

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



VYHODNOCENÍ PROVOZU ČOV DOBŘÍŠ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Autor: Bc. Jana Mášová

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jana Mášová

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Vyhodnocení provozu ČOV Dobříš

Název anglicky

Evaluate the operation of WWTP Dobříš

Cíle práce

Cílem práce je rozbor problematiky čištění odpadních vod a vyhodnocení provozu ČOV Dobříš s případnými návrhy na zlepšení provozu ČOV.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis obce
6. Technické údaje ČOV Dobříš
7. Vyhodnocení provozu.
8. Návrhy na zlepšení provozu
9. Diskuze
10. Závěr
11. Použité zdroje
12. Přílohy

Doporučený rozsah práce

60 stran textu

Klíčová slova

čištění odpadních vod, technologie, provoz ČOV

Doporučené zdroje informací

HENZE M., HARREMOËS P., ARVIN E. (2002): Wastewater treatment. Springer- Verlag, Berlin Heidelberg- New York, 433 s.

HENZE M., LOOSDRECHT M., EKANA G., BRDJANOVIC D. (2003): Biological wastewater treatment. Principles, modelling and design. IWA Publishing , Cambridge University Press , 517 s.

HLAVÍNEK P., HLAVÁČEK J., 1996 : Čištění odpadních vod Praktické příklady výpočtů. NOEL 2000 s.r.o, Brno 196 s.

HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2001 : Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 251 s.

PYTLI V. a kol., 2004 : Příručka provozovatele čistírny odpadních vod.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou prací na téma: Vyhodnocení provozu ČOV Dobříš vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Dobříši dne 31. 3. 2022

Jana Mášová

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení provozu ČOV v Dobříši, která v letech 2009 a 2010 prošla rozsáhlou intenzifikací. V rešeršní části je popsána problematika stokování a čištění odpadních vod. Jsou zde popsány jednotlivé objekty a procesy probíhající na ČOV a parametry sloužící ke sledování limitů stanovených pro vypouštění odpadních vod. Ve druhé části práce jsou uvedeny základní údaje o území, ve kterém se zájmová ČOV nachází a jeho geologických a hydrologických poměrech. V praktické části jsou vyhodnocena data z provozu ČOV Dobříš v letech 2016 až 2020, která byla poskytnuta provozovatelem. Závěr práce je věnován návrhům na zlepšení, optimalizaci nebo možné inovaci.

Klíčová slova: čištění odpadních vod, technologie, provoz ČOV

Abstract

The aim of this diploma thesis is to evaluate the operation of the WWTP in Dobříš, which in 2009 and 2010 underwent extensive intensification. The research part describes the issue of sewerage and wastewater treatment. It describes the individual objects and processes taking place at the WWTP and the parameters used to monitor the limits set for the discharge of wastewater. The second part of the thesis contains basic information about the area in which the WWTP of interest is located and its geological and hydrological conditions. The practical part evaluates the data from the operation of the Dobříš WWTP in the years 2016 to 2020, which was provided by the operator. The conclusion of the thesis is devoted to suggestions for improvement, optimization or possible innovation.

Keywords: wastewater treatment, technology, WWTP operation

OBSAH

1	Úvod	1
2	Cíle práce	3
3	Literární rešerše	4
	3.1. Voda	4
	3.2. Odpadní voda	4
	3.2.1. Druhy odpadních vod	5
	3.2.2. Ukazatelé znečištění odpadních vod	7
	3.2.3. Doprava odpadních vod	10
	3.2.4. Čištění odpadních vod	11
	3.3. Stokování	13
	3.3.1. Druhy stokových sítí	13
	3.3.2. Uspořádání gravitačních stokových sítí	14
	3.4. Legislativa	15
	3.4.1. Legislativa České republiky	15
	3.4.2. Vodní politika EU	16
4	Metodika	18
5	Popis obce	19
	5.1. Vodárenství a stokování v Dobříši	22
	5.2. Stoková síť města Dobříš	26
6	Čistírna odpadních vod v Dobříši	29
	6.1. Čistírna odpadních vod do roku 2009	29
	6.2. Čistírna odpadních vod Dobříš - současný stav	30
7	Vyhodnocení provozu ČOV v Dobříši	39
	7.1. Limity jednotlivých parametrů a jejich hodnocení	39

7.1.1.	Množství vypouštěných odpadních vod	40
7.1.2.	Chemická spotřeba kyslíku	41
7.1.3.	Biochemická spotřeba kyslíku	43
7.1.4.	Nerozpuštěné látky	47
7.1.5.	Celkový dusík $N_{\text{celk.}}$	49
7.1.6.	Celkový fosfor $P_{\text{celk.}}$	51
7.1.7.	Vyhodnocení provozu ČOV Dobříš - shrnutí	53
8.	Návrh na doplnění technologie	54
9.	Diskuse	57
10.	Závěr	59
11.	Použité zdroje	60
12.	Přílohy	65

Seznam použitých zkratek

ČOV - čistírna odpadních vod

BSK - biochemická spotřeba kyslíku

CHSK - chemická spotřeba kyslíku

NL - nerozpuštěné látky

N_{celk} - celkový dusík

P_{celk} - celkový fosfor

EO - ekvivalentní obyvatel

pH - vodíkový exponent vyjadřující kyselost či zásaditost vodného roztoku

$N\text{-NH}_4$ - amoniakální dusík

Q_{24} - průměrný denní průtok

Q_d - maximální denní průtok

Q_h - maximální hodinový průtok

Q_{rok} - průměrný roční průtok

1. Úvod

Voda je nejjednodušší chemickou sloučeninou. Je limitujícím faktorem pro život na naší planetě. Bez vody není života, proto ji často nazýváme životodárnou. Přesto se nám možná zdá obyčejná, běžná... Přestože vodu považujeme za nevyčerpatelným zdroj, je třeba si uvědomit, že její množství na Zemi je stálé, konstantní. Mění se pouze její skupenství v prostoru a čase. Nelze ji vyrobit ani ničím nahradit.

Voda je nejrozšířenější látkou na Zemi. Je nezbytnou složkou životního prostředí nejen člověka, ale také všech živočišných a rostlinných ekosystémů. Je hlavním médiem transportu živin, jejich přijímání i vylučování. V tomto procesu nedochází k její fyzické spotřebě, ale k takzvané spotřebě ekonomické, kdy voda mění pouze své vlastnosti (barvu, teplotu, chemické složení apod.).

Česká republika je vnitrozemským státem v centru Evropy a její vodní poměry nejsou příznivé. Z hlediska odtokových poměrů se jedná v rámci kontinentu o pramennou oblast na rozvodnici, která je dotována atmosférickými srážkami. Žádná významnější řeka k nám nepřitéká. Kromě Labe, které zde pramení a odvodňuje většinu území přes Německo do Severního moře je Česká republika odvodňována ještě Odrou do Baltického moře a Moravou, Dyjí a Dunajem do moře Černého.

Podle výskytu dělíme vodu na povrchovou a podzemní. Ochrana vody je v České republice legislativně zajištěna zejména zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (dále jen „vodní zákon“), ale i řadou dalších zákonů, nařízení a norem. Hlavním smyslem vodního zákona je ochrana povrchových i podzemních vod, stanovení podmínek pro hospodárné využití vodních zdrojů, zachování a zlepšení kvality povrchových a podzemních vod.

Význam vody pro člověka a životní prostředí je popsán v dokumentu vydaném dne 6. května 1968 ve Štrasburku pod názvem *Evropská vodní charta*.

Činností člověka, průmyslovou a zemědělskou výrobou a zejména měnícím se životním stylem obyvatelstva se kvalita vody stále zhoršuje a vznikají vody odpadní. Celkové množství odpadních vod vypouštěných do vod povrchových činilo v České republice v roce 2020 1 502, 4 mil. m³. Zvyšující se potřeba ochrany životního prostředí s cílem dosáhnout postupného omezování ekologické zátěže vod na přijatelnou úroveň vede k potřebě modernizace a zavádění takových technologií, které jsou schopny reflektovat na stále se zvyšující nároky na kvalitu vyčištěných odpadních vod.

V podstatě vše, co se v současné době snaží společnost řešit se točí kolem vody – ekonomický růst, růst světové populace, změny klimatu, krize biodiverzity apod.

Voda je faktor, který určuje míru ekonomického růstu, fungujícího průmyslu, zajištění výživy a zdraví lidské populace, řešení klimatických změn a biodiverzity.

Vodohospodářskou politiku je proto potřeba nastavit tak, aby byly ochráněny a efektivně využívány vodní zdroje povrchové i podzemní vody, přirozené i umělé vodní nádrže a dodržována pravidla na nakládání s vodami odpadními v souladu s platnou legislativou. Je nutné neustále vyvíjet a zavádět nové technologie, které povedou ke stále větší ochraně vod, zamezení znečištění vody v recipientech a tím znečištění celého životního prostředí. Je potřeba, aby voda, kterou si v podstatě jen půjčujeme z jejího koloběhu se po našem použití ať už v průmyslových odvětvích či domácnostech, vracela zpět v takové kvalitě, jakou měla před jejím použitím.

V této diplomové práci jsem se zaměřila na čistírnu odpadních vod ve městě Dobříš, která prošla v letech 2009 – 2010 rozsáhlou intenzifikací. Provozovatelem mi byla poskytnuta data z pravidelných měření koncentrací hlavních ukazatelů znečištění na přítoku i odtoku z ČOV v letech 2016 až 2020. Ze získaných dat byla poté zjišťována účinnost čištění těchto látek v ČOV Dobříš. Následně byla tato data vyhodnocena a zpracována do tabulek a grafů. V závěru práce byla navržena doplňková technologie na dočištění odpadních vod a odstranění škodlivin, jejichž monitoring a likvidaci současná legislativa nenařizuje.

2. Cíle práce

Prvním cílem této diplomové práce bylo seznámení s problematikou odpadních vod, legislativou v oblasti čištění odpadních vod, popis jednotlivých druhů odpadních vod a způsobů jejich čištění.

Dalším cílem bylo seznámení se zájmovým územím, ve kterém se ČOV nachází a popis jednotlivých technologií ČOV Dobříš.

Hlavním cílem bylo vyhodnocení provozu ČOV Dobříš v letech 2016-2020 na základě dat poskytnutých provozovatelem a návrh případného doplnění či vylepšení technologií s cílem zajištění větší efektivity provozu ČOV.

3. Literární rešerše

3.1. Voda

Voda je jednou z nejdůležitějších podmínek pro život na Zemi. Tato jednoduchá sloučenina, skládající se z jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku je jedinečnou látkou, kterou nelze ničím nahradit. Ve vodě vznikl život a díky vodě se život na Zemi dále udržuje. Bez vody by nemohly probíhat procesy uvnitř ani vně organismů (Reichholf, 1998). Hydrosféra, tedy souhrn veškeré vody na Zemi není samostatný systém, ale je úzce propojena s atmosférou a litosférou a teprve díky tomuto propojení je umožněno fungování všech světových ekosystémů a životního prostředí (Pačes, 2009). Oběh vody na Zemi je nepřetržitý a uzavřený proces, podmíněný působením slunečního záření a zemské tíže (Alena et Vlastimil Vondruškovi, 2013). Z celkového množství vody na Zemi jsou pouze 2,6 % vody kontinentální, tedy vody sladké. Převážná část této vody, zhruba 75%, je vázána v ledovcích, 14% tvoří vodu podzemní a 11% tvoří vodu povrchovou (Bumerl 2003). Povrchovou vodou jsou vodní toky a jezera, atmosférická voda a voda vázána v organismech či jako půdní vlhkost (Matula & Melioris, 1989). Množství vody na Zemi je neměnné, mění se pouze její skupenství a výskyt v prostoru a čase (Reichholf, 1998). Na Zemi neustále probíhají biologické a hydrologické cykly, které jsou stejně jako lidská činnost neodmyslitelně provázané s cirkulací vody (Pačes, 2009). Pohyb vody je v rámci globálního koloběhu látek v přírodě absolutní, tedy téměř nezničitelný a nelze ho uměle vyvolat. Voda jako taková nemůže existovat bez pohybu. Dostatek pitné vody představuje v dějinách lidstva jednu ze základních podmínek samotného bytí. Po celá staletí lidé získávali vodu pro svou potřebu z vodních toků, potoků, řek a studní. S vývojem měst a obcí a s rostoucí urbanizací byly budovány městské a obecní studny a později také vodovody a kanalizace. První vodovody byly zřizovány v kláštrech, šlechtických sídlech a větších městech. V návaznosti na rozvoj měst a obcí a potřebou zabránění epidemiím v důsledku kontaminace znečištěnými vodami bylo nutno řešit čištění vod jímaných, ale také odpadních (Alena et Vlastimil Vondruškovi, 2013).

