracích cyklů filtračních zařízení k dosažení co možná nejvhodnější redukce počtu částic. [9]

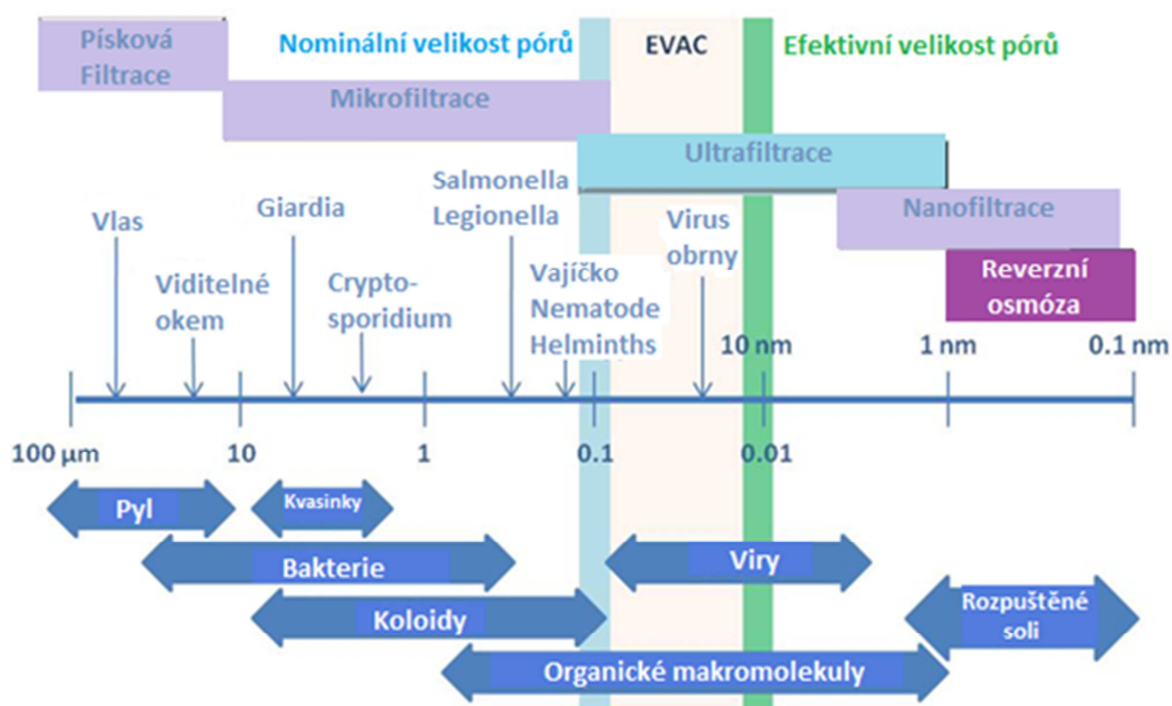
Dalším vhodným využitím čítače částic je kontrola a dohled nad filtry při úpravě vody. Filtrační médium tvořící náplň filtru propouští skrze mezery mezi jednotlivými

částicemi filtračního média vodu, čímž plní svou funkci separační jednotky. Jakmile však dojde k ucpaní těchto mezer v porézním materiálu nerozpuštěnými částicemi, filtr ztrácí svou účinnost a v krajním případě může dojít až k protržení filtru. Pokud dojde k takové situaci, dochází skrze filtrační médium k pronikání nerozpuštěných látek a částic, které by za normálních okolností byly filtrem zachyceny. Tyto částice většinou nejsou v profiltrované vodě v tak dostatečném množství, aby ovlivnily změnu hodnoty zákalu v profiltrované vodě. Čítač částic nainstalovaný v místě, kde voda odtéká z filtru, však okamžitě zaznamená významný nárůst počtu částic o příslušné velikosti, což může být upozorněním o možném protržení filtru. [9] Porovnání vztahu počtu částic a hodnoty zákalu při protržení filtru je možné sledovat na grafu 1. Je zde znázorněn hodinový časový průběh změny počtu částic v jednotkách [počet částic/ml] a změny hodnot zákalu v jednotkách [NTU]. Počty částic v rozmezí velikosti 2,0 – 5,0 μm signalizují, že k protržení filtru došlo již 5 až 10 hodin předtím, než na to poukázalo měření zákalu. Počtu částic zde odpovídá tenká - černá křivka a měření hodnot zákalu je zde přiřazena tučná - šedá křivka.



Graf 1: Vztah mezi počtem částic a hodnotou zákalu při protržení filtru [8]

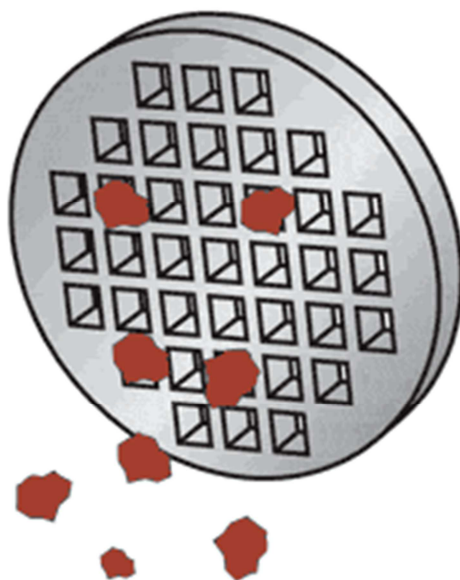
Rozmezí velikosti částic, které čítač dokáže rozlišit, je běžně v rozmezí 1 μm až 100 μm . U některých čítačů (a zvláště nano – čítačů částic) je možné rozlišit i velikost menší než 1 μm . Výstup z čítačů částic bývá uváděn v jednotkách [počet částic / jednotka objemu], čili např. [n/ml]. V závislosti na typu a konstrukci přístroje mohou být výsledky zaznamenávány do interní paměti přístrojů, nebo případně odesílány na uložení a sledovány online v určeném časovém kroku vzdáleně na počítači. Rozdělení velikosti částic vyskytujících se ve vodě dle svého původu včetně technologií úpravy vody, které příslušné polutanty odstraňují, je vyobrazeno na obrázku 4:



Obrázek 4: Rozdělení velikosti částic ve vodě dle svého původu [27]

Pro úplnost lze ještě uvést, že se čítače částic užívají také v odvětvích, kde je zapotřebí kontinuálně udržovat čistotu hydraulického systému a kde hydraulickým systémem proudí jiná kapalina než voda (např. olej, nebo benzín). Čítače částic se zde užívají proto, aby nedošlo ke vnosu a průniku nečistot, které by v hydraulickém systému mohly ucpat čidla a ventily, což může způsobit předčasné selhání systému. Mimo technologie čítačů částic, které již byly uvedeny (blokace světla, světelný rozptyl, mikroskopické sledování částic), se zde využívá také technologie na základě *blokace pórů*

(anglicky *pore blockage*). Tyto přístroje využívají jemnou mřížku, která částice zachytává. Jsou založeny buďto na konstantním průtoku nebo na návrhu konstantního tlaku. Jsou tedy buď měřeny poklesy tlaku na mřížce při udržení konstantního průtoku, anebo jsou měřeny změny průtoku při udržení konstantního tlaku na mřížce. Tento princip je znázorněn na obrázku 5. [24]



Obrázek 5: Metoda blokace pórů (Pore blockage method) [17]

1.4 Využití čítačů pevných částic na úpravnách vody

Čítače částic našly své pevné uplatnění v procesu úpravy vody. Při jejich správném využití mohou být jejich výstupy dobře využity při vyhodnocení funkce a účinnosti procesů jako je sedimentace, flokulace nebo filtrace. V této kapitole budou uvedeny vybrané příklady využití čítačů částic na konkrétních úpravnách vody v České republice i ve světě.

1.4.1 Čítače částic při úpravě vody v ČR

Úpravna vody Mostiště

Úpravna vody Mostiště leží na Českomoravské vrchovině poblíž města Velké Meziříčí. Jejím provozovatelem je Vodárenská akciová společnost, a.s. a patří do divize Ždár nad Sázavou. Tato úpravna vody odebírá surovou vodu z vodárenské nádrže Mostiště ležící na řece Oslavě. Úpravna vody je třístupňová. Surová voda je předupravována

dávkováním chemikálií a následně přiváděna na úpravnu vody. První stupeň úpravy vody tvoří koagulace a následná flotace rozpuštěným vzduchem. Druhý stupeň tvoří písková filtrace, ozonizace v reakčních nádržích a třetí stupeň zastupuje filtrace na filtrech s granulovaným aktivním uhlím. Hygienické zabezpečení je zde zajištěno UV lampou a dávkováním chloru a chemikálií pro zajištění vyhovující jakosti vody. [11]

Zde byl čítač částic použit při měření a sledování vzorků ještě před rekonstrukcí této úpravy vody. Částice zde byly měřeny na vzorcích odtoku z flotace a na průběhu filtračního cyklu. Měření ukázala nárůst průniku větších částic z filtru do upravené vody a také poukázala na krátkou dobu zafiltrování. Využití čítače částic zde také umožnilo srovnání velikostní distribuce částic v surové vodě z řeky Jizery a vody filtrované přes modelový dvouvrstvý filtr. Pro jednotlivé velikostní kategorie částic byly posouzeny separační účinnosti a jejich porovnáním pro různé variace dvouvrstvého filtru tak mohla být navržena vhodná varianta tohoto zařízení. Dále byl čítač částic využit při práci s flotační jednotkou, a to při testování vlivu rozdílných intenzit míchání v agregačních reaktorech. Zde se ukázalo jako velmi podstatné vhodné nastavení intenzity míchání na separační účinnost. Při hledání optimální dávky koagulantu a ideálního nastavení intenzity míchání se využilo čítání částic k jeho snížení na co nejmenší hodnotu počtu částic. [5]

Úpravna vody Hradec Králové

Úpravna vody Hradec Králové užívá jako zdroj surové vody řeku Orlici. Úpravna vody je třístupňová. První stupeň úpravy vody tvoří flotační jednotky, druhý stupeň zastupují filtry s náplní Filtralite MonoMulti a třetí stupeň realizují tlakové filtry s náplní granulovaného aktivního uhlí a následuje aplikace plynného chloru. Úpravna vody Hradec Králové se potýká se značnou nestabilitou jakosti surové vody v řece Orlici, zejména pak počtem organismů, zákalem a teplotou vody. Využití čítače částic zde potvrdilo závěry z poloprovozních testů flotační jednotky a ukázalo, že zvýšená dávka ozonu v předozonizaci má negativní vliv na účinnost flotace. [12]

Úpravna vody Bedřichov

Úpravna vody Bedřichov se nachází severně od Liberce a surovou vodu odebírá z vodárenské nádrže Josefův Důl na řece Kamenici. Provozovatelem úpravy vody jsou Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. Tato úpravna vody je dvoustupňová, kdy první stupeň tvoří flotace a druhý stupeň tvoří filtrace. Hygienické zabezpečení je zajištěno UV

lampou a chlorací. Vinou výrazného zhoršení kvality surové vody v nádrži Josefův Důl, způsobené velkými srážkami (povodněmi) a splachy, došlo k výraznému oživení nádrže a přemnožením sinic v nádrži. Tento stav byl na úpravě vody (tehdy ještě jednostupňové) řešen urychlenou přípravou rekonstrukce. Pro tento účel zde byl mimo jiné instalován také čítač částic, kterého bylo využito při poloprovozních zkouškách jednotky flotace a rozdílných typů filtračních materiálů a sledována účinnost filtrace, aby bylo zvoleno co nejvhodnější řešení rekonstrukce. [21,22]

1.4.2 Čítače částic při úpravě vody ve světě

Užití čítačů částic v procesu úpravy vody, a to jak v jejím průběhu na technologické lince, tak v upravené vodě, je ve vodárensky vyspělých zemích světa již poměrně dlouho zavedeným artiklem. Sledování kvality vody, počtu částic a jejich distribuce jsou aspekty, které těmito přístroji sledují pracovníci vodáren napříč Evropou, USA i vyspělými asijskými zeměmi. [5]

Užití počítání částic a porovnávání výsledků s konvenčním měřením zákalu za účelem odstranění koloidních částic, mikroorganismů a dalších částic ve vodě bylo realizováno na čtyřech úpravách vody v Novém Skotsku v Kanadě, jmenovitě úpravách vody v Darmouthu (zdrojem surové vody jezero Lake Major, při úpravě vody byla užívána preoxidace, přidávání oxidu uhličitého, koagulace, čiření, dvouvrstvá filtrace, úprava pH a desinfekce volným chlorem), Halifaxu (zdrojem surové vody jezero Pockwock Lake a technologická linka sestávala z preoxidace, přidávání oxidu uhličitého, koagulace, flokulace, dvouvrstvé filtrace, přidávání vápna a desinfekce volným chlorem), Truro (zdrojem surové vody rezervoár Leper Brook a technologie úpravy vody sestávala z koagulace, flokulace, sedimentace, dvouvrstvé filtrace, přidávání vápna, úpravy pH a desinfekce volným chlorem) a v Port Hawkesbury (zdrojem surové vody jezero Landrie Lake s technologickou linkou čítající koagulaci, flotaci rozpuštěným vzduchem, filtraci a desinfekci volným chlorem). Čítač částic byl průběžně sledující přístroj založený na metodě blokace světla s laserovým zdrojem světla a 15 kanály pro sledování částic. Analýza měření zákalu i počtu částic zde probíhala jak v surové, tak i ve filtrované vodě. Výsledky vedly k závěrům, že čítače částic jsou schopny odhalit pokles účinnosti filtrace dříve než turbidimetry. Rostoucí počet částic čítaných ve filtrované vodě dopomohl

stanovit pracovníkům vlastní horní limity počtu částic podle svých profesních zkušeností, na jejichž základě dokázali snáze stanovit konec filtračního cyklu. [7]

Na University of Lorraine ve městě Nancy ve Francii proběhl výzkum v oblasti sledování kvality vody na úpravnách vody, který byl prezentován na konferenci WCEC5 v Mülheim an der Ruhr v Německu v roce 2012. Měření probíhalo na přístroji *PAMAS WaterViewer* na reálných aplikacích ve městě Nancy. Měření probíhala ve třech variantách. První byla za stabilních běžných podmínek, druhá byla po vydatných deštích a třetí za experimentálního znečištění vzorku bakteriemi. Interval velikostí měřených částic se pohyboval od 1 μm do 15 μm a podával výsledky v jednotkách [počet částic/ml] pro všechny 3 výše zmíněné varianty zkoumání vzorků. Tato měření měla za výsledek grafické výstupy změny počtu částic v čase a zaznamenala například nárůst průměrné hodnoty počtu částic za deště před zásahem úpravny vody bleskem a po zásahu úpravny vody bleskem, kdy došlo k vyřazení některých důležitých prvků technologické linky z provozu. Taktéž byl sledován strmý pokles počtu částic v řádu hodin po experimentálním nadávkování bakterií do vzorku vody. Podle změřeného počtu částic bylo možno okamžitě a názorně vidět značné rozdíly v kvalitě vody u jednotlivých variant [26]



Obrázek 6: Přístroj užívaný k počítání částic na University of Lorraine, Nancy [16]

Čítač částic našel své využití také na úpravně vody Heyfield v Austrálii. Tato úpravna odebírá surovou vodu z řeky Thompson River. Technologická linka sestává z dávkování chemikálií, flokulační nádrže, z primární filtrace zastoupené čířičem a

sekundární filtrace. Čítač částic zde byl instalován za účelem monitorování současných podmínek při úpravě vody a k možnosti sledovat, co může ovlivňovat činnost úpravní vody z hlediska počtu částic. Cílem bylo optimalizovat účinnost filtrů na úpravě vody s ohledem na minimalizaci hrozby ze strany vniku prvoků *Gardia* a *Cryptosporidium*. Na úpravě vody v Heyfieldu byly měřeny celkové počty částic o velikosti 2-15 μm v profiltrované vodě. Měřením tohoto velikostního rozsahu mohly být sčítány částice o stejné velikosti jako *Cryptosporidium* (4-6 μm) a *Gardia* (8-12 μm). Na základě změřených hodnot vyšlo najevo, že po praní primárního i sekundárního filtru dochází k okamžitému zhoršení kvality vody až stonásobným nárůstem počtu částic oproti normálnímu stavu. K tomuto stavu docházelo také při spouštění úpravní vody. Jako reakce na toto zjištění byly realizovány jisté změny, a to konkrétně zredukování počtu spouštění úpravní vody tím, že z odběrné jímky mohla být odebírána voda i z nižší hladiny, než bylo původně projektováno. Úpravna vody totiž byla v provozu pouze určitou část dní a byla spouštěna až poté, co hladina v akumulární jímce odběrem klesla pod určitou danou mez. Byly zrovnoměněny změny v průtocích nátokovými a odtokovými rychlostmi na filtrech, došlo ke zvýšení počtu praní filtrů, snížení provozního času pro primární filtr a naopak prodloužení provozu filtru sekundárního. Výsledkem bylo u obou filtrů několikanásobné snížení doby zafiltrování a několikanásobné snížení špičkových hodnot počtu částic na ml vzorků. Taktéž bylo dosaženo stanoveného cíle ve smyslu splnění limitu < 200 částic/ml v 95 % případech pro velikostní rozmezí 2-15 μm . [3]



Obrázek 7: Čítač částic na úpravě vody Heyfield v Austrálii [19]

2 ÚPRAVNA VODY VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ A JEJÍ PROVOZ

2.1 Popis a vývoj úpravní vody Valašské Meziříčí

Úpravna vody Valašské Meziříčí se nachází nedaleko železničního přejezdu na okraji města Valašské Meziříčí na pravém břehu řeky Vsetínská Bečva a jejím majitelem a provozovatelem je společnost Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s. Úpravna vody byla vybudována v roce 1975 a roku 1976 byla uvedena do provozu. Úpravna vody byla realizována jako dvoustupňová s hygienickým zabezpečením chlorem a odebírala surovou vodu přímo z přilehlého vodního toku Vsetínská Bečva. S projektovaným výkonem 60 – 80 l/s sloužila jako hlavní zdroj pitné vody městu Valašské Meziříčí a okolním přidruženým obcím. V roce 1995 byl výkon na úpravně vody snížen na 33 l/s z důvodu rozšíření skupinového vodovodu Stanovnice – Vsetín o přivaděč Vsetín - Valašské Meziříčí. Roku 1999 došlo k připojení přivaděče Valašské Meziříčí – Rožnov. V červenci roku 2014 byla úpravna kompletně odstavena a proběhla zde celková rekonstrukce technologických zařízení. Úpravna vody Valašské Meziříčí se opět zapojila do provozu v říjnu roku 2015. [28]



Obrázek 8: Pohled na úpravnu vody od hlavní brány

Upravená voda je výtlačným řadem čerpána do VDJ Štěpánov HTP, kde je míchána v poměru 1:3 s vodou dodávanou přivaděčem Vsetín – Valašské Meziříčí (úpravna vody

Valašské Meziříčí 1 díl, skupinový vodovod Stanovnice 3 díly). Z tohoto vodojemu je voda přepouštěna do DTP a je dále distribuována do HTP a pro většinu města Valašské Meziříčí.



Obrázek 9: Pohled na vstup a manipulační rampu úpravny vody

2.1.1 Technologie na úpravně vody Valašské Meziříčí

Úpravna vody Valašské Meziříčí je dvoustupňová s hygienickým zabezpečením chlorem a UV lampou. Projektovaný výkon úpravny vody je 30 – 80 l/s s možností dosáhnout maximálního výkonu až 110 l/s. Zdrojem surové vody je povrchová voda z vodního toku Vsetínská Bečva. Voda je odebírána břehovým odběrným objektem a následně jímána v jímce surové vody. Odtud je surová voda čerpána horizontálními čerpadly do objektu úpravny vody. V suterénu úpravny vody je dávkován síran hlinitý ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) o koncentraci 10 – 15 %. Takto nadávkovaná voda je dopravována do rozdělovacího objektu, odkud je voda rozdělena na 3 sedimentační nádrže kruhového typu o celkové ploše 150 m², odkud je již v celém dalším technologickém procesu vedena pouze gravitačně. Ze sedimentačních nádrží již odsazená voda odtéká na objekty filtrace. Filtrační proces na úpravně vody Valašské Meziříčí sestává z 3 objektů otevřených rychlofiltrů evropského typu s pískovou náplní o celkové ploše 54 m² a následné doúpravě vody na 2 objektech otevřených rychlofiltrů evropského typu s náplní GAU s celkovou plochou 36 m². Všechny filtry jsou osazeny systémem šterbinové drenážní technologie TritonTM. Praní filtrů probíhá na základě délky provozu filtru od jeho posledního praní. Tento postup je stanoven na základě zkušebního provozu a jako kontrola slouží sledování

hodnot zůstatku. Pískové filtry se nejprve seperou vzduchem, následuje praní směsí vzduchu a vody a v poslední fázi se perou pouze vodou. GAU filtry se nejprve seperou pouze vzduchem a následně pouze vodou. Profiltrovaná voda gravitačně odtéká na čítač pevných částic (o kterém blíže pojednává podkapitola 2.2) a dále voda pokračuje na hygienické zabezpečení do suterénu objektu úpravný vody. Nejprve protéká skrze UV lampu, která svým zářením rozruší strukturu částic ve vodě a následně je voda hygienicky zabezpečena chlorací pomocí plynného chloru. Takto upravená voda odtéká do akumuláční nádrže o celkovém objemu 720 m³, odkud je voda čerpána a výtlačným řadem dopravována do vodojemu Štěpánov HTP. Odtok prací vody, taktéž usazený kal ze sedimentačních nádrží a všechny další odpadní vody z technologické linky úpravný vody jsou odváděny na kalové laguny. [28] Podrobněji byly jednotlivé technologické procesy a zařízení včetně všech zásahů rekonstrukcí popsány v mé bakalářské práci *Výhodnocení probíhajícího zkušebního provozu úpravný vody Valašské Meziříčí po rekonstrukci* [28].

2.2 Čítač pevných částic na úpravně vody Valašské Meziříčí – ARTI WPC-22 Hach Lange

Na úpravně vody Valašské Meziříčí je osazen čítač částic *ARTI WPC-22 Hach Lange*. Tento přístroj patří do systému Měření a regulace (MAR).



Obrázek 10: Čítač částic ARTI WPC-22 (Hach Lange)

Čítač čáístic je umístěn v prostoru suterénu budovy úpravny vody. Je navržen pro měření vody za GAU filtry po měření vody zákaloměry. Tento přístroj je zde instalován od rekonstrukce technologické linky úpravny vody, která proběhla v letech 2014 – 2015 a je v provozu od 09/2015. Měrné jednotky přístroje jsou počet částic na jednotku objemu vody [n/ml]. Rozsah hodnot průtoku vzorku je 90 - 110 ml/min a přístroj je schopen změřit až 15 000 částic na 1 ml. Čítač částic disponuje 8 kanály pro měření částic o různé velikosti. Velikosti částic změřitelné tímto čítačem částic jsou: 2, 3, 5, 10, 15, 25, 50 a 100 μm . Interval vyrovnávací paměti je zde nastaven na 30 minut. To znamená, že každých 30 minut čítač částic ukládá datum, čas, stav snímače a hodnotu čítače a tato data odesílá do počítače. [10]



Obrázek 11: Přívod a odtok vody z čítače částic

Čítač částic *ARTI WPC-22 Hach Lange* byl také použit při některých aplikacích přístroje popsaných v podkapitole 1.4.1. Konkrétně se jednalo o využití na ÚV Mostiště při měření kvality filtrátu a kvality vody na odtoku z flotace. [5] Dalším využitím tohoto typu čítače částic bylo hodnocení filtrace a kvality filtrátu při paralelním sledování provozních filtrů s pískovou náplní a s náplní Filtralite Mono-Mulit na úpravnách vody ÚV Chřibská a ÚV Borovany. [6] Při měření kvality filtrátu a účinnosti sedimentačních nádrží byl tento přístroj využit také na ÚV Příkrý. [25]

3 Vyhodnocení extrémních průtoků ve vodním toku a jejich vlivu na úpravnu vody Valašské Meziříčí

Klimatické změny a proměnlivost počasí, které nás provázejí během posledních let, mají za následek výrazné dopady na obor vodního hospodářství. Teplejší zimy, sucho a méně srážek v období letních měsíců jsou fenoménem posledních let a předestírají další směr, kterým je třeba se zabývat. Změna klimatických, a s tím spojených také hydrologických, podmínek ovlivňuje a nadále bude ovlivňovat vodohospodářská odvětví jako je tomu například při zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Zde má toto významný vliv například u zásob vody v podzemních zdrojích, poklesu hladin ve vodárenských nádržích a v neposlední řadě také ve vodních tocích využívaných pro vodárenské účely. V zimních měsících mohou ucpávat, znečišťovat nebo jiným způsobem ovlivňovat odběrné objekty ledové kry. V letních měsících a v obdobích sucha mohou nízké vodní stavy způsobovat zhoršení jakosti surové vody zejména v parametrech jako je zákal, CHSK, či teplota a pach. To vše se promítá do procesu úpravy vody.

V následujících podkapitolách jsou vyhodnoceny extrémní situace ve zdroji surové vody pro úpravnu vody Valašské Meziříčí, které nastaly za období 29.10.2016 až 1.11.2017 (hydrologický rok). Přesněji se jedná o zpracování rozborů vody a technologických parametrů na této úpravně vody za nejnižších a nejvyšších průtoků v řece Vsetínské Bečvě, odkud tato úpravna vody odebírá surovou vodu.

3.1 Popis vodních stavů a hydrologických podmínek

Úpravna vody Valašské Meziříčí odebírá surovou vodu z vodního toku Vsetínská Bečva. Odběrný objekt se nachází na pravém břehu toku a je dvoukomorový, tvořený železobetonem. K mechanickému předčištění při odběru vody slouží předsazené ručně shrabované česle. Za odběrným objektem se nachází sedimentační prostor s prohloubeným dnem pro usazování pevných částic s přepadem do odběrné jímky. [28]



Obrázek 12: Ukázka shrabování česlí na odběrném objektu (vlevo)



Obrázek 13: Pohled z odběrného objektu od Vsetínské Bečvy směrem k odběrné jímce (vpravo)

Kvalita surové vody je velmi ovlivněna velikostí průtoku ve Vsetínské Bečvě. Vsetínská Bečva v místě odběru surové vody je poměrně kolísavá, co se týče průtoku. Jak uvádí Povodí Moravy s.p., hydrologická situace je na Vsetínské Bečvě na LG Jarcová následující:

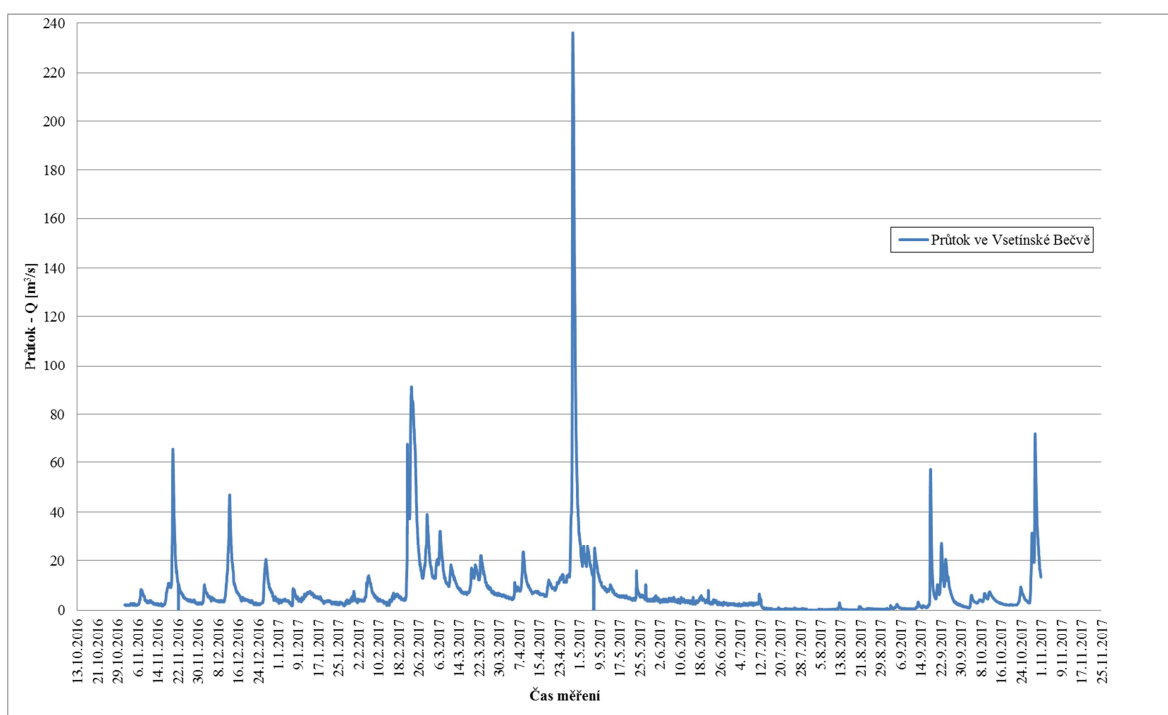
Tabulka 2: N - leté průtoky na Vsetínské Bečvě [m^3/s], [20]

Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
151	201	274	333	394	479	547

Hydrologické pořadí toku Vsetínské Bečvy je 4-11-01-001 a průměrný průtok před soutokem u obce Jarcová je roven $9,39 \text{ m}^3/\text{s}$. Sucho se vyhláší při hodnotě průtoku $Q_{355} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$. [20]

Na základě zaznamenaných hodinových průtoků poskytnutých ze strany státního podniku Povodí Moravy s.p. z měřicího místa LG Jarcová nacházejícího se nedaleko úpravní vody Valašské Meziříčí byl vytvořen graf průtokové řady, viz graf 2. Tento graf velice dobře znázorňuje rozkolísanost vodního toku a velké rozmezí hodnot průtoků v krátkém časovém horizontu. Nejvyšší hodnoty dosáhl průtok dne 28.4.2017, kdy hodnota průtoku ve 12:00 odpovídala $Q = 236,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Maximální průtoky spolu s přiřazenými dny,

ve kterých byly zaznamenány, jsou uvedeny v tabulce 3. Nejnižší hodnota průtoku odpovídala $Q = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$. Obdobně jako u průtoků maximálních je výpis nejnižších průtoků (pod hranicí hydrologického sucha $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$) seřazen v tabulce 4. Jelikož však u nejmenších průtoků je hodnot dosaženo ve více dnech, je oproti hodnotám maximálních průtoků uveden vždy počet dní, ve kterých bylo těchto nejnižších hodnot v určitém měsíci dosaženo. Pod hranicí hydrologického sucha, kdy byla za 1 kalendářní den změřena alespoň jednou hodnota průtoků menší než $1 \text{ m}^3/\text{s}$, byly změřeny průtoky v celkem 62 dnech. O tomto referuje tabulka 5. Pro srovnání, hodnota průtoku, která se za období hydrologického roku 2016/2017 v místě měření Vsetínské Bečvy vyskytovala nejčastěji, je rovna $Q = 3,89 \text{ m}^3/\text{s}$, průtoky nejčastěji dosahovaly hodnot mezi zhruba $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ až zhruba $10 \text{ m}^3/\text{s}$.



Graf 2: Grafické znázornění průtokové řady ve Vsetínské Bečvě

Tabulka 3: Maximální průtoky za hydrologický rok 2016/2017

PRŮTOK [m³/s]	DATUM
236,0	28.4.2017
91,2	23.2.2017
72,1	29.10.2017
67,7	21.2.2017
65,8	20.11.2016
57,2	18.9.2017
46,0	12.12.2016
39,0	1.3.2017
32,2	6.3.2017

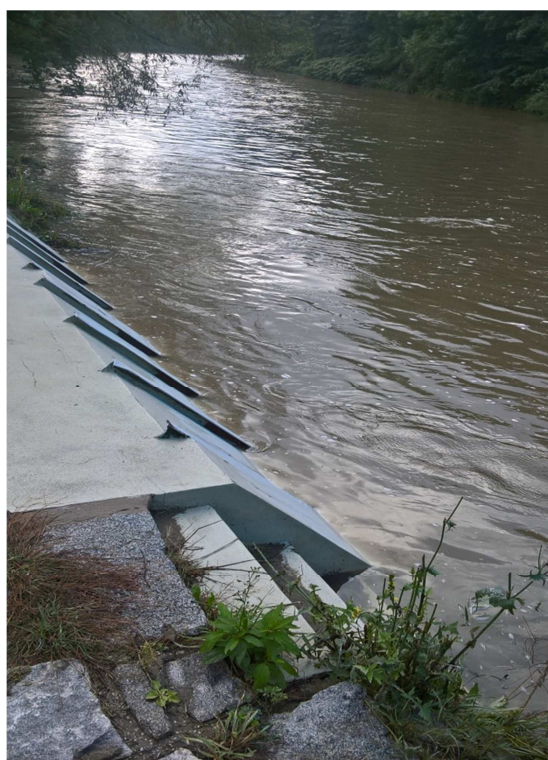
Tabulka 4: Minimální průtoky za hydrologický rok 2016/2017

PRŮTOK	OBDOBÍ VÝSKYTU MIN PRŮTOKŮ
Q = 0,113 m ³ /s	Červenec: 1 den, Srpen: 8 dní
Q = 0,152 m ³ /s	Červenec: 5 dní, Srpen: 11 dní
Q = 0,207 m ³ /s	Červenec: 6 dní, Srpen: 15 dní
Q = 0,278 m ³ /s	Červenec: 9 dní, Srpen: 14 dní, Září: 1 den
Q = 0,365 m ³ /s	Červenec: 17 dny, Srpen: 18 dny, Září: 3 dní
Q = 0,469 m ³ /s	Červenec: 16 dní, Srpen: 16 dní, Září: 5 dní
Q = 0,589 m ³ /s	Červenec: 11 dní, Srpen: 7 dní, Září: 9 dní
Q = 0,724 m ³ /s	Červenec: 9 dní, Srpen: 7 dní, Září: 5 dní
Q = 0,876 m ³ /s	Červenec: 4 dny, Srpen: 2 dny, Září: 6 dní, Říjen: 2 dny

Tabulka 5: Počet hydrologicky suchých dní v měsících

MĚSÍC	POČET DNÍ S PRŮTOKY Q < 1 m³/s
Červenec	18
Srpen	29
Září	13
Říjen	2
SUMA	62

Pro ilustraci ovlivňování úpravní vody Valašské Meziříčí změnami vodních stavů, jsou uvedeny fotografie odběrného objektu za různých průtoků. Na obrázcích 14 a 15 je vyfotografován odběrný břehový objekt nacházející se na pravém břehu řeky Vsetínské Bečvy při různých hodnotách průtoku. Pohled je situován proti směru vodního toku a je zde zřetelný rozdíl hladiny vody dle průtoku. Při extrémních průtocích není možné odběrný objekt vyfotografovat, jelikož místo, odkud jsou fotografie pořizovány, bývá zatopeno vodou.



Obrázek 14: Odběrný objekt - pohled proti vodě, $Q = 27,4 \text{ m}^3/\text{s}$ dne 18.9.2017 (vlevo)



Obrázek 15: Odběrný objekt - pohled proti vodě, $Q = 16,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ze dne 24.11.2017 (vpravo)

Na obrázku 16 je vidět situace ze dne 21.2.2017, kdy byl odběrný objekt zahlcen ledovými krami, což mělo za následek ucpání nátoků a znemožnění odběru surové vody na úpravnu vody. Z důvodu, že nebylo možné čerpat surovou vodu, musela být úpravná voda odstavena a ledové kry musely být ručně ze strany obsluhy a následně za pomoci mechanizace odstraněny tak, aby byl možný nátok surové vody do odběrného objektu a provoz mohl být znovu obnoven.