3.2. Odpadní voda

Dle § 38 zákona č. 254/2001 Zákon o vodách a o změně některých zákonů (dále jen „Vodní zákon“) jsou odpadními vodami „*Vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních*

prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod“. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu“.

Celkové množství odpadních vod vypouštěných do vod povrchových činilo v České republice v roce 2020 1 502,4 mil. m³ (Zpráva o životním prostředí 2019)

3.2.1. Druhy odpadních vod

Odpadní vody jsou děleny na vody splaškové, zemědělské, průmyslové, povrchové srážkové, infekční, balastní a vody ostatní.

Splaškové odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou vody pocházející z domácností, z městské vybavenosti, škol, úřadů, kulturních zařízení apod. Jsou to také odpadní vody pocházející z restaurací a jiných stravovacích zařízení, jež byly odvedeny přes odlučovače tuků do kanalizace (Bindzar J. 2009). Splaškové vody jsou někdy nazývány komunálními odpadními vodami. Látky obsažené ve splaškových vodách mají původ v produktech metabolismu (až 80% organických látek ve splaškových vodách tvoří fekálie a moč) a produktech lidské činnosti zejména v domácnostech – zbytky jídel, čisticí a úklidové prostředky a mnohé další (Hlavínek et al., 2006).

Látky, vyskytující se ve splaškových vodách dělíme na organické a anorganické. Ty se dále dělí na rozpuštěné a nerozpuštěné. Nerozpuštěné se poté dělí ještě na usaditelné a neusaditelné. V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty produkce specifického znečištění na jednu osobu a den.

Látky	Anorganické	Organické	Veškeré	BSK₅
nerozpuštěné (NL)	15	40	55	30
usaditelné	10	30	40	20
neusaditelné	5	10	15	10
rozpuštěné	75	50	125	30
veškeré	90	90	180	60

Tab. 1 – Hodnoty produkce specifického znečištění v gramech na osobu a den (ČSN 75 6401)

Zemědělské a průmyslové odpadní vody

Zemědělské a průmyslové odpadní vody jsou vody, které byly použity a znečištěny při výrobních procesech. Složení těchto odpadních vod je závislé na konkrétním druhu zemědělské/průmyslové výroby (Bindzar J., 2016). Podle druhu znečišťujících látek se průmyslové odpadní vody dělí na převážně organicky znečištěné a převážně anorganicky znečištěné. Průmyslové odpadní vody se mohou čistit spolu s odpadními vodami městskými nebo samostatně (Chudoba et al., 1991).

Srážkové povrchové vody

Srážkové vody jsou vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky ze zemského povrchu. Jejich chemické složení je závislé na znečištění ovzduší, množství a druhu plynných, kapalných i pevných částic v ovzduší podle lokality. Množství je dáno intenzitou srážek, povrchovou retencí, součinitelem odtoku a rozlohou odvodňovaného území (Čížek et al., 1970).

Infekční vody

Infekční vody jsou vody odváděné z nemocničních zařízení, výroben očkovacích látek, mikrobiologických zařízení, sanatorií a obdobných provozů. Mohou obsahovat choroboplodné zárodky takového druhu, že před vypouštěním vyžadují zvláštní opatření (Čížek et al., 1970). Zásady pro odvádění odpadních vod ze zdravotnických zařízení uvádí ČSN 75 6406.

Vody balastní

Balastní vody jsou takové, které se dostávají do kanalizačního potrubí netěsnostmi, nebo tam jsou svedeny úmyslně. Ve stokové síti jsou tyto vody nežádoucí, jelikož ochlazují odpadní vody. Množství balastních vod je zjišťováno měřením nebo odhadem. U nás je toto množství 10-15% z celkového množství (Hlavínek, 2006).

Ostatní odpadní vody

Jsou vody, které se dostaly do stokové sítě za nepředvídaných okolností, například z prasklého vodovodního řádu (Sobota, 2006).

3.2.2. Ukazatelé znečištění odpadních vod

Ukazatele znečištění odpadních vod lze rozdělit do několika skupin. Do skupiny *senzorických ukazatelů* patří vzhled a pach, do skupiny *ukazatelů fyzikálních* teplota, zákal a barva. *Acidobazické ukazatele* vyjadřují chemickou reakci odpadních vod vyjádřenou stupněm pH, na základě, kterého jsou definovány vody zásadité, neutrální a kyselé. Mezi nejdůležitější ukazatele patří *ukazatele kyslíkového režimu* - biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ a chemická spotřeba kyslíku CHSK. *Hmotnostním ukazatelem* jsou nerozpuštěné látky NL, u kterých se dále zjišťuje podíl látek usaditelných a neusaditelných. Dále se zjišťuje *obsah* tzv. *biogenních prvků* - celkový dusík N_{celk.} a celkový fosfor P_{celk.} (Říha et al., 2002). Kontrola kvality podle jednotlivých ukazatelů se provádí na přítoku i na odtoku z čistírny odpadních vod. Četnost měření je dána velikostí ČOV a je stanovena vyhláškou (Petrů, 1974). Mezi organické látky, které jsou obsaženy v odpadních vodách patří zejména tuky, bílkoviny, volné aminokyseliny, sacharidy a další rozpuštěné organické kyseliny. Mezi metody, kterými se stanovují sumy všech organických látek pomocí spotřebovaného kyslíku na jejich oxidaci patří biochemická spotřeba kyslíku a chemická spotřeba kyslíku (Chudoba et al., 1991).

Biochemická spotřeba kyslíku – BSK₅ je definována jako množství kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek na rozklad organických látek v aerobním prostředí. Je nejvýznamnějším ukazatelem znečištění odpadních vod. Udává se v mg/l. Stanovení biochemické spotřeby kyslíku se provádí smícháním odpadní a čisté vody, následným uložením do tmy, za teploty 20°C po dobu pěti dní. Po pěti dnech se opět stanoví obsah kyslíku a ze vzniklého rozdílu se určí hodnota BSK₅ (Pošta et al., 2005). Příkladem může být například naměřená hodnota BSK₅ = 15 mg/l - vyjadřuje skutečnost, že mikroorganismy spotřebovaly za 5 dní 15 mg kyslíku v jednom litru vody k tomu, aby rozložily organické znečištění (Švehla et al., 2007).

Chemická spotřeba kyslíku – CHSK je množství kyslíku, které je za určitých podmínek spotřebováno na oxidaci organických látek v odpadní vodě za přítomnosti oxidačních činidel, například dichromanu draselného (K₂Cr₂O₇) nebo manganistanu draselného (KMnO₄) (Pitter 2009).

Poměr BSK/CHSK je používán jako dobrý indikátor biologické rozložitelnosti organických látek v odpadních vodách. Pokud se tento poměr pohybuje mezi hodnotami 0,5 až 0,7 jedná se o dobře rozložitelné znečištění. Poměr 0,1 udává

dokonale biologicky vyčištěné odpadní vody. Čím je poměr těchto hodnot menší tím je obsah biologicky nerozložitelných látek v odpadní vodě větší (Chudoba et al, 1991).

Nerozpuštěné látky – NL vyjadřují obsah pevných látek vyskytujících se v surových i odpadních vodách. Jsou významným indikátorem jejich jakosti. Dělí se do dvou skupin – nerozpuštěné látky usaditelné (suspendované) a neusaditelné (nesuspendované) (Pytl et al., 2004). Neusaditelné látky zůstávají rozptýlené ve vodě a pokud není přidán nějaký flokulant nesedimentují v přijatelném čase (Hlavínek et al, 2001). Nerozpuštěné látky lze dále dělit na splaveniny a plaveniny. Splaveniny jsou unášeny vodou, zatímco plaveniny se vznášejí na hladině a později se usazují coby sedimenty (Pitter, 2009). Nerozpuštěné látky mohou vytvářet tzv. kalové lavice, kde bez přístupu vzduchu organické látky vyhnívají (Pošta et. al., 2005).

Rozpuštěné látky jsou skupinou nečistot, kterou nelze z odpadních vod odstranit usazováním. Ovlivňují kyselost vody pH, její pach, ale nepříznivě působí také na biologický život ve vodě. Jejich toxicitu způsobuje přítomnost rozpuštěných solí těžkých kovů, např. olova, rtuti nebo selenu, které se ve vysokých koncentracích hromadí ve vodních organismech (Henze et al., 2002).

Za speciální znečištění lze označit skupinu znečišťujících látek, které pocházejí z provozoven, jež jsou obvykle součástí velkých závodů, avšak bývají situovány odděleně. Jsou to provozy, které se zabývají například povrchovou úpravou kovů – chromování, stříbření, niklování. S ohledem na obsah sloučenin kovů a jedovatých kyanidů mají tyto provozy povinnost odstranit z vod tyto látky ještě před jejich vypuštěním (Herle, Bareš, 1990).

Celkový dusík – N_{celk} – dusík patří mezi nutrienty, které jsou nezbytné pro rozvoj mikroorganismů. V odpadních vodách se vyskytuje ve formě anorganické (dusičnany, dusitany, amoniakální dusík) a ve formě organické (močovina). Celkový dusík je součet anorganického a organického dusíku. Anorganické formy dusíku jsou na čistírnách odstraňovány nitrifikací (oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany) a denitrifikací (redukce dusitanů a dusičnanů na oxid dusný). Do odpadních vod se dusík dostává zejména ze zemědělské činnosti (Pitter 2009; Henze et Harremoës 1992)

Celkový fosfor - P_{celk} – celkový fosfor, který je v čistírnách odpadních vod sledován je součtem rozpuštěného a nerozpuštěného fosforu. Je kontrolován z důvodu

eutrofizace vod. Antropogenním zdrojem fosforu jsou zejména čistící, prací a odmašťovací prostředky používané v průmyslu i domácnostech stejně jako produkce fekálií. Dalším velkým zdrojem fosforu je zemědělská činnost – velkochovy hospodářských zvířat a používání fosforečných hnojiv. Zdrojem fosforu v přírodě je rozklad biomasy zooplanktonu a fytoplanktonu a úhyn nižších a vyšších živočichů (Lellák a Kubíček, 1992; Pitter 2009).

Jako charakteristiku celkové míry znečištění odpadních vod používáme hodnoty znečištění vztahované na jednoho ekvivalentního obyvatele EO (Švehla et al., 2004).

Ukazatel znečištění	Jednotka	Údaj
NL	g	55
BSK ₅	g	60
CHSK	g	109
C _{org}	g	40
BSK ₅ /CHSK	-	0,55
C _{org} /CHSK	-	0,37
BSK ₅ /C _{org}	-	1,50
Celkový dusík (N _{celk})	g	12
Celkový fosfor (P _{celk})	g	2 - 4
Extrahovatelné látky	g	15

Tab. 2 - Průměrné hodnoty ukazatelů znečištění (g/1 EO a den)(Chudoba, 1991)

Emisní standardy – nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod, přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru (průměr) koncentrací ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l - příloha č. 1 nařízení vlády NV č. 401/2015.

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _c		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m	průměr	m
< 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30			3	8
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Tab. 3 – Emisní standardy (Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

Přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (minimální procento úbytku) - příloha č.1 nařízení vlády NV č. 401/2015.

Kategorie ČOV (EO)	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N _{celk}	P _{celk}
< 500	70	80	-	-	-
500 - 2 000	70	80	50	-	-
2 001 - 10 000	75	85	60		70
10 001 - 100 000	75	85	-	70	80
> 100 000	75	85	-	70	80

Tab. 4 – Emisní standardy: přípustná minimální účinnost čištění vypouštěných odpadních vod (minimální procento úbytku)(Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

Minimální roční četnosti odběrů vzorků vypouštěných městských odpadních vod pro sledování jejich znečištění – příloha č. 4 k nařízení vlády NV 401/2015 Sb.

Kategorie ČOV (EO)	Typ vzorku	četnost odběru
<500	A	4
500 - 2 000	A	12
2 001 - 10 000	B	12
10 001 - 100 000	C	26
>100 000	C	52

Tab. 5 – Četnost odběrů (Příloha č. 4 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb.)

typ A - dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut,

typ B - 24 hodinový směsný vzorek, získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin,

typ C - 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku (NV č. 401/2015, 2015)

3.2.3. Doprava odpadních vod

Volba způsobu dopravy odpadních vod do čistíren je ovlivněna typem kanalizační soustavy, ale zejména členitostí terénu. Za tradiční způsob je považována jednotná nebo oddílná soustava s gravitační dopravou odpadních vod. V případě např. terasovitého terénu, rozptýlené zástavby, velkou hustotou inženýrských sítí nebo nepříznivého podloží je vhodné zvolit alternativní způsoby dopravy. Alternativním typem je například tlaková kanalizace, která je založena na principu přetlaku uvnitř sítě. Dále podtlaková kanalizace, kdy je odpadní voda dopravována do podtlakových stanic po dávkách jako směs kapek, které jsou díky otevření sacího ventilu unášeny proudem vzduchu. Gravitační maloprofilová kanalizace je způsob, kdy jsou odpadní vody dopravovány gravitačním způsobem potrubím velkých délek

a malé výšky. V tomto případě musí být čistírna umístěna níže než připojované objekty. Nevýhodou těchto alternativních způsobů je jejich ekonomická náročnost a častá údržba (Hlavínek, 2006).

3.2.4. Čištění odpadních vod

Každodenní lidskou činností dochází ke značnému znečištění vody, proto bylo nutné věnovat této problematice pozornost a nalézt řešení, jak uvést vodu zpět do stavu, kdy není pro organismy závadná.

Procesy v čistírnách odpadních vod dělíme na dva základní způsoby – mechanické a biologické.

Mechanický stupeň čištění

Mechanický stupeň čištění je primárně určen k zachytu hrubých nečistot a pevných součástí v přitékající odpadní vodě. Zároveň slouží jako ochrana strojního vybavení čistírny. V mechanickém stupni ČOV jsou zařazeny česle, lapače tuku, lapače štěrků a usazovací nádrže.

Lapáky štěrků jsou zařazeny jako první stupeň čistícího procesu. Zachycují hrubé frakce v odpadní vodě – štěrk a písek. Obvykle se jedná o dvě sedimentační komory v paralelním zapojení. Jedna komora je v provozu zatímco druhá se čistí a následně zůstává v záloze. Vyprazdňování se provádí drapákovým bagrem. (Hlavínek, Mičín, Prax, 2001).

Takto předčištěná voda je dále čerpána na česle nebo síta.

Česle jsou zařízení, která zachycují nejhrubší nečistoty plovoucí nebo vznášející se v proudu vody. Jsou to rošty z ocelových prutů nebo pásů, tzv. česlic v různých roztečích. Zachycený materiál - schrabky je odstraňován ručně nebo mechanicky. Následně jsou šnekovými dopravníky dopraveny do prostoru kontejneru, jsou slisovány, částečně odvodněny a následně odvezeny na skládku komunálního odpadu (Richter, 2005).

Pro odstranění hrubých nečistot se dále používají síta. Mohou být kotoučová nebo bubnová. Zachycené nečistoty jsou opět odváženy na skládku (Richter, 2005).

Lapáky olejů a tuků (lapoly) jsou určeny pro zachyt organických látek, které jsou nemísitelné s vodou. Jedná se o látky těžce dispergovatelné a biochemicky rozložitelné, které při vyšších koncentracích způsobují poruchy zařízení a ucpávání a zalepování potrubí. Zachycené tuky a oleje jsou následně dopravovány ke zneškodnění metalizací nebo na skládku jako nebezpečný odpad (Richter, 2005).

Usazovací nádrže jsou nejdůležitějším technologickým zařízením mechanické části ČOV. V usazovacích nádržích se zachytí většina usaditelných látek. Usazovací nádrže se podle způsobu protékání vody rozdělují na usazovací nádrže pravouhlé s horizontálním průtokem, kruhové s horizontálním průtokem a s vertikálním průtokem. Usazovací nádrže se musí pravidelně odkalovat. Při nedostatečném odkalování může dojít ke zhoršení kvality odtoku (Richter, 2005).

Biologický stupeň čištění

V tomto stupni se jedná v podstatě o napodobeninu procesů, které probíhají v přírodě. Biochemickými procesy jsou zde odstraňovány především biologicky rozložitelné organické látky, zejména část dusíku a fosforu. Biologické čištění probíhá za aerobních nebo anaerobních podmínek. Za aerobních podmínek probíhá např. nitrifikace, za anaerobních podmínek probíhá denitrifikace. Nitrifikace je biochemická oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany pomocí nitrifikačních bakterií. Při denitrifikaci jsou dusičnany redukovány na oxidy dusíku a na elementární dusík (Chudoba, 1991; Henze M. et al., 2003).

Nejpoužívanějším způsobem biologického čištění je aktivační proces, jehož účelem je odstranění nerozpuštěných i rozpuštěných organických látek. Principem je tvorba aktivovaného kalu. Aktivační proces je složen z biologické a separační části. V aktivační nádrži probíhá proces čištění a zároveň produkce aktivovaného kalu. Tato směs dále odtéká do dosazovací nádrže, kde se sedimentací od sebe oddělí odpadní voda a aktivovaný kal. Aktivovaný kal je vrácen na přítok do aktivační nádrže a vyčištěná voda odtéká (Chudoba, 1991)

Kalové hospodářství

Kalové hospodářství je důležitou částí čistírenského procesu. Při nakládání s čistírenským kalem je nutno s ohledem na obsah škodlivin zde zachycených, dodržovat platnou legislativu, zejména v případě použití v zemědělství, skládkování nebo spalování. Principem kalového hospodářství je zpracování vzniklého kalu, možnost jeho dalšího využití případně jeho bezpečná likvidace. Nejlepším řešením je využití kalu jako hnojiva nebo zpracování v kompostech. Kalové hospodářství musí být zaměřeno na omezení negativního vlivu kalového hospodářství, zaručení dobrého provozu celého systému čistírny, minimalizaci provozních nákladů při zajištění dobré funkce kalového hospodářství a zejména respekt požadavku na ochranu životního prostředí (Sobota, J., 2006).

3.3. Stokování

Pro zajištění základních hygienických podmínek obyvatelstva je zapotřebí odvádět odpadní vody z místa jejich vzniku do čistíren odpadních vod. K jímání, hromadění a odvádění odpadních vod z průmyslových objektů, komunikací a domů slouží stokové sítě. Během odvádění odpadních vod nesmí docházet k ohrožení životů nebo majetku obyvatel a zároveň musí být tato činnost prováděna šetrně a v rámci přesně daných pravidel (Dohányos et al., 2007).

Podle způsobu odvádění a podle hnací síly rozlišujeme tři základní typy stokových sítí. Při volbě typu stokové sítě pro konkrétní region jsou limitujícími okolnostmi také přírodní a ekonomické podmínky (Butler et Davies, 2004).

3.3.1. Druhy stokových sítí

Jednotná stoková síť - odvádí z obce všechny odpadní vody, tedy komunální i dešťové jedním potrubím. Veškeré odpadní vody jsou společným potrubím dopravovány na čistírnu odpadních vod. Mezi výhody patří nižší investiční a provozní náklady bez ohledu na možná hygienická či ekologická rizika, která mohou nastat například za větších dešťových událostí (Hlavínek et al., 2003) Další nevýhodou je proměnlivé zředování komunálních vod vodami dešťovými, což může narušit kontinuálnost čistících procesů v čistírně. V případě náhlých dešťových událostí může také docházet k situacím, kdy je překročena hydraulická kapacita čistírny a nelze okamžitě čistit všechnu odpadní vodu přicházející na čistírnu. Část této vody se hromadí v zásobních nádržích, ale často tyto vody bez čištění odtékají do recipientu (Butler et Davies, 2004).

Oddílná stoková síť – tato síť je koncipována tak, že k odvádění různých druhů odpadních vod jsou použity dvě paralelní větve potrubí. Jedna větev slouží k odvádění splaškových, komunálních odpadních vod a druhá odvádí pouze vody dešťové. Dešťové vody bývají odváděny do recipientů často bez jakéhokoliv čištění (Hlavínek et al., 2003).

Modifikovaná stoková síť – jedná se o kombinaci jednotné a oddílné stokové sítě, která slouží k odvádění různých druhů odpadních vod samostatnými trasami. Splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženými stokami, dešťové vody odvádí stoky uložené mělce. Na začátku velkých dešťových událostí, kdy je znečištění dešťových vod nejvyšší, odtékají tyto vody ze dna dešťové stoky propojovacím potrubím do šachty splaškové kanalizace. Ve chvíli, kdy dojde k zaplnění šachty, dojde k odtoku dešťových vod přímo do recipientu. Tímto je dosaženo toho, že

nejvíce znečištěné dešťové vody jsou odvedeny na čistírnu odpadních vod (Marshalek, 2009).

3.3.2. Uspořádání gravitačních stokových sítí

Volba konkrétního systému stokových sítí je vždy závislá na více hlediscích. Z hlediska příznivé energetické náročnosti je v současnosti nejvíce používaným způsobem dopravy odpadních vod odvádění gravitací potrubním systémem s beztlakovým průtokem o volné hladině. Dalšími hledisky je také členitost území, spolehlivost a bezpečnost stokové sítě.

Větevový systém - nejnižším místem terénu je vedena hlavní stoka, která ústí do čistírny a ostatní stoky jsou do ní přivedeny nejkratší možnou cestou. Větevový systém stok je vhodný pro členitá území.

Pásmový systém – tento systém je vhodný pro odvádění odpadních vod z rozsáhlých území. Odvodňovaná oblast se rozdělí na více menších pásem a ta jsou následně svedena do pásmových sběračů. Systém umožňuje gravitační odvádění odpadních vod, k přečerpávání dochází pouze u nejnižší položeného pásma.

Úchytný systém – tento systém je navrhován v dlouhých a plochých údolích. Kmenová stoka je vedena podél recipientu. Ostatní stoky jsou vedeny napříč územím a následně svedeny do hlavní stoky.

Radiální systém – tento systém bývá aplikován při odvodnění uzavřených kotlin bez přímého spojení k recipientu. Voda je vedena do nejnižšího území a z tohoto místa je přečerpávána přes rozvodí nebo odváděna samospádem do ČOV (Hlavínek, 2006).

3.4. Legislativa

3.4.1. Legislativa České republiky

Zákon č. 254/2001Sb., č. 150/2010 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Základním smyslem tohoto zákona je ochrana povrchových a podzemních vod. Stanovuje podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů, zachování a zlepšení jakosti povrchových i podzemních vod. Upravuje právní vztahy k vodám, definuje náležitosti k povolení k nakládání s vodami. Stanovuje podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha, hospodárné využívání vodních zdrojů a bezpečné užívání vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Stanovuje povinnosti sledování, měření a kontroly znečištění odpadních vod. Účelem tohoto zákona je zároveň zajištění zásobování obyvatel pitnou vodou a ochrana vodních ekosystémů. Zákon zároveň upravuje výši poplatků za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, rozborů a kontrolu znečištění odpadních vod, měření a evidenci odpadních vod

Zákon č. 274/ 2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon stanoví zejména povinnosti vlastníka vodovodu a kanalizace. Upravuje rozvoj, výstavbu a provoz vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě a upravuje působnost dotčených orgánů v souladu s prováděcími právními předpisy (vyhláška MZ č. 428/2001 Sb.) Zákon stanovuje působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů v této oblasti a upravuje podobu návrhu plánu rozvoje vodovodů a kanalizací.

Zákon č. 305/ 2000 Sb., o povodích

Tento zákon stanovuje jednotlivá Povodí a jednotlivé státní podniky, které spravují vodohospodářsky významné toky.

Zákon č. 154/ 2010Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Zákon definuje základní pojmy (odpad, nebezpečný odpad, skládka odpadů, atp.). Stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí. V § 32 a 33 definuje co je upravený kal,

povinnosti při jeho použití s ohledem na nutriční potřeby rostlin. Stanovuje podmínky použití kalů tak, aby nebyla zhoršena kvalita půdy a kvalita povrchových a podzemních vod. Zákon upravuje práva a povinnosti lidí pracujících v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství.