Obrázek 16: Ledové kry - pohled po vodě dne 21.2.2017

3.2 Vyhodnocení rozdílů práce úpravní vody při extrémních průtocích ve vodním toku.

3.2.1 Vyhodnocení rozborů vody

V této podkapitole jsou tabelárně uvedeny výsledky rozborů vody jak pro vodu surovou, tak pro vodu upravenou. Z důvodu, že vzorky vody nejsou odebírány každý den, nelze vždy postihnout maximální či minimální hodnoty průtoků, které jsou uvedeny v kapitole 3.1 v tabulkách 3 a 4. Níže jsou tedy uvedeny výsledky rozborů vody pro průtoky vymykající se běžným stavům, pro které byly ten den odebrány vzorky. V prvních dvou sloupcích je vždy uvedeno datum odběru a průtok změřený v čase odběru. V dalších sloupcích jsou pro surovou vodu v tabulkách 6, 7, 10 a 11 uvedeny parametry, jednotky a limity pro zařazení do tříd jakosti surové vody dané vyhláškou č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) v platném znění. Tabulky 8, 9, 12 a 13 uvádí vždy pro upravenou vodu datum odběru a průtok změřený v čase odběru. Dále ve sloupcích parametry, jednotky a limitní hodnoty upravené vody dané vyhláškou

Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění a typ (NMH – nejvyšší mezní hodnota, MH – mezní hodnota, DH – doporučená hodnota).

3.2.1.1 Maximální průtoky

Tabulka 6: Parametry jakosti surové vody 1 – max. průtoky

SUROVÁ VODA													
Parametr	PRŮTOK	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH
Jednotka	[m ³ /s]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]
JAKOST A1	-		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ NEPŘIJATELNÝ	20	6,5 - 9,5
JAKOST A2	-		5000	1000					3000 (500 ¹)	3000 (500 ¹)		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)
JAKOST A3	-		50000	10000					10000 (1000 ¹)	10000 (1000 ¹)		25	<5 (>10)
TYP LIMITU	-	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
30.10.2017	39,5	2400	21000	1100	1400	12000	700	4	490	372	přijatelný	7,8	7,87
13.12.2016	29,8	2800	9200	920	560	49000	0	3	414	396	přijatelný	2,8	7,88
6.3.2017	23,5	3800	11000	2200	740	50000	6	2	146	138	přijatelný	6	7,86
2.5.2017	17,6	4100	18000	800	3700	45000	800	3	432	424	přijatelný	8,7	7,77
28.2.2017	17,0	2300	7900	780	1800	59000	330	2	210	192	přijatelný	3,9	7,89
20.3.2017	15,0		11000	730						810	přijatelný	5,7	7,92
30.5.2017	3,89	280	2100	21	75	1500	24	3	348	334	přijatelný	17,5	8,03

Tabulka 7: Parametry jakosti surové vody 2 – max. průtoky

SUROVÁ VODA															
Parametr	PRŮTOK	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan
Jednotka	[m ³ /s]	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₀₁]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]
JAKOST A1	-	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05
JAKOST A2	-	125	100		1	50		10		100				1	0,5
JAKOST A3	-	125	200		3	50		15		250				2	1,5
TYP LIMITU	-	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
30.10.2017	39,5	20,1	46,7	24,9	0,065	4,2	0,028	4,76	1,52	3,5	30,6	3	0,89	0,22	0,062
13.12.2016	29,8	20,4	41,5	14,8	0,065	5,5	0,029	4,86	1,54	4,8	31,1	3	0,9	0,22	0,039
6.3.2017	23,5	23,6	16	8,3	0,065	6,5	0,033	1,98	1,66	8,4	33,6	3,7	0,99	0,06	0,034
2.5.2017	17,6	30,2	16,2	6,4	0,065	9,1	0,041	2,53	2,18	9,3	43,7	5,5	1,32	0,11	0,028
28.2.2017	17,0	30,5	13,2	8,5	0,065	11,2	0,048	1,76	2,14	10,2	43,4	5,1	1,29	0,06	0,011
20.3.2017	15,0	28,6	14,4		0,065	5,6	2,2	9,9		8,3				0,07	0,012
30.5.2017	3,89	47,3	9,5	2,6	0,25	7,7	0,567	2,18	3,84	15,1	69,6	8,9	2,11	0,15	0,104

V tabulkách 6 a 7 je při vysokých průtocích v porovnání s běžným průtokem (uvedeným v posledním řádku tabulky) zřejmý řádový rozdíl v mikrobiologických ukazatelích Escherichia coli, koliformní bakterie, enterokoky, počty kolonií při 36 °C, počty kolonií při 22 °C. Naopak u ukazatelů jako abioseston, počet organismů nebo živé organismy tyto hodnoty tak markantně rozdílné nejsou. Je též možno zaznamenat nižší hodnoty mikrobiologických parametrů ze dne 13.12.2016 oproti dnům s nižšími průtoky, což však lze vysvětlit skutečností, že nižší uvedené průtoky jsou z jarního období, což vysvětluje vyšší výskyt těchto ukazatelů než je tomu v období zimním.

Tabulka 8: Parametry jakosti upravené vody 1 – max. průtoky

Upravená voda														
	PRŮTOK	Escherichia coli	koliiformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	PH
	[m³/s]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]
VYHLÁŠKA - LIMIT	-	0	0	0	20	200	0	10	50	0	přijatelny pro oděbratel	přijatelna pro oděbratel	8-12 °C	6,5 - 9,5
TYP LIMITU	-	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH
30.10.2017	39,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelny	přijatelna	7,2	6,81
13.12.2016	29,8	0	0	0	140	0	0	0,5	4	0	přijatelny	přijatelna	4,7	7,2
6.3.2017	23,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelny	přijatelna	6,9	6,95
2.5.2017	17,6	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelny	přijatelna	9,1	6,91
28.2.2017	17,0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelny			6,99
20.3.2017	15,0	0	0	0	5	0	0	0,5	0	0	přijatelny			7,23
30.5.2017	3,89	0	0	0	0	0	0	0,5	4	0	přijatelny	přijatelna	19,3	7,61

Tabulka 9: Parametry jakosti upravené vody 2 – max. průtoky

Upravená voda																	
	PRŮTOK	konduktivita	barva	zákal	chlor volny	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK - Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hliník
	[m³/s]	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
VYHLÁŠKA - LIMIT	-	125	20	1	0,3	0,5	50	0,1	3	-	100	30 (MH) 40-80 (DH)	10 (MH) 20-30 (DH)	2-3,5 DH	0,2	0,05	0,2
TYP LIMITU	-	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH			DH	MH	MH	MH
30.10.2017	39,5	24	1,7	0,75	0,18	0,065	4,3	0,0025	0,84	1,03	4	36,5	2,2	1	0,01	0,015	0,02
13.12.2016	29,8	22,7	2,3	0,75	0,24	0,065	4,8	0,0025	0,96	1,41	6	32,6	4,1	0,98	0,01	0,009	0,02
6.3.2017	23,5	25,2	1	0,75	0,36	0,065	7	0,0025	0,41	1,21	7,9	36,4	3,1	1,04	0,01	0,011	0,02
2.5.2017	17,6	28,4	2,9	0,75	0,19	0,065	9,6	0,0025	0,93	1,39	8,8	42,1	3,4	1,19	0,01	0,013	0,02
28.2.2017	17,0	30,3	0,8	0,75	0,28	0,065	6,3	0,0025	0,48	1,46	11,1	42,1	4,2	1,22	0,01	0,009	0,02
20.3.2017	15,0	29,2	1,4	0,75	0,25	0,065	5,4	0,0025	0,64	1,81	8,3	43,2	4,3	1,26	0,01	0,005	0,02
30.5.2017	3,89	46,2	1,3	0,75	0,19	0,065	7,9	0,0025	0,74	3,32	15,1	65	8,8	1,99	0,01	0,009	0,05

V tabulkách 8 a 9 nejsou výrazné odchylky v ukazatelích změřených v upravené vodě za maximálních průtoků oproti běžnému průtoku (uvedenému v posledním řádku tabulky) až na zvýšenou hodnotu pro počty kolonií při 36°C dne 13.12.2016. Takto řádově odlišná hodnota se však v rozborech neobjevuje v celém hydrologickém roce 2016/2017, čili se muselo jednat o nárazovou odchylku, kterou mohlo způsobit například vypouštěním nedaleké vodní nádrže Bystřička, výjimečné události na výše položených ČOV nebo také zvýšeným srážkovým úhrnem. U uvedených vyšších průtoků lze ve srovnání s hodnotami pro běžně dosahovaný průtok sledovat snížené hodnoty u ukazatelů tvrdosti vody, chloridů a hliníku.

3.2.1.2 Minimální průtoky

Tabulka 10: Parametry jakosti surové vody 1 - min. průtoky

SUROVÁ VODA														
Parametr	PRŮTOK	Escherichia coli	koliiformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH	
Jednotka	[m³/s]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]	
JAKOST A1	-		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ NEPŘIJATELNÝ	20	6,5 - 9,5	
JAKOST A2	-		5000	1000					3000 (500 ¹)	3000 (500 ¹)		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)	
JAKOST A3	-		50000	10000					10000 (1000 ¹)	10000 (1000 ¹)		25	<5 (>10)	
TYP LIMITU	-	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	
15.8.2017	0,152	160	700	70	490	4100	100	3	638	632	přijatelny		7,98	
22.8.2017	0,207	380	3400	94	760	7100	90	3	792	692	přijatelny		15,6	
29.8.2017	0,365	40	1000	18	1800	3900	200	3	1294	1120	přijatelny		8,04	
3.10.2017	0,876	230	4100	110	29	5200	90	2	154	144	přijatelny		11,5	
12.9.2017	1,040	690	3400	110	660	2500	50	2	898	810	přijatelny		17	
5.9.2017	1,230	750	4800	64	2200	7700	300	2	462	450	přijatelny		13,9	
27.6.2017	1,880	30	500	50	1300	5300	60	4	3680	3520	přijatelny		19,7	
30.5.2017	3,890	280	2100	21	75	1500	24	3	348	334	přijatelny	17,5	8,03	

Tabulka 11: Parametry jakosti surové vody 2 - min. průtoky

SUROVÁ VODA															
Parametr	PRŮTOK	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan
Jednotka	[m ³ /s]	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]
JAKOST A1	-	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05
JAKOST A2	-	125	100		1	50		10		100				1	0,5
JAKOST A3	-	125	200		3	50		15		250				2	1,5
TYP LIMITU	-	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
15.8.2017	0,152	39,1	12,6	2	0,065	3,6	0,034	3,76	2,94	14,8	54	6,4	1,61	0,06	0,084
22.8.2017	0,207	43	9,4	2,5	0,065	5,1	0,024	2,85	3,43	13,9	62,3	7,9	1,88	0,06	0,065
29.8.2017	0,365	46,6	10,1	4	0,065	2,7	0,02	3,1	3,54	22,4	62,3	7,4	1,86	0,07	0,084
3.10.2017	0,876	45,7	7,1	2,5	0,065	5,8	0,03	1,77	3,58	17,3	63	9,8	1,98	0,04	0,03
12.9.2017	1,040	45,7	10,3	4,6	0,065	4,3	0,028	2,3	3,5	20,8	62	8,2	1,89	0,05	0,041
5.9.2017	1,230	43,2	8,7	2,5	0,065	4	0,02	2,25	3,56	14,2	62,4	7,5	1,87	0,08	0,071
27.6.2017	1,880	41,9	23,5	19,1	0,065	2,4	0,035	3,1	3,21	20,2	57,1	7,2	1,72	0,49	0,176
30.5.2017	3,890	47,3	9,5	2,6	0,25	7,7	0,567	2,18	3,84	15,1	69,6	8,9	2,11	0,15	0,104

V tabulkách 10 a 11 se hodnoty ukazatelů při nejnižších průtocích výrazně neliší od hodnot při běžném průtoku (uvedeném v posledním řádku tabulky) vyjma ukazatelů počet organismů a živé organismy. Avšak v porovnání tabulek 6 a 7 s tabulkami 10 a 11 je rozdíl významný. Téměř u všech mikrobiologických ukazatelů je rozdíl řádový, také zákal je u větších průtoků zvýšený. U parametrů tvrdosti vody jsou u nízkých průtoků hodnoty téměř dvojnásobně větší oproti hodnotám ukazatelů změřených u vysokých průtoků. Nízké průtoky jsou také zásaditější (téměř vždy pH > 8) než je tomu u vysokých průtoků.

Tabulka 12: Parametry jakosti upravené vody 1 - min. průtoky

Upravená voda														
	PRŮTOK	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseton	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	PH
	[m ³ /s]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]
VYHLÁŠKA - LIMIT	-	0	0	0	20	200	0	10	50	0	přijatelný pro oděbratel	přijatelná pro oděbratel	8-12 °C	6,5 - 9,5
TYP LIMITU	-	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH
15.8.2017	0,152	0	0	0	2	1	0	0,5	10	0	přijatelný	přijatelná	20,4	7,29
22.8.2017	0,207	0	0	0	0	2	0	0,5	14	0	přijatelný	přijatelná	19,1	7,27
29.8.2017	0,365	0	0	0	3	0	0	0,5	8	0	přijatelný	přijatelná	20,5	7,38
3.10.2017	0,876	0	0	0	0	0	0	0,5	6	0	přijatelný	přijatelná	12,8	7,35
12.9.2017	1,040	0	0	0	2	0	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatelná	19	7,39
5.9.2017	1,230	0	0	0	0	0	0	0,5	6	0	přijatelný	přijatelná	16,1	7,28
27.6.2017	1,880	0	0	0	1	0	0	0,5	8	0	přijatelný	přijatelná	23	7,5
30.5.2017	3,890	0	0	0	0	0	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatelná	19,3	7,61

Tabulka 13: Parametry jakosti upravené vody 2 - min. průtoky

Upravená voda																	
	PRŮTOK	konduktivita	barva	zákal	chlor volný	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hlínek
	[m ³ /s]	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
VYHLÁŠKA LIMIT	-	125	20	1	0,3	0,5	50	0,1	3	-	100	30 (MH) 40-80 (DH)	10 (MH) 20-30 (DH)	2-3,5	0,2	0,05	0,2
TYP LIMITU	-	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH			DH	MH	MH	MH
15.8.2017	0,152	38,8	2,2	0,75	0,1	0,065	5,5	0,0025	1,89	2,31	14,2	50,4	6,5	1,53	0,01	0,007	0,02
22.8.2017	0,207	43,1	1,4	0,75	0,13	0,065	5,1	0,0025	0,74	2,56	15,8	58,3	7,9	1,78	0,01	0,008	0,02
29.8.2017	0,365	45,7	1,5	0,75	0,25	0,065	3,3	0,0025	1,34	2,73	23,6	57,7	9,1	1,82	0,01	0,004	0,04
3.10.2017	0,876	44,2	1,3	0,75	0,13	0,065	5,7	0,0025	0,64	2,78	16,6	60	8	1,83	0,01	0,002	0,02
12.9.2017	1,040	46,4	1,6	0,75	0,11	0,065	4,6	0,0025	0,68	2,81	21,8	60	7,2	1,79	0,01	0,002	0,04
5.9.2017	1,230	44,8	1,6	0,75	0,22	0,065	6	0,0025	0,87	2,82	18,5	59,8	7,8	1,82	0,01	0,007	0,02
27.6.2017	1,880	41,6	2,1	0,75	0,17	0,065	2,4	0,0025	1,02	2,71	20,9	53,4	7,4	1,64	0,01	0,012	0,08
30.5.2017	3,890	46,2	1,3	0,75	0,19	0,065	7,9	0,0025	0,74	3,32	15,1	65	8,8	1,99	0,01	0,009	0,05

Obdobně jako u ukazatelů měřených v surové vodě, se i v tabulkách 12 a 13 hodnoty ukazatelů velmi neliší od hodnot změřených při běžném průtoku (uvedeném

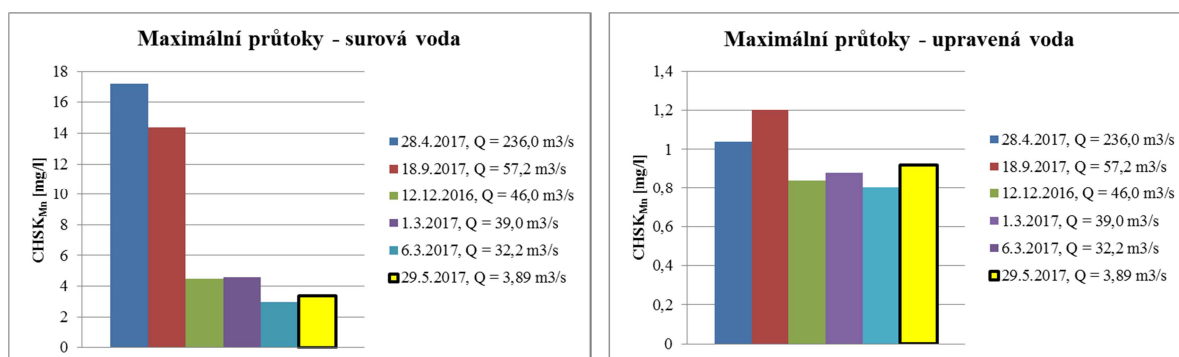
v posledním řádku tabulky). Při porovnání rozborů upravené vody při vysokých a nízkých průtocích lze tak, jako u tohoto srovnání pro surové vody říci, že u parametrů tvrdosti vody jsou u nízkých průtoků hodnoty tvrdosti vody téměř dvojnásobně větší a že nízké průtoky jsou zásaditější. U nízkých průtoků jsou však zaznamenávány vyšší hodnoty ukazatele počet organismů, k čemuž došlo u vysokých průtoků jen v 1 případě.

3.2.2 Parametry měřené na úpravně vody – $CHSK_{Mn}$

V této podkapitole jsou vyobrazeny grafické výstupy z měření $CHSK_{Mn}$ z laboratoře na úpravně vody Valašské Meziříčí. Pro maximální hodnoty průtoků jsou vybrány hodnoty odebraných vzorků ze dne, kdy tyto kulminace byly dosaženy, avšak jelikož tyto odběry stejně jako rozborů vody neprobíhají každý den, nejsou zde uvedeny hodnoty $CHSK_{Mn}$ pro všechny průtoky uvedené v kapitole 3.1. Pro minimální průtoky byly vybrány hodnoty $CHSK_{Mn}$ ze dnů, kdy bylo dosaženo daného minimálního průtoků nejčastěji za den. Pro porovnání jsou v každém grafu doplněny hodnoty $CHSK_{Mn}$ změřeného ze dne, kdy byl průtok ve vodním toku běžný vzhledem k hydrologickému roku 2016/2017 ($Q = 3,89$ až $4,85 \text{ m}^3/\text{s}$)

3.2.2.1 Měření $CHSK_{Mn}$ pro max. průtoky v laboratoři na úpravně vody

V grafu 3 jsou uvedeny hodnoty měřeného $CHSK_{Mn}$ v surové vodě a v grafu 4 v upravené vodě. Zde lze sledovat rostoucí hodnotu $CHSK_{Mn}$ spolu s rostoucím průtokem ve vodním toku. Při kulminaci $Q = 236,0 \text{ m}^3/\text{s}$ dosahuje hodnota $CHSK_{Mn}$ v surové vodě $17,2 \text{ mg/l}$. Rozdíl kulminačních hodnot je oproti hodnotě pro běžně dosahovaný průtok značný ($3,36 \text{ mg/l}$). V upravené vodě je rozsah hodnot $CHSK_{Mn}$ vcelku vyrovnaný.

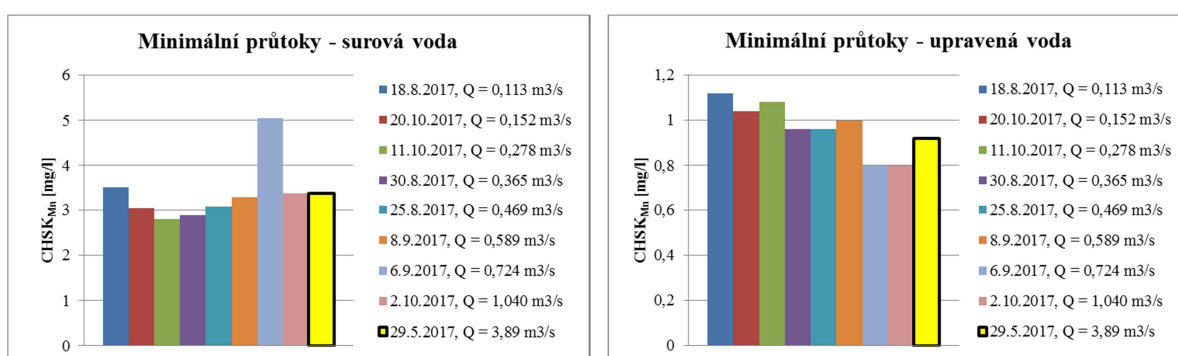


Graf 3: Měření $CHSK_{Mn}$ v surové vodě - max. průtoky (vlevo)

Graf 4: Měření $CHSK_{Mn}$ v upravené vodě - max. průtoky (vpravo)

3.2.2.2 Měření $CHSK_{Mn}$ pro min. průtoky v laboratoři na úpravně vody

V grafu 5 jsou uvedeny hodnoty měřeného $CHSK_{Mn}$ v surové vodě a v grafu 6 v upravené vodě. Při pohledu na graf 5 je vidět, že hodnoty $CHSK_{Mn}$ nevykazují velký rozsah (přibližně 2,9 až 3,5 mg/l) až na výjimku ze dne 6.9.2017, v kterém však byly podle rozborů vody hodnoty ukazatelů jakosti oproti ostatním hodnotám zhruba dvojnásobné, čili jakost vody byla zhoršena plošně, nikoliv pouze u $CHSK_{Mn}$. U grafu 6 můžeme u upravené vody pozorovat obdobný rozsah hodnot, jako tomu bylo u maximálních průtoků, a to přibližně 0,8 až 1,2 mg/l.



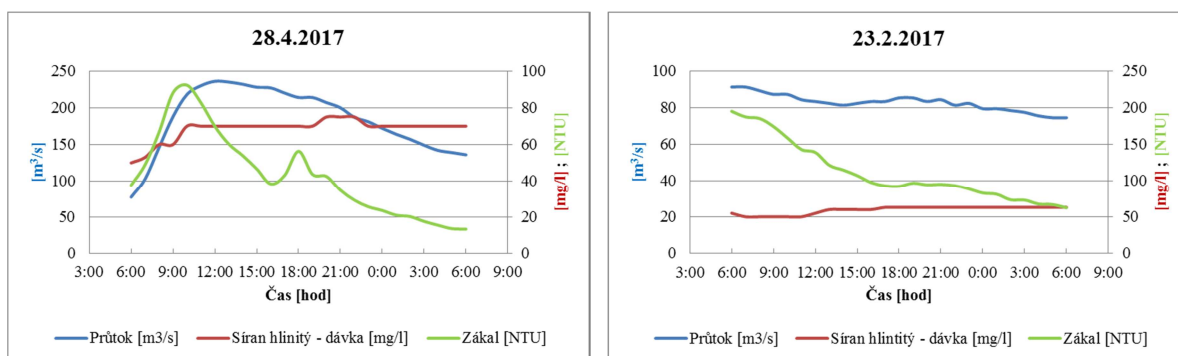
Graf 5: Měření $CHSK_{Mn}$ v surové vodě - min. průtoky (vlevo)

Graf 6: Měření $CHSK_{Mn}$ v upravené vodě - min. průtoky (vpravo)

3.2.3 Parametry měřené na úpravně vody – kontinuální měření sondami

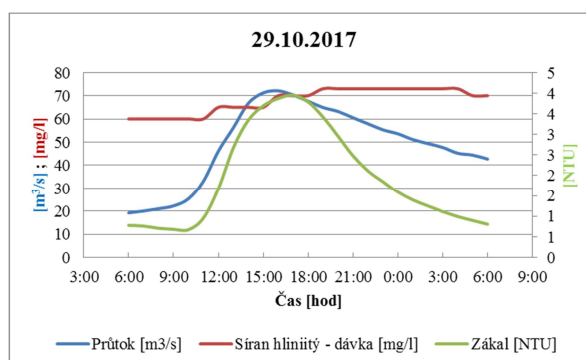
V této podkapitole jsou prezentovány výstupy ze sond, které kontinuálně měří určité parametry procesu úpravy vody. K vyobrazení zde byly vybrány parametry zákalu v surové vodě [NTU] a skutečná dávka koagulantu síranu hlinitého [mg/l]. Pro názornost, aby bylo možné sledovat změny v dávkování a změnu zákalu, byly tyto dva parametry vloženy do jednoho grafu společně s hodnotou průtoku [m³/s] ve vodním toku poskytnutou ze strany Povodí Moravy s.p. Jelikož mají všechny 3 parametry (průtok, zákal, dávka síranu hlinitého) rozdílné jednotky, byla vždy v každém grafu k zachování výše popsané možnosti porovnat všechny parametry pospolu vždy využita 1 svislá osa grafu pro 2 parametry, které k sobě měly rozsahem hodnot blízko tak, aby byla zachována dostatečná schopnost rozeznat kvantitativní změny parametrů v čase.

3.2.3.1 Parametry při procesu úpravy vody – max. průtoky



Graf 7: Parametry při úpravě vody, kulminace $Q = 236 \text{ m}^3/\text{s}$ (vlevo)

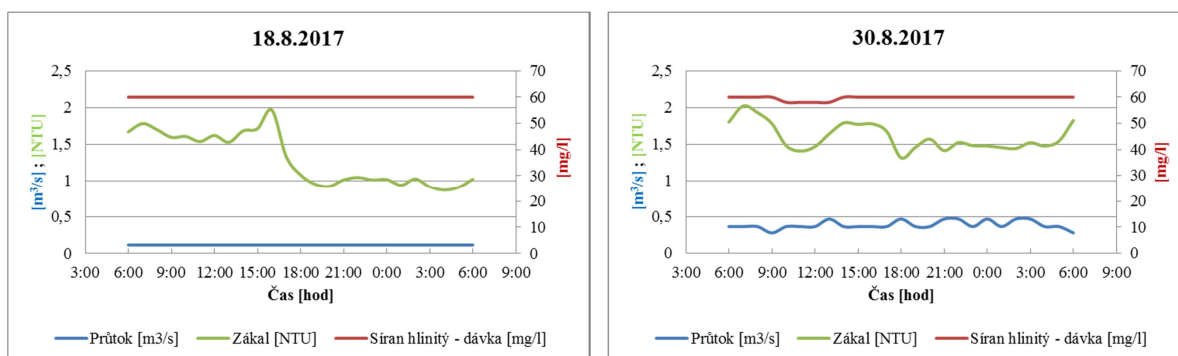
Graf 8: Parametry při úpravě vody, kulminace $Q = 91,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (vpravo)



Graf 9: Parametry při úpravě vody, kulminace $Q = 72,1 \text{ m}^3/\text{s}$

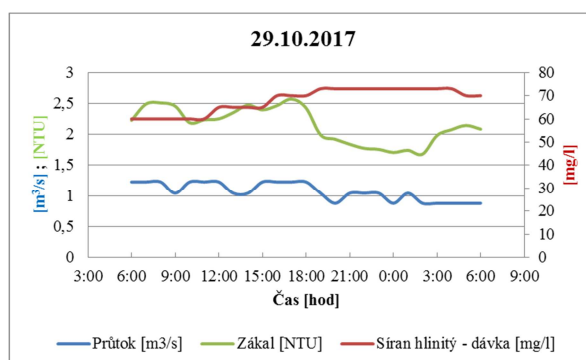
Při pohledu na grafy 7, 8 a 9, které zobrazují průběh parametrů při nejvyšších průtocích v hydrologickém roce 2016/2017 lze vypočítat tendenci, že velikost hodnoty zákalu se řídí dle průtoku ve vodním toku. Svůj průběh zákonitě mění i dávka síranu hlinitého, jelikož stanovení jeho dávky je závislé na hodnotě zákalu. Dobře zřetelné je to například na výstupech ze dne 28.4.2017, kdy kulminace průtoků dosahovala $236,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Zmínit lze taktéž fakt, že dne 29.10.2017 navzdory vysokému průtoku byly změřené hodnoty zákalu řádově nižší.

3.2.3.2 Parametry při procesu úpravy vody – min. průtoky



Graf 10: Parametry při úpravě vody, $Q = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$ (vlevo)

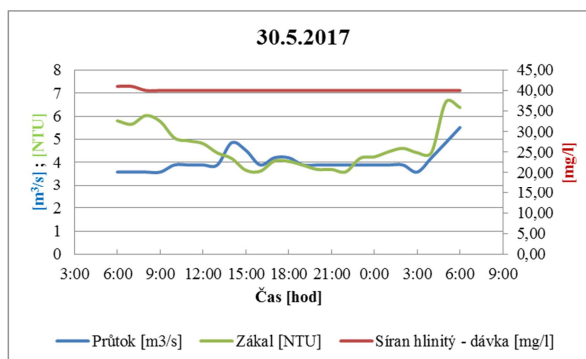
Graf 11: Parametry při úpravě vody, $Q = 0,365 \text{ m}^3/\text{s}$ (vpravo)



Graf 12: Parametry při úpravě vody, $Q = 1,04 \text{ m}^3/\text{s}$

V grafech 10, 11 a 12 jsou uvedeny výstupy ze dnů, kdy byly za den nejvícekrát pozorovány hodnoty průtoků pod hranici hydrologického sucha na toku Vsetínské Bečvy v místě pozorování ($Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Zde je opět možno do jisté míry zaznamenat provázanost parametrů dávky koagulantu a zákalu s hodnotou průtoků, avšak zajímavější je porovnání grafů 10, 11, 12 s grafy 7, 8, 9. Zde je totiž vidět markantní rozdíl, který u vybraných parametrů způsobuje právě extrémní průtok. U parametru zákalu je to rozdíl přibližně 2 NTU při malých průtocích oproti přibližně 100 NTU (v roční kulminaci až 200 NTU) při velkých průtocích. U dávky koagulantu se jedná přibližně o 60 - 70 mg/l. Tato dávka je však dávkována u velkých i malých průtoků obdobně. V současné době se však dávka koagulantu řídí pouze hodnotou zákalu a nikoliv průtoků.

Pro možnost srovnání vybraných parametrů měřených při běžném průtoku ve vodním toku je prezentován graf 13 ze dne 30.5.2017. Zde je pozorovatelná hodnota dávky koagulantu nepřesahující hranici 45 mg/l a hodnoty zákalu mezi přibližně 3,5 až 7 NTU.



Graf 13: Parametry při úpravě vody, $Q = 3,89 \text{ m}^3/\text{s}$

3.3 Zhodnocení situace a shrnutí vlivu extrémních průtoků ve vodním toku na úpravnu vody

Z vyhodnocení provedeného v této kapitole je patrné, že vodní tok Vsetínská Bečva je proměnlivý, a to jak z hlediska průtoků, tak z hlediska ukazatelů jakosti vody. Je to dobře vidět na výsledcích ze sond měřících hodnotu zákalu a potvrzují to také mikrobiologické ukazatele stanovené při rozborech vody, případně hodnoty CHSK_{Mn} . Dalším nezanedbatelným faktem, který je třeba zmínit a je dobře pozorovatelný na grafu 2 a v tabulkách 4 a 5, je skutečnost, že během hydrologického roku 2016/2017 došlo k poklesu průtoku ve vodním toku pod hladinu hydrologického sucha ($Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$) až v 62 (!) dnech a oproti tomu k poměrně rychlému nárůstu průtoku na hodnoty mnohonásobně vyšší.

Extrémní stavy ve výjimečných situacích přispěly k odstavení úpravní vody z provozu. Mezi dny 21.2.2017 a 22.2.2017 byla úpravna vody odstavena z důvodu přerušení dodávky surové vody, jelikož došlo k ucpaní a zahlcení odběrného objektu ledovými krami, viz obrázek 16. Dále byla úpravna vody krátkodobě odstavena na přelomu dne 30.3. a dále dne 28.4., kdy se mohlo jednat vzhledem k odstávce v řádu několika hodin o přerušení dodávky elektrického proudu, nebo revizi trafostanice. V letních měsících v období 17.7. – 14.8. 2017 byla tato delší odstávka způsobena velmi nízkými průtoky ve vodním toku (dobře zřetelné v grafu 2), které zapříčinily ohřátí surové vody až k hodnotám

přes 20 °C. Dodávání upravené vody o takové teplotě by již mohlo vyvolat stížnosti z řad odběratelů, jelikož voda ohřátá na tuto hodnotu s sebou nese možnost zhoršení ukazatelů jakosti vody a zvláště pak organoleptických vlastností (například pach). Tuto odstavku však obyvatelstvo zásobované pitnou vodou nepocítilo, jelikož úpravna vody Valašské Meziříčí je součástí skupinového vodovodu Stanovnice. Omezení dodávek pitné vody z úpravny vody Valašské Meziříčí lze v rámci skupinového vodovodu Stanovnice suplovat zvýšením výroby vody na úpravně vody Karolinka.

Jako řešení těchto extrémních situací by mohl být budoucí možný návrh některé z membránových technologií za separační procesy (sedimentace a pískové filtrace) jako možnost redukce vlivu výjimečných vodních stavů nesoucích s sebou problémy se zvýšeným počtem suspendovaných látek, bakterií či zákalu v surové vodě.

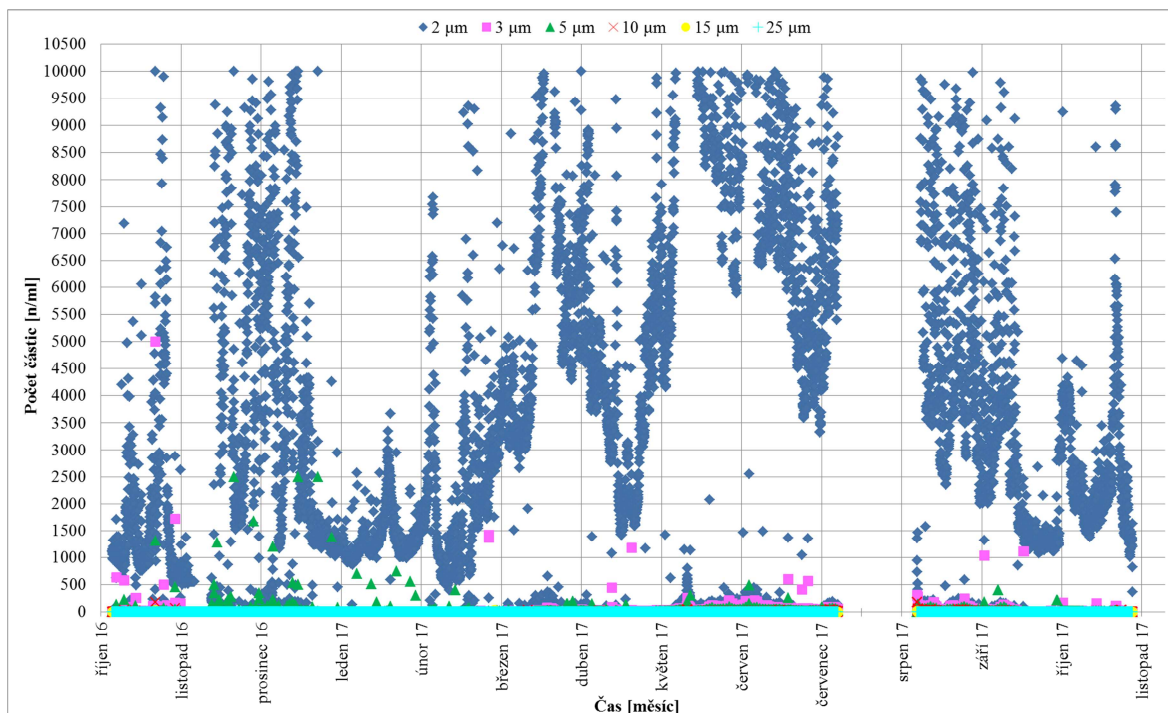
Další možností, jak s touto situací naložit, by mohlo být sofistikovanější stanovení dávek koagulantu síranu hlinitého tak, aby docházelo k ideálnímu vločkovacímu efektu na základě kolísajících průtoků a proměnlivé kvality vody.