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. - Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Jedná se o prováděcí předpis, ve kterém jsou stanoveny pojmy a náležitosti potřebné k vypouštění odpadních vod. Tento předpis definuje míru a množství znečištění vypouštěných odpadních vod.

Vyhláška MŽP č. 328/2018 Sb., Vyhláška o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových.

3.4.2. Vodní politika EU

Přistoupením České republiky do Evropské unie došlo k začlenění evropské legislativy do legislativy České republiky. Z přejímaných dokumentů EU pro Českou republiku vyplynula celá řada závazků, požadavků a nových postupů. Nejinak tomu bylo i v oblasti ochrany vod. V roce 1995 formulovala Evropská komise komplexní principy vodní politiky. Hlavním nástrojem se v roce 2000 stala Rámcová směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC o vodní politice, která je nejvýznamnějším legislativním nástrojem určujícím směr na mnoho let dopředu pro oblast vody. Obsahuje soubor všeobecných cílů, které mají vést k:

- zachování udržitelného, vyrovnaného a spravedlivého využívání vod
- ke snižování znečištění povrchových vod
- k ochraně teritoriálních a mořských vod
- ke splnění mezinárodních závazků týkajících se toxických látek
- k rozšíření oblastí činností zaměřených na ochranu vod a všech forem přirozeně se vyskytujících vodních útvarů v prostředí, včetně povrchových a podzemních vod
- k zabránění zhoršování, ochraně a zlepšení stavu vodních ekosystémů s ohledem na jejich potřebu vody
- zlepšení stavu suchozemských ekosystémů a mokřadů

- k podpoře trvale udržitelného užívání vod založeného na dlouhodobé ochraně dosažitelných vodních zdrojů
- ke snížení znečištění podzemních vod
- k přispění ke zmírnění účinků povodní a sucha
- opatření, která povedou k dosažení definovaného tzv. dobrého stavu všech vod v předem stanoveném časovém horizontu

Rámcová směrnice stanoví priority, které mění celkový přístup k ochraně vod:

- péče o vodu jako celku
- stanovování limitních hodnot emisí a imisí
- stanovování cílů v oblasti kvality vody
- zapojení veřejnosti do procesu rozhodování o záležitostech vodní politiky
- náklady spojené s užíváním vody včetně nákladů na ochranu zdrojů a životního prostředí nese uživatel

„Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC je jednou z nejsložitějších směrnic EU. Její zavedení znamenalo nejen přijetí nových technických norem, ale také nový režim založený na oblastech povodí.

4. Metodika

Metodika odpovídá jednotlivým cílům této diplomové práce. Ke zpracování teoretické části bylo nutno zajistit potřebnou literaturu, legislativní i internetové podklady a další studijní materiál. Na základě prostudování těchto zdrojů byla vypracována část diplomové práce, která je věnována významu vody v našem životě, problematice čištění odpadních vod v obecné rovině, tedy seznámení s odpadními vodami, způsoby jejich čištění, sledovanými ukazateli a legislativním rámcem této problematiky.

Další část práce je věnována zájmovému území, kde se čistírna odpadních vod nachází. Zájmové území bylo popsáno z více hledisek, z hlediska hydrologie, geomorfologie, pedologie, je zmíněna historie území, jeho fauna a flóra a také místní chráněná území. Součástí této části práce je i historický vývoj vodárenství a stokování v Dobříši.

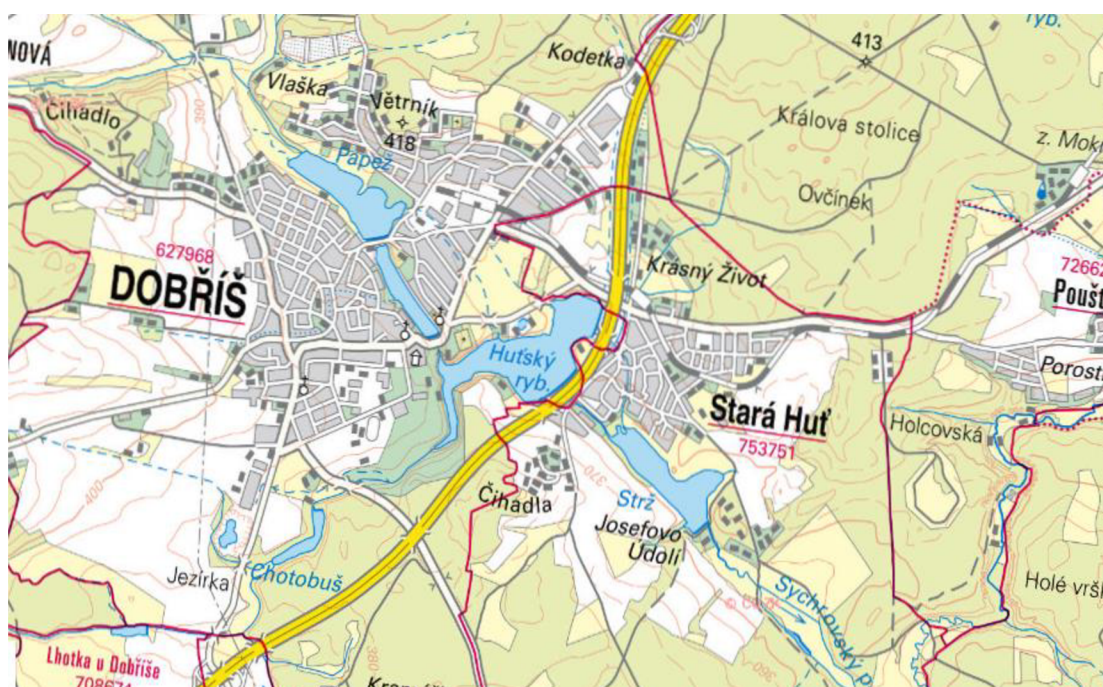
Za účelem zpracování hlavního úkolu práce, vyhodnocení provozu ČOV Dobříš, jsem navštívila provozovatele této čistírny, Vodohospodářskou společnost Dobříš, spol. s r.o., kde mi byly poskytnuty potřebné podklady a materiály ke zpracování. Zároveň mi bylo umožněno navštívit provoz ČOV, seznámit se s provozem, jednotlivými objekty čistírny a pořídit fotodokumentaci. Získané poznatky byly zpracovány v popisu technologie a jednotlivých fází čistícího procesu.

Na základě prostudování všech získaných materiálů byla zpracována hlavní část práce – podrobný popis ČOV Dobříš, jednotlivých objektů a technologií a všech fází čistírenského procesu. Poskytnutá data z měření z let 2016 až 2020 byla použita k vyhodnocení provozu podle jednotlivých ukazatelů, které ukládá platná legislativa. Data a výsledky byly zpracovány do přehledných tabulek a grafů.

V závěru práce byl navržen jeden z možných způsobů doplnění technologie ČOV Dobříš.

5. Popis obce

Město Dobříš leží mezi jihovýchodními svahy brdského pohoří zvaného Hřebenů a skupinou kopců Kozích hor. Na straně Hřebenů pánev lemují vrchy Provazec, Malý vrch, Kuchyňka, Studený vrch, Hradec, Charvát a Brdo. Blíže k Dobříši se nachází Vlčův vrch, Kazatelna, Spálený a Aglaia. Nejvyšším místem u samotné Dobříše je vrch Větrník a z druhé strany je nejvyšší z vrchů Kozích hor Besídka. Hřebenů jsou souvisle zalesněny, ostatní povrch tvoří louky, pole, menší lesy, vodní nádrže, komunikace a rozptýlená zástavba, která má s výjimkou Dobříše malý plošný rozsah.



Obr. 1 – mapa zájmového území (zdroj – mapy.cz)

Geomorfologie - pásma geologických útvarů jsou uložena téměř rovnoběžně s tokem Vltavy, která je lemována žulou až ke Knínu. Podle žuly následují k západu algonkické břidlice, dále několik pásem kambrických až k silurským křemencům na Hřebeněch. Křemenné žíly v okolí Knína směrem k Vltavě obsahují zlato. Nejstarší horniny patří ke středočeskému starohornímu algonkiu. Vznikaly z mořských sedimentů a zpevněním vznikly zejména břidlice. Pro oblast Hřebenů jsou pak charakteristické slepence. Většina povrchu Dobříšska je tvořena proterozoickými horninami sedimentárního původu. Jedná se o mořské usazeniny, které vznikly před více než 570 miliony let a geologickými pochody byly dotvořeny do dnešní podoby.

Svou konečnou geomorfologickou podobu získala tato krajina ve čtvrtohorách především střídáním dob ledových a meziledových (Olič et al., 1998).

Podnebí – Dobříšsko patří k oblasti mírně teplé, podnebí je zde příznivější než na Příbramsku a tvoří přechod k teplejšímu podnebí pražskému. Průměrné letní teploty jsou + 16° Celsia, zimní průměr je -3° Celsia, roční průměr je 7,7° Celsia. Počet letních dnů s teplotou nad 25° C je průměrně 47, počet dnů se sněžením 33 – 40. Ochrannou proti nárazům vichrů ale i důvodem „srážkového stínu“ je pás Brd. Převládají zde větry západního a jihozápadního směru. Průměr ročních úhrnů srážek je 565 mm (Olič et al., 1998).

Vodní poměry – dobříšská kotlina je protkána údolními potoky a rybníky. Všechnu vodu z této pánve sbírá říčka Kocába, která pramení nad Dubnem u Příbrami a odvádí jí u Štěchovic do Vltavy. Sbírá také veškerou vodu ze všech dobříšských rybníků, které jsou napájeny Trnovským a Lipížským potokem. Dobříš tedy leží v povodí Vltavy. Dobříšsko je i malou rybníční pánví na středním toku Kocáby. Největší skupina rybníků se nachází přímo na území Dobříše. Rozlohou největší je Huťský (38 ha), následuje Papež (18 ha), Strž (17 ha) a Koryto (8 ha). Na jižním okraji Dobříše byl přehrazen Kotečický potok a vznikla vodárenská nádrž Chotobuš o rozloze 3,4 ha. Podzemní voda vzniká především plošnou infiltrací v období dešťových srážek a tání sněhu. Po průchodu půdní vrstvou, kde je část prosakující vody vázána jako půdní voda a využívána rostlinstvem, po prostupu nesaturovanou zónou vzniká voda podzemní. Zvodnění se lokálně vytváří v hlubších partiích propustných hornin. Tento typ mělkého oběhu podzemní vody je gravitačně jímán a využíván od počátku vodovodního zásobování Dobříše. Hlubší oběh podzemní vody je vázán na místní tektoniku, která drénuje příslušné hydrogeologické prostředí. Zdroje jsou vyšší a ustálenější vydatností s malou náchylností k povrchovému znečištění a velmi dobrou kvalitou (Olič et al., 1998).

Pedologie – skalní podloží Dobříška pokrývají většinou nezpevněné zeminy s celkovou mocností od desetin metru do prvních metrů. Jejich povrch byl činností organismů a za přispění člověka obohaten o organické látky a přetvořen v půdu. Z půdních druhů se zde nejvíce uplatňují půdy písčito-hlinité, které jsou vlhkostně méně příznivé. V polohách nad 500 metrů nad mořem převládají podzolované půdy a jsou využívány jako louky. V okolí vodotečí se vyskytují aluviální náplavové hlíny až hlinité štěrky (Olič et al., 1998).

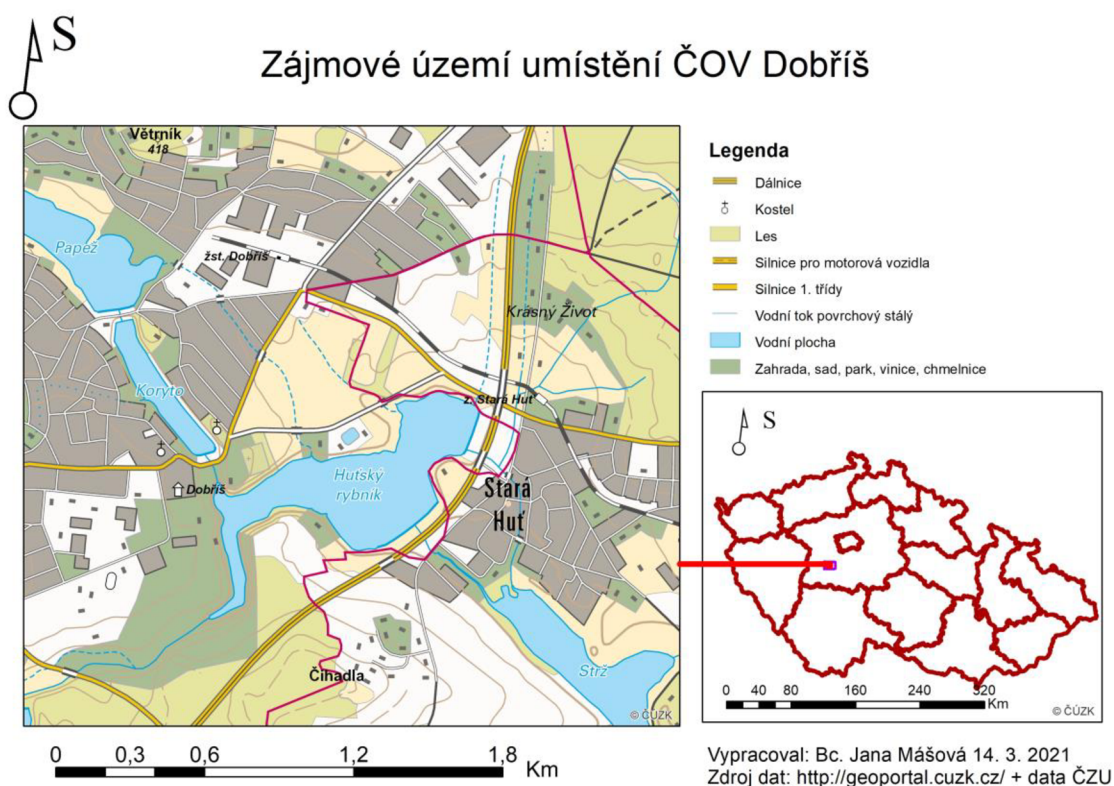
Fauna a flóra - Dobříšsko patří větší částí k pahorkatinnému pásmu doubrav a okraji svého území do pásma podhorského. Z chráněných rostlin tu roste bělozářka

větevnatá, lilie zlatohlávek, orlíček planý, medovník meduňkolistý a žebrovnice různolistá. V lesích původně dubových a bukových dnes převažuje smrk a borovice. Rostou zde však i habry, javory, modřiny, lípy, osiky či jasany. Vykácením lesů zde vznikl umělý biotop, kulturní step, kde žije například zajíc, křeček, skřivan, veverka. Majitelé dobříšského panství sem v minulosti vysadili daňka skvrnitého, jelence viržinského, bažanta obojkového, muflona a ondatru pižmovou.

Chráněná území – na katastrálním území obce Dobříš byla v lednu 1989 vyhlášena přírodní rezervace Hradec o rozloze 45 ha. Jedná se o území mezi vrchy Hradec a Stožec v polesí Obora. Státem chráněné jsou také oba parky náležející k areálu dobříšského zámku. Francouzský park je starší a svým pojetím patří k typickým ukázkám zahradního umění 18. století. V anglickém parku, který vznikl úpravou sousedního lesa, sloužícího původně jako bažantnice dnes roste více než 80 druhů dřevin a jejich variant. Více než třetinu tvoří domácí listnáče a jehličnany (Olič et al., 1998).

Historie města Dobříš – na počátku svého vzniku byla Dobříš osadou na významné obchodní cestě tzv. Zlaté (Solné) stezce, která vedla z Prahy do Bavor. První písemná zmínka o Dobříši pochází z roku 1252, kdy tu sídlil král Václav I. se svým dvorem a vydal zde královské listiny. Z té doby je místo uváděno jako villa Dobres. Ve 14. století sloužila Dobříš jako oblíbené lovecké místo českých králů. Kolem roku 1340 dal Karel IV. přestavět hrádek na kamenný hrad, kolem něhož vyrostla ves. V době husitských válek v roce 1421 napadlo hrad více než sedm tisíc bojovníků a ti jej i se vsí vypálili. Následující rok dal král Zikmund Dobříš do zástavy držitelům, kteří se ale střídali a dobře nehospodařili. Poměry se zlepšily až po roce 1569, kdy jej do své správy převzala Královská česká komora a kdy bylo králem Maxmiliánem II. povýšeno na městečko. Za třicetileté války donutily výdaje Ferdinanda II. k prodeji dobříšského panství v roce 1630 Brunovi Filipovi z Mansfeldu. Avšak právo lovit v místních lesích zvěř, které král vyhradil sobě i příštím českým králům bylo zrušeno až v roce 1927. V druhé polovině 17. století zde už existovala první hospoda Frc, pošta, zděné domy a dřevěný „rathaus“. Byl přestavěn dnešní zámek a opraven kostelík na rodinnou hrobku Mansfeldů. Ve století osmnáctém zde řádil mor a při ničivém požáru vyhořela čtvrtina města a celý zámek. V druhé polovině 18. století se město rozvíjelo, byl postaven pivovar, fíkovna, synagoga i kostel Nejsvětější Trojice. Došlo ke spojení rodu a erbu knížat z Mansfeldu a Colloredo, se kterým je Dobříšsko spojeno dodnes. Devatenácté století přineslo Dobříši rozvoj živností, zemědělství i průmyslu, fungovaly zde hutě, lihovar, pivovar i další továrny. Byla přebudována Pasovská silnice, zřízen telegrafní úřad a v roce 1897 železnice

Dobříš – Praha. Byla také zahájena faktorská výroba rukavic, která se na dlouhá desetiletí stala nejvýznamnějším průmyslem celého kraje. Období obou světových válek znamenalo pro Dobříš neblahý dopad. Zámek sloužil jako sídlo protektora Daluegeho. Za druhé světové války byl popraven starosta s celou rodinou, stejně jako většina židovských obyvatel Dobříše. V roce 1948 byla v Dobříši vybudována továrna na výrobu rukavic. Šedesátá a sedmdesátá léta znamenala mohutnou výstavbu domů, nové školy, gymnázia a mnoha dalších zařízení pro sportovní a kulturní využití. V současné době má město téměř 9 tisíc obyvatel, kterým poskytuje příjemné místo k životu (Olič et al., 1998).



Obr.2 - mapa zájmového území (zdroj – geoportal.cuzk.cz + data ČZU)

5.1. Vodárenství a stokování v Dobříši

Česká republika je vnitrozemským středoevropským státem a její vodní poměry nejsou příznivé. Využitelné množství podzemní vody je celkově malé a množství povrchové vody je prakticky závislé pouze na srážkách. Toho si byli vědomi i naši předkové. Rozsáhlé rybníční soustavy budované od středověku a vodní díla postavená zejména v druhé polovině minulého století mají za úkol zpomalovat odtok vody z krajiny, vytvářet využívané a využitelné vodní zdroje a plnit funkci vodní rezervy pro období sucha. Hlavní funkcí podzemní vody je zásobování obyvatelstva

pitnou vodou a pro tento účel je u nás odedávna využívána. Voda je jímána jak z pramenů, tak pomocí různých typů studní a drenáží.

Vodní poměry Dobříšska se z tohoto rámce nevyvíkají. Místní obyvatelé byli vždy odkázáni na užitkovou vodu z rybníků a potoků a pitnou vodu čerpali ze studní. Skalní podloží Dobříšska pokrývají většinou nezpevněné zeminy, jejichž povrch byl činností organismů a za přispění člověka obohacen o organické látky a přetvořen v půdu. V okolí vodotečí se vyskytují fluvialní náplavové hlíny a hlinité štěrky. Dobříšsko leží ve slabém srážkovém stínu Hřebenů, jejichž vrcholová partie je výraznou hydrologickou rozvodnicí. Území je dotováno atmosférickými srážkami a v malé míře povrchovým přítokem od jihovýchodu prostřednictvím Kotenčického potoka. Na potocích bylo postaveno několik rybníků. Hlavní erozní bází Dobříšska je koryto Kocáby, která soustřeďuje podzemní i povrchový odtok. Zdroje podzemní vody jsou charakteristické vyšší a ustálenější vydatností, malou náchylností ke znečištění a velmi dobrou kvalitou, která téměř nevyžaduje technologickou úpravu. Konec 19. století a počátek 20. století byl pro českou společnost, a tedy i pro Dobříš, ve znamení mohutného hospodářského vzestupu. Město se rozrůstalo, rostl počet obyvatel a stále více byl pocíťován nedostatek vody. V roce 1903 se iniciativy chopil místní Hospodářský spolek, který oficiálně požádal město Dobříš o zřízení vodovodu. Protože se ale na pozemcích města nenacházelo vhodné prameniště, museli představitelé obce vstoupit do jednání s tehdejšími majiteli zámku. Návrh textu smlouvy mezi městem a Colloredo-Mansfeldy je zaznamenán v Pamětní knize římskokatolické farnosti Dobříš k roku 1905. Ze smlouvy vyplývají závazky pro město Dobříš a obsahuje návrh usnesení obecního zastupitelstva vypracovaný odborem pro stavbu obecního vodovodu. Projekt vypracovala firma A. Kunz z Hranic na Moravě a počítalo se v něm s odběrem vody z lesních parcel Ouchody, Struha, Šichtmistrův palouk a Roubená studánka v množství 84 litrů za minutu. Vodovod byl dán do užívání 9. 5. 1909. Napojeny na tento vodovod byly veřejné budovy radnice, školy, pivovar a prodejny. Hlavní litinové potrubí měřilo 7 kilometrů a bylo na něj napojeno 34 požárních hydrantů. Původní rozpočet ve výši 84 000 byl ovšem dvojnásobně překročen.

S časovým odstupem několika let se i toto původně velkorysé řešení stalo nedostatečným. V roce 1931 bylo rozhodnuto o stavbě vodovodu v ulicích 28. října, Hálkově a Nerudově o celkové délce 420 metrů. Město se nadále rozrůstalo, rostla životní úroveň a zároveň požadavky na dodávku vody. Zhruba od roku 1935 již původně gravitační vodovod z brdských lesů město nestačil zásobovat. Město však nemělo dostatek financí k zajištění nových zdrojů ani na zásadní technické

zdokonalení přívodního řádu. Přesto ještě před druhou světovou válkou bylo zvažováno rozšíření stávajících pramenišť a získání nových zdrojů. Za druhé světové války byl dobříšský zámek zkonfiskován a upraven na sídlo zastupujícího říšského protektora Kurta Daluegeho. Následkem tohoto byl vznesen požadavek na zvýšení přívodu vody do zámku. Již 1. března 1943 se podle existujícího projektu začalo pracovat. Byl získán nový pramen, zrekonstruovány některé zářezy a provedena rozsáhlá výměna stávajícího potrubí zejména do sběrné studny při Roubené studánce. Získaný celkový maximální odběr vody ve výši 6,5 l/s přívodní potrubí ale nevzalo a přebytečná voda se při vyšším odtoku z pramene bez využití ztrácela. Nakonec bylo rozhodnuto získávat vodu jímáním povrchové vody což byl průlom v dosavadním pohledu na opatřování pitné vody a také zahájení nové etapy v dobříšském vodárenství. Projekt řešení zásobování Dobříše povrchovou vodou vypracoval Státní projektový ústav. Projekt zahrnoval vybudování retenční nádrže na Chotobuši s úpravnou vody, novým vodojemem a novým přívodním řádem. Práce byly zahájeny v roce 1950, ale v důsledku přerušení stavby a počátečních problémech s použitou technologií byla první voda z tohoto zdroje vpuštěna do města až 22. února 1962.