4 ZPRACOVÁNÍ DAT Z ČÍTAČE PEVNÝCH ČÁSTIC

Tato kapitola prezentuje výstupy z čítače pevných částic na úpravně vody Valašské Meziříčí v čase vztažené k jakosti surové vody a k parametrům úpravy vody. Tento přístroj, který byl blíže popsán v podkapitole 2.2, zaznamenává částice o velikosti 2, 3, 5, 10, 15, 25, 50 a 100 μm v 30 minutovém kroku. Tyto záznamy jsou ukládány do počítače. Ve své práci užívám data z čítače částic profiltrované do 60 minutového časového kroku, čili tak, abych pracoval s hodnotou odečtenou vždy na konci celé hodiny. Tento přístup jsem zvolil z důvodu zamezení splývání výstupů přílišnou hustotou vzorků a dále k využití porovnání výstupů dat ze sond a čidel zapisujících výsledky parametrů úpravy vody, které jsou rovněž ukládány v hodinovém kroku. Časový úsek, za který jsou zpracovány veškeré výstupy týkající se čítače pevných částic je období 31.10.2016 – 1.11.2017, čili hydrologický rok. Toto období bylo vybráno záměrně proto, aby byla při zpracování postižena co možná největší škála vodních stavů. V následujících podkapitolách věnujících se čítači částic jsou pro přehlednost zpracovány grafy pro velikosti částic 2 μm , 3 μm a 5 μm , samostatně. Částice o velikosti 10 μm , 15 μm a 25 μm jsou vloženy do společného grafu. Toto rozdělení je zvoleno pro vhodnou přehlednost grafů s ohledem na podstatně rozdílný rozsah počtu částic vzhledem k jednotlivým velikostem částic. Částice o velikosti 50 μm a 100 μm nejsou uváděny, jelikož byly po celý časový úsek 31.10.2016 – 1.11.2017 nulové.

4.1 Počet a velikostní distribuce pevných částic za hydrologický rok 2016/2017

Pro ilustraci výstupů z čítače částic jsou v této podkapitole zobrazeny grafy, které zobrazují počet částic a jejich velikostní distribuci v čase. Tyto grafy budou v dalších podkapitolách kombinovány s vybranými parametry úpravy vody a její jakosti, avšak zde je možné získat dalšími parametry neovlivněný pohled na charakter rozložení částic tak, jak ho předkládá přístroj. V grafu 14 jsou vloženy všechny velikosti částic do společného grafu pro komplexní pohled na diferenciaci velikostí. Je zde pozorovatelný markantní kvantitativní rozdíl mezi počtem částic o velikosti 2 μm a částicemi velkými 10 μm až 25 μm . Zde je vidět rozdíl 50 násobný a větší.



Graf 14: Počet a distribuce částic o velikosti 2 μm , 3 μm , 5 μm , 10 μm , 15 μm , 25 μm v čase

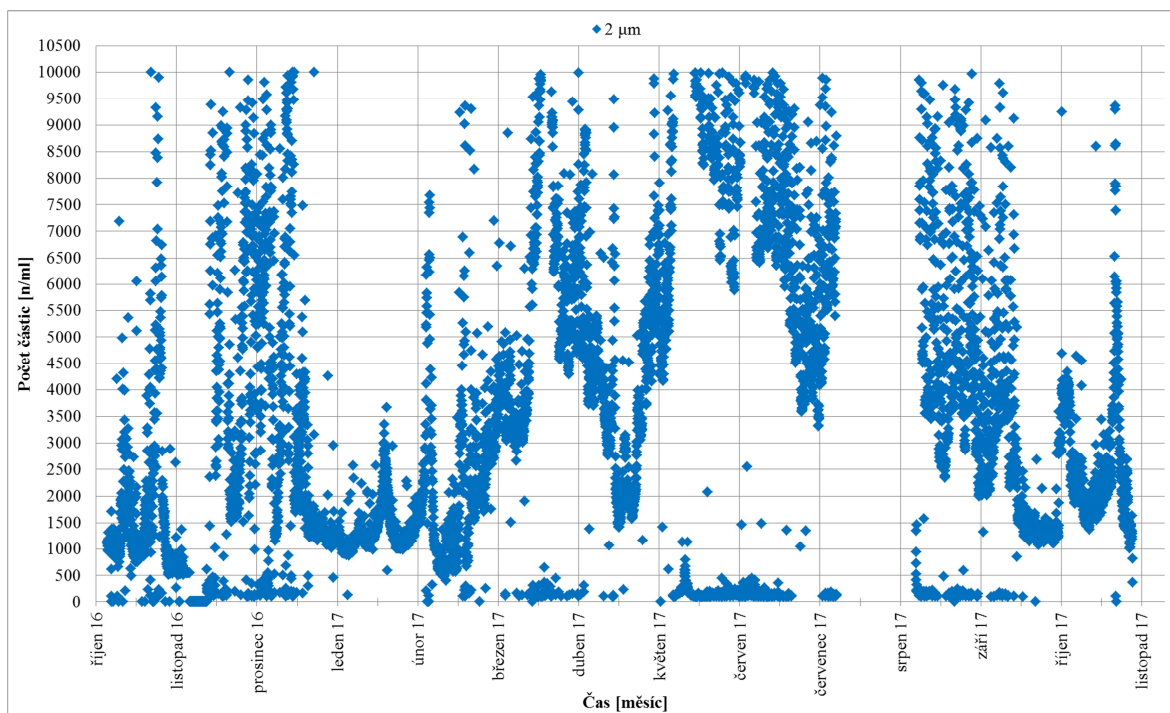
Velikost částic 2 μm

V grafu 15 znázorňujícím částice o velikosti 2 μm je vidět poměrně kolísající průběh záznamu částic. Není zde jednoznačný nějaký trend typický pro danou část roku. Je zde dobře vidět odstavení úpravný v letních měsících červenec a srpen 2017 (blíže popsáno viz podkapitola 3) a tím pádem i chybějící data z čítače částic. Z grafu 15 lze o rozložení částic říci, že nejvíce počtů částic (blížících se 10 000 n/ml) bylo koncentrováno na přelomu jara a léta, následně v září, což je předpokladatelné vzhledem k startu úpravný vody po odstávce, nízkým průtokům a vysokým teplotám vody přispívajícím k vyššímu počtu částic ve vodě.

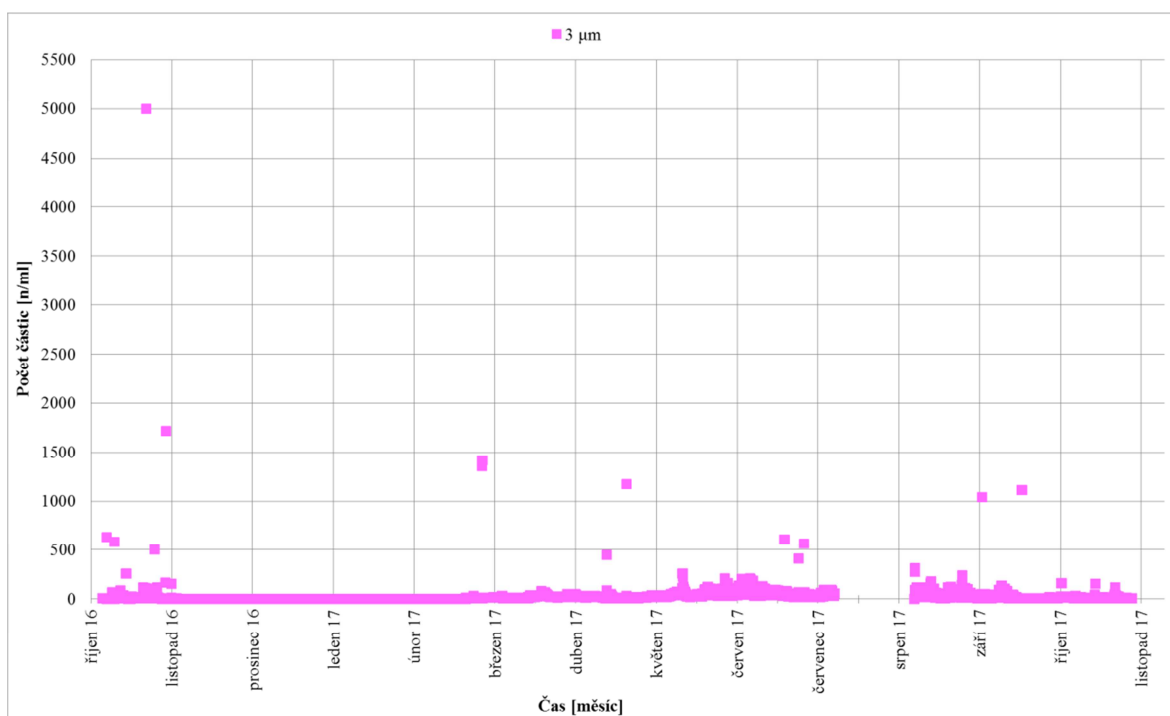
Velikost částic 3 μm

Pro tuto velikost částic je průběh rozložení jejího počtu poměrně konzistentní pro nízké hodnoty po většinu hydrologického roku. Výjimku tvoří, jak je patrné z grafu 16, případy zvýšených počtů částic. Významnou odchylku tvoří měření z poloviny listopadu dosahující hodnoty 5 000 n/ml. V ten samý okamžik byla maximální naměřená hodnota

také pro velikost částic 2 μm , a to 10 000 n/ml. Přihlédnutím ke grafům 15 a 16 lze konstatovat, že co se týče maximálních hodnot, tak do jisté míry tyto dvě velikosti spolu souvisí.



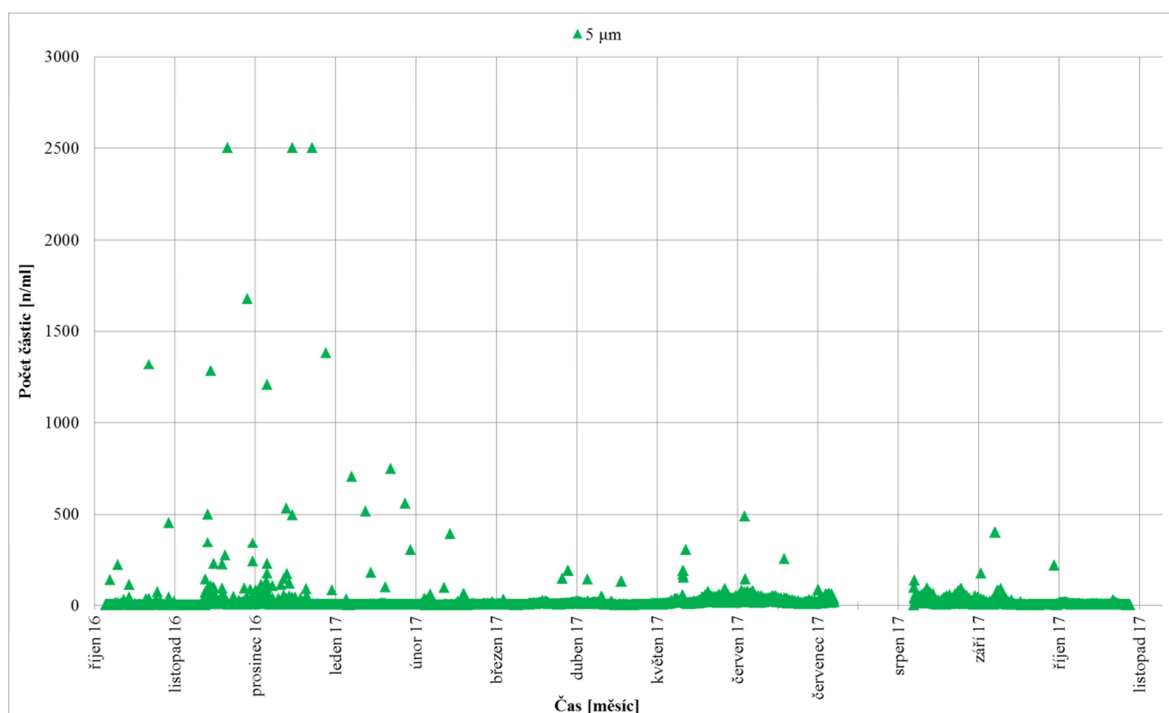
Graf 15: Počet a distribuce částic o velikosti 2 μm v čase



Graf 16: Počet a distribuce částic o velikosti 3 μm v čase

Velikost částic 5 μm

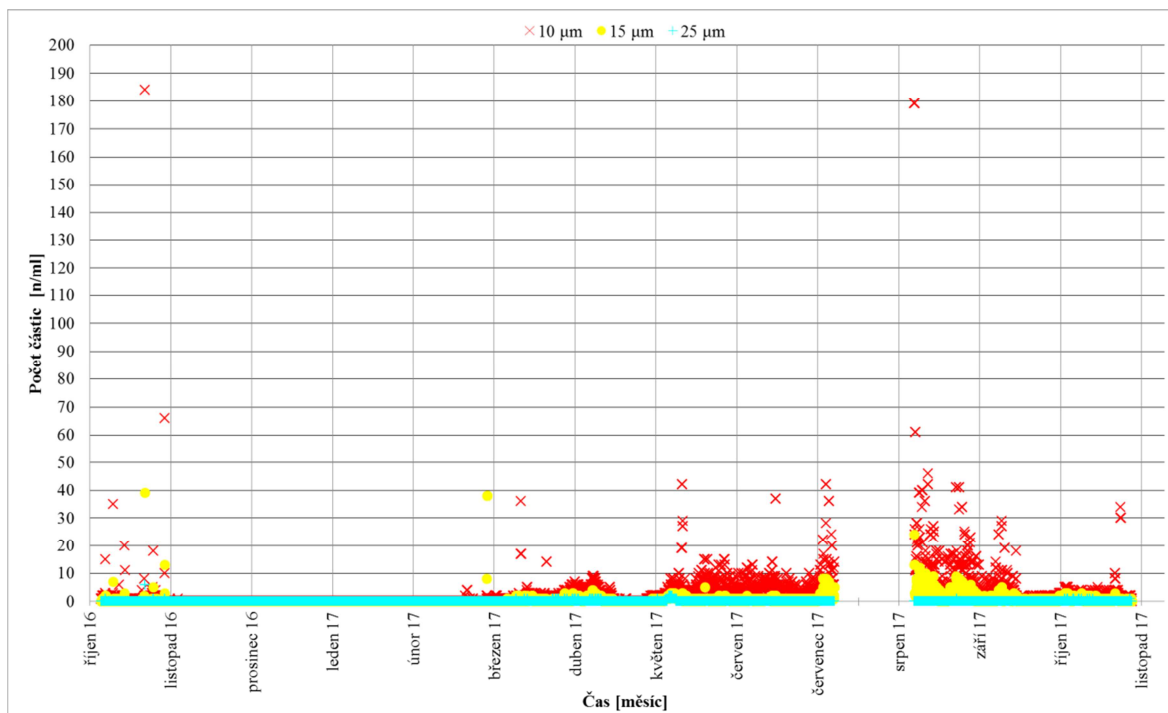
Rozdělení počtu částic a velikosti 5 μm je již více rozmanitější než je tomu u velikosti 3 μm , avšak není zde taková rozkolísanost jako u velikosti 2 μm . Z toho je možné usuzovat, že pro další práci s čítačem částic jako nástrojem pro okamžité vyhodnocování nebo kontrolu vody, by se tato velikost mohla jevit jako možná. Tyto hodnoty jsou vykresleny v grafu 17.



Graf 17: Počet a distribuce částic o velikosti 5 μm v čase

Velikosti částic 10 μm , 15 μm a 25 μm

Jak ukazuje graf 18, počty částic o těchto velikostech jsou řádově menší a poměrně diferenciované. Je zde okem pozorovatelná podobnost s rozložením těchto částic s částicemi velikosti 2 μm (viz graf 15). To znamená zvýšená koncentrace vyššího počtu částic na přelomu jara a léta, v září po spuštění úpravní vody a na začátku listopadu, kdy se mohlo jednat o tání prvního sněhu napadlého v roce 2016 a souvisejícího smyvu půdy.



Graf 18: Počet a distribuce částic o velikosti 10 μm, 15 μm a 25 μm v čase

V následujících podkapitolách bude využito grafických výstupů 15 až 18 v kombinaci s jakostí vody a dalšími vybranými parametry úpravy vody s cílem nalézt souvislost, nebo viditelnou korelaci mezi čítačem částic a dalšími měřeními.

4.2 Vyhodnocení dat z čítače částic vzhledem k jakosti surové a upravené vody

Podkapitola 4.2 se zabývá vztahem dat z čítače pevných částic k jakosti jak surové, tak upravené vody. Časový rozsah odpovídá hydrologickému roku 2016/2017 a zdrojem jakosti surové a upravené vody jsou rozbory vody. Tyto rozbory vody jsou prováděny ze strany provozovatele společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín, a. s. osobou zaškolenou a kvalifikovanou pro odbírání vzorků. Vzorky vody jsou odbírány jednou týdně a rozbory vody se provádějí v centrální laboratoři. Vzorek surové vody se odbírá přímo v toku Vsetínská Bečva v místě odběrného objektu úpravní vody a vzorek upravené vody na odběrném místě pitné vody na výtlačném řadu v objektu úpravní vody z akumulární nádrže do vodojemu Štěpánov HTP. Nejprve se odbírá surová voda a

následně voda upravená, interval mezi odběrem je v závislosti na rychlosti přesunu odebírajícího pracovníka přibližně 10 – 15 minut.

4.2.1 Výpočet doby zdržení vody v úpravně vody při její úpravě

Aby bylo možné vztáhnout data z čítače částic vzhledem k rozborům vody, bylo nutné provést výpočet doby zdržení vody při procesu úpravy vody od odběrného objektu až k přístroji čítač částic umístěnému za GAU filtry.

Voda natéká do odběrného břehového objektu na pravém břehu řeky Vsetínské Bečvy a přes předsazené česle protéká sedimentačním prostorem, kde přepadá do odběrné jímky. Odtud je čerpána horizontálními čerpadly umístěnými v objektu čerpací stanice, které vodu dopravují výtlačným řadem z materiálu PE DN 350 mm dlouhým 180 m do objektu úpravy vody. Zde je voda potrubím přiváděna do rozdělovacího objektu. Rozdělovací objekt má tvar komolého rotačního kužele a rozděluje vodu na 3 sedimentační objekty. Voda po skončení procesu flokulace odtéká potrubím na objekty filtrace pískové a následně filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Odtud voda potrubím odtéká k čítači pevných částic. Od průchodu vody rozdělovacím objektem je průtok v celém objektu úpravy vody gravitační. Tři sedimentační nádrže, stejně tak jako dále tři pískové filtry a nakonec dva filtry s granulovaným aktivním uhlím pracují paralelně vedle sebe. Voda tedy protéká všemi objekty za sebou, ale je rovnoměrně rozdělena dle průtoku a manipulace procesu při úpravě vody. Při výpočtu bylo zanedbáno praní filtrů.

Návrhové parametry a technické údaje jsou převzaty z projektové dokumentace k úpravě vody. [1]

Použité vzorce:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \quad (1)$$

Kde: V [m³] – objem potrubí, π – matematická konstanta, D [m] – vnitřní průměr potrubí, L [m] – délka potrubí

$$V_r = \frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (D_1^2 + D_1 \cdot D_2 + D_2^2) \quad (2)$$

Kde: V_r [m^3] – objem komolého kužele, π – matematická konstanta, D_1 [m] – průměr spodní podstavy, D_2 [m] – průměr vrchní podstavy, h [m] – výška komolého kužele

$$V = S \cdot h \quad (3)$$

Kde: V [m^3] – objem kvádru (rychlofiltru), S [m^2] – plocha kvádru (rychlofiltr), h [m] – výška rychlofiltru

$$m = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \quad (4)$$

Kde: m [-] – mezerovitost, ρ_b [kg/m^3] – sytná hmotnost materiálu, ρ_p [kg/m^3] – objemová hmotnost materiálu

$$V_v = m \cdot V_{p,v} \quad (5)$$

Kde: V_v [m^3] – objem vody v mezerách mezi filtračním materiálem, m [-] – mezerovitost, $V_{p,v}$ [m^3] – objem oblasti s filtračním materiálem

$$v_s = \frac{Q}{S} \quad (6)$$

Kde: v_s [m/hod] – sedimentační rychlost, Q [m^3/hod] – průtok úpravnou vody, S [m^2] – plocha sedimentace

$$t = \frac{V}{Q} \quad (7)$$

Kde: t [hod] – doba zdržení, V [m^3] – objem filtrace (rychlou filtru) / sedimentace,
 Q [m^3/hod] – průtok úpravnou vody

$$v_f = \frac{Q}{S} \quad (8)$$

Kde: v_f [m/hod] – filtrační rychlost, Q [m^3/hod] – průtok úpravnou vody, S [m^2] – plocha filtrace

Průtoky úpravnou vody změřené v době rozborů:

$$Q = 18 \text{ l/s} = 65 \text{ m}^3/\text{hod}$$

(15.8.2016)

$$Q = 25 \text{ l/s} = 90 \text{ m}^3/\text{hod}$$

(19.12.2016, 17.1.2017, 31.1.2017, 28.2.2017, 20.3.2017, 29.8.2017)

$$Q = 26 \text{ l/s} = 94 \text{ m}^3/\text{hod}$$

(8.11.2016, 14.11.2016, 22.11.2016, 28.11.2016, 5.12.2016, 13.12.2016, 3.1.2017, 24.1.2017, 7.2.2017, 14.2.2017, 6.3.2017, 14.3.2017, 28.3.2017, 10.4.2017, 18.4.2017, 25.4.2017, 9.5.2017, 23.5.2017, 6.6.2017, 13.6.2017, 27.6.2017, 11.7.2017, 22.8.2017, 12.9.2017, 19.9.2017, 25.9.2017, 10.10.2017, 17.10.2017, 24.10.2017)

$$Q = 27 \text{ l/s} = 97 \text{ m}^3/\text{hod}$$

(1.11.2016, 10.1.2017, 21.2.2017, 4.4.2017, 2.5.2017, 16.5.2017, 30.5.2017, 3.10.2017, 30.10.2017)

$$Q = 28 \text{ l/s} = 101 \text{ m}^3/\text{hod}$$

(20.6.2017, 5.9.2017)

4.2.1.1 Výpočet objemu vody v potrubích

Potrubí mezi odběrným objektem a objektem úpravy vody

$$D = DN = 350 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí

$$L = 180 \text{ m}$$

Délka potrubí

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0,35^2}{4} \cdot 180 = 17,32 \text{ m}^3$$

... Objem vody v potrubí

Potrubí v objektu úpravy vody po rozdělovací objekt

$$D_1 = DN = 350 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí 1

$$L_1 = 3,5 \text{ m}$$

Délka potrubí 1

$$D_2 = DN = 300 \text{ mm} = 0,30 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí 2

$$L_2 = 9,5 \text{ m}$$

Délka potrubí 2

$$V = \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)^2}{4} \cdot (L_1 + L_2) = \frac{\pi \cdot (0,35 + 0,3)^2}{4} \cdot (3,5 + 9,5) = 1,01 \text{ m}^3$$

... Objem vody v potrubí

Rozdělovací objekt

$$D = DN = 350 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost přívodního potrubí

$$L = 1,95 \text{ m}$$

Délka přívodního potrubí

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0,35^2}{4} \cdot 2 = 0,19 \text{ m}^3$$

... Objem vody v přívodním potrubí

$$D_1 = 350 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$$

Průměr spodní podstavy rozdělovacího objektu

$$D_2 = 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m}$$

Průměr vrchní podstavy rozdělovacího objektu

$$h = 1750 \text{ mm} = 1,75 \text{ m}$$

Výška rozdělovacího objektu

$$V_r = \frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (D_1^2 + D_1 \cdot D_2 + D_2^2) = \frac{\pi \cdot 1,75}{3} \cdot (0,35^2 + 0,35 \cdot 1,75 + 1,75^2) = 1,74 \text{ m}^3$$

... Objem vody v rozdělovacím objektu

Potrubí od rozdělovacího objektu k sedimentačním nádržím a odtok od sedimentačních nádrží k přívodnímu potrubí na pískovou filtraci

$$D_1 = DN = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí k nádrži 1

$$L_1 = 18,7 \text{ m}$$

Délka potrubí k nádrži 1

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot L_1 = \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \cdot 18,7 = 0,92 \text{ m}^3$$

... Objem vody v potrubí od rozdělovacího objektu k sedimentační nádrži 1

$$D_2 = DN = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí k nádrži 2

$$L_2 = 7,7 \text{ m}$$

Délka potrubí k nádrži 2

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot L_2 = \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \cdot 7,7 = 0,38 \text{ m}^3$$

... Objem vody v potrubí od rozdělovacího objektu k sedimentační nádrži 2

$$D_3 = DN = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí k nádrži 3

$$L_3 = 16,2 \text{ m}$$

Délka potrubí k nádrži 3

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{\pi \cdot 0,25^2}{4} \cdot 16,2 = 0,80 \text{ m}^3$$

... Objem vody v potrubí od rozdělovacího objektu k sedimentační nádrži 3

Přívodní potrubí na objekty pískové filtrace a potrubí mezi pískovou filtrací a GAU filtrací (součet pro všechny 3 filtry)

$$D_1 = DN = 350 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí 1

$$L_1 = 26,5 \text{ m}$$

Délka potrubí 1

$$D_2 = DN = 300 \text{ mm} = 0,30 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí 2

$$L_2 = 15 \text{ m}$$

Délka potrubí 2

$$V = \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)^2}{4} \cdot (L_1 + L_2) = \frac{\pi \cdot (0,35 + 0,3)^2}{4} \cdot (26,5 + 15) = 3,61 \text{ m}^3$$

Potrubí od GAU filtrů po čítač částic

$$D = DN = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$$

Jmenovitá světlost potrubí

$$L = 20 \text{ m}$$

Délka potrubí

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0,30^2}{4} \cdot 20 = 1,41 \text{ m}^3$$

... Objem vody v potrubí

Celkový součet objemu vody v potrubí za provozu všech objektů

$$\Sigma V = 17,32 + 1,01 + 0,19 + 1,74 + 0,92 + 0,38 + 0,80 + 3,61 + 1,41 = 23,38 \text{ m}^3$$

$$\Sigma V = 23,38 \text{ m}^3$$

4.2.1.2 Výpočet doby zdržení v sedimentačních nádržích

Sedimentační nádrže tvoří 3 vertikální válcové objekty s vnitřním válcem o průměru 5 m a nornou stěnou hlubokou přibližně 5,4 m.

$$S_{1s} = 45 \text{ m}^2 \quad \text{Plocha sedimentace 1 nádrže v provozu}$$

$$S_{2s} = 2 \cdot S_1 = 2 \cdot 45 = 90 \text{ m}^2 \quad \text{Plocha sedimentace 2 nádrží v provozu}$$

$$S_{3s} = 3 \cdot S_3 = 3 \cdot 45 = 135 \text{ m}^2 \quad \text{Plocha sedimentace 3 nádrží v provozu}$$

$$h = 5,8 \text{ m} \quad \text{Výška sedimentačních nádrží}$$

$$V_{1s} = S_{1s} \cdot h = 45 \cdot 5,8 = 260 \text{ m}^3 \quad \text{Objem sedimentace 1 nádrže v provozu}$$

$$V_{2s} = S_{2s} \cdot h = 90 \cdot 5,8 = 520 \text{ m}^3 \quad \text{Objem sedimentace 2 nádrží v provozu}$$

$$V_{3s} = S_{3s} \cdot h = 135 \cdot 5,8 = 780 \text{ m}^3 \quad \text{Objem sedimentace 3 nádrží v provozu}$$

Výpočet sedimentačních rychlostí

$$v_s = \frac{Q}{S_i} \quad [\text{m} \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (6)$$

Výpočet doby zdržení

$$t = \frac{V_i}{Q} \quad [\text{hod}] \quad (7)$$

Parametry S_i a V_i zastupují plochu sedimentace, respektive objem sedimentace, pro příslušný počet sedimentačních nádrží v provozu dle průtoků vody Q v době jednotlivých odběrů vody. Výsledky jsou seřazeny v tabulce 14.

Tabulka 14: Doba zdržení a sedimentační rychlosti v sedimentačních nádržích

	Q		v_s		t	
	[l/s]	[m ³ /hod]	[m/hod]	[mm/s]	[hod]	[min]
1 sedimentační nádrž v provozu	18	65	1,44	0,40	4,01	241
2 sedimentační nádrže v provozu	18	65	0,72	0,20	8,02	481
3 sedimentační nádrže v provozu	18	65	0,48	0,13	12,04	722
1 sedimentační nádrž v provozu	25	90	2	0,56	2,89	173
2 sedimentační nádrže v provozu	25	90	1,00	0,28	5,78	347
3 sedimentační nádrže v provozu	25	90	0,67	0,19	8,67	520
1 sedimentační nádrž v provozu	26	94	2,08	0,58	2,78	167
2 sedimentační nádrže v provozu	26	94	1,04	0,29	5,56	333
3 sedimentační nádrže v provozu	26	94	0,69	0,19	8,33	500
1 sedimentační nádrž v provozu	27	97	2,16	0,60	2,67	160
2 sedimentační nádrže v provozu	27	97	1,08	0,30	5,35	321
3 sedimentační nádrže v provozu	27	97	0,72	0,20	8,02	481
1 sedimentační nádrž v provozu	28	101	2,24	0,62	2,58	155
2 sedimentační nádrže v provozu	28	101	1,12	0,31	5,16	310
3 sedimentační nádrže v provozu	28	101	0,75	0,21	7,74	464



Obrázek 17: Sedimentační nádrž č. 3

4.2.1.3 Výpočet doby zdržení v pískových filtrech

Pískovou filtraci zastupují 3 objekty železobetonových otevřených rychlofiltrů evropského typu s drenážním systémem Triton™. Rychlofiltry mají kvádrový tvar.

$S_{1pf} = 18 \text{ m}^2$ Plocha pískové filtrace při provozu 1 filtru

$S_{2pf} = 36 \text{ m}^2$ Plocha pískové filtrace při provozu 2 filtrů

$S_{3pf} = 54 \text{ m}^2$ Plocha pískové filtrace při provozu 3 filtrů

Filtrační materiál

Filtrační písek FP2

$\rho_b = 1600 \text{ kg/m}^3$ Sypná hmotnost filtračního písku FP2

$\rho_p = 2630 \text{ kg/m}^3$ Objemová hmotnost filtračního písku FP2

$$m = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) = \left(1 - \frac{1600}{2630}\right) = 0,39 = 39 \%$$

Výpočet celkového objemu vody

$h_v = 1,2 \text{ m}$ Hloubka vody od filtračního písku po volnou hladinu

$h_p = 1,1 \text{ m}$ Mocnost filtračního písku

Pro 1 filtr

$V_{v1} = S_1 \cdot h_v = 18 \cdot 1,2 = 21,6 \text{ m}^3$ Objem vody ve filtru nad vrstvou filtračního písku

$V_{p,v} = S_1 \cdot h_p = 18 \cdot 1,1 = 19,8 \text{ m}^3$ Objem oblasti s filtračním pískem

$$V_{v2} = m \cdot V_{p,v} = 0,39 \cdot 19,8 = 7,8 \text{ m}^3$$

Objem vody v mezerách mezi
filtračním pískem

$$V_p = V_{p,v} - V_{v2} = 19,8 - 7,8 = 12,0 \text{ m}^3$$

Objem filtračního písku

$$V_{1pf} = V_{v1} + V_{v2} = 21,6 + 7,8 = \mathbf{29,4 \text{ m}^3}$$

Celkový objem vody při provozu 1
filtru

Pro 2 filtry

$$V_{v1} = S_2 \cdot h_v = 36 \cdot 1,2 = 43,2 \text{ m}^3$$

Objem vody ve filtru nad vrstvou
filtračního písku

$$V_{p,v} = S_2 \cdot h_p = 36 \cdot 1,1 = 39,6 \text{ m}^3$$

Objem oblasti s filtračním pískem

$$V_{v2} = m \cdot V_{p,v} = 0,39 \cdot 39,6 = 15,6 \text{ m}^3$$

Objem vody v mezerách mezi
filtračním pískem

$$V_p = V_{p,v} - V_{v2} = 39,6 - 15,6 = 24,0 \text{ m}^3$$

Objem filtračního písku

$$V_{2pf} = V_{v1} + V_{v2} = 43,2 + 15,6 = \mathbf{58,8 \text{ m}^3}$$

Celkový objem vody při provozu 2
filtrů

Pro 3 filtry

$$V_{v1} = S_3 \cdot h_v = 54 \cdot 1,2 = 64,8 \text{ m}^3$$

Objem vody ve filtru nad vrstvou
filtračního písku

$$V_{p,v} = S_3 \cdot h_p = 54 \cdot 1,1 = 59,4 \text{ m}^3$$

Objem oblasti s filtračním pískem

$$V_{v2} = m \cdot V_{p,v} = 0,39 \cdot 59,4 = 23,4 \text{ m}^3$$

Objem vody v mezerách mezi
filtračním pískem

$$V_p = V_{p,v} - V_{v2} = 59,4 - 23,4 = 36,0 \text{ m}^3$$

Objem filtračního písku

$$V_{3pf} = V_{v1} + V_{v2} = 64,8 + 23,4 = \mathbf{88,2 \text{ m}^3}$$

Celkový objem vody při provozu 3
filtrů

Výpočet filtračních rychlostí

$$v_f = \frac{Q}{S_i} \quad [\text{m. hod}^{-1}] \quad (8)$$

Výpočet doby zdržení

$$t = \frac{V_i}{Q} \quad [\text{hod}] \quad (7)$$

Parametry S_i a V_i zastupují plocha pískové filtrace, respektive objem pískové filtrace, pro příslušný počet pískových filtrů v provozu dle průtoků vody Q v době jednotlivých odběrů vody. Výsledky jsou seřazeny v tabulce 15.