Výkon této úpravný vyhovoval až do roku 1968. V důsledku mohutné výstavby a modernizace obytných domů stoupla spotřeba na jednoho občana ze 60 litrů až na dvojnásobek. V roce 1977 již ani tato kapacita nestačila a provoz se v důsledku zkrácení sedimentačního cyklu v usazovací nádrži a nasazením velkého množství chemikálií výrazně prodražila za současného zhoršení kvality vody. Celá osmdesátá léta minulého století znamenala značné úsilí v řešení kritického nedostatku kvalitní pitné vody pro Dobříš. Narůstající havarijní stav úpravný Chotobuš si vynutil jednorázovou akci zvanou „soustředěná údržba“, kdy byly v roce 1986 vyměněny nebo opraveny nejohroženější technologické prvky a provedeny nejn nutnější opravy. Pod nátlakem města se v letech 1986 – 1987 rozhodlo o nutnosti rekonstrukce a modernizace úpravný Chotobuš. Město vyšlo vstříc přijetím stavební části do „akce Z“, Středočeské vodovody a kanalizace zadaly výrobu technologie a byly zahájeny projekční práce. Počátkem roku 1989, kdy se již podařilo získat příslib financí však Okresní národní výbor realizaci akce zastavil se závěrem, že se bude realizovat nový přivaděč Příbram – Dobříš. V letech 1982 – 1987 byl postupně vybudován a zprovozněn vodojem Svatá Anna. Propojení tohoto vodojemu a úpravný Chotobuš v roce 1986 byla odstraněna řada problémů. S ohledem na plánovaný rozvoj města však potřeba vody byla stále vyšší. Nedostatek vody zůstával omezujícím faktorem rozvoje města a kvalita vody oprávněným předmětem kritiky. V letech 1987 – 1988

bylo přistoupeno k vybudování 5 vrtů v lokalitě Trnová, které umožnilo jímání velmi kvalitní podzemní vody. V rámci úspory nákladů ale nebyly vrty plně započteny a jejich vydatnost se tak v průběhu let snižovala.

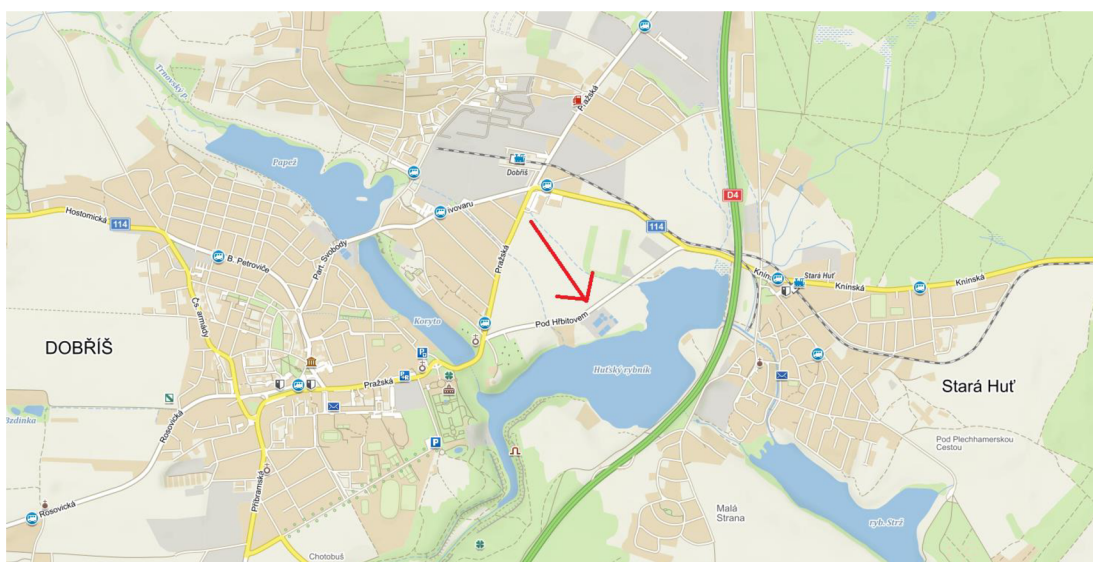
V souvislosti se společenskými změnami počátku 90. let došlo k privatizaci majetku Středočeských vodovodů a kanalizací a všechny vodovodní a kanalizační řády a celá související infrastruktura byla předána městu Dobříš. V roce 1993 byl dokončen přivaděč Trnová - vodojem Svatá Anna a v červnu téhož roku začala být voda dodávána do sítě. Kvalita dobříšské vody se výrazně zlepšila a bylo rozhodnuto nahradit povrchovou vodu z úpravny Chotobuř podzemní vodou z okolí Dobříše.

Následoval další hydrogeologický průzkum, na základě kterého, byly vybudovány další vrtané studny v oblasti Trnové a nově v oblasti Lipíže. Současně byly vybudovány také dvě vrtané studny v oblasti Brodce. Všechna tato opatření umožnila vyřadit úpravnu povrchové vody Chotobuř.

Odvážný záměr vedení města zajistit kvalitní pitnou vodu z podzemních zdrojů se tak navzdory některým nepříznivým prognózám z minulého století podařilo realizovat. Současný správce a provozovatel vodovodní sítě v Dobříši, Vodohospodářská společnost, spravuje v současné době více než 70 kilometrů vodovodní sítě. Průměrné stáří vodovodní sítě je kolem 50 let. V centrální části města jsou rozvody nejstarší a nejméně kvalitní. Dle dostupnosti finančních prostředků je průběžně prováděna rekonstrukce sítí s cílem snižování ztrát vody. Se vznikem nových obytných a průmyslových lokalit budou v budoucnu stoupat nároky na odběr vody. Proto je nutno průběžně rekonstruovat stávající síť, snižovat ztráty v rozvodech a připravovat posílení zdrojů tak, aby bylo zajištěno zásobování obyvatel.

To je primárním úkolem vodohospodářské společnosti, ale zároveň vzniká problém, kam s vodou odpadní. Dobříš, stejně jako ostatní města po celá staletí neměla žádnou kanalizaci. Všechny odpadní vody byly odváděny pobočnými stokami nebo otevřenými příkopy městem do rybníka Koryto. Docházelo tak často ke kontaminaci studní. Proto v roce 1871 vypsala městská rada veřejnou dražbu na výstavbu podzemní stoky. K realizaci nedošlo, byla pouze vyrovnána plocha náměstí a vybudován odtokový žlab, který ale opět ústil do Koryta. Ani nařízení tehdejšího c. k. ministerstva orby z roku 1892 „o nutnosti zamezení dalšího svádění výkalů ze záchodů, žump a hnojišť, jakož vod kuchyňských a splašků do rybníka Koryto nebylo splněno. O pár let později byla vybudována klenutá podzemní stoka, která ale veškeré odpadní vody nadále odváděla do Koryta.

V první polovině dvacátého století byla kanalizační síť postupně rozšiřována. Stoky byly z břidlicových kamenů a záklopy z kamenů z vrchu Hradec. S výstavbou areálu Rukavičkářských závodů vznikla nutnost odkanalizovat další části města. V roce 1962 byla hornickým způsobem vyražena štola pod hradem Vargač v délce 213 metrů. Na dno bylo položeno potrubí o průměru 400 mm. Následně byla vybudována čistírna odpadních vod pod hřbitovem. Na ní byly napojeny kanalizační stoky z centrální části města a ze sídliště Větrník. Tato čistírna byla dána do provozu v roce 1966 a byla tvořena dvojicí oxidačních příkopů. Během provozu prošla několika rekonstrukcemi (Historie a současnost dobříšského vodovodu, 2005).



Obr. 3 - umístění ČOV Dobříš (zdroj mapy.cz)

5.2. Stoková síť města Dobříš

Odpadní vody jsou přiváděny do jihovýchodní oblasti města na městskou ČOV kanalizační sítí, která je z části jednotná, z části oddílná. Na ČOV jsou zároveň tlakovou kanalizací přiváděny odpadní vody z přilehlé obce Stará Huť. Odpadní vody z města Dobříš jsou přiváděny gravitačně dvěma hlavními stokami „A“ a „D“. Celková délka jednotné i splaškové kanalizace je 37 383 metrů. Na této trase je 789 kanalizačních šachet, 5 odlehčovacích komor a tři čerpací stanice (Provozní řád ČOV Dobříš).

Stoková síť

- Stoka A - je hlavní přivaděč odpadní vody z Dobříše a odvádí vody ze západní části města a je dlouhá 9 920 metrů

- Stoka B – jedná se o převážně zděnou stoku jejíž délka je 915 metrů
- Stoka C – stoka o délce 895 metrů odkanalizovává oblast kolem rybníka Koryto
- Stoka D – odkanalizovává celou východní část města a jsou na ní umístěny dvě odlehčovací komory, první v ulici Dlouhá a druhá je v areálu ČOV

Odlehčovací komory

Na stokové síti je 5 odlehčovacích komor, které slouží k odlehčení dešťových vod. Dvě hlavní odlehčovací komory jsou umístěny v areálu ČOV a zbylé 3 odlehčovací komory jsou situovány v jihozápadní části města Dobříš, kde převládá jednotná kanalizační soustava.

- Odlehčovací komora – Zahradní ulice

Tato odlehčovací komora se nachází pod ulicí Dlouhá, byla vybudována bez vstupního objektu. Odlehčená odpadní voda je svedena do rybníka Koryto. Neodlehčená odpadní voda je přiváděna v Zahradní ulici do stoky A.

- Odlehčovací komora – Dlouhá ulice

Odlehčená voda z této komory je přiváděna potrubím do rybníka Koryto. Odlehčená voda přepadá přes obě hrany žlabu. Odlehčovací komora vstupuje do funkce 9 min 40 sec od začátku deště a její funkce končí 39 min 40 sec od začátku deště. Za dobu 1,5 hod tato komora odlehčí 113,1 m³ odpadních vod.

- Odlehčovací komora – Petrovičova ulice

Voda odlehčená z této komory je přiváděna do zatrubněného potoka, který je následně zaústěn do rybníka Koryto. Odlehčovací komora vstupuje do funkce 9 min 30 sec od začátku deště, odlehčuje po dobu 34 minut a po této době jsou všechny odpadní vody přiváděny na ČOV. Za dobu 1,5 hod je na ČOV přiváděno 105,6 m³ odpadních vod a odlehčeno je 34,02 m³ odpadních vod.

- Odlehčovací komora – před areálem ČOV

Tato odlehčovací komora odlehčuje odpadní vody z hlavního městského přivaděče přímo před ČOV. Odlehčená voda je přiváděna přes hrubé česle do Starohuťského rybníka. Odlehčovací komora vstupuje do funkce 28 min 45 sec od začátku deště, odlehčuje po dobu 30 min. Za dobu 1,5 hod je přiváděno na ČOV 154,5 m³ odpadních vod a 24,32 m³ je odlehčeno.

- Odlehčovací komora – v areálu ČOV

Odlehčovací komora je situována přímo v areálu ČOV. Do odlehčovací komory je zaústěn přivaděč kmenové stoky „J“. Na této odlehčovací komoře je umístěno stavítko, jež umožňuje regulovat přítok ve vztahu ke znečištění odpadní vody.

Odlehčená voda je odvedena do Starohuťského rybníka přes hrubé česle. Funkce této odlehčovací komory je dána nastavením výšek přelivných hran obsluhou ČOV. Při simulovaném dešti není tato odlehčovací komora vzhledem k hydraulické kapacitě ČOV běžně v provozu (Provozní řád ČOV Dobříš).

Čerpací stanice

- Čerpací stanice Vlaška

Tato čerpací stanice přečerpává odpadní vody z chatové osady „Vlaška“ a z nově budované obytné výstavby v této lokalitě. Odpadní vody jsou přečerpávány do sběrné oblasti kmenové stoky D. Bezpečnostní přepad z čerpací stanice je zaústěn do Lipížského potoka. Výkon čerpací stanice je 7,3 l/s.

- Čerpací stanice Nad Papežem

Tato čerpací stanice přečerpává odpadní vody z nové obytné výstavby v lokalitě nad rybníkem Papež. Odpadní vody jsou přečerpávány do sběrné oblasti kmenové stoky D. Bezpečnostní přepad z čerpací stanice je zaústěn do rybníka Papež. Výkon čerpací stanice je 2,2 l/s.

- Čerpací stanice Brodce

Tato čerpací stanice přečerpává odpadní vody z nové obytné výstavby v lokalitě Brodce. Odpadní vody jsou přečerpávány do sběrné oblasti kmenové stoky A. Bezpečnostní přepad z čerpací stanice je zaústěn dešťovou kanalizací do rybníka Papež. Výkon čerpací stanice je 2,5 l/s (Provozní řád ČOV Dobříš).

Regulace hladin v rybnících a odtok vody za přívalů je řešen dle manipulačního řádu Lesní a rybníční správy J.C.Mannsfeld. Odlehčené vody z odlehčovacích komor na síti jsou za srážkových událostí odváděny do rybníka Koryto. Odtoky z odlehčovacích komor u ČOV jsou zaústěny do rybníka Starohuťský. Vyčištěné vody z ČOV jsou vypouštěny do Starohuťského rybníka, který je korytem Kotenčického potoka (Provozní řád ČOV Dobříš).

6. Čistírna odpadních vod v Dobříši

6.1. Čistírna odpadních vod do roku 2008

Původní ČOV sestávající z dvojice oxidačních příkopů byla uvedena do zkušebního provozu v roce 1966. V průběhu provozu prošla ČOV několika rekonstrukcemi, které spočívaly v rozšíření ČOV o dvojici kombibloků se zachováním původních oxidačních příkopů (1977) a následně v roce 1997 došlo k intenzifikaci kombibloků osazením jemnobublinné aerace výměnou za původní povrchové aerační turbíny a dále k instalaci plastových vestaveb do původních kombibloků funkčně zajišťujících denitrifikaci a regeneraci. K poslední intenzifikaci ČOV došlo vlivem legislativního tlaku v roce 2005 osazením zařízení na chemické srážení fosforu. Technologická podoba ČOV byla tvořena dvěma na sobě nezávislými linkami systému oxidačních příkopů a systému kombibloků s technologií R-D-N zajišťující zvýšené odbourávání sloučenin dusíku.

Technologická skladba ČOV před intenzifikací

- oddělovač dešťových vod
- mechanické předčištění (hrubé česle, jemné česle, lapák písku)
- chemické srážení fosforu
- rozdělovací objekt na „starou a novou část ČOV“
- „stará“ část - 2 x oxidační příkop, 2 x dosazovací nádrž
- „nová“ část - 2 x kombiblok R-D-N, 4 x dosazovací nádrž
- měrný objekt vyčištěné vody
- 2 x uskladňovací nádrž kalu
- pásový lis

Kapacita a množství odpadních vod:

- EO 8 600
- Q_{24} 1 290 m³/den 53,8 m³/hod 14,9 l/s (150 l/os/den)
- Q_d 1 742 m³/den 72,6 m³/hod 20,1 l/s (kd = 1,35)
- Q_h 145,2 m³/hod 40,3 l/s (kh = 2,0)
- Q_{rok} 470 850 m³/rok

V období před rekonstrukcí ČOV bylo připojeno 7 850 fyzických, ve městě Dobříš trvale bydlících obyvatel. Podle údajů za rok 2006 znečištění na přítoku do čistírny reprezentovalo 10 618 ekvivalentních obyvatel dle BSK₅, znečištění na odtoku reprezentovalo 317 ekvivalentních obyvatel dle BSK₅. Průměrná účinnost čištění v ukazateli BSK₅ dosahovala 97 %.

Problémem provozu původní ČOV byla nedostatečná nitrifikace a denitrifikace projevující se překračováním povolených emisních limitů „p“ a „m“ u kazatele N_{celk}. Zejména z tohoto a dále z kapacitních důvodů byla ČOV rekonstruována o progresivní technologii A-R-D-N.



Obr. 4 – pohled na ČOV Dobříš před intenzifikací v roce 2009 (zdroj – VHS spol. s r.o. Dobříš)

6.2. Čistírna odpadních vod Dobříš – současný stav

Mechanicko-biologická ČOV Dobříš slouží k čištění odpadních vod odváděných z města Dobříš a obce Stará Huť. Zároveň je vybavena pro navázení odpadních vod z jímek neodkanalizovaných nemovitostí z okolních obcí.

Z Dobříše jsou odpadní vody přiváděny na čistírnu hybridní gravitační sítí. Ze Staré Hutě jsou odpadní vody přečerpávány výtlačkem z čerpací stanice, kterou je zakončena gravitační splašková kanalizační síť ve Staré Huti.

Na čistírnu odpadních vod jsou z odkanalizované aglomerace produkovány převážně splaškové odpadní vody z domácností. Podíl průmyslových odpadních vod je zanedbatelný.

Odpadní vody jsou přiváděny dvěma kanalizačními sběrači na protilehlé straně hlavní komunikace vedoucí podél severního okraje areálu čistírny. Jsou svedeny do společné revizní šachty a odtud jsou dále společným potrubím přiváděny do odlehčovací komory OK 1 osazené před areálem čistírny. Tato odlehčovací komora zajišťuje maximální nátok ředěných odpadních vod do hodnoty průtoku 150 l.s^{-1} do následné linky čistírny při dešťových přívalech. Srážkové vody nad hodnotu průtoku 150 l.s^{-1} jsou odlehčovány přímo do recipientu Starohuťského rybníka – koryta Kotenčického potoka. Koncepce objektu umožňuje úplné zamezení nátok odpadních vod do následné technologické linky čistírny instalovaným hradítkem.

Tato odlehčovací komora také umožňuje úplné odstavení čistírny z provozu pro případ nutných oprav nebo revizí technologické linky (Provozní řád ČOV Dobříš).



Obr. 5 – odlehčovací komora OK 1 (zdroj vlastní)

Za odlehčovací komorou čistírny je zaústěn výtlač odpadních vod ze Staré Hutě a obsah navážecí jímky odpadních vod ze žump. Přivážené odpadní vody jsou předčišťovány přes ruční česle jímky svozu.



Obr. 6 a 7 – výtlač odpadních vod ze Staré Hutě + detail (zdroj vlastní)

Ovládání čerpání fekálních vod je možné v automatickém režimu nebo ručně.

Výtlač odpadních vod ze Staré Hutě je vybaven indukčním průtokoměrem.

Jímka je vybavena elektronickým vyhodnocovacím zařízením pro monitoring objemu navážených fekálních vod.

Dále je odpadní voda přivedena k hrubému předčištění. Objekt hrubého předčištění je tvořen jemnými, automaticky stíranými česlemi, obtokovým kanálem česlí s ručními česlemi a vírovým lapákem písku. Jemné česle mají šíři průřezů 6 mm. Jemné česle jsou doplněny obtokovým kanálem s uzavíracími armaturami. Obtokový žlab je osazen jemnými, ručně čistěnými česlemi se šíří průřezů 25 mm. Zachycené shrabky jsou odvodňovány na instalovaném lisu na shrabky a vedeny do kontejneru. Písek těžný z lapáku jde do separátoru písku (Provozní řád ČOV Dobříš).

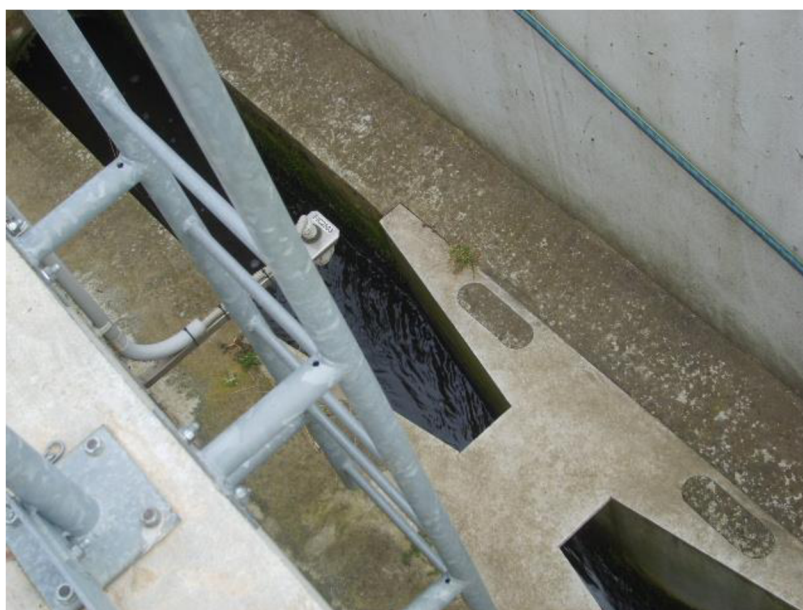


Obr. 8 – lis na shrabky (zdroj vlastní)



Obr. 9 – vírový lapák písku (zdroj vlastní)

Mechanicky předčištěné odpadní vody jsou přiváděny do odlehčovacího objektu OK 2 před biologickým stupněm. Tento objekt umožňuje snížení maximálního přítoku na biologický stupeň na hodnotu 90 l/s. Srážkové vody nad hodnotu průtoku 90 l/s a do hodnoty průtoku 150 l/s (maximálně 60 l/s) jsou přiváděny do dešťové zdrže. Dešťová zdrž umožňuje gravitační předčištění tohoto proudu, přičemž po naplnění dešťové zdrže jsou předčištěné přívalové vody odváděny do recipientu. Po odeznění dešťového přívalu jsou odpadní vody přečerpávány ze zdrží na biologický stupeň. Dešťové zdrže jsou vybaveny bezpečnostním přepadem, který je veden přes měrný Parshallův žlab P 3 do recipientu (Provozní řád ČOV Dobříš).

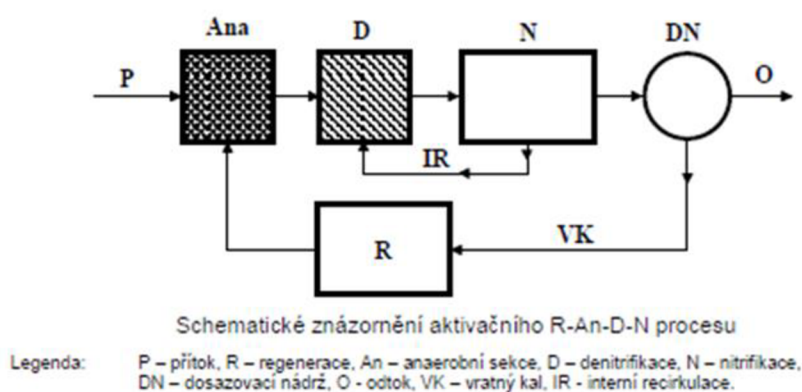


Obr. 10 – Parshallův žlab – odvod vyčištěné odpadní vody z dosazovacích nádrží do recipientu (zdroj vlastní)

Z odlehčovacího objektu před biologickým stupněm jsou odpadní vody rozdělovány ve shodném poměru do dvojice aktivačních linek na bázi R-AN-D-N systému, tedy aktivačního procesu s anaerobním, anoxickým a aerobním reaktorem v hlavním proudu a aerobní regenerací kalu ve vedlejším proudu. Odpadní vody jsou u obou linek přiváděny do anaerobní sekce aktivačního procesu, kam je zároveň zaústěn proud vratného kalu ze sekce omícké regenerace. Po průchodu anaerobní sekci je aktivační směs přiváděna do denitrifikační (anoxické) sekce o objemu 2 x 250 m³, do které je zaústěn proud interní recirkulace aktivační směsi z konce nitrifikační sekce aktivačního procesu. Z denitrifikační sekce je aktivační směs přiváděna do nitrifikační sekce (2 x 1050 m³) příslušné aktivační nádrže (Provozní řád ČOV Dobříš).



Obr. 11 a 12 - aktivační nádrže (zdroj vlastní)



Obr. 13 – Schéma aktivačního procesu ČOV Dobříš (zdroj Provozní řád ČOV Dobříš)

Provzdušňované sekce aktivačního procesu jsou zásobeny vzduchem z objektu dmýchárny. Dodávka vzduchu je řízena na základě on-line měřených koncentrací rozpuštěného kyslíku v arovaných sekcích přes frekvenční měnič pomocí oxysond. Pro každou nitrifikační linku slouží dvě dmychadla. Regenerační nádrž je zásobena vzduchem z vlastního dmychadla.



Obr. 14 a 15 - dmýchárna (zdroj vlastní)

Po průchodu nitrifikačními sekcemi obou aktivačních linek je směs vyčištěné odpadní vody a aktivovaného kalu přiváděna do dvojice kruhových dosazovacích nádrží o objemu $2 \times 675 \text{ m}^3$. V dosazovacích nádržích dochází ke gravitačnímu oddělení aktivovaného kalu a odpadní vody. Takto vyčištěná odpadní voda je z hladiny nádrže vedena přes měrný Parshallův žlab P3 do recipientu, zatímco usazený aktivovaný kal je recirkulován jako vratný kal do regenerační sekce aktivace, nebo je jako přebytečný kal odveden do kalového hospodářství ČOV. Množství vratného i přebytečného kalu je měřeno indukčními průtokoměry (Provozní řád ČOV Dobříš).