Tabulka 15: Doba zdržení a filtrační rychlosti v pískových filtrech

	Q		v_s		t	
	[l/s]	[m ³ /hod]	[m/hod]	[mm/s]	[hod]	[min]
1 pískový filtr v provozu	18	65	3,60	1,00	0,45	27
2 pískové filtry v provozu	18	65	1,80	0,50	0,91	54
3 pískové filtry v provozu	18	65	1,20	0,33	1,36	82
1 pískový filtr v provozu	25	90	5,00	1,39	0,33	20
2 pískové filtry v provozu	25	90	2,50	0,69	0,65	39
3 pískové filtry v provozu	25	90	1,67	0,46	0,98	59
1 pískový filtr v provozu	26	94	5,20	1,44	0,31	19
2 pískové filtry v provozu	26	94	2,60	0,72	0,63	38
3 pískové filtry v provozu	26	94	1,73	0,48	0,94	56
1 pískový filtr v provozu	27	97	5,40	1,50	0,30	18
2 pískové filtry v provozu	27	97	2,70	0,75	0,60	36
3 pískové filtry v provozu	27	97	1,80	0,50	0,91	54
1 pískový filtr v provozu	28	101	5,60	1,56	0,29	17
2 pískové filtry v provozu	28	101	2,80	0,78	0,58	35
3 pískové filtry v provozu	28	101	1,87	0,52	0,87	52



Obrázek 18: Pohled na otevřené rychlofiltry

4.2.1.4 Výpočet doby zdržení ve filtrech s granulovaným aktivním uhlím

Filtraci s náplní granulovaným aktivním uhlím (dále v této kapitole jen GAU filtry) zastupují 2 objekty železobetonových otevřených rychlofiltrů evropského typu s drenážním systémem TritonTM. Rychlofiltry mají kvádrový tvar a jedná se konstrukčně o shodné objekty s předřazenými filtry zajišťujícím pískovou filtraci.

$$S_{1Gf} = 18 \text{ m}^2$$

Plocha filtrace GAU při provozu 1 filtru

$$S_{2Gf} = 36 \text{ m}^2$$

Plocha filtrace GAU při provozu 2 filtrů

Filtrační materiál

Granulované aktivní uhlí

$$\rho_b = 518 \text{ kg/m}^3$$

Sypná hmotnost GAU

$$\rho_p = 1250 \text{ kg/m}^3$$

Objemová hmotnost GAU

$$m = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) = \left(1 - \frac{518}{1250}\right) = 0,59 = 59 \%$$

Výpočet celkového objemu vody

$h_v = 0,45 \text{ m}$ Hloubka vody od GAU po volnou hladinu

$h_p = 0,45 \text{ m}$ Mocnost GAU

Pro 1 filtr

$V_{v1} = S_1 \cdot h_v = 18 \cdot 0,45 = 8,1 \text{ m}^3$ Objem vody ve filtru nad vrstvou GAU

$V_{p,v} = S_1 \cdot h_p = 18 \cdot 0,45 = 8,1 \text{ m}^3$ Objem oblasti s GAU

$V_{v2} = m \cdot V_{p,v} = 0,59 \cdot 8,1 = 4,7 \text{ m}^3$ Objem vody v mezerách mezi GAU

$V_p = V_{p,v} - V_{v2} = 8,1 - 4,7 = 3,4 \text{ m}^3$ Objem GAU

$V_{1Gf} = V_{v1} + V_{v2} = 8,1 + 4,7 = \mathbf{12,8 \text{ m}^3}$ Celkový objem vody při provozu 1 filtru

Pro 2 filtry

$V_{v1} = S_2 \cdot h_v = 36 \cdot 0,45 = 16,2 \text{ m}^3$ Objem vody ve filtru nad vrstvou GAU

$V_{p,v} = S_2 \cdot h_p = 36 \cdot 0,45 = 16,2 \text{ m}^3$ Objem oblasti s GAU

$V_{v2} = m \cdot V_{p,v} = 0,59 \cdot 16,2 = 9,4 \text{ m}^3$ Objem vody v mezerách mezi filtračním pískem

$V_p = V_{p,v} - V_{v2} = 16,2 - 9,4 = 6,8 \text{ m}^3$ Objem GAU

$V_{2Gf} = V_{v1} + V_{v2} = 16,2 + 9,4 = \mathbf{25,6 \text{ m}^3}$ Celkový objem vody při provozu 2 filtrů

Výpočet filtračních rychlostí

$$v_f = \frac{Q}{S_i} \quad [\text{m. hod}^{-1}] \quad (8)$$

Výpočet doby zdržení

$$t = \frac{V_i}{Q} \quad [\text{hod}] \quad (7)$$

Parametry S_i a V_i zastupují plocha GAU filtrace, respektive objem GAU filtrace, pro příslušný počet GAU filtrů v provozu dle průtoků vody Q v době jednotlivých odběrů vody. Výsledky jsou seřazeny v tabulce 16.

Tabulka 16: Doba zdržení a filtrační rychlosti v GAU filtrech

	Q		v_s		t	
	[l/s]	[m ³ /hod]	[m/hod]	[mm/s]	[hod]	[min]
1 GAU filtr v provozu	18	65	3,60	1,00	0,20	12
2 GAU filtry v provozu	18	65	1,80	0,50	0,40	24
1 GAU filtr v provozu	25	90	5,00	1,39	0,14	9
2 GAU filtry v provozu	25	90	2,50	0,69	0,29	17
1 GAU filtr v provozu	26	94	5,20	1,44	0,14	8
2 GAU filtry v provozu	26	94	2,60	0,72	0,27	16
1 GAU filtr v provozu	27	97	5,40	1,50	0,13	8
2 GAU filtry v provozu	27	97	2,70	0,75	0,26	16
1 GAU filtr v provozu	28	101	5,60	1,56	0,13	8
2 GAU filtry v provozu	28	101	2,80	0,78	0,25	15

4.2.1.5 Celková doba zdržení od odběrného objektu k čítači částic

Úpravná vody Valašské Meziříčí standardně upravuje vodu v režimu, který má v provozu 2 sedimentační nádrže, 3 pískové filtry a 2 GAU filtry. Pokud klesne teplota surové vody pod 5°C, pracuje úpravná vody za účelem dodržení dostatečného vločkovacího efektu koagulantu síranu hlinitého a dostatečné doby zdržení v sedimentačních nádržích v režimu 3 sedimentační nádrže, 3 pískové filtry a 2 GAU filtry.

Výpočet celkové doby zdržení od odběrného objektu k čítači částic

- Pro variantu 1: 2 sedimentační nádrže, 3 pískové filtry, 2 GAU filtry

$$\Sigma V = 23,38 \text{ m}^3$$

Celkový objem vody v potrubích úpravny vody

$$V_3 = 0,92 \text{ m}^3$$

Objem vody v potrubí od rozdělovacího objektu k sedimentační nádrži 1

$$V = \Sigma V - V_3 = 23,38 - 0,92 = \mathbf{22,46 \text{ m}^3}$$

Objem vody v potrubí pro tuto variantu

$$V_{2s} = S_2 \cdot h = 90 \cdot 5,8 = \mathbf{520 \text{ m}^3}$$

Objem sedimentace 2 nádrží v provozu

$$V_{3pf} = V_{v1} + V_{v2} = 64,8 + 23,4 = \mathbf{88,2 \text{ m}^3}$$

Celkový objem vody při provozu 3 filtrů

$$V_{2Gf} = V_{v1} + V_{v2} = 16,2 + 9,4 = \mathbf{25,6 \text{ m}^3}$$

Celkový objem vody při provozu 2 filtrů

Výpočet výsledné doby zdržení pro variantu 1

$$t = \frac{(V + V_{2s} + V_{3pf} + V_{2Gf})}{Q_i} \text{ [hod]}$$

Výsledné hodnoty doby zdržení podle rozdílných průtoků jsou uvedeny v tabulce 17:

Tabulka 17: Doby zdržení podle průtoků - varianta 1

Q	Doba zdržení	
	[hod]	[min]
18	10,19	611
25	7,34	440
26	7,05	423
27	6,79	408
28	6,55	393

- Pro variantu 2: 3 sedimentační nádrže, 3 pískové filtry, 2 GAU filtry

$$V = \Sigma V = 23,38 \text{ m}^3$$

Celkový objem vody v potrubích
úpravny vody =

Objem vody v potrubí pro tuto variantu

$$V_{3s} = S_3 \cdot h = 135,5,8 = 780 \text{ m}^3$$

Objem sedimentace 3 nádrží v provozu

$$V_{3pf} = V_{v1} + V_{v2} = 64,8 + 23,4 = 88,2 \text{ m}^3$$

Celkový objem vody při provozu 3
filtrů

$$V_{2Gf} = V_{v1} + V_{v2} = 16,2 + 9,4 = 25,6 \text{ m}^3$$

Celkový objem vody při provozu 2
filtrů

Výpočet výsledné doby zdržení pro variantu 2

$$t = \frac{(V + V_{3s} + V_{3pf} + V_{2Gf})}{Q_i} \text{ [hod]}$$

Výsledné hodnoty doby zdržení podle rozdílných průtoků jsou uvedeny v tabulce 18:

Tabulka 18: Doby zdržení podle průtoků - varianta 2

Q	Doba zdržení	
	[hod]	[min]
18	14,21	853
25	10,23	614
26	9,84	590
27	9,48	569
28	9,14	548

4.2.2 Tabelární vyhodnocení rozborů vody s výstupy z čítače částic

Na základě vypočtené doby zdržení v podkapitole 4.2.1 jsou vztaženy k rozborům vody příslušné výstupy z čítače částic posunutě oproti času odběru vzorku vody o příslušnou vypočtenou dobu zdržení.

Vybrané ukazatele jakosti surové vody s přiřazenými výstupy z čítače částic jsou uvedeny v tabulkách 19 a 20. Jednotlivé ukazatele jsou zde uváděny ve sloupcích vedle sebe. V řádcích pod sebou jsou uvedeny název parametru, jeho jednotka, limity pro zatřídění do tříd jakosti surové vody dané vyhláškou č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění. Limit pro zatřídění do tříd jakosti surové vody je uveden pouze u parametrů, které jsou uvedeny ve vyhlášce č. 428/2001 Sb. Za posledním sloupečkem s ukazatelem jakosti tabulka pokračuje přiřazenými počty částic o různé velikosti. Tyto velikosti jsou rozděleny ve sloupcích vedle sebe.

Vybrané ukazatele jakosti upravené vody s přiřazenými výstupy z čítače částic jsou uvedeny v tabulkách 21 a 22. Jednotlivé ukazatele jsou zde uváděny ve sloupcích vedle sebe. V řádcích pod sebou jsou uvedeny název parametru, jeho jednotka a limitní hodnoty upravené vody dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění a typ limitu (MH – mezní hodnota, NMH – nejvyšší mezní hodnota, DH – doporučená hodnota). Za posledním sloupečkem s ukazatelem jakosti tabulka pokračuje přiřazenými počty částic o různé velikosti. Tyto velikosti jsou rozděleny ve sloupcích vedle sebe.

Chybějící hodnoty v tabulkách z rozborů vody ze dne 20.3.2017 nejsou uvedeny, jelikož se jednalo o rozšířené rozborů formou subdodávky. Ostatní hodnoty z toho dne jsou stanoveny stejnou metodou jako v ostatních dnech.

Tabulka 19: Rozbory vody a data z čítače častíc - surová voda 1

SUROVÁ VODA																						
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseton	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH										
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedincí/ml]	[jedincí/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]										
JAKOST A1		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ (NEPŘIJATELNÝ) (NEPŘIJATELNÝ)	20	6,5 - 9,5										
JAKOST A2		5000	1000					3000 (500 ^l)	3000 (500 ^l)		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)										
JAKOST A3		50000	10000					10000 (1000 ^l)	10000 (1000 ^l)		25	<5 (>10)										
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	Čas	2 µm	3 µm	5 µm	10 µm	15 µm	25 µm	50 µm	100 µm	
1.11.2016	210	1500	70	290	40000	110	2	144	122	přijatelný	7,2	8,07	1.11.2016	1466	9	4	3	2	0	0	0	0
8.11.2016	860	8800	570	690	46000	380	2	234	214	přijatelný		7,89	8.11.2016	979	7	2	0	0	0	0	0	0
14.11.2016	190	2400	60	190	2200	100	1	148	144	přijatelný	3,1	8,1	14.11.2016	1851	10	3	1	0	0	0	0	0
22.11.2016	1300	7900	900	1100	22000	300	2	220	190	přijatelný	8,2	7,77	22.11.2016	679	3	1	0	0	0	0	0	0
28.11.2016	750	3900	500	110	5900	0	2	76	70	přijatelný	5,1	8,08	28.11.2016	552	3	1	0	0	0	0	0	0
5.12.2016	1400	10000	79	530	7900	25	1	66	56	přijatelný	0,5	8,01	5.12.2016	295	3	69	0	0	0	0	0	0
13.12.2016	2800	9200	920	560	49000	0	3	414	396	přijatelný	2,8	7,88	13.12.2016	10000	3	2500	0	0	0	0	0	0
19.12.2016	640	5000	570	780	5100	140	1	70	56	přijatelný	1,8	8,06	19.12.2016	8537	3	20	0	0	0	0	0	0
3.1.2017	540	4000	450	800	2000	9	1	46	30	přijatelný	0,2	8,12	3.1.2017	2720	3	6	0	0	0	0	0	0
10.1.2017	240	2400	200	180	5600	110	1	34	30	přijatelný	0,1	8,05	10.1.2017	1393	3	5	0	0	0	0	0	0
17.1.2017	830	2700	290	110	160	110	1	38	28	přijatelný	0,02	8,01	17.1.2017	1159	3	3	0	0	0	0	0	0
24.1.2017	370	2300	240	120	6700	100	1	48	32	přijatelný	0,1	7,99	24.1.2017	1904	3	5	0	0	0	0	0	0
31.1.2017	330	3500	130	110	4600	230	1	60	54	přijatelný	0,1	7,96	31.1.2017	1146	3	4	0	0	0	0	0	0
7.2.2017	1600	6300	600	170	11000	170	1	66	54	přijatelný		7,99	7.2.2017	2298	3	7	0	0	0	0	0	0
14.2.2017	1100	4400	290	190	25000	10	1	58	42	přijatelný	0,1	8,03	14.2.2017	1306	3	3	0	0	0	0	0	0
21.2.2017	4100	12000	3200	1000	160000	3100	3	1370	1264	přijatelný	0,2	7,76	21.2.2017	5555	3	16	0	0	0	0	0	0
28.2.2017	2300	7900	780	1800	59000	330	2	210	192	přijatelný	3,9	7,89	28.2.2017	1239	3	3	0	0	0	0	0	0
6.3.2017	3800	11000	2200	740	50000	6	2	146	138	přijatelný	6	7,86	6.3.2017	2223	3	5	0	0	0	0	0	0
14.3.2017	1000	5500	230	490	13000	300	2	198	168	přijatelný	3,5	7,92	14.3.2017	2215	1420	10	0	0	0	0	0	0
20.3.2017		11000	730						810	přijatelný	5,7	7,92	20.3.2017	3719	12	6	1	0	0	0	0	0
28.3.2017	3800	17000	430	1500	37000	400	2	410	378	přijatelný	5,2	7,97	28.3.2017	3593	8	3	1	0	0	0	0	0
4.4.2017	1500	4900	130	1100	33000	0	3	674	424	přijatelný	10,3	8,01	4.4.2017	169	44	14	2	1	0	0	0	
10.4.2017	1200	19000	320	2400	21000	180	3	1106	1086	přijatelný	9,6	7,99	10.4.2017	5064	18	6	2	1	1	0	0	
18.4.2017	2400	9000	470	200	30000	430	3	452	322	přijatelný	7,8	7,9	18.4.2017	7973	26	11	4	1	0	0	0	
25.4.2017	1700	11000	240	260	22000	230	2	1696	1510	přijatelný	6,7	8	25.4.2017	3915	20	9	4	2	1	0	0	
2.5.2017	4100	18000	800	3700	45000	800	3	432	424	přijatelný	8,7	7,77	2.5.2017	1986	7	128	0	0	0	0	0	
9.5.2017	2100	4800	450	1000	21000	280	3	186	162	přijatelný	9,5	7,91	9.5.2017	4985	17	4	0	0	0	0	0	
16.5.2017	2300	17000	250	80	40000	10	3	510	458	přijatelný	12,7	8,15	16.5.2017	4457	35	8	2	0	0	0	0	
23.5.2017	420	3500	20	240	3000	20	3	346	262	přijatelný	14,7	8,1	23.5.2017	201	47	20	6	1	0	0	0	
30.5.2017	280	2100	21	75	1500	24	3	348	334	přijatelný	17,5	8,03	30.5.2017	9368	42	24	7	1	0	0	0	
6.6.2017	200	9800	40	170	4600	60	3	380	346	přijatelný	17,1	8,09	6.6.2017	112	61	29	6	1	0	0	0	
13.6.2017	320	2600	70	800	5500	360	4	1248	1232	přijatelný		8,04	13.6.2017	123	61	25	5	1	0	0	0	
20.6.2017	100	1300	58	320	8900	180	3	1848	1808	přijatelný	17,2	7,94	20.6.2017	156	61	27	6	1	0	0	0	
27.6.2017	30	500	50	1300	5300	60	4	3680	3520	přijatelný	19,7	7,84	27.6.2017	9143	55	28	5	1	0	0	0	
11.7.2017	93	600	150	2200	4800	310	3	2152	2146	přijatelný	20,7	7,88	11.7.2017	6073	33	82	6	1	0	0	0	
15.8.2017	160	700	70	490	4100	100	3	638	632	přijatelný		7,98	15.8.2017	107	90	47	20	5	0	0	0	
22.8.2017	380	3400	94	760	7100	90	3	792	692	přijatelný	15,6	8,04	22.8.2017	4443	31	14	6	2	0	0	0	
29.8.2017	40	1000	18	1800	3900	200	3	1294	1120	přijatelný	16,4	8,05	29.8.2017	8998	58	31	13	4	1	0	0	
5.9.2017	750	4800	64	2200	7700	300	2	462	450	přijatelný	13,9	8,12	5.9.2017	4715	30	17	7	2	0	0	0	
12.9.2017	690	3400	110	660	2500	50	2	898	810	přijatelný	17	8,05	12.9.2017	5431	29	402	6	1	0	0	0	
19.9.2017	2200	13000	940	2200	32000	320	4	392	354	přijatelný	12,7	7,98	19.9.2017	2617	19	7	8	1	0	0	0	
25.9.2017	2900	12000	1300	1900	25000	580	5	352	294	přijatelný	12,1	7,96	25.9.2017	1548	7	3	2	1	0	0	0	
3.10.2017	230	4100	110	29	5200	90	2	154	144	přijatelný	11,5	8,15	3.10.2017	1413	8	4	1	1	0	0	0	
10.10.2017	1400	8300	310	320	12000	300	3	432	368	přijatelný	8,7	7,99	10.10.2017	2499	14	8	3	1	0	0	0	
17.10.2017	290	4600	40	640	12	70	3	128	114	přijatelný	11,1	8,06	17.10.2017	2190	155	9	3	2	0	0	0	
24.10.2017	2300	12000	890	2100	62000	260	3	1398	1304	přijatelný	10,8	8,04	24.10.2017	7852	117	26	8	2	0	0	0	
30.10.2017	2400	21000	1100	1400	12000	700	4	490	372	přijatelný	7,8	7,87	30.10.2017	0	0	1	0	0	0	0	0	

Tabulka 20: Rozbory vody a data z čítače častic - surová voda 2

SUROVÁ VODA																								
Parametr	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK _{Mn}	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan										
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₆₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	Čas	2 µm	3 µm	5 µm	10 µm	15 µm	25 µm	50 µm	100 µm	
JAKOST A1	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05										
JAKOST A2	125	100		1	50		10		100				1	0,5										
JAKOST A3	125	200		3	50		15		250				2	1,5										
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH										
1.11.2016	42,2	7,3	2	0,065	5,4	0,018	2,37	3,48	12,3	61,5	7	1,82	0,06	0,043	1.11.2016	1466	9	4	3	2	0	0	0	0
8.11.2016	30,3	23,9	6,9	0,065	3,8	0,022	3,81	2,53	6,1	47,5	3,6	1,33	0,1	0,009	8.11.2016	979	7	2	0	0	0	0	0	0
14.11.2016	40,1	6,2	0,75	0,065	4,6	0,022	2,18	3,26	11,8	58,9	7,2	1,77	0,03	0,027	14.11.2016	1851	10	3	1	0	0	0	0	0
22.11.2016	28,2	17,7	5,3	0,065	8,4	0,043	2,68	2,1	6,7	43,4	3,1	1,21	0,14	0,089	22.11.2016	679	3	1	0	0	0	0	0	0
28.11.2016	39,1	6,5	0,75	0,065	6,3	0,032	2,4	3,17	11,1	57,8	6,2	1,7	0,06	0,033	28.11.2016	552	3	1	0	0	0	0	0	0
5.12.2016	35,8	10,7	2,4	0,065	7	0,034	1,82	2,79	11,1	52,2	6	1,55	0,09	0,045	5.12.2016	295	3	69	0	0	0	0	0	0
13.12.2016	20,4	41,5	14,8	0,065	5,5	0,029	4,86	1,54	4,8	31,1	3	0,9	0,22	0,039	13.12.2016	10000	3	2500	0	0	0	0	0	0
19.12.2016	37,1	5,9	1,8	0,065	7,4	0,028	1,76	2,93	9,9	55,1	6,7	1,65	0,06	0,027	19.12.2016	8537	3	20	0	0	0	0	0	0
3.1.2017	39,4	5,5	1,5	0,065	7,5	0,098	1,11	3,14	10,7	60,2	6,4	1,77	0,05	0,024	3.1.2017	2720	3	6	0	0	0	0	0	0
10.1.2017	47,5	4,7	0,75	0,065	9,3	0,122	1,36	3,83	14,4	71,2	8,3	2,12	0,03	0,015	10.1.2017	1393	3	5	0	0	0	0	0	0
17.1.2017	45,4	3,7	0,75	0,17	8,7	0,157	1,31	3,41	21,8	50,4	15,4	1,89	0,03	0,014	17.1.2017	1159	3	3	0	0	0	0	0	0
24.1.2017	46,6	4,2	0,75	0,065	8,4	0,28	1,18	3,73	15,2	69,2	7,2	2,03	0,03	0,017	24.1.2017	1904	3	5	0	0	0	0	0	0
31.1.2017	47,8	4,5	0,75	0,47	8,1	0,151	1,18	3,79	15	70,1	8,1	2,08	0,04	0,017	31.1.2017	1146	3	4	0	0	0	0	0	0
7.2.2017	34,3	10,7	2,9	0,25	5,7	0,128	2	2,5	16	49,6	4	1,4	0,08	0,051	7.2.2017	2298	3	7	0	0	0	0	0	0
14.2.2017	44	4,9	0,75	0,065	7,4	0,137	1,37	3,24	19,3	60,8	7,4	1,82	0,04	0,016	14.2.2017	1306	3	3	0	0	0	0	0	0
21.2.2017	35,1	47	34,3	0,21	11,9	0,069	5,34	2,32	19	47,2	4,3	1,36	0,21	0,068	21.2.2017	5555	3	16	0	0	0	0	0	0
28.2.2017	30,5	13,2	8,5	0,065	11,2	0,048	1,76	2,14	10,2	43,4	5,1	1,29	0,06	0,011	28.2.2017	1239	3	3	0	0	0	0	0	0
6.3.2017	23,6	16	8,3	0,065	6,5	0,033	1,98	1,66	8,4	33,6	3,7	0,99	0,06	0,034	6.3.2017	2223	3	5	0	0	0	0	0	0
14.3.2017	32,4	7,5	3,1	0,065	7	0,021	1,03	2,47	10	47,7	5,7	1,43	0,04	0,023	14.3.2017	2215	1420	10	0	0	0	0	0	0
20.3.2017	28,6	14,4		0,065	5,6	2,2	9,9		8,3				0,07	0,012	20.3.2017	3719	12	6	1	0	0	0	0	0
28.3.2017	35	6,7	3,1	0,065	6	0,05	1,44	2,67	11,1	50,4	6,9	1,54	0,03	0,012	28.3.2017	3593	8	3	1	0	0	0	0	0
4.4.2017	39,5	7,6	3,1	0,065	4,3	0,073	1,99	3,07	13,1	57,6	6,6	1,71	0,08	0,028	4.4.2017	169	44	14	2	1	0	0	0	0
10.4.2017	28,2	11,9	5,1	0,065	5,2	0,038	2,13	2,17	7,6	40,6	4,9	1,22	0,07	0,036	10.4.2017	5064	18	6	2	1	1	0	0	0
18.4.2017	37,2	10,5	5,1	0,065	5,4	0,057	1,88	2,93	11,7	54,9	6,2	1,63	0,08	0,023	18.4.2017	7973	26	11	4	1	0	0	0	0
25.4.2017	29,2	10,6	3,7	0,065	5,1	0,036	1,99	2,38	7,1	45	4,3	1,3	0,08	0,024	25.4.2017	3915	20	9	4	2	1	0	0	0
2.5.2017	30,2	16,2	6,4	0,065	9,1	0,041	2,53	2,18	9,3	43,7	5,5	1,32	0,11	0,028	2.5.2017	1986	7	128	0	0	0	0	0	0
9.5.2017	31,3	11,2	5,4	0,065	6,6	0,029	2	2,36	8	46,4	5,8	1,4	0,07	0,012	9.5.2017	4985	17	4	0	0	0	0	0	0
16.5.2017	37,5	7,3	2,2	0,065	6,2	0,105	1,79	2,92	11,4	54,4	7,1	1,65	0,12	0,071	16.5.2017	4457	35	8	2	0	0	0	0	0
23.5.2017	44,7	7,2	1,9	0,065	5,9	0,153	2,02	3,62	14,4	65,4	8,6	1,99	0,1	0,088	23.5.2017	201	47	20	6	1	0	0	0	0
30.5.2017	47,3	9,5	2,6	0,25	7,7	0,567	2,18	3,84	15,1	69,6	8,9	2,11	0,15	0,104	30.5.2017	9368	42	24	7	1	0	0	0	0
6.6.2017	13,2	8,2	2,1	0,065	5,7	0,147	2,88	3,63	14,5	66,6	7,3	1,97	0,07	0,047	6.6.2017	112	61	29	6	1	0	0	0	0
13.6.2017	46,5	18,9	9	0,065	4,8	0,092	2,46	3,79	16,1	67,3	8,8	2,04	0,09	0,085	13.6.2017	123	61	25	5	1	0	0	0	0
20.6.2017	40,1	15,3	14,1	0,065	4,4	0,045	2,75	3,41	12,8	58,9	7	1,76	0,17	0,022	20.6.2017	156	61	27	6	1	0	0	0	0
27.6.2017	41,9	23,5	19,1	0,065	2,4	0,035	3,1	3,21	20,2	57,1	7,2	1,72	0,49	0,176	27.6.2017	9143	55	28	5	1	0	0	0	0
11.7.2017	37,9	12,7	7	0,065	2,9	0,075	4,08	2,84	16,4	48,8	6,2	1,47	0,05	0,02	11.7.2017	6073	33	82	6	1	0	0	0	0
15.8.2017	39,1	12,6	2	0,065	3,6	0,034	3,76	2,94	14,8	54	6,4	1,61	0,06	0,084	15.8.2017	107	90	47	20	5	0	0	0	0
22.8.2017	43	9,4	2,5	0,065	5,1	0,024	2,85	3,43	13,9	62,3	7,9	1,88	0,06	0,065	22.8.2017	4443	31	14	6	2	0	0	0	0
29.8.2017	46,6	10,1	4	0,065	2,7	0,02	3,1	3,54	22,4	62,3	7,4	1,86	0,07	0,084	29.8.2017	8998	58	31	13	4	1	0	0	0
5.9.2017	43,2	8,7	2,5	0,065	4	0,02	2,25	3,56	14,2	62,4	7,5	1,87	0,08	0,071	5.9.2017	4715	30	17	7	2	0	0	0	0
12.9.2017	45,7	10,3	4,6	0,065	4,3	0,028	2,3	3,5	20,8	62	8,2	1,89	0,05	0,041	12.9.2017	5431	29	402	6	1	0	0	0	0
19.9.2017	26,4	30,8	11,7	0,065	5,4	0,035	3,92	2,07	6,8	38,6	4	1,13	0,15	0,072	19.9.2017	2617	19	7	8	1	0	0	0	0
25.9.2017	28	50,8	39,2	0,065	5,8	0,043	4,68	2,07	6,9	39,7	5,4	1,21	0,28	0,278	25.9.2017	1548	7	3	2	1	0	0	0	0
3.10.2017	45,7	7,1	2,5	0,065	5,8	0,03	1,77	3,58	17,3	63	9,8	1,98	0,04	0,03	3.10.2017	1413	8	4	1	1	0	0	0	0
10.10.2017	30,9	21,1	7,9	0,065	3,8	0,036	3,31	2,48	7,4	44,6	4,8	1,31	0,07	0,058	10.10.2017	2499	14	8	3	1	0	0	0	0
17.10.2017	42,5	8,7	2,9	0,065	4,2	0,017	2,02	3,52	12	60,7	7,2	1,81	0,04	0,037	17.10.2017	2190	155	9	3	2	0	0	0	0
24.10.2017	34,4	33,3	15,8	0,065	3,7	0,039	5,43	2,83	7,3	50,7	6,5	1,54	0,15	0,038	24.10.2017	7852	117	26	8	2	0	0	0	0
30.10.2017	20,1	46,7	24,9	0,065	4,2	0,028	4,76	1,52	3,5	30,6</														

Tabulka 21: Rozbory vody a data z čítače častic - upravená voda 1

UPRAVENÁ VODA																						
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	PH									
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]									
VYHLÁŠKA - LIMIT	0	0	0	20	200	0	10	50	0	přijatelný pro oděbratel	přijatelná pro oděbratel	8 - 12 °C	6,5 - 9,5									
TYP LIMITU	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH	Čas	2 μm	3 μm	5 μm	10 μm	15 μm	25 μm	50 μm	100 μm
1.11.2016	0	0	0	1	0	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatečná	8,4	7,43	1.11.2016	1466	9	4	3	2	0	0	0
8.11.2016	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	9,1	7,28	8.11.2016	979	7	2	0	0	0	0	0
14.11.2016	0	0	0	1	1	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatečná	3,9	7,4	14.11.2016	1851	10	3	1	0	0	0	0
22.11.2016	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	8,8	6,75	22.11.2016	679	3	1	0	0	0	0	0
28.11.2016	0	0	0	0	0	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatečná	7,4	7,4	28.11.2016	552	3	1	0	0	0	0	0
5.12.2016	0	0	0	1	10	0	0,5	0	0	přijatelný			7,16	5.12.2016	295	3	69	0	0	0	0	0
13.12.2016	0	0	0	140	0	0	0,5	4	0	přijatelný		4,7	7,2	13.12.2016	10000	3	2500	0	0	0	0	0
19.12.2016	0	0	0	0	0	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatečná	1,9	7,58	19.12.2016	8537	3	20	0	0	0	0	0
3.1.2017	0	0	0	0	1	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatečná	1,1	7,7	3.1.2017	2720	3	6	0	0	0	0	0
10.1.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	8	0	přijatelný	přijatečná	0,9	7,88	10.1.2017	1393	3	5	0	0	0	0	0
17.1.2017	0	0	0	2	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	0,08	7,76	17.1.2017	1159	3	3	0	0	0	0	0
24.1.2017	0	0	0	1	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	0,7	7,8	24.1.2017	1089	3	3	0	0	0	0	0
31.1.2017	0	0	0	0	1	0	0,5	2	0	přijatelný			7,86	31.1.2017	1146	3	4	0	0	0	0	0
7.2.2017	0	0	0	1	7	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatečná	0,6	7,64	7.2.2017	2298	3	7	0	0	0	0	0
14.2.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatečná	0,8	7,68	14.2.2017	1275	3	3	0	0	0	0	0
21.2.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	1	7,53	21.2.2017	5555	3	16	0	0	0	0	0
28.2.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný			6,99	28.2.2017	1239	3	3	0	0	0	0	0
6.3.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	6,9	6,95	6.3.2017	2238	3	5	0	0	0	0	0
14.3.2017	0	0	0	3	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	5	7,24	14.3.2017	2215	1420	10	0	0	0	0	0
20.3.2017	0	0	0	5	0	0	0,5	0	0	přijatelný			7,23	20.3.2017	3640	13	6	1	0	0	0	0
28.3.2017	0	0	0	3	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	6,8	7,38	28.3.2017	3593	8	3	1	0	0	0	0
4.4.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatečná	12,6	7,52	4.4.2017	169	44	14	2	1	0	0	0
10.4.2017	0	0	0	0	2	0	0,5	4	0	přijatelný			7,28	10.4.2017	5064	18	6	2	1	1	0	0
18.4.2017	0	0	0	0	2	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatečná	8,2	7,58	18.4.2017	7973	26	11	4	1	0	0	0
25.4.2017	0	0	0	0	4	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	7,6	7,25	25.4.2017	3915	20	9	4	2	1	0	0
2.5.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	9,1	6,91	2.5.2017	1986	7	128	0	0	0	0	0
9.5.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný			7,12	9.5.2017	4985	17	4	0	0	0	0	0
16.5.2017	0	0	0	0	1	0	0,5	6	0	přijatelný	přijatečná	14,3	7,37	16.5.2017	4457	35	8	2	0	0	0	0
23.5.2017	0	0	0	2	0	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatečná	16,2	7,46	23.5.2017	201	47	20	6	1	0	0	0
30.5.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatečná	19,3	7,61	30.5.2017	9368	42	24	7	1	0	0	0
6.6.2017	0	0	0	0	1	0	0,5	6	0	přijatelný	přijatečná	20,5	7,5	6.6.2017	112	61	29	6	1	0	0	0
13.6.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	6	0	přijatelný			7,47	13.6.2017	123	61	25	5	1	0	0	0
20.6.2017	0	0	0	0	0	0	1	10	0	přijatelný	přijatečná	19,9	7,51	20.6.2017	156	61	27	6	1	0	0	0
27.6.2017	0	0	0	1	0	0	0,5	8	0	přijatelný	přijatečná	23	7,5	27.6.2017	9143	55	28	5	1	0	0	0
11.7.2017	0	0	0	1	0	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatečná	22,8	7,56	11.7.2017	6073	33	82	6	1	0	0	0
15.8.2017	0	0	0	2	1	0	0,5	10	0	přijatelný	přijatečná	20,4	7,29	15.8.2017	9860	48	47	20	5	0	0	0
22.8.2017	0	0	0	0	2	0	0,5	14	0	přijatelný	přijatečná	19,1	7,27	22.8.2017	4291	22	14	6	2	0	0	0
29.8.2017	0	0	0	3	0	0	0,5	8	0	přijatelný	přijatečná	20,5	7,38	29.8.2017	8801	58	31	13	4	0	0	0
5.9.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	6	0	přijatelný	přijatečná	16,1	7,28	5.9.2017	4715	30	17	7	2	0	0	0
12.9.2017	0	0	0	2	0	0	0,5	2	0	přijatelný	přijatečná	19	7,39	12.9.2017	5372	29	14	6	1	0	0	0
19.9.2017	0	0	0	0	0	0	1	2	0	přijatelný	přijatečná	13,7	7,05	19.9.2017	2617	19	7	8	1	0	0	0
25.9.2017	0	0	0	0	1	0	0,5	4	0	přijatelný	přijatečná	12,5	7,13	25.9.2017	1548	7	3	2	1	0	0	0
3.10.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	6	0	přijatelný	přijatečná	12,8	7,35	3.10.2017	1413	8	4	1	1	0	0	0
10.10.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	2	0	přijatelný			7,29	10.10.2017	2499	14	8	3	1	0	0	0
17.10.2017	0	0	0	0	0	0	1	6	0	přijatelný	přijatečná	12,7	7,54	17.10.2017	2190	155	9	3	2	0	0	0
24.10.2017	0	0	0	0	0	0	1	10	2	přijatelný	přijatečná	11,7	7,49	24.10.2017	7852	117	26	8	2	0	0	0
30.10.2017	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	přijatelný	přijatečná	7,2	6,81	30.10.2017	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabulka 22: Rozbory vody a data z čítače častíc - upravená voda 2

UPRAVENÁ VODA																										
Parametr	konduktivita	barva	zákal	chlor volný	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK _{Ma}	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápnik	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hlínek										
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₁₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]										
VYHLÁŠKA - LIMIT	125	20	1	0,3	0,5	50	0,1	3	-	100	30 (MH)	10 (MH)	2-3,5	0,2	0,05	0,2										
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH	40-80 (DH)	20-30 (DH)	DH	MH	MH	MH	Čas	2 μm	3 μm	5 μm	10 μm	15 μm	25 μm	50 μm	100 μm	
1.11.2016	43,1	1	0,75	0,28	0,065	5,7	0,0025	0,8	3,05	12,7	59,1	8,4	1,82	0,01	0,002	0,02	1.11.2016	1466	9	4	3	2	0	0	0	0
8.11.2016	35,8	1,8	0,75	0,24	0,065	3,5	0,0025	1,6	2,36	8,6	51	5,6	1,51	0,01	0,009	0,02	8.11.2016	979	7	2	0	0	0	0	0	0
14.11.2016	39,9	0,9	0,75	0,37	0,065	4,6	0,0025	0,93	2,69	11,6	54	8,1	1,68	0,01	0,004	0,02	14.11.2016	1851	10	3	1	0	0	0	0	0
22.11.2016	26,9	1,5	0,75	0,25	0,065	8,4	0,0025	0,86	1,1	6,4	37,1	4	1,09	0,01	0,019	0,02	22.11.2016	679	3	1	0	0	0	0	0	0
28.11.2016	39,3	0,9	0,75	0,3	0,065	6,6	0,0025	0,83	2,93	11,3	53,8	7,3	1,65	0,01	0,01	0,02	28.11.2016	552	3	1	0	0	0	0	0	0
5.12.2016	36,3	2	0,75	0,31	0,065	6,8	0,0025	0,67	2,25	12,2	50,4	6	1,51	0,01	0,005	0,16	5.12.2016	295	3	69	0	0	0	0	0	0
13.12.2016	22,7	2,3	0,75	0,24	0,065	4,8	0,0025	0,96	1,41	6	32,6	4,1	0,98	0,01	0,009	0,02	13.12.2016	10000	3	2500	0	0	0	0	0	0
19.12.2016	37	1,3	0,75	0,4	0,065	7,3	0,0025	0,64	2,68	10,4	55,6	6,1	1,64	0,01	0,002	0,05	19.12.2016	8537	3	20	0	0	0	0	0	0
3.1.2017	39	1,3	0,75	0,31	0,065	7,6	0,0025	0,44	2,84	11,2	57,6	6,7	1,71	0,01	0,002	0,06	3.1.2017	2720	3	6	0	0	0	0	0	0
10.1.2017	47,8	1,5	0,75	0,26	0,065	9,9	0,0025	0,85	3,63	16,4	70,4	8,1	2,09	0,01	0,002	0,05	10.1.2017	1393	3	5	0	0	0	0	0	0
17.1.2017	45,3	1,5	0,75	0,21	0,065	8,1	0,0025	0,54	3,19	23,1	50,6	13,7	1,83	0,01	0,002	0,02	17.1.2017	1159	3	3	0	0	0	0	0	0
24.1.2017	46	1,5	0,75	0,1	0,065	8,7	0,0025	0,61	3,49	15,1	66	8,4	2	0,01	0,002	0,04	24.1.2017	1089	3	3	0	0	0	0	0	0
31.1.2017	47,4	2	0,75	0,08	0,32	8,3	0,083	0,77	3,59	15,5	68,4	8,3	2,05	0,01	0,005	0,04	31.1.2017	1146	3	4	0	0	0	0	0	0
7.2.2017	37,9	2,6	0,75	0,18	0,22	6,3	0,04	0,92	2,42	22,3	50,2	5,2	1,47	0,01	0,007	0,02	7.2.2017	2298	3	7	0	0	0	0	0	0
14.2.2017	41,1	2,2	0,75	0,15	0,065	7,9	0,0025	0,64	2,87	17,5	57	6,7	1,7	0,01	0,002	0,02	14.2.2017	1275	3	3	0	0	0	0	0	0
21.2.2017	39,6	1,8	0,75	0,29	0,065	9	0,0025	0,67	2,44	21,8	50,3	6,3	1,52	0,01	0,007	0,02	21.2.2017	5555	3	16	0	0	0	0	0	0
28.2.2017	30,3	0,8	0,75	0,28	0,065	6,3	0,0025	0,48	1,46	11,1	42,1	4,2	1,22	0,01	0,009	0,02	28.2.2017	1239	3	3	0	0	0	0	0	0
6.3.2017	25,2	1	0,75	0,36	0,065	7	0,0025	0,41	1,21	7,9	36,4	3,1	1,04	0,01	0,011	0,02	6.3.2017	2238	3	5	0	0	0	0	0	0
14.3.2017	31,6	0,8	0,75	0,25	0,065	7,1	0,0025	0,48	1,85	10,1	45,5	4,8	1,33	0,01	0,005	0,02	14.3.2017	2215	1420	10	0	0	0	0	0	0
20.3.2017	29,2	1,4	0,75	0,25	0,065	5,4	0,0025	0,64	1,81	8,3	43,2	4,3	1,26	0,01	0,005	0,02	20.3.2017	3640	13	6	1	0	0	0	0	0
28.3.2017	33,6	0,8	0,75	0,2	0,065	6	0,0025	0,39	2,12	10,3	48,1	5,8	1,44	0,01	0,002	0,02	28.3.2017	3593	8	3	1	0	0	0	0	0
4.4.2017	38,9	1,4	0,75	0,19	0,065	4,1	0,0025	0,55	2,6	13	54,6	6,7	1,64	0,01	0,002	0,05	4.4.2017	169	44	14	2	1	0	0	0	0
10.4.2017	26,6	1,2	0,75	0,31	0,065	5,6	0,0025	0,65	1,62	7,4	37,8	4,2	1,12	0,01	0,006	0,02	10.4.2017	5064	18	6	2	1	1	0	0	0
18.4.2017	37,9	1,3	0,75	0,2	0,065	4,9	0,0025	0,61	2,67	11,3	54,6	6,8	1,64	0,01	0,004	0,04	18.4.2017	7973	26	11	4	1	0	0	0	0
25.4.2017	28,7	1,2	0,75	0,26	0,065	5,5	0,0025	0,58	1,76	7,2	40,6	5	1,22	0,01	0,002	0,02	25.4.2017	3915	20	9	4	2	1	0	0	0
2.5.2017	28,4	2,9	0,75	0,19	0,065	9,6	0,0025	0,93	1,39	8,8	42,1	3,4	1,19	0,01	0,013	0,02	2.5.2017	1986	7	128	0	0	0	0	0	0
9.5.2017	30	0,9	0,75	0,19	0,065	6,9	0,0025	0,68	1,84	7,6	44	4,6	1,29	0,01	0,018	0,02	9.5.2017	4985	17	4	0	0	0	0	0	0
16.5.2017	37,2	1,1	0,75	0,14	0,065	5,7	0,0025	0,61	2,48	11,4	53,4	6,3	1,59	0,01	0,004	0,02	16.5.2017	4457	35	8	2	0	0	0	0	0
23.5.2017	43,9	1,2	0,75	0,28	0,065	7,1	0,0025	0,83	3,13	14,5	61,8	8,5	1,9	0,01	0,007	0,06	23.5.2017	201	47	20	6	1	0	0	0	0
30.5.2017	46,2	1,3	0,75	0,19	0,065	7,9	0,0025	0,74	3,32	15,1	65	8,8	1,99	0,01	0,009	0,05	30.5.2017	9368	42	24	7	1	0	0	0	0
6.6.2017	44,7	1,5	0,75	0,15	0,065	5,1	0,0025	0,86	3,04	15,2	64,2	7,2	1,9	0,01	0,01	0,06	6.6.2017	112	61	29	6	1	0	0	0	0
13.6.2017	44,3	1,8	0,75	0,24	0,065	4,8	0,0025	0,74	3,02	15,5	59,9	8,4	1,84	0,01	0,014	0,05	13.6.2017	123	61	25	5	1	0	0	0	0
20.6.2017	39,4	1,9	0,75	0,14	0,065	4,9	0,0025	0,96	2,8	11,7	57,6	6,7	1,71	0,01	0,006	0,06	20.6.2017	156	61	27	6	1	0	0	0	0
27.6.2017	41,6	2,1	0,75	0,17	0,065	2,4	0,0025	1,02	2,71	20,9	53,4	7,4	1,64	0,01	0,012	0,08	27.6.2017	9143	55	28	5	1	0	0	0	0
11.7.2017	37,9	1,5	0,75	0,19	0,065	2	0,0025	0,86	2,18	16,5	46,6	6,8	1,44	0,01	0,004	0,09	11.7.2017	6073	33	82	6	1	0	0	0	0
15.8.2017	38,8	2,2	0,75	0,1	0,065	5,5	0,0025	1,89	2,31	14,2	50,4	6,5	1,53	0,01	0,007	0,02	15.8.2017	9860	48	47	20	5	0	0	0	0
22.8.2017	43,1	1,4	0,75	0,13	0,065	5,1	0,0025	0,74	2,56	15,8	58,3	7,9	1,78	0,01	0,008	0,02	22.8.2017	4291	22	14	6	2	0	0	0	0
29.8.2017	45,7	1,5	0,75	0,25	0,065	3,3	0,0025	1,34	2,73	23,6	57,7	9,1	1,82	0,01	0,004	0,04	29.8.2017	8801	58	31	13	4	0	0	0	0
5.9.2017	44,8	1,6	0,75	0,22	0,065	6	0,0025	0,87	2,82	18,5	59,8	7,8	1,82	0,01	0,007	0,02	5.9.2017	4715	30	17	7	2	0	0	0	0
12.9.2017	46,4	1,6	0,75	0,11	0,065	4,6	0,0025	0,68	2,81	21,8	60	7,2	1,79	0,01	0,002	0,04	12.9.2017	5372	29	14	6	1	0	0	0	0
19.9.2017	25,1	2,5	0,75	0,22	0,065	5,4	0,0025	1,03	1,16	5,8	34,6	4,2	1,04	0,01	0,011	0,02	19.9.2017	2617	19	7	8	1	0	0	0	0
25.9.2017	27,4	1,9	0,75	0,13	0,065	5,4	0,0025	1,06	1,42	6,6	37,7	4,7	1,13	0,01	0,007	0,02	25.9.2017	1548	7	3	2	1	0	0	0	0
3.10.2017	44,2	1,3	0,75	0,13	0,065	5,7	0,0025	0,64	2,78	16,6	60	8	1,83	0,01	0,002	0,02	3.10.2017	1413	8	4	1	1	0	0	0	0
10.10.2017	35,3	1,4	0,75	0,14	0,065	3,9	0,0025	0,74	2,35	9	50,8	5,8	1,51	0,01	0,009	0,02	10.10.2017	2499	14	8	3	1	0	0	0	0
17.10.2017	40	1,7	0,75	0,15	0,065	3,9	0,0025	0,8	2,73	13	56,8	6,2	1,68	0,01	0,005	0,05	17.10.2017	2190	155	9	3	2	0	0	0	0
24.10.2017	41,6	2,3	0,75	0,07	0,065	5,2	0,0025	1,12	2,93	12	58,6	6,9	1,75	0,01	0,005	0,02	24.10.2017	7852	117	26	8	2	0	0	0	0
30.10.2017	24	1,7	0,75	0,18	0,065	4,3	0,0025	0,84	1,03	4	36,5	2,2	1	0,01	0,015	0,02	30.10.2017	1221	5	3	1	0	0	0	0	0

4.2.2.1 Shrnutí tabelárního vyhodnocení

Surová voda

V tabulkách 19 a 20 jsou seřazeny hodnoty rozborů surové vody. Grafický průběh těchto parametrů se nachází v grafech 31 a 32 v období *běžný provoz*. Při pohledu na hodnoty ukazatelů a přiřazené počty částic o různé velikosti je zřejmý velký rozptyl počtů částic o velikosti 2 μm a 3 μm , ale tyto velké rozdíly nemají své pevné pravidlo s odkazem na proměnlivost hodnot ukazatelů vody.

Za zkoumané období hydrologického roku 2016/2017 lze však konstatovat tendence shrnuté v následující tabulce 23. Znamená to tedy, že pokud je počet částic o velikosti 15 μm větší než 1 n/ml, ukazatel abiosestonu je v surové vodě větší nebo roven 2 % a pokud jsou přístrojem změřeny hodnoty počtu částic velikosti 25 μm větší nebo rovno 1 n/ml, pak se v surové vodě nachází více než 1000 jedinců/ml organismů a živých organismů.

Tabulka 23: Hodnoty počtu částic určité velikosti ovlivňující ukazatele jakosti surové vody

SUROVÁ VODA			
Velikost částic	Počet částic [n/ml]	Ovlivněný ukazatel	Odezva ukazatele
15 μm	$n \geq 1$	Abioseston	$\geq 2 \%$
25 μm	$n \geq 1$	Počet organismů	> 1000 jedinců/ml
		Počet živých organismů	> 1000 jedinců/ml

Upravená voda

V tabulkách 21 a 22 jsou seřazeny hodnoty parametrů jakosti upravené vody. Grafický průběh těchto parametrů se nachází v grafu 33 v období *běžný provoz*. V tabulce 21 je významná položka počty kolonií při 36 °C ze dne 13.12.2017 (blíže rozebráno viz podkapitola 5.1.1). Této zvýšené hodnotě v upravené vodě také odpovídají vysoké počty částic (pro velikost 2 μm je to 10000 n/ml a pro velikost 5 μm je to 2500 n/ml).

Další spojitosti mezi hodnotami ukazatelů jakosti v upravené vodě a mezi počtem částic o určité velikosti jsou za sledované období hydrologického roku 2016/2014 uvedeny v tabulce 24. Jedná se o poznatky, že pokud je počet částic o velikosti 15 μm větší než

1 n/ml, objevuje se v upravené vodě nenulový počet organismů. Dále při 25 µm velikých změřených částicích o počtu ≥ 1 n/ml byl v rozbořech vody zaznamenán nenulový počet kolonií při 22°C . Při počtu ≥ 13 n/ml částic o velikosti 10 µm a současně počtu $4 \geq n/ml$ o velikosti 15 µm byl v upravené vodě zaznamenán ukazatel $CHSK_{Mn}$ větší než 1,3 mg/l.

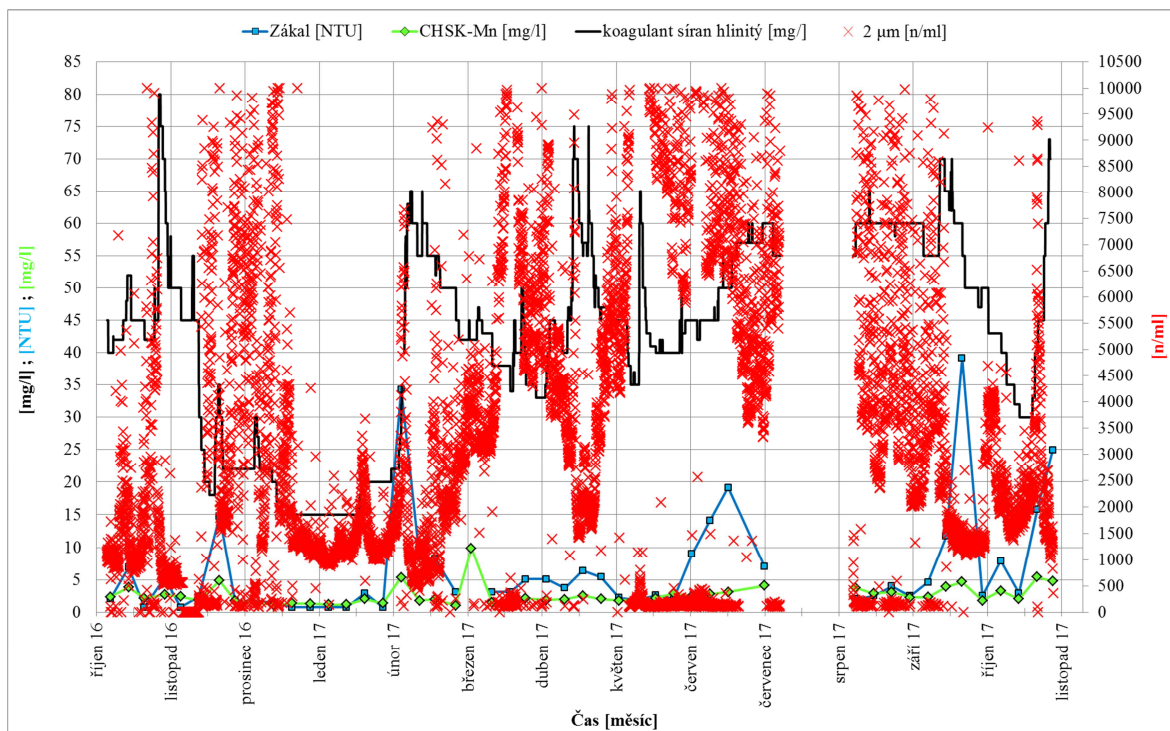
Tabulka 24: Hodnoty počtu částic určité velikosti ovlivňující ukazatele jakosti upravené vody

UPRAVENÁ VODA			
Velikost částic	Počet částic [n/ml]	Ovlivněný ukazatel	Odezva ukazatele
15 µm	$n \geq 1$	Počet organismů	> 0 jedinců/ml
25 µm	$n \geq 1$	Počty kolonií při 22°C	> 0 KTJ/ml
10 µm	$n \geq 13$	$CHSK_{Mn}$	> 1,3 mg/l
15 µm	$n \geq 4$		

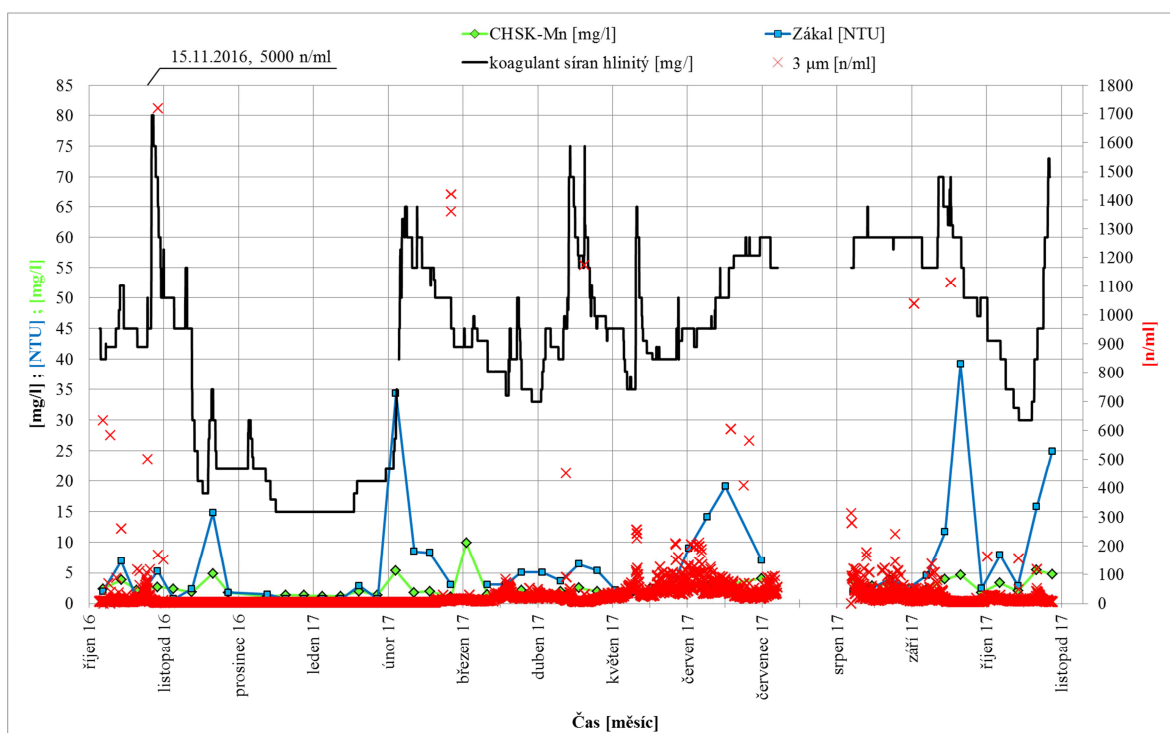
4.2.3 Grafické vyhodnocení vybraných parametrů jakosti surové vody s výstupy z čítače pevných částic

Z rozborů vody, uvedených tabelárně v podkapitole 4.2.2, jsou zpracovány grafy, které zahrnují vybrané ukazatele jakosti a data z čítače částic. Jako vybrané ukazatele jakosti byly zvoleny parametry, které ovlivňují dávkování koagulantu síranu hlinitého $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, a ty, které dokáže úpravna vody svými technologickými procesy ovlivnit. Aby bylo možné porovnat více ukazatelů, které mají různé jednotky v jednom grafu, bylo mimo možnost vytvořit graf s hlavní a vedlejší svislou osou užito přiřazení více parametrů o různých jednotkách, avšak blízkým rozsahem numerických hodnot, k jedné svislé ose. Pro snazší a rychlejší orientaci v tomto využití svislých os, jsou v popisících svislých os popisky jednotek provedeny stejnou barvou, jako je barva křivky, ke které se v grafu vztahují.

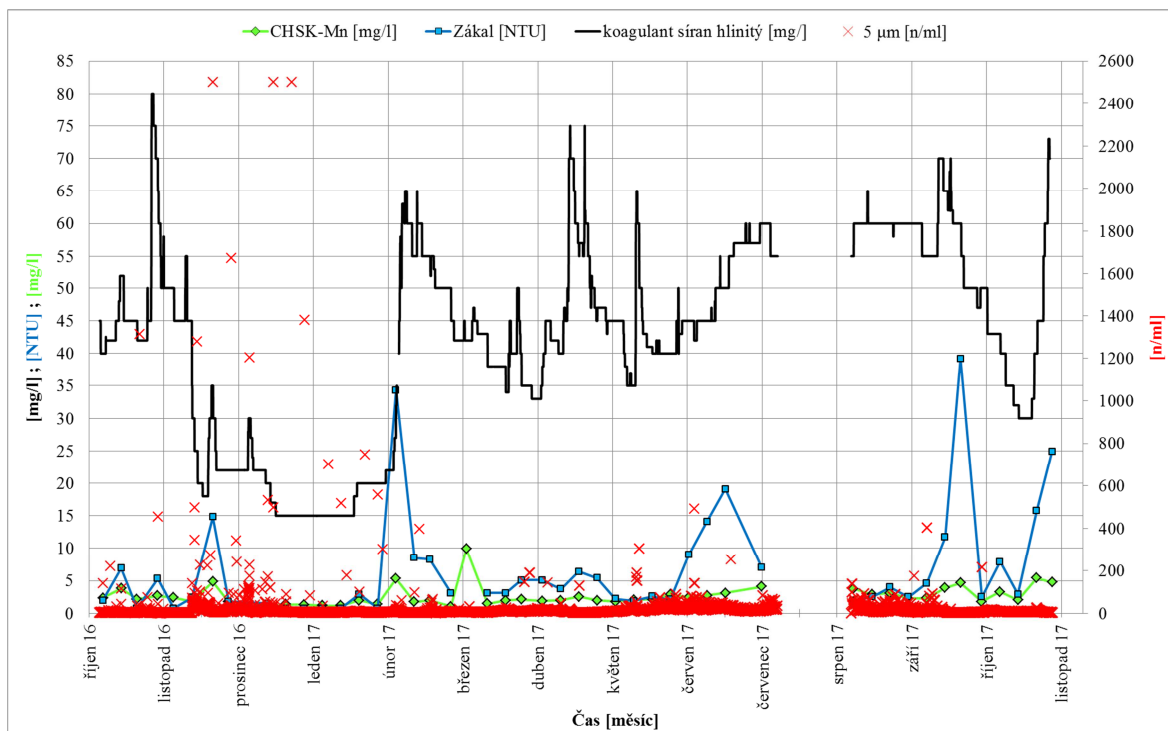
Jako vybrané ukazatele jakosti byly zvoleny zákal v surové vodě a $CHSK_{Mn}$ v surové vodě. Na základě laboratorních a poloprovozních zkoušek je právě podle těchto dvou ukazatelů stanovována dávka koagulantu. V grafech jsou tedy vykresleny hodnoty zákalu a $CHSK_{Mn}$ v surové vodě zjištěné z rozborů vody (viz tabulka 19 a 20), dávka koagulantu síranu hlinitého a počet částic příslušné velikosti v čase.



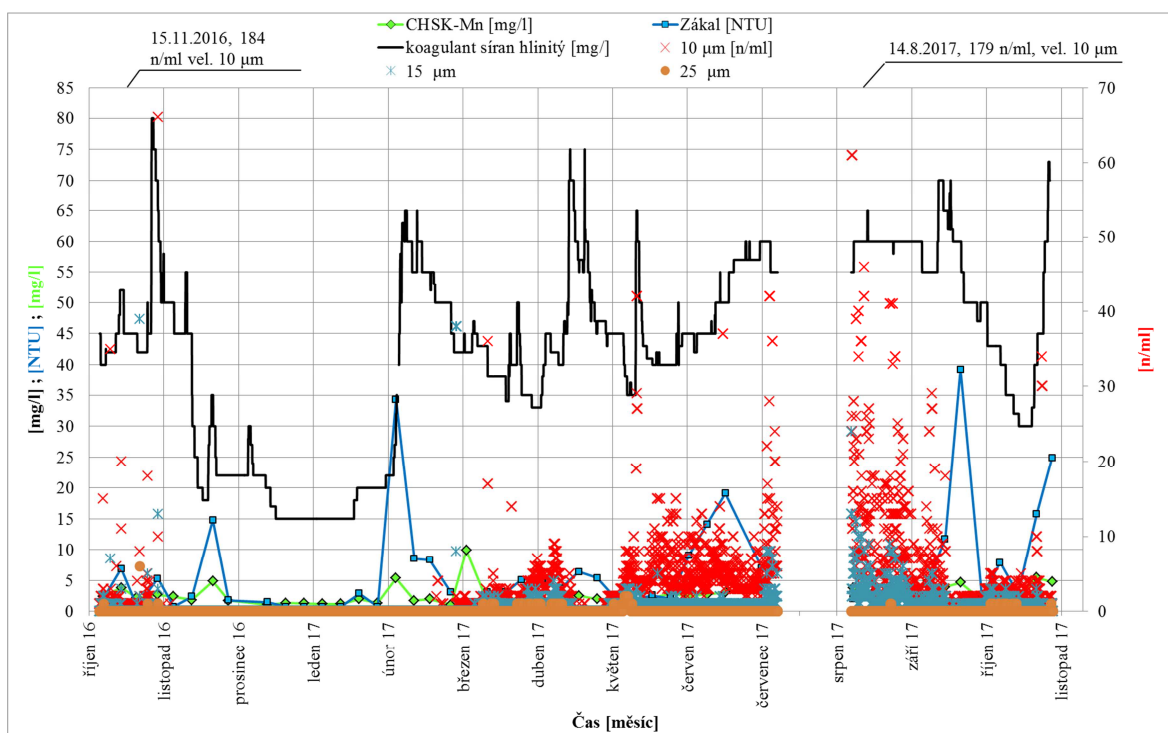
Graf 19: Zákal, CHSK_{Mn}, dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic 2 µm



Graf 20: Zákal, CHSK_{Mn}, dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic 3 µm



Graf 21: Zákál, CHSK_{Mn}, dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic 5 µm



Graf 22: Zákál, CHSK_{Mn}, dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic 10 µm, 15 µm, 25 µm

Shrnutí a zhodnocení

Při pohledu na graf 19 je možné vysledovat fakt, že při vysokém počtu částic, je také vysoká dávka síranu hlinitého. Při změřeném počtu částic v rozmezí 9000 až 10000 dosahuje dávka síranu hlinitého 70 – 80 mg/l. Je však nutné podotknout, co již bylo napsáno, a to skutečnost, že počet částic o velikosti 2 μm velmi kolísá. Je tedy pravdou, že při vysokém počtu částic velikosti 2 μm se dávkuje velké množství koagulantu, ale jak ukazuje graf 19, v mnoha případech stejně vysokého počtu částic je velikost dávky koagulantu poloviční, či nižší. Je také patrné, že parametry zákal a CHSK_{Mn} spolu do jisté míry korelují a také jejich zvýšené hodnoty jsou dosaženy zároveň s nejvyššími počty částic velikosti 2 μm , avšak stejně tak neplatí vždy, že zvýšený počet částic se rovná zvýšenému ukazateli zákalu a CHSK_{Mn} .

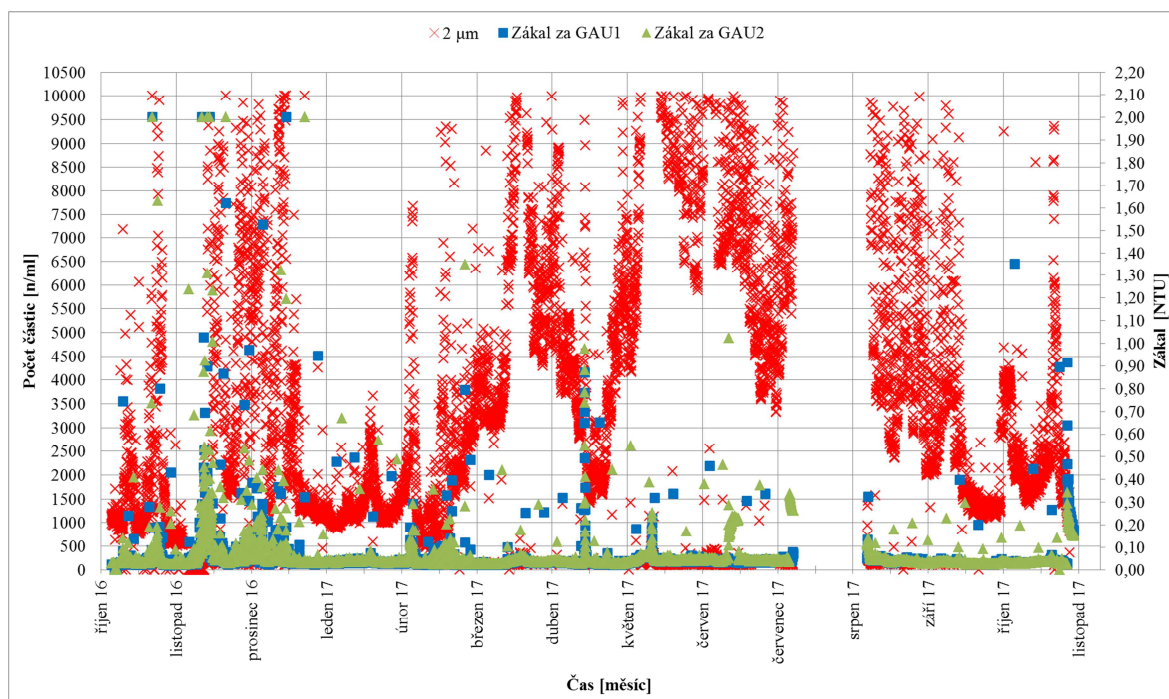
Tendence grafu 20 není jednoznačná. Lze však říci, pokud počet částic o velikosti 3 μm přesáhne hodnotu 1000 n/ml, značí to zvýšenou hodnotu ukazatelů zákalu, CHSK_{Mn} a s tím spojenou vyšší hodnotu dávky koagulantu. V grafu 20 je doplněn popisek, odkazující na zvýšenou hodnotu počtu 5000 částic v ml ze dne 15.11.2016. Tento popisek zde byl doplněn z toho důvodu, aby byla zachována lepší čitelnost ostatních počtů částic, které nebyly takto extrémní.

Obdobná stanoviska lze říci také o počtech částic o velikosti 5 μm (viz graf 21) ve vztahu k ukazatelům zákalu a CHSK_{Mn} . U většího počtu částic než je 200, lze pozorovat zvýšené hodnoty ukazatelů jakosti vody, avšak jsou zde také hodnoty až 2500 n/ml v měsíci lednu 2017, kdy nedošlo ani ke zvýšení ukazatelů jakosti vody, a tím ani ke zvýšené dávce koagulantu.

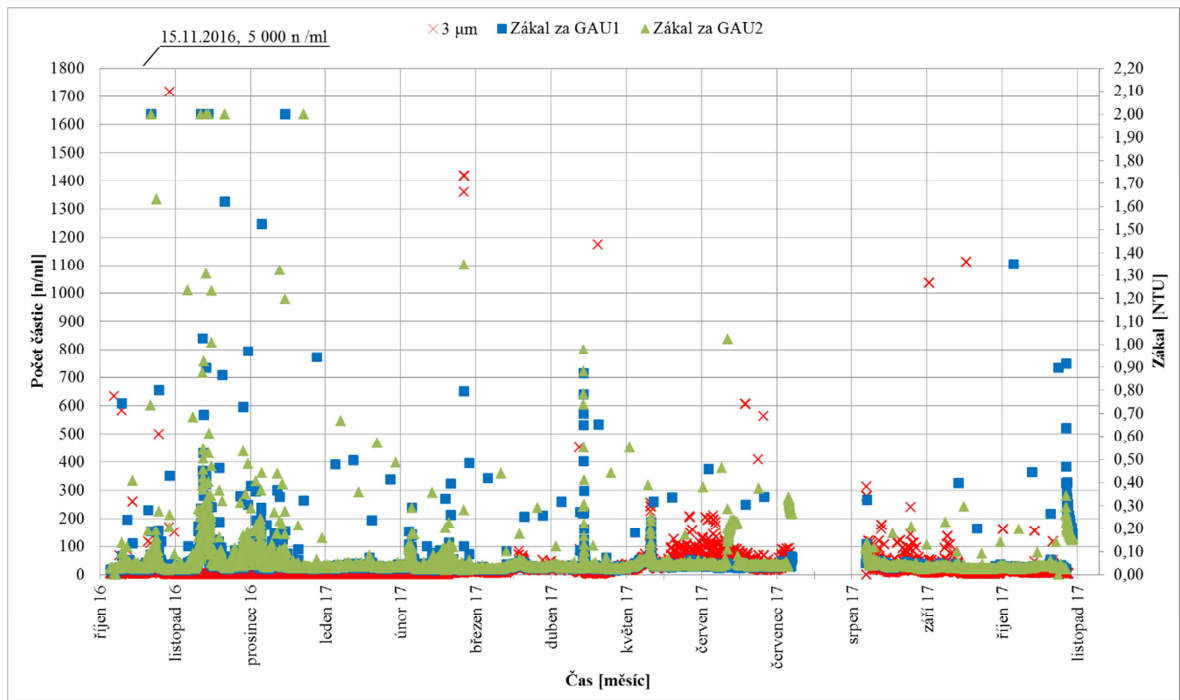
Hodnoty počtů částic o velikostech 10 μm , 15 μm a 25 μm , jak ukazuje graf 22, ukazují značné navýšení počtů částic těchto velikostí v období přelomu jara a léta a následně v měsíci září po opětovném spuštění úpravny vody po letní odstávce. Je to podobná tendence jako v grafu 15 pro počty částic o velikosti 2 μm . Tento trend však není pozorovatelný u parametrů zákalu a CHSK_{Mn} . Zajímavý poznatek je, že počty u velikosti částic 10 μm , 15 μm a 25 μm jsou v období prosinec 2016 – březen 2017 nulové. Částice menší než 10 μm však své počty vykazovaly, jak je vidět v grafech. Mohlo se tedy jednat o případné ucpání trysek kanálků čítače částic pro větší měřené velikosti částic, nebo z důvodu zimního období se v surové vodě větší částice než 10 μm nevyskytovaly.

4.2.4 Porovnání zákalu za GAU filtry s výstupy z čítače částic

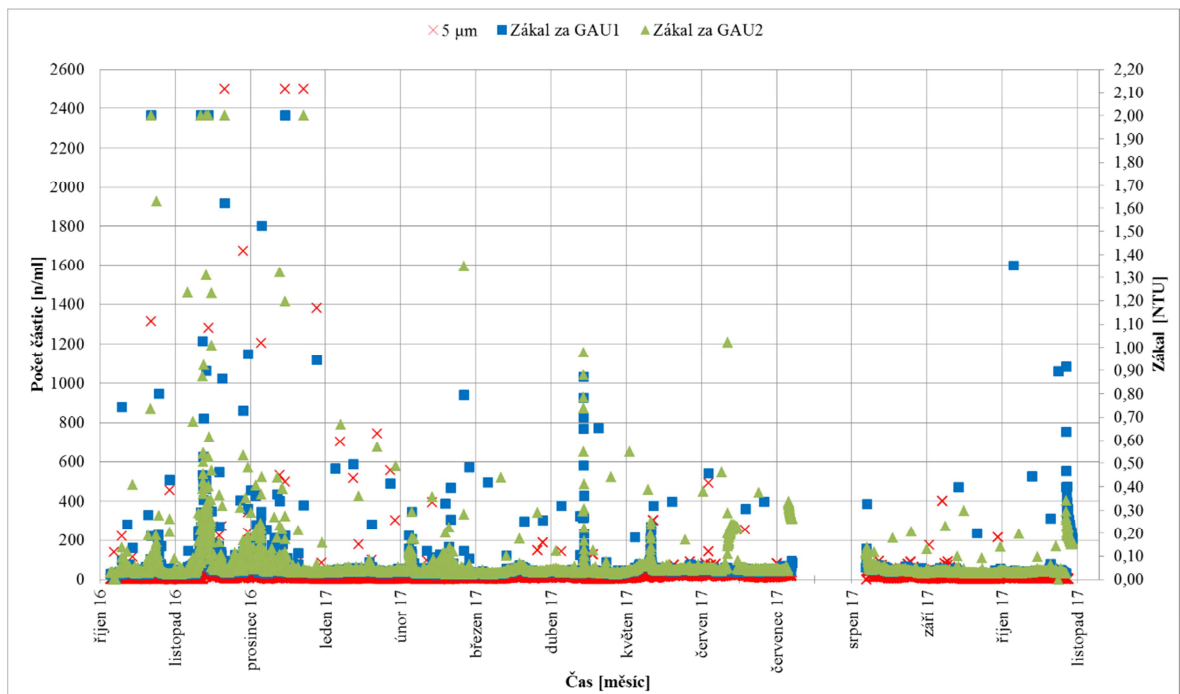
Upravovaná voda v úpravně vody Valašské Meziříčí na odtoku z filtrů s náplní granulovaného aktivního uhlí (dále uváděno jen GAU filtrů) protéká turbidimetrem měřícím zákal v této upravované vodě. Z turbidimetrů upravovaná voda pokračuje potrubím na čítač částic a dále na UV lampy pro hygienické zabezpečení, dále dávkování desinfekčního činidla a do akumulární nádrže. V této podkapitole jsou uvedeny grafické výstupy, které porovnávají jak parametr zákalu z turbidimetrů, tak výstupy z čítače částic. GAU filtry na úpravně vody Valašské Meziříčí pracují paralelně vedle sebe, nikoliv za sebou. Za každým GAU filtrem je tedy vlastní turbidimetr, který měří zákal ve vodě z příslušného filtru a voda z obou filtrů se dále napojuje do společného potrubí vedoucího k hygienickému zabezpečení. Z toho plyne i označení parametrů v grafech „Zákal za GAU1“ a „Zákal za GAU2“. Oba parametry, tzn. zákal i počet částic, jsou zde (oproti podkapitole 4.2.3, kde se pracovalo jednotlivými odběry vody) měřeny kontinuálně a data jsou ukládána do počítače v časovém kroku 1 hodina.



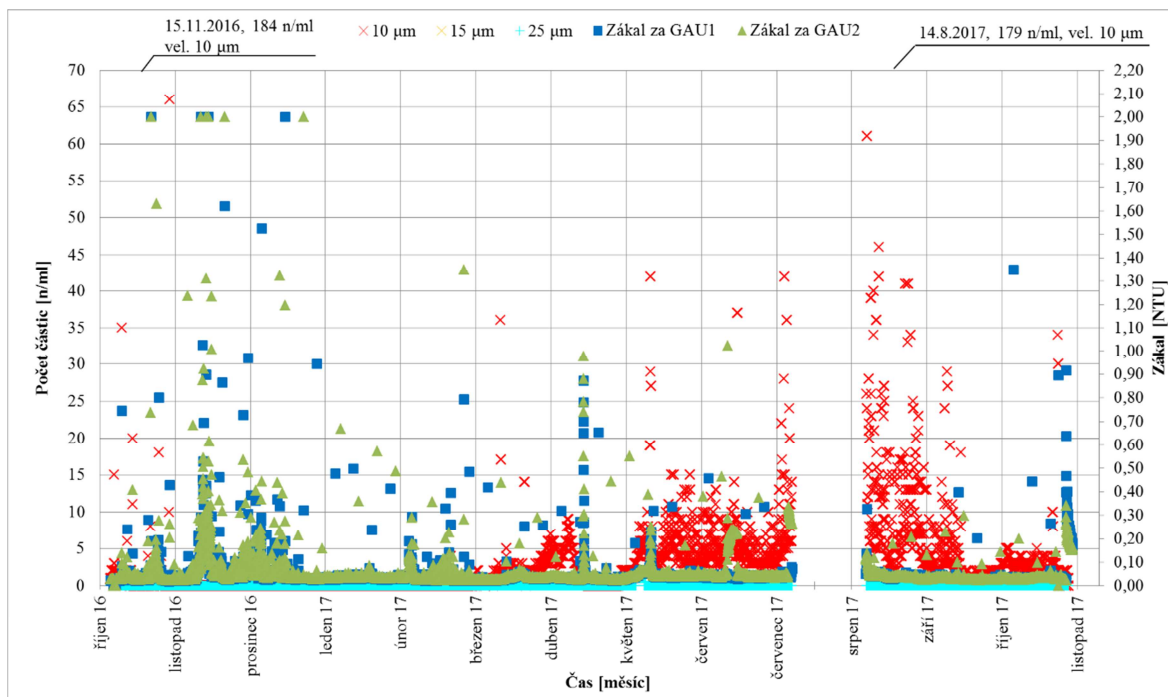
Graf 23: Zákal za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic 2 µm



Graf 24: Zákaly za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic 3 µm



Graf 25: Zákaly za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic 5 µm



Graf 26: Zákal za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic 10 µm, 15 µm, 25 µm

Shrnutí a zhodnocení

Výstup pro částice o velikost 2 µm v grafu 23 je prakticky stejný, jako tomu bylo v podkapitole 4.2.3. Vysoký počet částic o této velikosti znamená zvýšenou hodnotu zákalu, ale nelze to vzít jako obecný fakt. Je zde však možné si povšimnout rostoucího zákalu během krátkého časového úseku na přelomu dubna a května, kdy byla ve Vsetínské Bečvě zaznamenána kulminace průtoku $Q = 236,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Tento nárůst zákalu je kopírován nárůstem počtu částic až k hodnotám 10000 n/ml. U větších částic než jsou 2 µm toto z grafických výstupů patrné není.

Na grafu 24 zobrazujícím částice o velikosti 3 µm také není rozpoznatelná spojitost těchto parametrů.

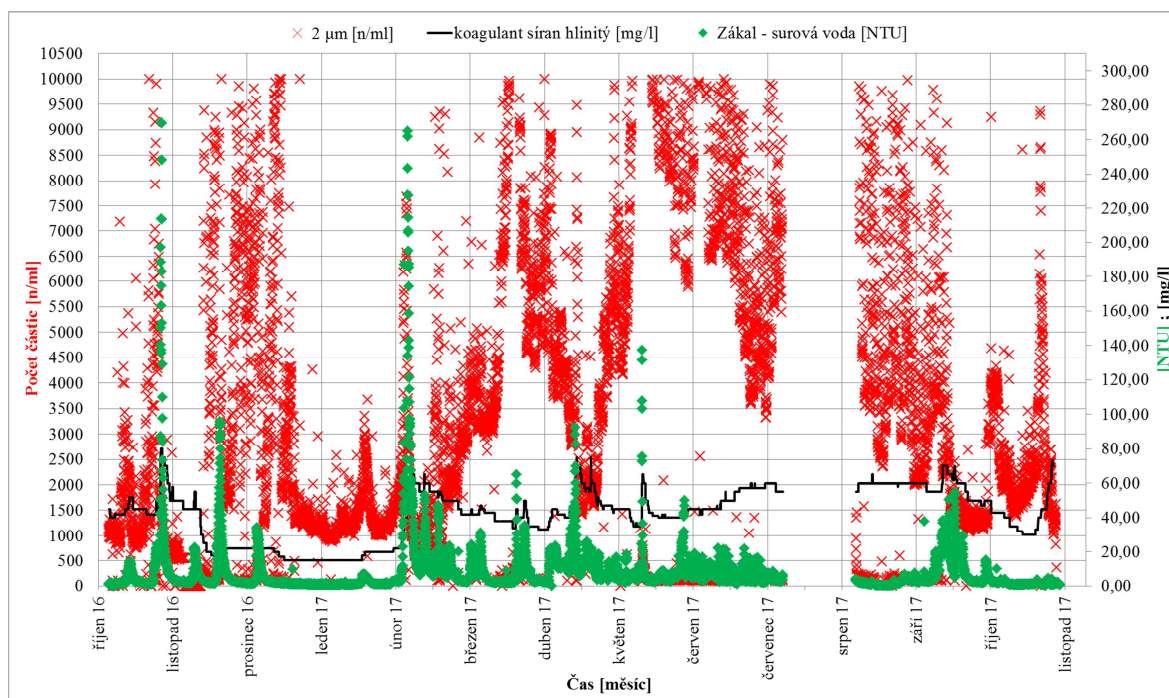
Při pohledu na graf 25 se však již vyskytuje jistá podoba propojení parametrů zákalu za GAU filtry a počtu částic v upravované vodě. Z výsledků je dobře čitelné, že počet částic o velikost 5 µm blížící se 2500 n/ml se setkává s odezvou v podobě navýšení hodnot zákalu za oběma GAU filtry na přibližně 2 NTU. Lze říci, že pokud počet částic o velikosti 5 µm překročil hodnotu 1000 n/ml, hodnota zákalu se pohybovala kolem 1 NTU, či více. Běžně vyskytující se hodnota zákalu za GAU filtry se pohybuje kolem

0,02 až 0,04 NTU, při zapsání počtu částic více než 200 n/ml se tedy zvyšuje hodnota zákalu zhruba desetinásobně.

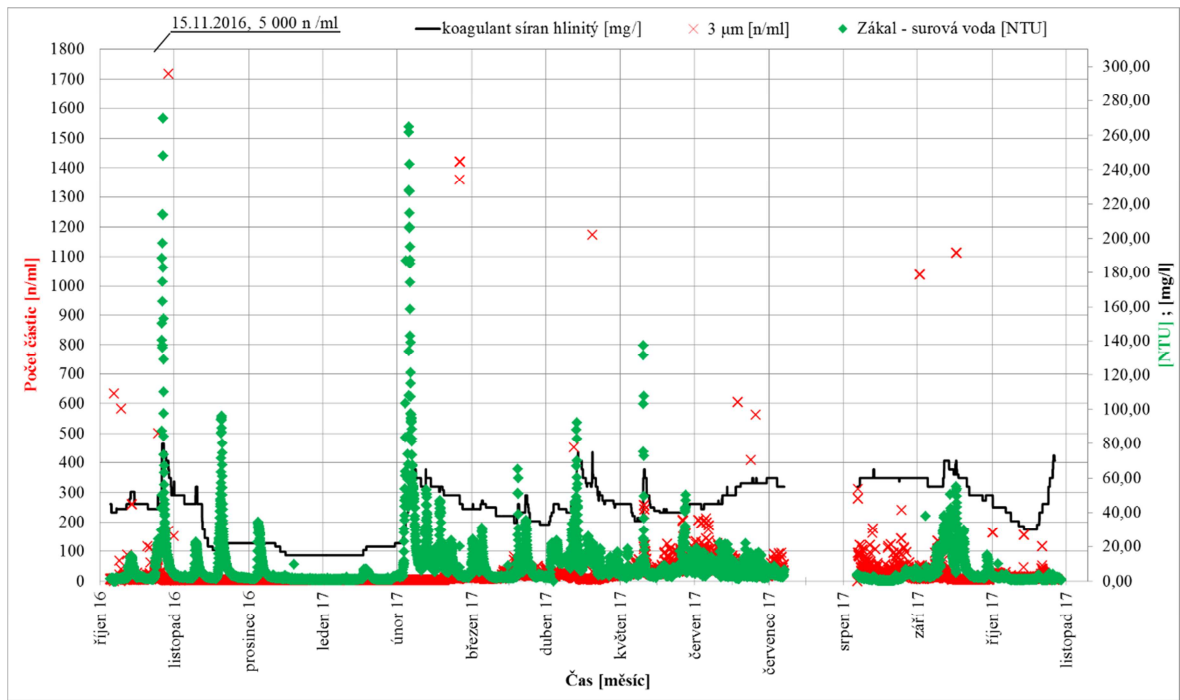
Pro částice velikosti 10 μm , 15 μm a 25 μm znázorněných v grafu 26 již nevykazuje podobně blízkou shodu mezi parametry, jako tomu bylo u částic o velikosti 5 μm .

4.2.5 Vyhodnocení zákalu surové vody ze sond vzhledem k dávce koagulantu a počtu částic

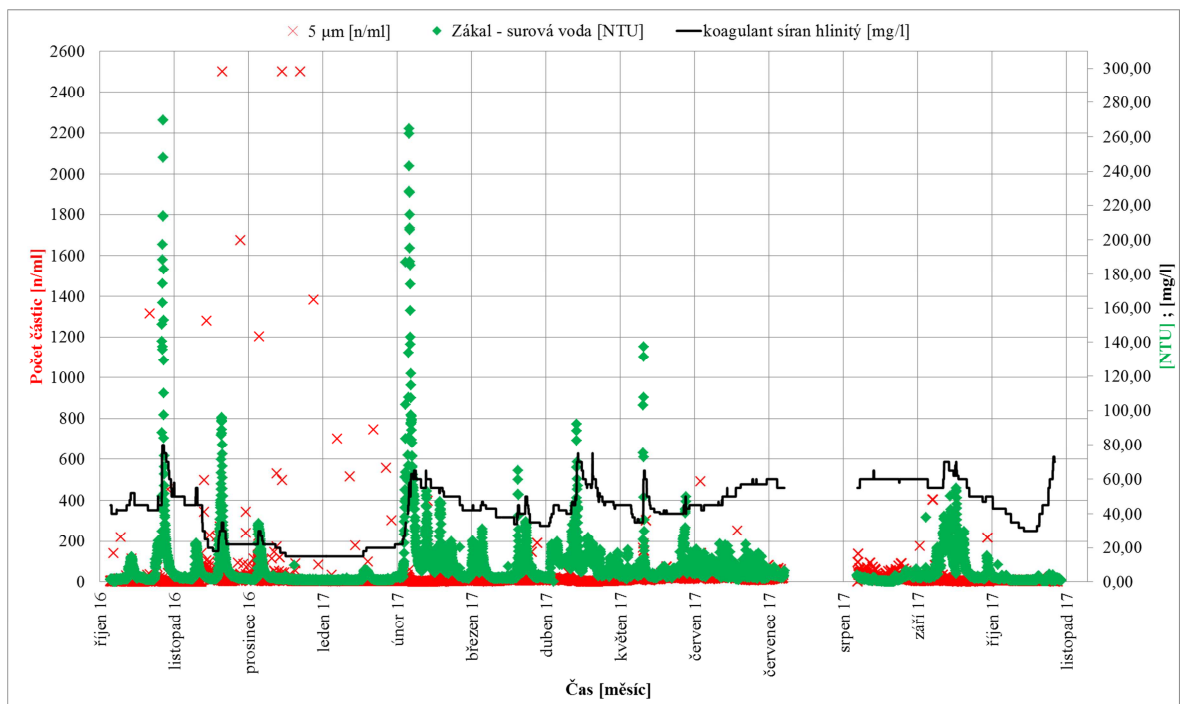
V poslední podkapitole zabývající se prací s čítačem částic se opět věnuji parametru zákalu v surové vodě a k němu vztažené dávce koagulantu síranu hlinitého. Oproti podkapitole 4.2.3 (kde byla hodnota zákalu zjišťována v jednotlivých rozborech odebrané vody) a podkapitole 4.2.4 (kde byla hodnota zákalu měřená turbidimetry za filtry s granulovaným aktivním uhlím v upravované vodě), je v této podkapitole pracováno s hodnotami zákalu změřenými v hodinovém kroku zákaloměrem umístěným přímo v potrubí za čerpadlem surové vody v čerpací stanici. Pro zachování možnosti umístit parametr zákalu, dávku koagulantu a počet částic do jednoho grafu je zde stejně jako v podkapitole 4.2.3 užito barevného rozdělení jednotek na svislé ose dle jednotky příslušného parametru.



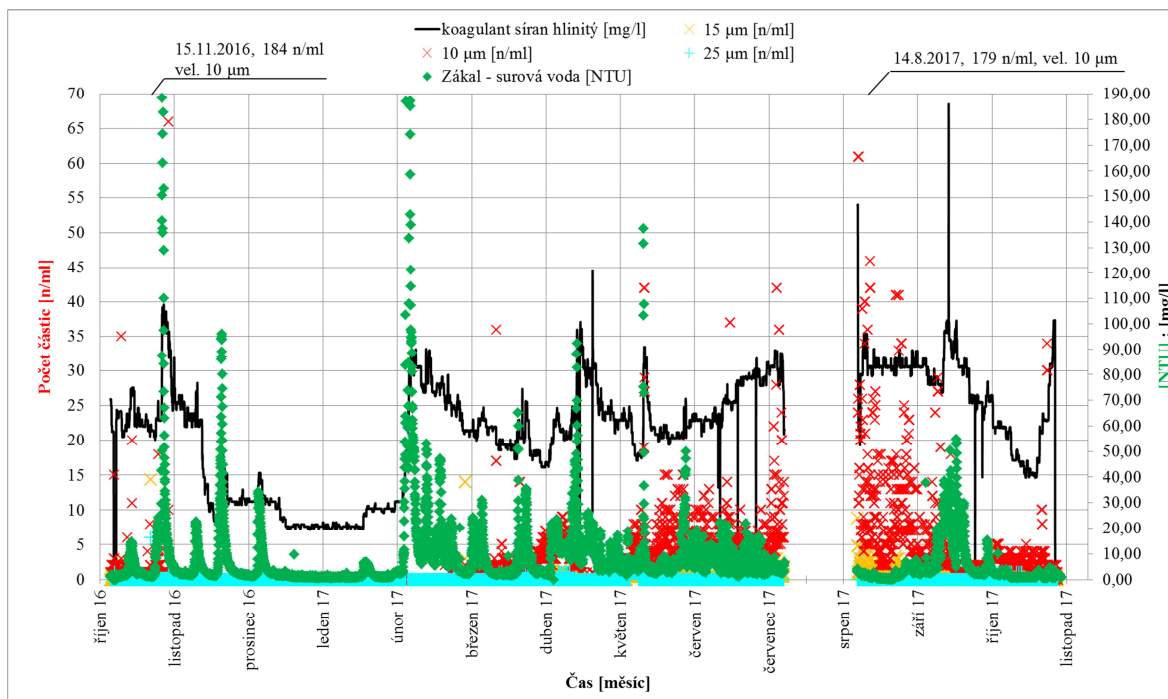
Graf 27: Zákal a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. 2 μm



Graf 28: Zákal a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. 3 µm



Graf 29: Zákal a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. 5 µm



Graf 30: Zákal a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. 10 µm, 15 µm, 25 µm

Shrnutí a zhodnocení

Na základě výsledků prezentovaných v grafech 27 až 30 opět nelze nalézt uspokojivou shodu mezi hodnotami zákalu v surové vodě a počtem částic. Pro velikost částic 2 µm je dobře viditelná shoda mezi těmito parametry v období začátek listopadu 2016 a konec února 2017, avšak v dalších obdobích roku je reprodukce počtu částic o dané velikosti zatížena stejným problémem, jako tomu bylo v předchozích podkapitolách týkajících se čítače částic, čili toho, že i v dalších měsících dosahují počty částic hranice 10000 n/ml, avšak zákal zůstává na nízké hodnotě. Další velikostí částic, podle které by se případně mohlo do jisté míry řídit při sledování kvality vody, je velikost 3 µm. Počty částic o této velikosti v předchozích podkapitolách nevykazovaly přílišnou shodu s testovanými parametry, avšak zde lze vysledovat jisté spojitosti. Na začátku listopadu 2016 zde hodnota počtu částic přesahující 1700 n/ml odpovídala zvýšenému zákalu v surové vodě. Dále je poté vidět s rostoucí hodnotou zákalu, i když ne příliš významnou (do 50 NTU), také rostoucí počet částic na přelomu června a července. Oproti tomu částice o velikosti 5 µm, které se při měření zákalu za GAU filtry daly využít, zde nejsou tak dobře využitelné. Částice o velikosti 10 µm, 15 µm a 25 µm zde do jisté míry shodu nacházejí, zvláště pak částice o velikosti 15 µm. Částice o této velikosti jsou po většinu roku nulové, nebo v řádu

jednotek. Pokud však vystoupily na hodnotu převyšující 10 n/ml, bylo možné sledovat zákal o hodnotách mezi 30 – 40 NTU. Můžeme zde však sledovat také zvýšené počty částic s rostoucími hodnotami zákalu (opět však okolo hodnoty přibližně 30 - 40 NTU) v jarních měsících duben až červen 2017.

5 VYHODNOCENÍ VYBRANÝCH UKAZATELŮ JAKOSTI VODY A PARAMETRŮ ÚPRAVY VODY

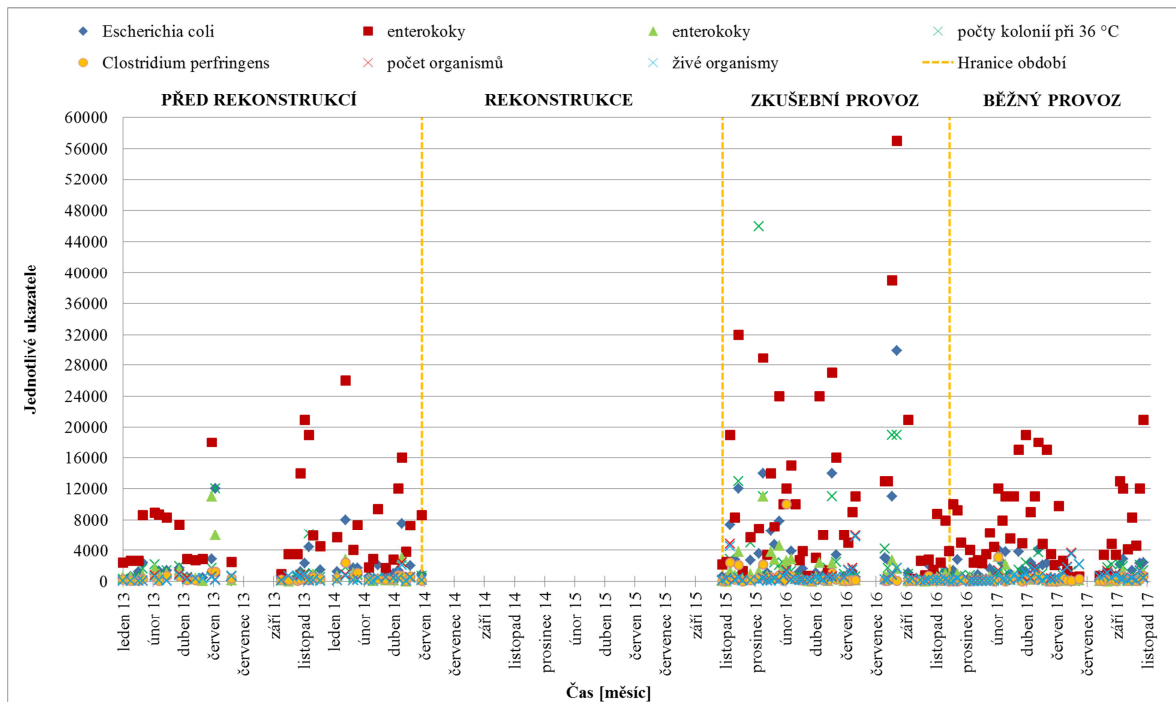
V kapitole 4 je navázáno na bakalářskou práci *Vyhodnocení probíhajícího zkušebního provozu úpravny vody Valašské Meziříčí po rekonstrukci* [28]. Je zde rozšířeno vyhodnocení jak ukazatelů jakosti vody, tak vybraných parametrů úpravy vody. Časový úsek grafických výstupů z doby před rekonstrukcí a části zkušebního provozu byl zpracován ve výše zmíněné bakalářské práci. Zde jsou grafy rozšířeny a přehledně rozděleny do období před rekonstrukcí úpravny vody (1/2013 – 6/2014), období zkušebního provozu (10/2015 – 10/2016) a období běžného provozu (11/2016 – 11/2017). Tato období jsou od sebe v grafech oddělena svislými žlutými přerušovanými čarami a popisky období.

5.1 Vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody

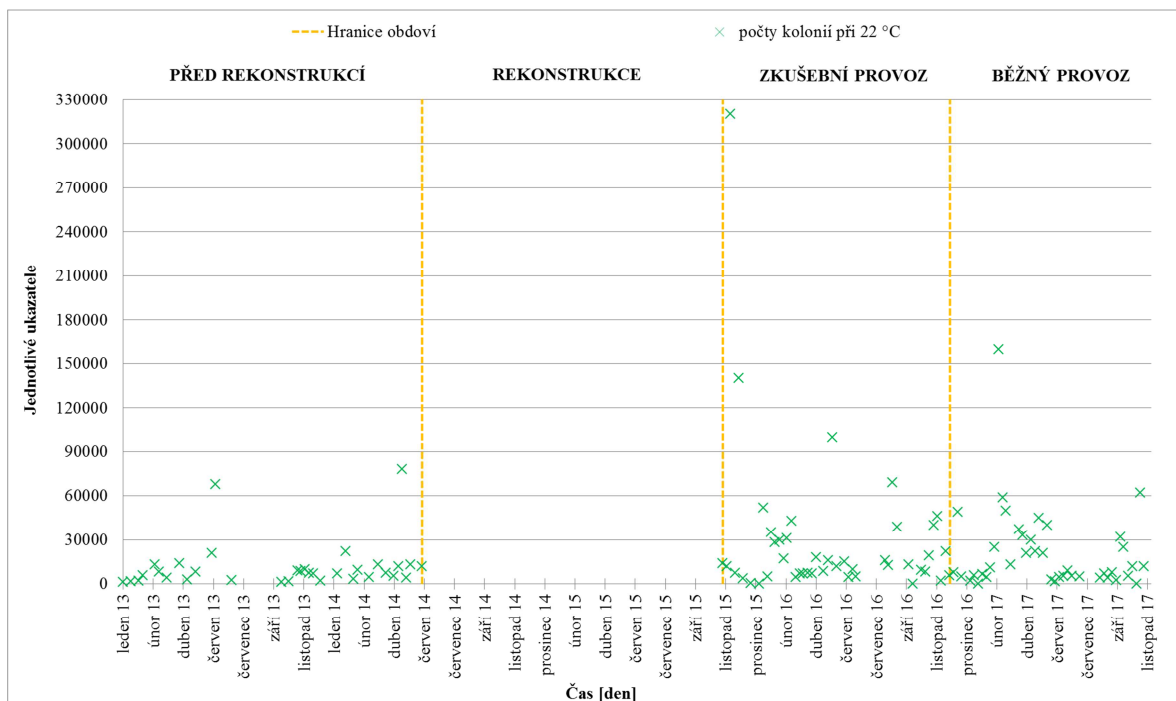
Ke zpracování ukazatelů jak surové, tak upravené vody jsou užitá data z rozborů vody. Jedná se o stejné rozborů, které byly popsány v podkapitole 4.2.2. Zatímco v podkapitole 4.2.2 byl časový rozsah hydrologický rok 2016/2017, zde je časový rozsah od začátku roku 2013 do začátku listopadu roku 2017. Rozborů jsou zde zpracovány jak v tabelární formě, tak graficky.

5.1.1 Grafické zpracování mikrobiologických ukazatelů jakosti vody

Na grafu 31 jsou prezentovány mikrobiologické ukazatele v surové vodě, na grafu 33 pak ve vodě upravené. Graf 32 pak doplňuje mikrobiologické ukazatele v surové vodě o ukazatel *počty kolonií při 22°C*, který je řádově vyšší než všechny ostatní parametry.

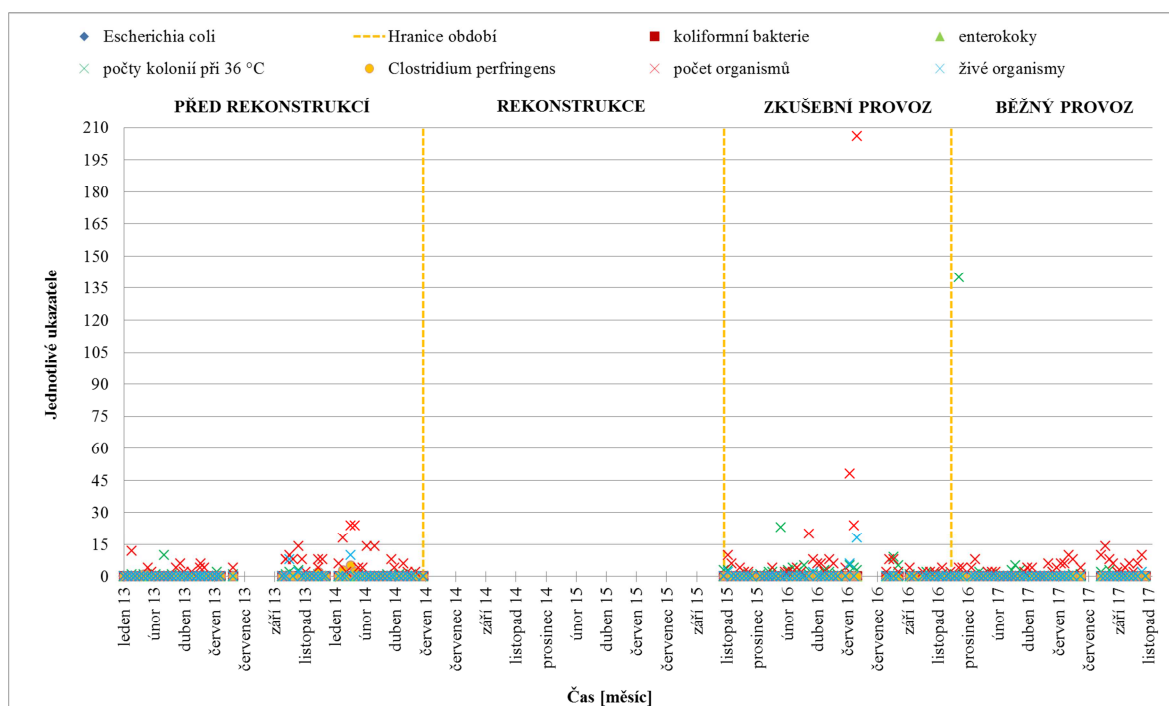


Graf 31: Mikrobiologické ukazatele jakosti vody (vybrané parametry) - surová voda



Graf 32: Mikrobiologické ukazatele jakosti vody (počty kolonií při 22 °C) - surová voda

Z grafů předkládajících mikrobiologické ukazatele v surové vodě je vidět trend zvýšených hodnot pravidelně v období podzimu, kdy po letních měsících, kvůli sníženým vodním stavům a vyšší teplotě vody existují ve vodě vhodné podmínky pro bujení mikroorganismů a navyšování hodnot mikrobiologických parametrů. Je vhodné poznamenat, že graf 31 ukazuje poměrně velké rozdíly v surové vodě, které se vyskytovaly během zkušebního provozu a běžného provozu. Jedná se až o dvojnásobně větší hodnoty *enterokoků* a dále až řádově vyšší výskyt počtů kolonií při 36°C v surové vodě, než bylo zaznamenáno v běžném provozu. U parametru počet kolonií při 22°C v surové vodě je jeho průběh ve zkušebním provozu téměř identický jako při běžném provozu, vyjma jednoho zvýšeného rozboru na začátku zkušebního provozu v listopadu roku 2015 (viz graf 32).



Graf 33: Mikrobiologické ukazatele jakosti vody (vybrané parametry) - upravená voda

U ukazatelů jakosti v upravené vodě je taktéž znatelný lehký nárůst hodnot v podzimních měsících, což se vztahuje ke zvýšenému počtu ukazatelů již ve vodě surové. Jak ukazuje graf 33, je zde vidět uspokojivý posun práce úpravní v čase. Hodnoty zaznamenané v roce 2017 jsou oproti záznamům ve zkušebním provozu prosty zvýšených hodnot ukazatelů *počtu organismů*, *počtům kolonií při 36°C* i *živých organismů*. Hodnoty

v roce 2017 jsou po rekonstrukci mnohem nižší, než tomu bylo před rekonstrukcí v letech 2013 a 2014.

Jediným problémem tak tedy zůstává hodnota *počtu kolonií při 36°C* v běžném provozu ze dne 13.12.2016. Zjištěná hodnota odpovídala 140 KTJ/ml, což je z hlediska limitní hodnoty upravené vody dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění, nevyhovující stav. Jako možná příčina tohoto stavu je považován možný výpadek funkce UV lampy v kombinaci s nižším obsahem volného chloru a vyšší hodnoty zákalu v upravené vodě z důvodu zhoršené flokulace koagulantu síranu hlinitého vlivem nízké teploty surové vody. Jako řešení této situace byla uvedena do provozu 3. sedimentační nádrž, zvýšena dávka desinfekčního činidla a nařízení opakovaného vzorku. Jak je vidět i z grafu 33, opakovaný vzorek již prokázal nulovou hodnotu ukazatele *počty kolonií při 36°C*. Jako preventivní opatření bylo technologem pitné vody navrženo při poklesu surové pod 5°C zprovoznění třetí sedimentační nádrže pro zajištění delší doby zdržení vody v sedimentačních nádržích a zlepšení efektu flokulace, který s nižší teplotou vody klesá a umožňuje vázat na sebe nečistoty a bakterie pronikající objekty filtrace a následně zhoršující účinnost záření UV lampy. Dalším případným opatřením bylo navrženo zvýšení dávky desinfekčního činidla.

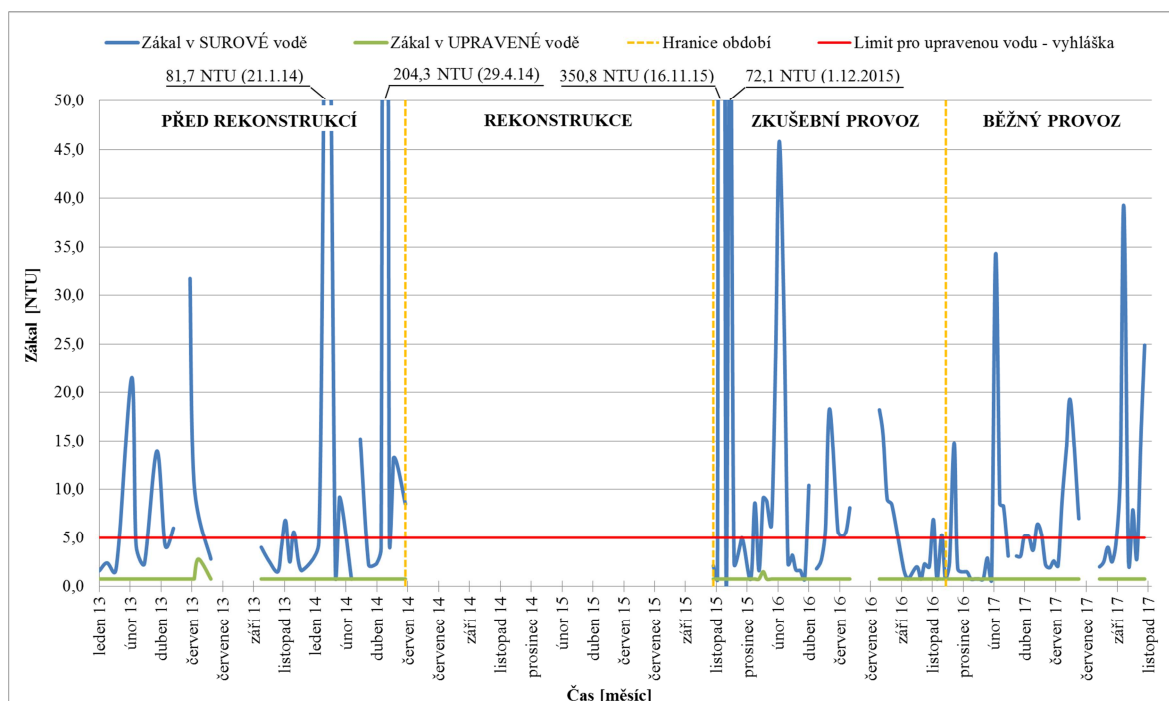
5.1.2 Grafické zpracování vybraných ukazatelů jakosti vody

Další ukazatele jakosti vody vybrané z rozborů vody ke grafickému zpracování jsou zákal (v surové i upravené vodě), $CHSK_{Mn}$ (v surové i upravené vodě), hliník (v upravené vodě) a teplota (v surové i upravené vodě). Členění časového období je stejné jako v předchozí podkapitole, čili zůstává zde grafické rozdělení svislou žlutou přerušovanou čarou a popisy příslušného období. Pro názornost a možnost porovnání účinnosti úpravy vody jsou parametry zákalu a $CHSK_{Mn}$ v jednotlivých grafech prezentovány pro surovou i upravenou vodu souběžně. Ukazatel hliník je uveden pouze v upravené vodě, jelikož ve vodě surové není v rozbořech laboratorně zkoumán. Grafy představující zákal, $CHSK_{Mn}$ a hliník obsahují vyznačení limitních hodnot daných vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění. Grafy pro teplotu jsou uvedeny ve dvou vyhotoveních zvlášť pro surovou a zvlášť pro upravenou vodu. Zde je účelem jednak přehlednost obou variant a také znázornění zařazení limitních hodnot pro vodu upravenou daných vyhláškou

Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění, a vyznačení limitních hodnot pro vodu surovou, které udává vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb.

Zákal

Na grafu 34, ve kterém je vykreslen průběh zákalu v surové i upravené vodě je svislá osa ukončena hodnotou 50 NTU z důvodu lepší čitelnosti nižších a četnějších záznamů. Hodnoty překračující hranici 50 NTU jsou s odkazem na datum a hodnotu zákalu doplněny v horní části grafu. Průběh zákalu v surové vodě poměrně kolísá a dosahuje největších hodnot v zimních měsících leden-únor a v podzimních měsících září-říjen. Při pohledu na graf 34 je vidět, že v období běžného provozu nedocházelo k výraznému zákalu v surové vodě v toku (maximální hodnoty přibližně 40 NTU). Maximální hodnoty ve zkušebním provozu a před rekonstrukcí byly zaznamenány dvojnásobně i vícenásobně vyšší. Zde je však na místě konstatovat fakt, že vzorky jsou odebírány v týdenních intervalech a výše po toku Vsetínské Bečvy nad objektem úpravní vody je řada ČOV i zaústění odvodňovacích kanálů a toto může způsobovat výše zmíněné kolísání zákalu v surové vodě.

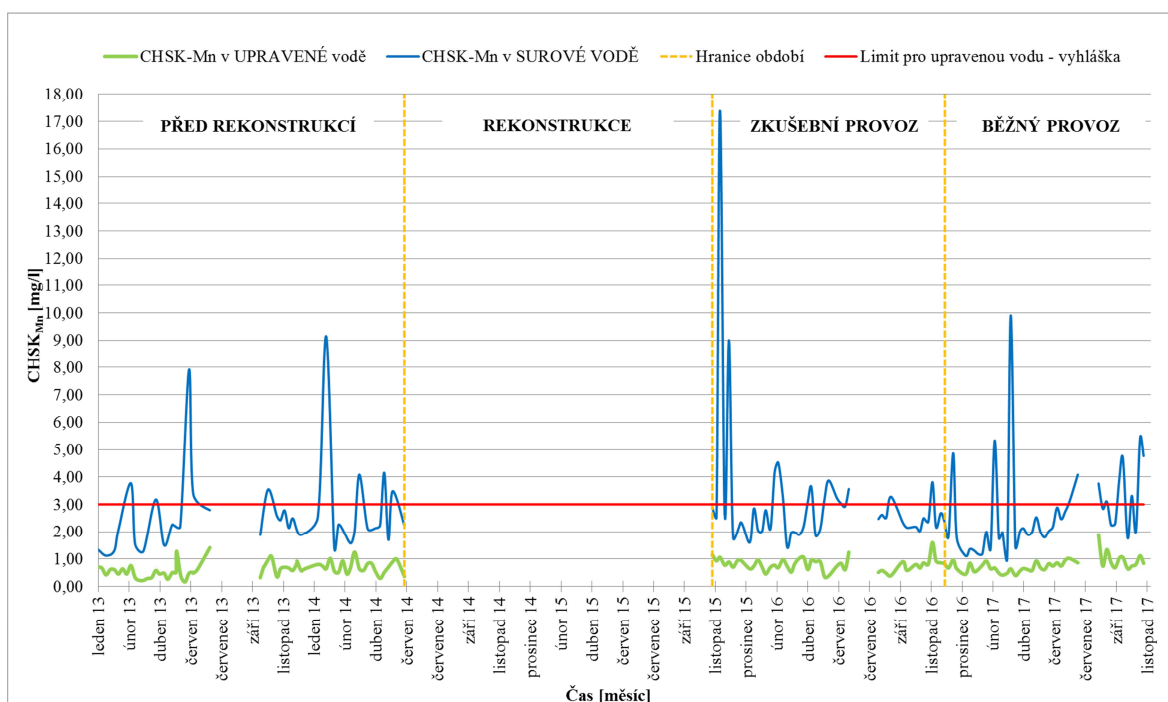


Graf 34: Průběh zákalu v surové a upravené vodě (2013 - 2017)

Důležitý je však pohled na parametr zákal upravené vody, který je stabilně na úrovni 0,75 NTU, v období před rekonstrukcí a ve zkušební provozu byly tyto hodnoty ve dvou případech lehce překročeny, avšak bylo to s výraznou rezervou pod limitní hodnotu 5 NTU. V běžném provozu zůstala hodnota zákalu na 0,75 NTU ve všech případech, kdy byly prováděny rozborů.

CHSK_{Mn}

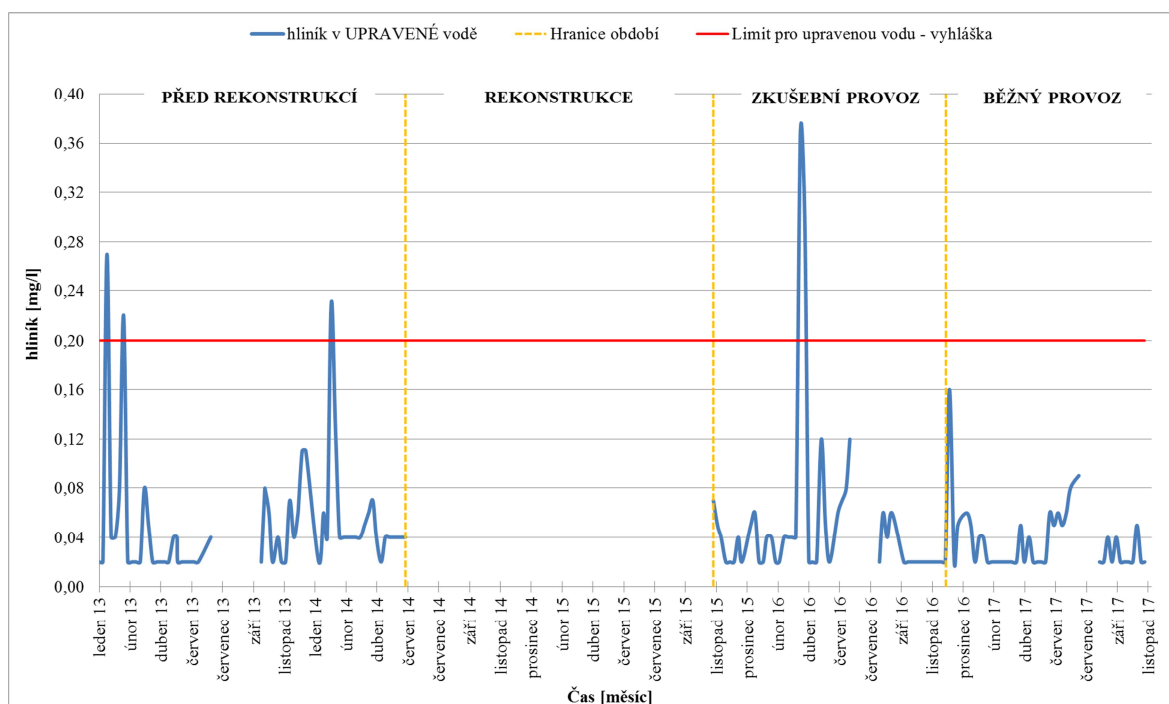
Dalším vybraným ukazatelem jakosti vody, který je vybrán do této podkapitoly je CHSK_{Mn}. Na průběhu tohoto ukazatele v čase je vidět vcelku ustálená oscilace hodnot od 1 mg/l do přibližně 5 mg/l. Extrémní hodnoty tohoto parametru jsou dosahovány stejně jako u zákalu v období února a podzimních měsíců. Co se týče průběhu CHSK_{Mn} v upravené vodě, vykazuje poměrně kvantitativně konzistentní a limitativně vyhovující charakter.



Graf 35: Průběh CHSK_{Mn} v surové a upravené vodě (2013 - 2017)

Hliník

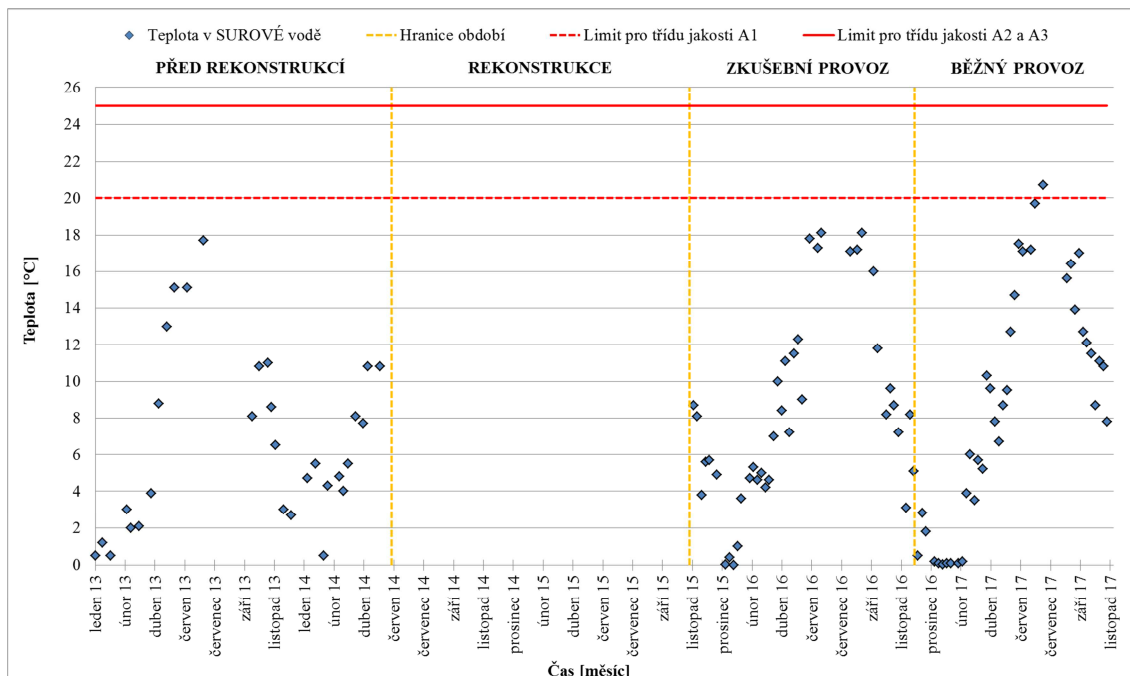
Hliník je zde v upravené vodě sledován jako ukazatel jakosti pitné vody a také jako indikátor, zda nedochází k přílišné akumulaci zbytkového hliníku z koagulantu síranu hlinitého v pitné vodě. Na grafu 36 je znázorněn průběh tohoto ukazatele. Jak je vidět z vlastního průběhu, ukazatel hliník po rekonstrukci vyhovuje vyhlášce. K překročení došlo ve zkušební provozu v jednom případě, při provozní manipulaci s procesy úpravy vody v rámci zkušebního provozu. V opakovaném nařízeném rozboru již byl ukazatel vyhovující. V období běžného provozu si lze všimnout zvýšené hodnoty hliníku v prosinci roku 2016, což odkazuje k situaci diskutované u grafu 33, kde došlo ke zvýšené hodnotě mikrobiologického ukazatele *Počty kolonií 36°C*. Tento poznatek potvrzuje podezření, jež označovalo jako možný důvod zhoršenou flokulační schopnost koagulantu síranu hlinitého. Tato hodnota potvrzuje, že při provozu dvou sedimentačních nádrží a nízké teplotě surové vody byla snižená vločkovací schopnost koagulantu a krátká doba zdržení způsobila navýšení (avšak stále vyhovující limitu danému vyhláškou) zbytkového hliníku v upravené vodě.



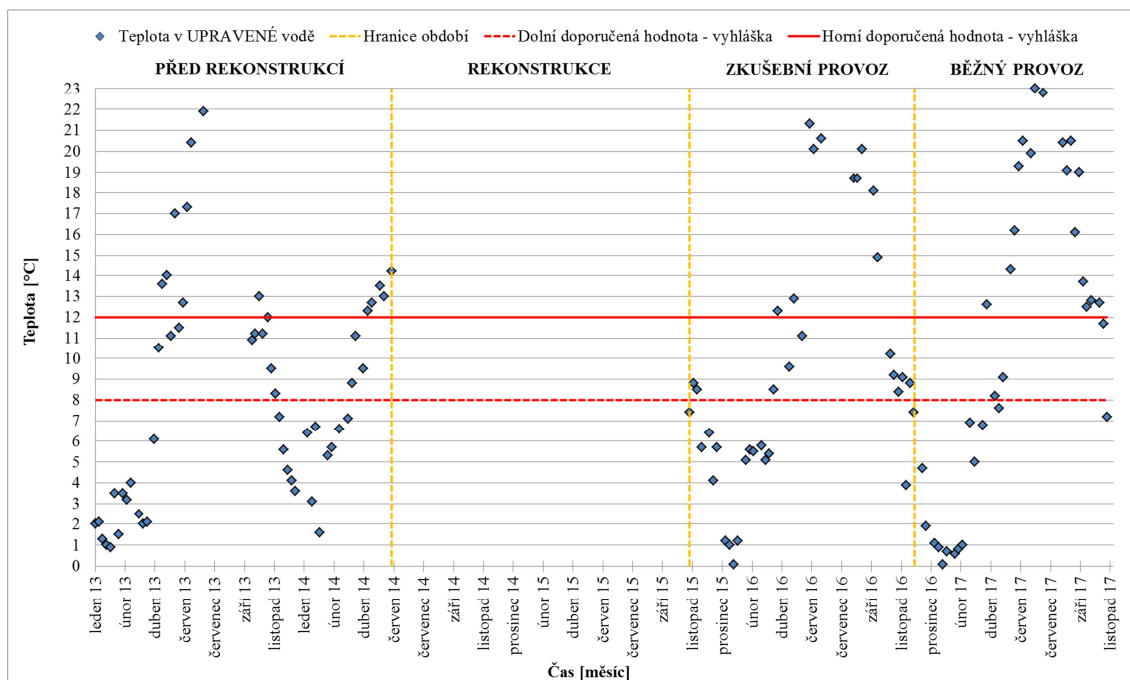
Graf 36: Hliník v upravené vodě (2013 - 2017)

Teplota

Teplota vody je zde rozdělena do samostatných zpracování. Graf 37 pojednává o průběhu teploty v surové vodě a graf 38 o průběhu teploty ve vodě upravené.



Graf 37: Průběh teploty v surové vodě (2013 - 2017)



Graf 38: Průběh teploty v upravené vodě (2013 - 2017)

Rozsah teplot, typický pro surovou vodu odebíranou z vodního toku zde kolísá mezi hodnotami 0°C až více než 20°C. Nejnižší teploty jsou zákonitě dosahovány v zimních měsících lednu a únoru. Nejvyšších hodnot poté teplota vody dosahuje v létě v měsíci červenci. Z grafu je vidět pravidelný růst a pokles teploty surové vody v průběhu let. V červenci roku 2017, čili v běžném provozu úpravní vody po rekonstrukci, byla dokonce překročena hranice 20°C v surové vodě. Tento fakt významně přispěl k odstávce úpravní vody v letních měsících po rekonstrukci. Ukázalo se, že technologická náročnost procesu úpravy vody nemusí být vždy limitujícím faktorem, jelikož úpravní vody, díky modernizaci nedávnou rekonstrukcí není omežována ukazateli surové vody ani nízkým vodním stavem. Upravená voda, byť co se týče rozborů a limitních hodnot naprosto vyhovující, se může stát pro odběratele nepřijatelnou i z hlediska smyslového posuzování. Voda ohřátá až na více než 20°C, jak je zřetelné z grafu 38 s průběhem teploty ve vodě upravené zkrátka evokuje u uživatele v letních měsících pocit nekomfortu a může také zhoršovat pachové vlastnosti vody. Z hlediska technického se toto může jevit jako banalita, jelikož nedochází k pochybení ze strany dodržení limitních hodnot. Pravdou však je, že voda tekoucí z kohoutku o teplotě 20°C z vodního toku a voda tekoucí z kohoutku o teplotě 5°C z vodárenské nádrže je vnímána naprosto odlišně.

5.1.3 Tabelární zpracování vybraných ukazatelů jakosti vody

Na tomto místě je zpracováno statistické zpracování rozborů vody surové a upravené. Toto zpracování je opět rozděleno do období před rekonstrukcí před rekonstrukcí úpravní vody (1/2013 – 6/2014), období zkušebního provozu (10/2015 – 10/2016) a období běžného provozu (11/2016 – 11/2017). Pro každé období je zvlášť zpracována tabulka a výsledky jsou umístěny na stejnou stranu tak, aby bylo jednoduše možné porovnat parametry ze všech tří období najednou.

Pro surovou vodu jsou výsledky umístěny v tabulkách 25 - 30. Jednotlivé ukazatele jsou zde uváděny ve sloupcích vedle sebe. V řádcích pod sebou jsou uvedeny název parametru, jeho jednotka, limity pro zařazení do tříd jakosti surové vody dané vyhláškou č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění, a typ limitu (NMH – nejvyšší mezní hodnota, MH – mezní hodnota, DH –

doporučená hodnota). Limit pro zařazení do tříd jakosti surové vody je uveden pouze u parametrů, které jsou uvedeny ve vyhlášce č. 428/2001 Sb. Jako další řádek pod zařazením výsledků rozborů vody do tříd jakosti jsou v zeleném podbarvení uváděny maximální, minimální a průměrné hodnoty ukazatelů zpracované ze všech rozborů za uvedené časové období, dále celkový počet těchto rozborů a nakonec je zde uvedeno zastoupení počtu vzorků ve třídách jakosti určených výše uvedenou vyhláškou.

Vybrané ukazatele jakosti upravené jsou uvedeny v tabulkách 31 až 36. Jednotlivé ukazatele jsou zde uváděny ve sloupcích vedle sebe. V řádcích pod sebou jsou uvedeny název parametru, jeho jednotka a limitní hodnoty upravené vody dané vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění a typ limitu (MH – mezní hodnota, NMH – nejvyšší mezní hodnota, DH – doporučená hodnota). Následuje řádek v zeleném podbarvení obsahující maximální, minimální a průměrné hodnoty ukazatelů zpracované ze všech rozborů za uvedené časové období, dále celkový počet těchto rozborů a nakonec je zde uvedeno vyhodnocení počtu vzorků splňující limit pro pitnou vodu určený vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění.

Shrnutí a zhodnocení tabelárně zpracovaných výstupů se nachází za tabulkou 36.

Tabulka 25: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 1

SUROVÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ (2.1.2013 - 2.6.2014)												
Parametr	Escherichia coli	koliiformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]
JAKOST A1		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ NEPŘIJATELNÝ	20	6,5 - 9,5
JAKOST A2		5000	1000					3000 (500 ¹)	3000 (500 ¹)		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)
JAKOST A3		50000	10000					10000 (1000 ¹)	10000 (1000 ¹)		25	<5 (>10)
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	12000	90000	11000	12000	78000	2400	40	2410	2060	přijatelny	17,7	8,2
MIN	80	900	10	67	1200	90	1	42	34	přijatelny	0,5	7,6
PRŮMĚR	1904	9722	1106	1266	11462	453	3	430	366	přijatelny	6,7	8,0
POČET	35	36	36	34	34	34	34	34	36	36	30	36
JAKOST A1		0	1					3	2	36	30	36
JAKOST A2		17	28					31	34	0	0	0
JAKOST A3		19	7					0	0	0	0	0

Tabulka 26: Parametry jakosti surové vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 1

SUROVÁ VODA - ZKUŠEBNÍ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.10.2015 - 29.11.2016)												
Parametr	Escherichia coli	koliiformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]
JAKOST A1		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ NEPŘIJATELNÝ	20	6,5 - 9,5
JAKOST A2		5000	1000					3000 (500 ¹)	3000 (500 ¹)		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)
JAKOST A3		50000	10000					10000 (1000 ¹)	10000 (1000 ¹)		25	<5 (>10)
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	30000	57000	11000	46000	320000	10000	30	5920	5736	přijatelny	18,1	8,35
MIN	10	300	2	31	66	0	1	56	50	přijatelny	0,01	7,61
PRŮMĚR	3424	10947	1216	3607	28691	587	3	647	576	přijatelny	8,3	7,97
POČET	44	45	45	44	44	44	44	44	45	45	40	45
JAKOST A1		0	2					0	0		45	45
JAKOST A2		17	31					42	42		0	0
JAKOST A3		27	14					2	2		0	0

Tabulka 27: Parametry jakosti surové vody pro běžný provoz po rekonstrukci 1

SUROVÁ VODA - BĚŽNÝ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.11.2016 - 1.11.2017)												
Parametr	Escherichia coli	koliiformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseston	počet organismů	živé organismy	pach	teplota	pH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[°C]	[-]
JAKOST A1		50	20					50	50	PŘIJATELNÝ NEPŘIJATELNÝ	20	6,5 - 9,5
JAKOST A2		5000	1000					3000 (500 ¹)	3000 (500 ¹)		25	5 - 6,5 (9,5 - 10)
JAKOST A3		50000	10000					10000 (1000 ¹)	10000 (1000 ¹)		25	<5 (>10)
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	4100	21000	3200	3700	160000	3100	5	3680	3520	přijatelny	20,7	8,15
MIN	30	500	18	29	12	0	1	34	28	přijatelny	0,02	7,76
PRŮMĚR	1350	7300	463	913	20858	269	3	627	581	přijatelny	9	8
POČET	41	42	42	41	41	41	41	41	42	42	39	42
JAKOST A1		0	1					4	5		38	42
JAKOST A2		21	37					36	36		1	0
JAKOST A3		20	4					1	1		0	0

Tabulka 28: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 2

SUROVÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ (2.1.2013 - 2.6.2014)														
Parametr	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]
JAKOST A1	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05
JAKOST A2	125	100		1	50		10		100				1	0,5
JAKOST A3	125	200		3	50		15		250				2	1,5
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	46,6	152,4	204,30	0,320	10,9	0,115	9,15	3,78	19,0	69,4	9,2	2,03	1,38	0,412
MIN	21,5	4,0	0,75	0,065	2,3	0,019	1,12	1,38	4,3	30,8	2,6	0,88	0,03	0,002
PRŮMĚR	36,7	18,5	14,36	0,113	6,3	0,054	2,68	2,81	11,9	53,5	6,0	1,58	0,14	0,038
POČET	36	36	34	36	36	34	36	34	36	34	34	34	36	36
JAKOST A1	36	28		36	36		27		36				32	27
JAKOST A2	0	7		0	0		9		0				3	9
JAKOST A3	0	1		0	0		0		0				1	0

Tabulka 29: Parametry jakosti surové vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 2

SUROVÁ VODA - ZKUŠEBNÍ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.10.2015 - 29.11.2016)														
Parametr	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]
JAKOST A1	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05
JAKOST A2	125	100		1	50		10		100				1	0,5
JAKOST A3	125	200		3	50		15		250				2	1,5
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	52,9	206,5	350,8	0,53	9,8	0,227	17,38	4,04	43,3	72,7	11	2,2	2,42	1,498
MIN	19,1	5,2	0,75	0,065	1,9	0,014	1,44	1,22	5,5	26,6	2,7	0,78	0,03	0,009
PRŮMĚR	37,7	21,0	16,36	0,125	6,0	0,061	3,10	2,93	12,8	53,8	6,1	1,59	0,17	0,085
POČET	45	45	44	45	45	44	45	44	45	44	44	44	45	45
JAKOST A1	45	34		43	45		31		45				39	25
JAKOST A2	0	10		2	0		13		0				5	19
JAKOST A3	0	1		0	0		1		0				1	1

Tabulka 30: Parametry jakosti surové vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 2

SUROVÁ VODA - BĚŽNÝ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.11.2016 - 1.11.2017)														
Parametr	konduktivita	barva	zákal	amonné ionty	dušičnany	dušitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]
JAKOST A1	125	20		0,5	50		3		100				0,2	0,05
JAKOST A2	125	100		1	50		10		100				1	0,5
JAKOST A3	125	200		3	50		15		250				2	1,5
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH
MAX	47,8	50,8	39,2	0,47	11,9	2,2	9,9	3,84	22,4	71,2	15,4	2,12	0,49	0,278
MIN	13,2	3,7	0,75	0,065	2,4	0,017	1,03	1,52	3,5	30,6	3	0,89	0,03	0,011
PRŮMĚR	36,5	14,8	7,12	0,089	6,0	0,129	2,70	2,92	12,6	53,6	6,6	1,61	0,10	0,050
POČET	42	42	41	42	42	42	42	41	42	41	41	41	42	42
JAKOST A1	42	33		42	42		30		42				37	27
JAKOST A2	0	9		0	0		12		0				5	15
JAKOST A3	0	0		0	0		0		0				0	0

Tabulka 31: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 1

UPRAVENÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ (2.1.2013 - 2.6.2014)													
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseton	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	pH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]
VYHLÁŠKA - LIMIT	0	0	0	20	200	0	10	50	0	příjatelný pro oděbratel	příjatelná pro oděbratel	8-12 °C	6,5 - 9,5
TYP LIMITU	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH
MAX	0	0	0	10	18	5	1	24	10	příjatelný	příjatelná	21,9	8,01
MIN	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	příjatelný	příjatelná	0,9	6,94
PRŮMĚR	0	0	0	0,5	1	0,2	1	4	0,3	příjatelný	příjatelná	8,2	7,43
POČET	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	47	52	63
SPLŇUJE	63	63	63	63	63	56	63	63	60	63	47	11	63
NESPLŇUJE	0	0	0	0	0	7	0	0	3	0	0	41	0

Tabulka 32: Parametry jakosti upravené vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 1

UPRAVENÁ VODA - ZKUŠEBNÍ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.10.2015 - 29.11.2016)													
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseton	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	PH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]
VYHLÁŠKA - LIMIT	0	0	0	20	200	0	10	50	0	příjatelný pro oděbratel	příjatelná pro oděbratel	8 - 12 °C	6,5 - 9,5
TYP LIMITU	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH
MAX	0	0	0	23	21	0	1	206	18	příjatelný	příjatelná	21,3	8,01
MIN	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	příjatelný	příjatelná	0,09	6,75
PRŮMĚR	0	0	0	2	3	0	0,5	9	1	příjatelný	příjatelná	9,4	7,43
POČET	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	37	37	46
SPLŇUJE	46	46	46	45	46	46	46	45	42	46	37	10	46
NESPLŇUJE	0	0	0	1	0	0	0	1	4	0	0	27	0

Tabulka 33: Parametry jakosti upravené vody pro běžný provoz po rekonstrukci 1

UPRAVENÁ VODA - BĚŽNÝ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.11.2016 - 1.11.2017)													
Parametr	Escherichia coli	koliformní bakterie	enterokoky	počty kolonií při 36 °C	počty kolonií při 22 °C	Clostridium perfringens	abioseton	počet organismů	živé organismy	pach	chut'	teplota	PH
Jednotka	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/100ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/ml]	[KTJ/100ml]	[%]	[jedinci/ml]	[jedinci/ml]	[stupeň]	[-]	[°C]	[-]
VYHLÁŠKA - LIMIT	0	0	0	20	200	0	10	50	0	příjatelný pro oděbratel	příjatelná pro oděbratel	8 - 12 °C	6,5 - 9,5
TYP LIMITU	NMH	MH	NMH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	DH	MH
MAX	0	0	0	140	10	0	1	14	2	příjatelný	příjatelný	23	7,88
MIN	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	příjatelný	příjatelný	0,08	6,81
PRŮMĚR	0	0	0	4	1	0	0,5	4	0	příjatelný	příjatelná	10,87	7,39
POČET	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	33	34	42
SPLŇUJE	42	42	42	41	42	42	42	42	41	42	33	3	42
NESPLŇUJE	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	31	0

Tabulka 34: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 2

UPRAVENÁ VODA PŘED REKONSTRUKCÍ (2.1.2013 - 2.6.2014)																
Parametr	konduktivita	barva	zákal	chlor volný	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hliník
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₁₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
VYHLÁŠKA - LIMIT	125	20	1	0,3	0,5	50	0,1	3		100	30 (MH) 40-80 (DH)	10 (MH) 20-30 (DH)	2-3,5	0,2	0,05	0,2
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH			DH	MH	MH	MH
MAX	47,9	2,4	0,75	0,52	0,15	18,5	0,007	1,41	3,31	21,3	67	10,9	2,01	0,04	0,028	0,27
MIN	19,3	0,3	0,75	0,04	0,065	2,4	0,0025	0,16	0,82	5,2	28,1	1	0,77	0,01	0,002	0,02
PRŮMÉR	36,4	1,0	0,75	0,24	0,093	6,6	0,0031	0,62	2,38	12,2	51,3	6,3	1,54	0,02	0,005	0,05
POČET	63	63	63	63	61	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
SPLŇUJE	63	63	63	44	61	63	63	63		63	62	3	1	63	63	60
NESPLŇUJE	0	0	0	19	2	0	0	0		0	1	60	62	0	0	3

Tabulka 35: Parametry jakosti upravené vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 2

UPRAVENÁ VODA - ZKUŠEBNÍ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.10.2015 - 29.11.2016)																
Parametr	konduktivita	barva	zákal	chlor volný	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hliník
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₁₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
VYHLÁŠKA - LIMIT	125	20	1	0,3	0,5	50	0,1	3	-	100	30 (MH) 40-80 (DH)	10 (MH) 20-30 (DH)	2-3,5	0,2	0,05	0,2
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH			DH	MH	MH	MH
MAX	51,7	2,5	1,5	0,48	0,23	9,7	0,122	1,6	3,75	25,9	70,9	10	2,13	0,03	0,04	0,37
MIN	21,9	0,1	0,75	0,015	0,065	2,4	0,0025	0,35	0,93	6,4	30,6	2,3	0,87	0,01	0,002	0,02
PRŮMÉR	38,8	1,6	0,77	0,16	0,087	6,0	0,0073	0,79	2,54	13,4	53,4	6,4	1,60	0,01	0,013	0,05
POČET	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
SPLŇUJE	46	46	46	37	46	46	45	46		46	46	0	3	46	46	44
NESPLŇUJE	0	0	0	9	0	0	1	0		0	0	46	43	0	0	2

Tabulka 36: Parametry jakosti upravené vody pro běžný provoz po rekonstrukci 2

UPRAVENÁ VODA - BĚŽNÝ PROVOZ PO REKONSTRUKCI (30.11.2016 - 1.11.2017)																
Parametr	konduktivita	barva	zákal	chlor volný	amonné ionty	dusičnany	dusitany	CHSK-Mn	alkalita KNK 4,5	chloridy	vápník	hořčík	vápník a hořčík (tvrdost)	železo	mangan	hliník
Jednotka	[mS/m]	[mg/l Pt]	[ZF ₁₀]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
VYHLÁŠKA - LIMIT	125	20	1	0,3	0,5	50	0,1	3	-	100	30 (MH) 40-80 (DH)	10 (MH) 20-30 (DH)	2-3,5	0,2	0,05	0,2
TYP LIMITU	MH	MH	MH	MH	MH	NMH	NMH	MH		MH			DH	MH	MH	MH
MAX	47,8	2,9	0,75	0,4	0,32	9,9	0,083	1,89	3,63	23,6	70,4	13,7	2,09	0,01	0,018	0,16
MIN	22,7	0,8	0,75	0,07	0,065	2	0,0025	0,39	1,03	4	32,6	2,2	0,98	0,01	0,002	0,02
PRŮMÉR	37,4	1,60	0,75	0,20	0,075	6,0	0,0053	0,77	2,42	13,2	51,9	6,4	1,56	0,01	0,006	0,04
POČET	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
SPLŇUJE	42	42	42	37	42	42	42	42		42	42	1	3	42	42	42
NESPLŇUJE	0	0	0	5	0	0	0	0		0	0	41	39	0	0	0

Shrnutí a zhodnocení

Na základě tabelárních vyhodnocení v surové vodě je v první řadě patrná tendence, která již byla naznačena v podkapitole 5.1.1, a to, že v běžném provozu po rekonstrukci poklesy hodnoty mikrobiologických ukazatelů oproti obdobím minulým. Výraznou hodnotou v běžném provozu po rekonstrukci je maximální hodnota 160 000 KTJ/ml ukazatele *počty kolonií při 22°C*. Tato hodnota byla naměřena dne 21.2.2017, což je den, kdy došlo k zacpání odběrného objektu úpravny vody ledovými krami a musela být z důvodu nedostatku vody úpravna vody odstavena (blíže viz podkapitola 3.1). Dále plyne z výsledků závěr, že jakost surové vody mezi mikrobiologickými ukazateli v toku jak v obdobích minulých, tak v běžném provozu po rekonstrukci spadá do tříd jakosti A2 až A3. Mezi dalšími ukazateli převládá ve většině případů jakost A1. Významnější zastoupení v jakosti A2 má například $CHSK_{Mn}$ a zhoršenou jakost surové vody je možné vysledovat také v parametrech železo a mangan.

Co se týče upravené vody, mikrobiologické ukazatele v běžném provozu po rekonstrukci vyhovují téměř vždy (problém s *počty kolonií při 36°C* byl podrobně popsán v podkapitole 5.1.1 a občasný výskyt živých organismů se již objevoval). Velké číslo nesplňující doporučenou hodnotu, je teplota, o které bylo také pojednáno výše viz podkapitola 5.1.2). Problémy s doporučenou hodnotou vápníku a hořčíku způsobuje geologie podloží říčních koryt v přítocích toku Vsetínské Bečvy.

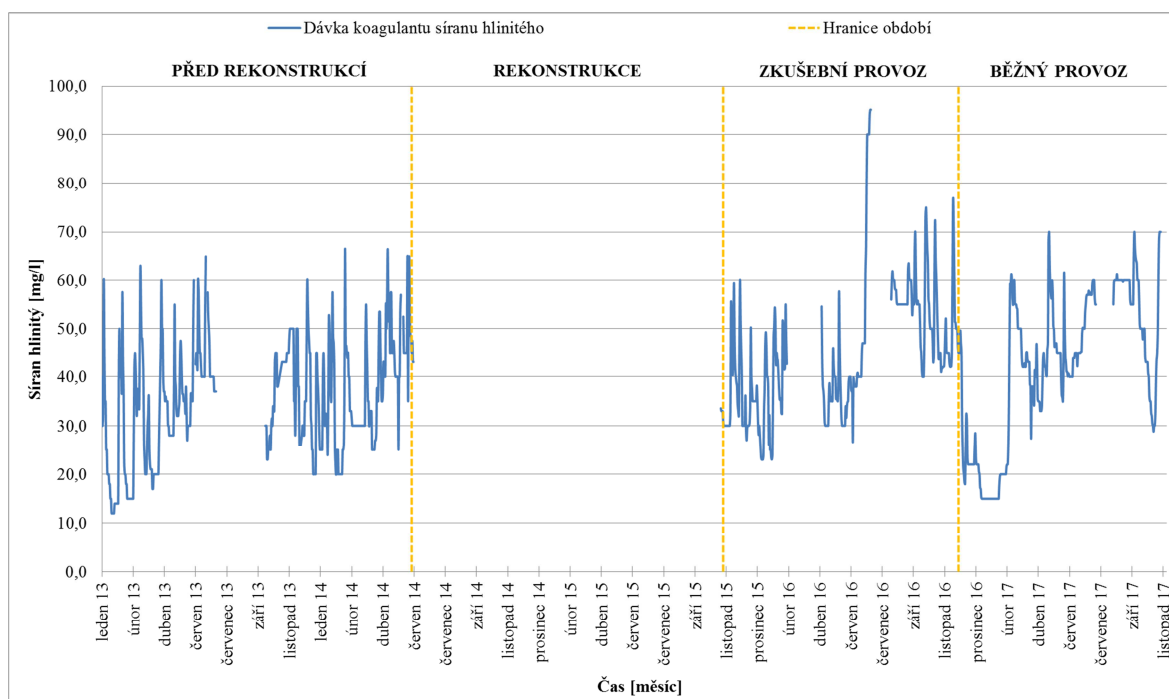
5.2 Vyhodnocení vybraných parametrů úpravy vody po rekonstrukci

Podkapitola 5.2 zpracovává vybrané parametry procesu úpravy vody. Snahou je ukázat jejich vývoj z hlediska času rozděleného do období před rekonstrukcí před rekonstrukcí úpravny vody (1/2013 – 6/2014), období zkušebního provozu (10/2015 – 10/2016) a období běžného provozu (11/2016 – 11/2017) stejně jako tomu bylo v předcházejících podkapitolách.

5.2.1 Parametry měřené kontinuálně sondami

5.2.1.1 Dávka koagulantu síranu hlinitého

Velikost dávky koagulantu síranu hlinitého je sledována v grafu 39. Dávka síranu hlinitého se stanovuje na základě výsledků laboratorních a poloprovozních zkoušek prováděných před rekonstrukcí úpravní vody v rámci návrhu technologického procesu úpravy vody. Při těchto zkouškách byl dávkován koagulant do vody o známém zákalu. Na základě toho se za účelem dosažení co nejlepšího vločkovacího efektu stanovila škála velikostí dávek koagulantu v závislosti na hodnotě zákalu v surové vodě. Dávka se upravuje podle stanovených rozsahů zákalu v surové vodě měřených čidlem umístěným v potrubí za čerpadlem surové vody v čerpací stanici. Z grafu 39 předkládajícího průběh dávkování koagulantu je možné vysledovat poměrně skokové změny dávkování koagulantu v rámci zkušební provozu s cílem nalézt optimální řešení.



Graf 39: Dávkování koagulantu síranu hlinitého (2013 - 2017)

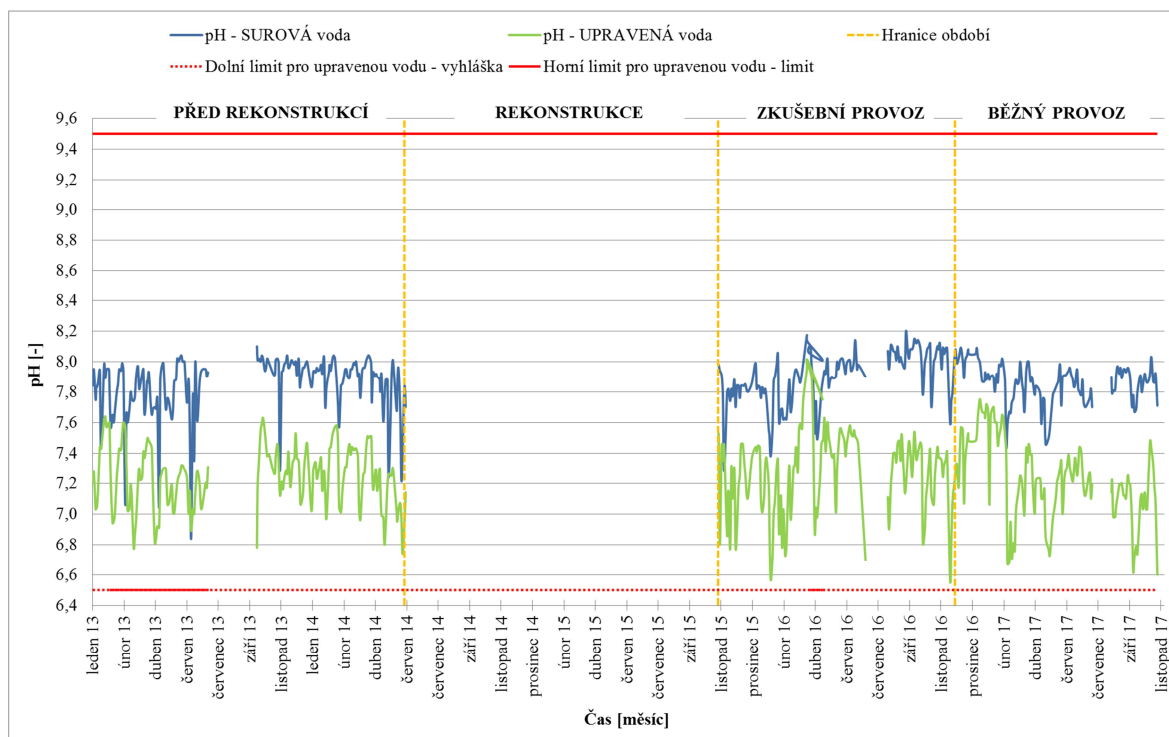
V běžném provozu po rekonstrukci je naopak možné vidět kolísající dávky koagulantu, které při srovnání s grafem 30 (prezentujícím dávku koagulantu a kontinuální

hodnotu zákalu v surové vodě za hydrologický rok 2016/2017) sledují vývoj parametru zákalu a řídí se jím.

5.2.2 Parametry měřené v laboratoři na úpravně vody

Následující 2 parametry – *reakce vody* a $CHSK_{Mn}$ nejsou na úpravně vody měřeny kontinuálně čidlem, ale jsou odebírány jednou za 2 až 3 dny obsluhou úpravní vody a vyhodnocovány laboratorně. Surová voda je odebírána v místě k tomu určeném v objektu úpravní vody poblíž sedimentačních nádrží a upravená pitná voda je odebírána na odběrném místě pitné vody na výtlačném řadu v objektu úpravní vody z akumulární nádrže do vodojemu Štěpánov HTP. Grafy kromě typického rozdělení časových období obsahují také vyznačení limitních hodnot daných vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění.

Reakce vody



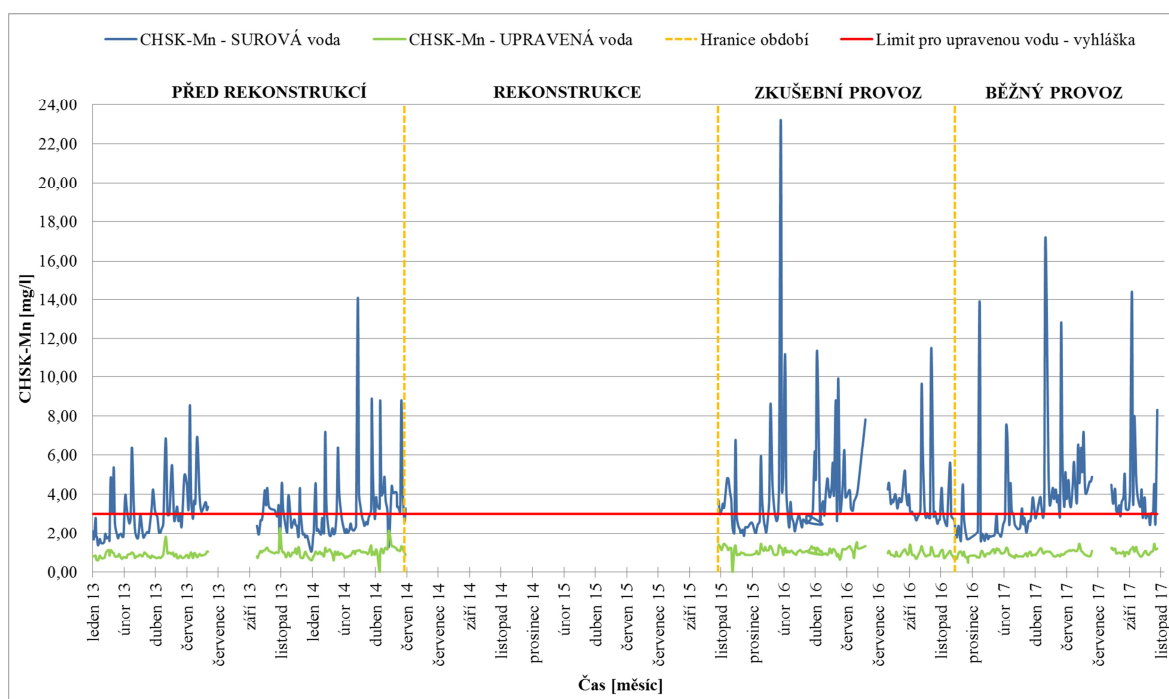
Graf 40: pH vody v surové a upravené vodě (2013 - 2017)

Jak je z grafu 40 dobře patrné, limitní hodnoty pH vody jsou ve všech případech splněny a surová vody kolísá mezi hodnotami pH přibližně 7,5 – 8, z čehož se upravená voda klesá nejčastěji k hodnotám pH 7 – 7,5. Co se týče trendu parametru reakce vody, za

poslední období – běžný provoz po rekonstrukci – je rozpoznatelná lehce klesající tendence oproti předchozím obdobím.

CHSK_{Mn}

Parametr CHSK_{Mn} je stanoven v odebrané vodě přímo pracovníky úpravní vody v objektu budovy. V surové vodě se projevuje nevyrovnaným průběhem a střídáním hodnot. Zvýšené hodnoty jsou zaznamenány minimálně jednou prakticky v každém ročním období a takovýto trend si upravená voda držela i v předchozích obdobích. Navzdory tomuto střídání velikosti hodnot parametru CHSK_{Mn} je skutečnost, že při pohledu na průběh CHSK_{Mn} v upravené vodě toto kolísání hodnot v CHSK_{Mn} ze surové vody není takřka rozpoznatelné.



Graf 41: Průběh CHSK-Mn v surové a upravené vodě (2013 - 2017)

6 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá zpracováním dat z čítače pevných částic ve vztahu k ukazatelům jakosti surové i upravené vody a parametrům při úpravě vody. Ve své druhé části navazuje na zkušební provoz a běžný provoz po rekonstrukci úpravní vody Valašské Meziříčí ve formě statistického vyhodnocení ukazatelů jakosti vody a grafické formy vybraných parametrů úpravy vody.

Součástí práce bylo zpracování vlivu extrémních situací na provoz úpravní vody vinou klimatických změn. Bylo podloženo, že extrémní situace působí na zdroj surové vody, řeku Vsetínskou Bečvu, což se do jisté míry v některých situacích odráží na provozu úpravní vody a výsledky z této části pomohly objasnit příčiny nestandardních hodnot v navazujících částech diplomové práce. Jedná se zejména o minimální průtoky v toku, které se nacházejí pod hranicí hydrologického sucha. To se projevuje zhoršenými ukazateli jakosti vody zastoupenými teplotou překračující 20°C a s tímto spojenými zhoršenými pachovými vlastnostmi vody. Dále měly na provoz úpravní vody vliv jarní ledochody, kdy došlo k ucpání odběrného objektu úpravní vody ledovými krami a bylo tak znemožněno čerpání surové vody. Bylo zde zjištěno, že parametr zákalu má sice tendenci blížit se průběhu změn průtoku, avšak neznamena to, že při vysokém průtoku se vyskytuje vysoká hodnota zákalu. Směrem, kterým by se dalo ubírat, by mohlo být sofistikovanější automatizované stanovení dávky koagulantu síranu hlinitého, které by respektovalo neustálé změny v jakosti surové vody. Hluběji bylo toto zhodnocení rozebráno v dílčím závěru podkapitoly 3.3.

Výsledky plynoucí z čítače částic, co se týče distribuce velikosti pevných částic dle velikosti, ukázaly velkou rozkolísanost nejmenších velikostí (velikosti 2 μm a 3 μm) a řádové rozdíly mezi počty částic pro jednotlivé velikosti. Pro potřeby porovnání ukazatelů jakosti vody z rozborů vody odebíraných jednou za týden byl proveden výpočet doby zdržení vody od vtoku surové vody odběrným objektem po průchod vody čítačem částic. Tato doba v závislosti na rozmezí průtoků, které jsou stabilně drženy mezi 25 až 28 l/s, odpovídá přibližně 7 hodinám a 20 minutám až 6 hodinám a 50 minutám. Na tomto základě bylo zpracováno tabelární vyhodnocení ukazatelů jakosti vody s přiřazeným počtem částic čteným v místě za filtry s granulovaným aktivním uhlím. Z těchto výsledků byl sledován trend, že pokud je počet částic o velikosti 15 μm větší než 1 n/ml, ukazatel abiosestonu je v surové vodě větší nebo roven 2 % a pokud jsou přístrojem změřeny

hodnoty počtu částic velikosti 25 μm větší nebo rovno 1 n/ml, pak se dle rozborů v surové vodě nachází více než 1000 jedinců/ml organismů a živých organismů. V upravené vodě, pokud se jedná o skutečnost, že je počet částic o velikosti 15 μm větší než 1 n/ml, objevuje se v upravené vodě nenulový počet organismů. Dále při 25 μm velikých změřených částicích o počtu ≥ 1 n/ml byl v rozbořech vody zaznamenán nenulový počet kolonií při 22°C . Při počtu ≥ 13 n/ml částic o velikosti 10 μm a současně počtu $4 \geq$ n/ml o velikosti 15 μm byl v upravené vodě zaznamenán ukazatel CHSK_{Mn} větší než 1,3 mg/l. Na základě těchto nalezených spojitostí mezi počty částic a ukazateli jakosti vody získanými z rozborů vody bych doporučil opětovné ověření zde popsaných tendencí po dalším časovém úseku. Pokud by se potvrdily v budoucí studii tyto mé výsledky, mohl by být vytvořen a poskytnut přehled hodnot, který by mohl být k dispozici obsluze úpravny vody. Na základě toho by mohla obsluha reagovat například takto: při nenulovém počtu částic o velikosti 25 μm , by zvýšila dávku koagulantu a uvedla do provozu všechny sedimentační nádrže pro prodloužení doby zdržení, jelikož tento údaj z čítače částic na základě předchozích zpracovaných výsledků indikuje přítomnost zvýšeného počtu kolonií při 22 °C v surové vodě. Pokud by se tyto výsledky v opakovaném zkoumání potvrdily, byl by to velice účinný nástroj jak zvýšit efektivitu procesu úpravy vody a zajistit co nejlepší kvalitu pitné vody pro obyvatelstvo, jelikož údaje z čítače částic jsou obsluze úpravny vody k dispozici kontinuálně.

Výsledky, kdy byly spolu do grafů vloženy počty částic o různé velikosti z čítače částic, ukázaly jisté spojitosti mezi zvýšeným počtem částic o velikosti 2 μm v maximálních dosahovaných hodnotách počtu částic u maximálních hodnot ukazatelů. Tato tendence však neplatí vždy a potvrzuje velkou rozkolísanost částic o velikosti 2 μm . U částic o velikosti 5 μm byla vysledována do jisté míry spojitost mezi zákalem měřeným turbidimetrem za filtry s granulovaným aktivním uhlím a počtem částic z čítače částic. Jednalo se o tendenci zvýšeného počtu částic o velikost 5 μm a s tím spojené zvýšené hodnoty zákalu. Metody, jakými je zpracována tato práce, nevykazují jednoznačné a spolehlivé spojitosti mezi dalšími velikostmi čítaných částic a parametry úpravy vody nebo její jakosti. Možnou cestou, jak zhodnotit nebo nalézt možnosti kooperace mezi přístrojem čítač částic a sledováním ukazatelů jakosti vody, by mohlo být předmětem hlouběji zaměřené studie, či práce zabývající se složitějšími korelacemi mezi zájmovými parametry a výstupy z čítače částic.

Část práce zabývající se zhodnocením jakosti vody prostřednictvím rozborů vody vztažených na období před rekonstrukcí úpravní vody, zkušebního provozu a období běžného provozu po rekonstrukci v tabelární formě ukázala zařazení mikrobiologických ukazatelů surové vody dle vyhlášky č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) - v platném znění, mezi třídy jakosti A2 až A3. Převážná většina dalších ukazatelů poté spadala do třídy A1. Při zpracování upravené vody byly ukazatele jakosti upravené vody vyhodnoceny podle limitů daných vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění. Zde se jednalo téměř výlučně o splnění všech limitních hodnot. Při porovnání jednotlivých období (před rekonstrukcí, zkušebního provozu a běžného provozu po rekonstrukci) bylo možné sledovat ustálení výkyvů a hodnot. Parametry sledované při úpravě vody představily mírnou tendenci poklesu pH ve vodě a velmi dobrou schopnost úpravní vody redukovat měnící se špičkové hodnoty parametru $CHSK_{Mn}$, a značnou rezervu parametrů upravené vody vůči limitním hodnotám daným vyhláškou Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. – v platném znění.

7 SEZNAM LITERATURY A PODKLADŮ

- [1] ADLER, P. A KOL.: *Rekonstrukce úpravny vody Valašské Meziříčí, část sedimentace a filtrace (DSPS)*. Souhrnná technická zpráva č. VS-274-1638. Hranice na Moravě, 2015, 38 s
- [2] BENJAMIN, Mark Millard, LAWLER, Desmond F.. *Water quality engineering: physical/chemical treatment processes*. Hoboken: Wiley, c2013. ISBN 978-1-118-16965-0.
- [3] COLWELL, Michelle. Using particle counters to optimise water treatment plants. [online]. *63rd Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference*. s. 84 - 92. Gippsland Water, Brauer College – Warrnambool, 2000. [cit. 11.11.2017]. Dostupné z: WWW: <http://www.wioa.org.au/conference_papers/2000/pdf/paper11.pdf>.
- [4] DAILEY, James. *Use of Particle Counters for Measuring Water Treatment Plant Performance* [online]. ADEM, 2010. [cit. 18.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://www.adem.state.al.us/programs/water/waterforms/UseOfParticleCountersArticle.pdf>>.
- [5] DOLEJŠ, Petr, DOBIÁŠ, Pavel. Využití počítačů částic v technologii úpravy vody. *Vodní hospodářství* [online]. 2007, 57 (4), 111 – 113. [cit. 18.10.2017]. Dostupné z: WWW:<http://www.wet-team.cz/files/publikace/vh4_2007.pdf>.
- [6] DOLEJŠ, Petr, DOBIÁŠ Pavel, ŠTRAUSOVÁ Klára.: Porovnání filtrů s pískovou náplní a s náplní Filtralite Mono-Multi na dvou úpravách pitné vody v ČR. *Sborník konference Pitná voda 2012*. [online]. W&ET Team, Č. Budějovice 2012. [cit. 12.11.2017]. Dostupné z: WWW: <<http://www.wet-team.cz/files/konference/2012/PV%20sbornik%202012/Pitna%20voda%202012-24-Dolej%C5%A1%2C%20Dobi%C3%A1%C5%A1%202012.pdf>>.
- [7] EISNOR, John D., O'LEARY, Kevin C., GAGNON, Graham A. *Evaluation of Particle Removal at Water Treatments Plants in Nova Scotia*. [online]. Halifax, 2001. [cit. 8.11.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.596.4212&rep=rep1&type=pdf>>.

- [8] Filter Breakthrough (Particle Counts versus Turbidity). [online]. *Application Note AN-PCNT1. Particle Counting in a Municipal Drinking Water Treatment Plant*. Hach Company, 2004. [cit. 12.11.2017]. Dostupné z: WWW: <<https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984746>>.
- [9] HACH LANGE [online]. *Application Note AN-PCNT1. Particle Counting in a Municipal Drinking Water Treatment Plant*. Hach Company, 2004. [cit. 12.11.2017]. Dostupné z: WWW: <<https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984746>>.
- [10] HACH LANGE [online]. *WPC-21, WPC-22. User Manual*. 11/2016. [cit. 9.11.2017]. Dostupné z: WWW:<<https://uk.hach.com/asset-get.download.jsa?id=22245338255>>.
- [11] KADLECOVÁ, Veronika. *Dílčí vyhodnocení zkušebního provozu úpravny vody Mostiště*. Brno, 2015. Diplomová práce. Mendelova Univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie.
- [12] KRÁL, Pavel, DOBIÁŠ, Pavel. Garanční zkoušky flotační jednotky na ÚV Hradec Králové. *Sborník konference Pitná voda 2014*. [online]. W&ET Team, Č. Budějovice 2014. [cit. 9.9.2017]. Dostupné z: WWW:< <http://www.wet-team.cz/files/konference/2014/Sbornik%20PV2014/Pitna%20voda%202014-52-Kr%C3%A1l.pdf>>.
- [13] Light Blockage Particle Counter. *Machinery Lubrication*. [online]. Noria Corporation, 2002. [cit. 25.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://www.machinerylubrication.com/Read/351/particle-counters>>.
- [14] Light Scattering Particle Counter. *Machinery Lubrication*. [online]. Noria Corporation, 2002. [cit. 25.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://www.machinerylubrication.com/Read/351/particle-counters>>.
- [15] NORIA CORPORATION, The Low-Down on Particle. *Practising Oil Analysis*. [online]. 2002, (7). [cit. 25.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://www.machinerylubrication.com/Read/351/particle-counters>>.

- [16] PAMAS WATERVIEWER. *PAMAS WaterViewer*. [online]. PAMAS Partikelmess- und Analysesysteme GmbH, 2017. [cit. 18.11.2017]. Dostupné z: WWW: <<https://www.pamas.de/particle-counters/products-by-name/pamas-waterviewer.html>>.
- [17] Particles Buildup on the Screen of the APC. *Machinery Lubrication*. [online]. Noria Corporation, 2002. [cit. 25.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://www.machinerylubrication.com/Read/351/particle-counters>>.
- [18] *Particle Counters – Industry Expert Reviews, Comparisons & Comments. All Particle counters*. [online]. [cit. 18.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://www.particlecounters.org/all/>>.
- [19] Portable particle counter. *Using particle counters to optimise water treatment plants. 63rd Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference*. s. 84 - 92. [online]. COLWELL, Michelle, 2000. [cit. 11.12.2017]. Dostupné z: WWW: <http://www.wioa.org.au/conference_papers/2000/pdf/paper11.pdf>.
- [20] *Povodí Moravy*. [online]. [cit. 2017-11-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.pmo.cz/portal/sap/cz/index.htm>>.
- [21] RAINIŠ, Ladislav, BAJER, Tomáš. Úpravna Bedřichov slaví 30 let provozu. *SOVAK*. 2017, 26 (9), 1 – 4. ISSN 1210-3039.
- [22] RAINIŠ, L., BEYBLOVÁ, S., MICHALOVÁ, J. *Realizovaná opatření z hlediska provozovatele na ÚV Bedřichov při výskytu sinic v upravené vodě*. [online]. SČVK. [cit. 27.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://docplayer.cz/14534086-Realizovana-opatreni-z-hlediska-provozovatele-na-uv-bedrichov-pri-vyskytu-sinic-v-surove-vode-1-rainis-s-beyblova-j-michalova.html>>.
- [23] Sketch of the Coulter principle. *Coulter Counter & Coulter Principle*. [online]. South Australian Medical Heritage Society Inc, © 2011. [cit. 20.11.2017]. Dostupné z: WWW: <http://samhs.org.au/Virtual%20Museum/Medicine/Lab_and_other_tests_except_xray/Coulter-counter/Coulter-counter.htm>.

- [24] SPECTRO SCIENTIFIC. Guide to Particle Measurement Techniques. *Spectro Science*. [online]. Spectro Science, 2016. [cit. 25.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<https://www.spectrosci.com/resource-center/lubrication-analysis/literature/e-guides/guide-to-measuring-particles-in-oil/>>.
- [25] STEHNOVÁ, Monika, DRDA, Milan, ČERVENKA, Jiří. Příprava a realizace rekonstrukce ÚV Příkrý. *Voda Zlín 2015*. [online]. Zlín: Moravská vodárenská, a.s., 2016. [cit. 12.11.2017]. Dostupné z: WWW: <<http://www.smv.cz/index.php?cmd=document&id=1763>>.
- [26] SURESH, Sandra. Quality Control of Potable Water through Automatic Particle Counting. *gwf Wasser-Abwasser*. [online]. 2015, 156 (1), 1 – 3. [cit. 8.11.2017]. Dostupné z: WWW:<https://www.pamas.de/fileadmin/user_upload/download/press/english_publications/2015-07_English_Printbeleg_gwfInt1-2015_p.22-24.pdf>.
- [27] Zachycení polutantů membránami. *Aplikace nanotechnologií ve vodním hospodářství*. [online]. ASIO, spol. s.r.o., © 2011-2017. [cit. 31.10.2017]. Dostupné z: WWW:<<http://www.asio.cz/cz/361.aplikace-nanotechnologii-ve-vodnim-hospodarstvi>>.
- [28] ZVĚŘINA, Štěpán. *Vyhodnocení probíhajícího zkušebního provozu úpravny vody Valašské Meziříčí po rekonstrukci*. Praha, 2016. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství.

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozdělení čítačů částic podle druhu [18]	10
Tabulka 2: N - leté průtoky na Vsetínské Bečvě [m ³ /s], [20]	28
Tabulka 3: Maximální průtoky za hydrologický rok 2016/2017	30
Tabulka 4: Minimální průtoky za hydrologický rok 2016/2017	30
Tabulka 5: Počet hydrologicky suchých dní v měsících	30
Tabulka 6: Parametry jakosti surové vody 1 – max. průtoky	33
Tabulka 7: Parametry jakosti surové vody 2 – max. průtoky	33
Tabulka 8: Parametry jakosti upravené vody 1 – max. průtoky	34
Tabulka 9: Parametry jakosti upravené vody 2 – max. průtoky	34
Tabulka 10: Parametry jakosti surové vody 1 - min. průtoky	34
Tabulka 11: Parametry jakosti surové vody 2 - min. průtoky	35
Tabulka 12: Parametry jakosti upravené vody 1 - min. průtoky	35
Tabulka 13: Parametry jakosti upravené vody 2 - min. průtoky	35
Tabulka 14: Doba zdržení a sedimentační rychlosti v sedimentačních nádržích	54
Tabulka 15: Doba zdržení a filtrační rychlosti v pískových filtrech	57
Tabulka 16: Doba zdržení a filtrační rychlosti v GAU filtrech	60
Tabulka 17: Doby zdržení podle průtoků - varianta 1	61
Tabulka 18: Doby zdržení podle průtoků - varianta 2	62
Tabulka 19: Rozbory vody a data z čítače částic - surová voda 1	64
Tabulka 20: Rozbory vody a data z čítače částic - surová voda 2	65
Tabulka 21: Rozbory vody a data z čítače částic - upravená voda 1	66
Tabulka 22: Rozbory vody a data z čítače částic - upravená voda 2	67
Tabulka 23: Hodnoty počtu částic určité velikosti ovlivňující ukazatele jakosti surové vody	68
Tabulka 24: Hodnoty počtu částic určité velikosti ovlivňující ukazatele jakosti upravené vody	69
Tabulka 25: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 1	90
Tabulka 26: Parametry jakosti surové vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 1	90
Tabulka 27: Parametry jakosti surové vody pro běžný provoz po rekonstrukci 1	90
Tabulka 28: Parametry jakosti surové vody před rekonstrukcí 2	91
Tabulka 29: Parametry jakosti surové vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 2	91

Tabulka 30: Parametry jakosti surové vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 2.....	91
Tabulka 31: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 1	92
Tabulka 32: Parametry jakosti upravené vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 1	92
Tabulka 33: Parametry jakosti upravené vody pro běžný provoz po rekonstrukci 1	92
Tabulka 34: Parametry jakosti upravené vody před rekonstrukcí 2	93
Tabulka 35: Parametry jakosti upravené vody pro zkušební provoz po rekonstrukci 2.....	93
Tabulka 36: Parametry jakosti upravené vody pro běžný provoz po rekonstrukci 2	93

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Metoda blokace světla (Light blockage method) [13]	12
Obrázek 2: Metoda detekce světelného rozptylu (Laser light scattering method) [14].....	13
Obrázek 3: Metoda snímání el. pole elektrodami (Electrical sensing zone) [23].....	14
Obrázek 4: Rozdělení velikosti částic ve vodě dle svého původu [27].....	17
Obrázek 5: Metoda blokace pórů (Pore blockage method) [17]	18
Obrázek 6: Přístroj užívaný k počítání částic na University of Lorraine, Nancy [16]	21
Obrázek 7: Čítač částic na úpravně vody Heyfield v Austrálii [19].....	22
Obrázek 8: Pohled na úpravnu vody od hlavní brány	23
Obrázek 9: Pohled na vstup a manipulační rampu úpravny vody	24
Obrázek 10: Čítač částic ARTI WPC-22 (Hach Lange)	25
Obrázek 11: Přívod a odtok vody z čítače částic	26
Obrázek 12: Ukázka shrabování česlí na odběrném objektu (vlevo)	28
Obrázek 13: Pohled z odběrného objektu od Vsetínské Bečvy směrem k odběrné jímce (vpravo)	28
Obrázek 14: Odběrný objekt - pohled proti vodě, $Q = 27,4 \text{ m}^3/\text{s}$ dne 18.9.2017 (vlevo) ...	31
Obrázek 15: Odběrný objekt - pohled proti vodě, $Q = 16,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ze dne 24.11.2017 (vpravo)	31
Obrázek 16: Ledové kry - pohled po vodě dne 21.2.2017	32
Obrázek 17: Sedimentační nádrž č. 3	54
Obrázek 18: Pohled na otevřené rychlofiltry.....	58

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vztah mezi počtem částic a hodnotou zákalu při protržení filtru [8].....	16
Graf 2: Grafické znázornění průtokové řady ve Vsetínské Bečvě	29
Graf 3: Měření CHSK_{Mn} v surové vodě - max. průtoky (vlevo)	36
Graf 4: Měření CHSK_{Mn} v upravené vodě - max. průtoky (vpravo).....	36
Graf 5: Měření CHSK_{Mn} v surové vodě - min. průtoky (vlevo).....	37
Graf 6: Měření CHSK_{Mn} v upravené vodě - min. průtoky (vpravo).....	37
Graf 7: Parametry při úpravě vody, kulminace $Q = 236 \text{ m}^3/\text{s}$ (vlevo).....	38
Graf 8: Parametry při úpravě vody, kulminace $Q = 91,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (vpravo).....	38
Graf 9: Parametry při úpravě vody, kulminace $Q = 72,1 \text{ m}^3/\text{s}$	38
Graf 10: Parametry při úpravě vody, $Q = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$ (vlevo).....	39
Graf 11: Parametry při úpravě vody, $Q = 0,365 \text{ m}^3/\text{s}$ (vpravo)	39
Graf 12: Parametry při úpravě vody, $Q = 1,04 \text{ m}^3/\text{s}$	39
Graf 13: Parametry při úpravě vody, $Q = 3,89 \text{ m}^3/\text{s}$	40
Graf 14: Počet a distribuce částic o velikosti $2 \mu\text{m}$, $3 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$, $15 \mu\text{m}$, $25 \mu\text{m}$ v čase	43
Graf 15: Počet a distribuce částic o velikosti $2 \mu\text{m}$ v čase	44
Graf 16: Počet a distribuce částic o velikosti $3 \mu\text{m}$ v čase	44
Graf 17: Počet a distribuce částic o velikosti $5 \mu\text{m}$ v čase	45
Graf 18: Počet a distribuce částic o velikosti $10 \mu\text{m}$, $15 \mu\text{m}$ a $25 \mu\text{m}$ v čase.....	46
Graf 19: Zákal, CHSK_{Mn} , dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic $2 \mu\text{m}$	70
Graf 20: Zákal, CHSK_{Mn} , dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic $3 \mu\text{m}$	70
Graf 21: Zákal, CHSK_{Mn} , dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic $5 \mu\text{m}$	71
Graf 22: Zákal, CHSK_{Mn} , dávka koagulantu síranu hlinitého, vel. částic $10 \mu\text{m}$, $15 \mu\text{m}$, $25 \mu\text{m}$	71
Graf 23: Zákal za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic $2 \mu\text{m}$	73
Graf 24: Zákal za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic $3 \mu\text{m}$	74
Graf 25: Zákal za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic $5 \mu\text{m}$	74
Graf 26: Zákal za GAU filtry měřený zákaloměry, vel. částic $10 \mu\text{m}$, $15 \mu\text{m}$, $25 \mu\text{m}$	75
Graf 27: Zákal a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. $2 \mu\text{m}$	76
Graf 28: Zákal a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. $3 \mu\text{m}$	77
Graf 29: Zákal a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. $5 \mu\text{m}$	77

Graf 30: Zákaly a dávka koagulantu síranu hlinitého (výsledky ze sond), vel. 10 µm, 15 µm, 25 µm.....	78
Graf 31: Mikrobiologické ukazatele jakosti vody (vybrané parametry) - surová voda.....	81
Graf 32: Mikrobiologické ukazatele jakosti vody (počty kolonií při 22 °C) - surová voda	81
Graf 33: Mikrobiologické ukazatele jakosti vody (vybrané parametry) - upravená voda..	82
Graf 34: Průběh zákalu v surové a upravené vodě (2013 - 2017)	84
Graf 35: Průběh CHSK _{Mn} v surové a upravené vodě (2013 - 2017)	85
Graf 36: Hliník v upravené vodě (2013 - 2017)	86
Graf 37: Průběh teploty v surové vodě (2013 - 2017)	87
Graf 38: Průběh teploty v upravené vodě (2013 - 2017)	87
Graf 39: Dávkování koagulantu síranu hlinitého (2013 - 2017)	95
Graf 40: pH vody v surové a upravené vodě (2013 - 2017)	96
Graf 41: Průběh CHSK-Mn v surové a upravené vodě (2013 - 2017)	97