Obr. 16 a 17 - dosazovací nádrže (zdroj vlastní)

Technologická linka čistírny je vybavena dávkováním železité soli (41% síran železitý) pro účely stabilizace odtokových koncentrací P_{celk} (chemické srážení fosforu). Pro tento účel je zde instalována dvouplášťová PEHD nádrž se sadou monitoringu průsaku, světelné a akustické signalizace. Minimální hladiny dávkovaného média je snímána plovákovým spínačem. Dávkování je realizováno do rozdělovacího objektu před aktivací nebo variantě přímo do nitrifikačních nádrží každé linky. Ovládání dávkovacích čerpadel je ručně nebo automaticky (Provozní řád ČOV Dobříš).



Obr. 18 – dávkovací stanice koagulantu (zdroj vlastní)

Přebytečný kal je v časových intervalech automaticky přečerpáván do zahušťovací nádrže, kam jsou přečerpávány i plovoucí nečistoty z dosazovacích nádrží. Množství přebytečného kalu je měřeno indukčním průtokoměrem.

Zahušťovací nádrž o objemu 67 m³ je vybavena středně bublinnými aeračními elementy, čerpadlem a kalovým čerpadlem pro přečerpávání kalu do uskladňovací nádrže o objemu 950 m³. Odsazená kalová voda ze zahušťovací nádrže je přečerpávána do jímky kalové vody v objektu odvodnění kalu a odtud dále s kalovou vodou na přítok na mechanické předčištění. Uskladňovací nádrž kalu je provzdušňována středně bublinnými aeračními elementy zajišťujícími dostatečné promíchání objemu nádrže a stabilizaci kalu. Stabilizovaný kal je z uskladňovací nádrže čerpán do homogenizační nádrže, která je vybavena středně bublinnými aeračními elementy a kalovým čerpadlem pro přečerpávání kalu do objektu odvodnění kalu. Pro případ, že provozně technologické parametry stabilizovaného kalu umožní vyloučit provoz homogenizační nádrže, je možnost přímého přečerpávání stabilizovaného kalu na sítopásový lis. Sítopásový lis, chemické hospodářství, silo na vápno s dopravníky práškového vápna, zásobní nádrž provozní vody a ostatní zařízení jsou umístěny v objektu lisovny kalu (Provozní řád ČOV Dobříš).



Obr. 19 a 20 – objekt kalového hospodářství – zahušťovací nádrž s aeračními elementy (zdroj vlastní)



Obr. 21 – celkový pohled na ČOV Dobříš (zdroj vlastní)

Recipient odpadních vod z ČOV

Odpadní vody z čistírny jsou vypouštěny do Kotenčického potoka, který je levostranným přítokem vodního toku Kocáby. Recipient není přímo významný vodní tok ve smyslu Vyhl. c. 470/2001 Sb., a není klasifikován jako „lososové“ nebo „kaprové“ vody ve smyslu NV c. 61/2003 Sb.

Název vodního recipientu	:	Kotenčický potok
Identifikační číslo vypouštění odpadních vod	:	124 106
Říční km vypouštění	:	3,2 km
Délka toku	:	19,924 km
Správce vodního toku	:	PVL
Číslo hydrologického pořadí	:	1-08-05-102
Hydrologický rajón	:	625
Plocha povodí (A)	:	1,19 km ²
Průměrný dlouhodobý roční průtok (Qa) (Provozní řád ČOV Dobříš).	:	12,0 l/s

7. Vyhodnocení provozu ČOV v Dobříši

Dle rozhodnutí Krajského úřadu Středočeského kraje č.j. 6123-64469/05/OŽP-V-Še ze dne 10.7.2005 (dále jen „Rozhodnutí“) se laboratorní kontrola ČOV Dobříš provádí následujícím způsobem: Odtok z ČOV - $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL , N_{celk} , P_{celk} - četnost sledování: 26 x ročně. Místo odběru: měrný objekt vyčištěné vody na odtoku z ČOV.

Typ odběru pro sledování emisního limitu „p“: „C“ - 24 hodinový směsný vzorek, získaný sléváním 12 objemově průtoku úměrných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin.

Typ odběru pro sledování emisního limitu „m“: „A“ - 2 hodinový směsný vzorek, získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu odebíraných v intervalu 15 minut
Laboratoř: oprávněná laboratoř ve smyslu § 92 odst. 1) zákona č. 254/2001 Sb., o vodách uvedená ve Věstníku MŽP ČR.

Provozovatel ČOV stanovuje v souladu s přílohou č. 10 vyhl. č. 428/2001 Sb., v platném znění provozní laboratorní kontrolu ČOV Dobříš způsobem, aby byla sledována míra znečištění produkovaných odpadních vod na ČOV pro účely řízení aktivačního procesu a zároveň bylo zajištěno laboratorní sledování pro účely stanovení poplatkové povinnosti za vypouštění znečištění dle § 89 zákona č. 254/2001 Sb., v platném znění včetně požadavku na laboratorní kontrolu dle rozhodnutí vodoprávního úřadu následovně:

Přítok ČOV - $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , $NL_{suš}$, P_{celk} , N_{celk} , N_{anorg} - 12 x ročně

Typ vzorku: „B“

Místo oděru: Odlehčovací komora OK 1 v areálu ČOV

Typ vzorku: „C“

Odtok ČOV - $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , $NL_{suš}$, P_{celk} , N_{celk} , N_{anorg} - 26 x ročně

Typ vzorku: „A“

Odtok ČOV - $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , $NL_{suš}$, P_{celk} , N_{celk} - 26 x ročně

Nad rámec výše uvedeného laboratorního sledování může stanovit technolog ČOV dle potřeby dále sledování sušiny aktivační směsi, KI (kalový index), biologický rozbor aktivovaného kalu aj. (Provozní řád ČOV Dobříš).

7.1. Limity jednotlivých parametrů a jejich vyhodnocení

Pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových jsou dle Rozhodnutí pro ČOV Dobříš v současné době platné následující limity:

UKAZATEL	příпустné hodnoty	maximální hodnoty	množství vypouštěného znečištění v
	"p" v mg/l	"m" v mg/l	v t/rok
CHSK _{Cr}	75	100	135
BSK ₅	15	30	27
NL	20	40	36
N _{celk}	14	20	25
P _{celk}	1,5	5	2,7
Povolené vypouštěné množství odpadních vod			150 000 m ³ /měsíc
			1 800 000 m ³ /rok

Tab. 6 – emisní limity dle Rozhodnutí č.j.6123-64469/05/OŽP-V-Še platné pro ČOV Dobříš (zdroj VHS spol.s r.o. Dobříš)

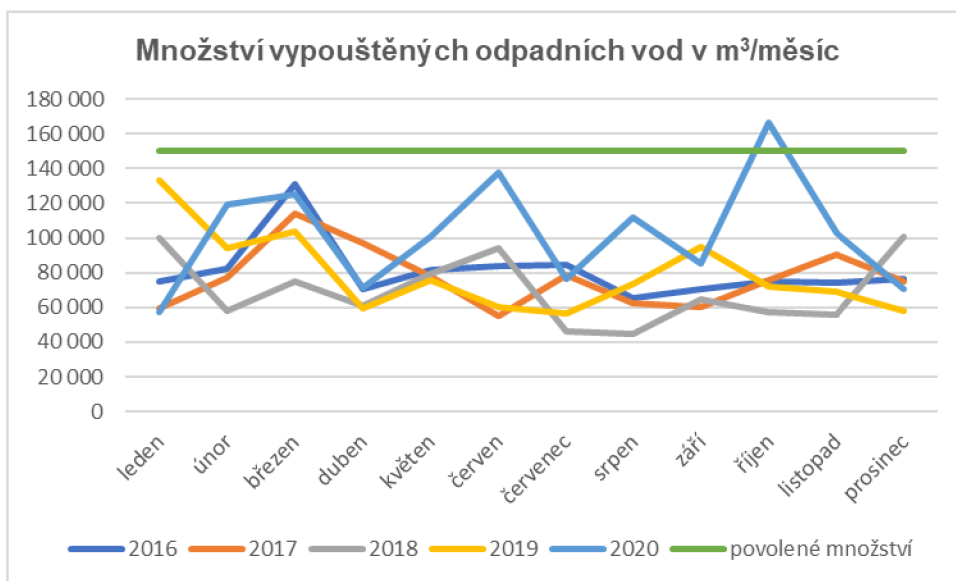
Limity dle Rozhodnutí jsou „přísnější“ než limity dle platné legislativy - NV č. 401/2015 a jejich platnost je do konce roku 2022, konkrétně do 23. 12. 2022. Provozovatel ČOV bude tento rok žádat o vydání nového rozhodnutí.

7.1.1. Množství vypouštěných odpadních vod

Jak vyplývá z následující tabulky a grafů, bylo povolené množství vypouštěných odpadních vod v množství 150 000 m³ za měsíc překročeno v letech 2016 až 2020 pouze jednou, a to v měsíci říjnu v roce 2020.

období	2016	2017	2018	2019	2020	jednotky
leden	74 752	59 232	100 289	133 298	56 985	m ³ /měsíc
únor	82 519	77 221	57 876	94 276	119 425	m ³ /měsíc
březen	131 207	114 037	74 897	103 910	125 153	m ³ /měsíc
duben	70 732	96 774	60 708	59 720	71 147	m ³ /měsíc
květen	81 601	78 188	79 402	75 605	100 617	m ³ /měsíc
červen	84 081	55 115	94 450	60 135	137 791	m ³ /měsíc
červenec	84 868	78 771	45 818	56 330	76 342	m ³ /měsíc
srpen	65 339	62 116	44 546	73 730	111 531	m ³ /měsíc
září	70 751	60 260	64 386	94 731	85 420	m ³ /měsíc
říjen	75 126	75 818	57 229	72 339	166 257	m ³ /měsíc
listopad	74 290	90 122	56 028	68 815	102 995	m ³ /měsíc
prosinec	76 310	74 928	100 439	57 895	70 328	m ³ /měsíc
Celkem/rok	971 576	922 582	836 068	950 784	1 223 991	m ³

Tab. 7 - Množství vypouštěných odpadních vod v letech 2016 až 2020 (zdroj VHS spol. s r.o. Dobříš)



Obr. 22 – grafické znázornění množství vypouštěných odpadních vod v letech 2016-2020

Grafy „množství vypouštěných odpadních vod“ za jednotlivé roky 2016 – 2020 – viz příloha č. 1.

Dle údajů v tabulce č. 7 a z přiloženého grafu (obr. 22) je patrné, že množství vypouštěných odpadních vod v letech 2016 – 2020 setrvává v téměř kontinuálním stavu, vykazující malé zvyšování s nevýraznými výkyvy. Největší průtočné množství bylo zaznamenáno v měsíci říjnu roku 2020 – 166 257 m³/měsíc, kdy bylo překročeno povolené měsíční množství (150 000 m³/měsíc). Tuto událost lze jednak na základě dat zveřejněných Českým hydrometeorologickým úřadem (ČHMÚ ©2022) a dle soukromých záznamů srážek pracovníka Vodohospodářské společnosti Dobříš spol. s r.o. (Vladimír Kolařík, 2022, in verb.) zdůvodnit vysokým úhrnem srážek v tomto měsíci na Dobříšsku a v celém Středočeském kraji.

Celkový, mírně stoupající meziroční nárůst množství vypouštěných odpadních vod lze dále zdůvodnit rozšiřujícím se provozu největšího průmyslového podniku na Dobříši, podniku DOOSAN – BOBCAT EMEA s.r.o. a pokračující výstavbě rodinných domů v části Dobříš – Větrník – Vlaška.

7.1.2. Chemická spotřeba kyslíku

Jedním z ukazatelů biologického znečištění odpadních vod je *chemická spotřeba kyslíku*. Tento lze definovat jako hmotnostní množství kyslíku, které je potřebné k oxidaci všech organických látek. Pro stanovení CHSK se do vzorku vody přidá předem stanovené množství oxidačního činidla. V případě odpadních vod se používá nejčastěji dvojchroman draselný (K₂Cr₂O₇) (Pošta, 2005).

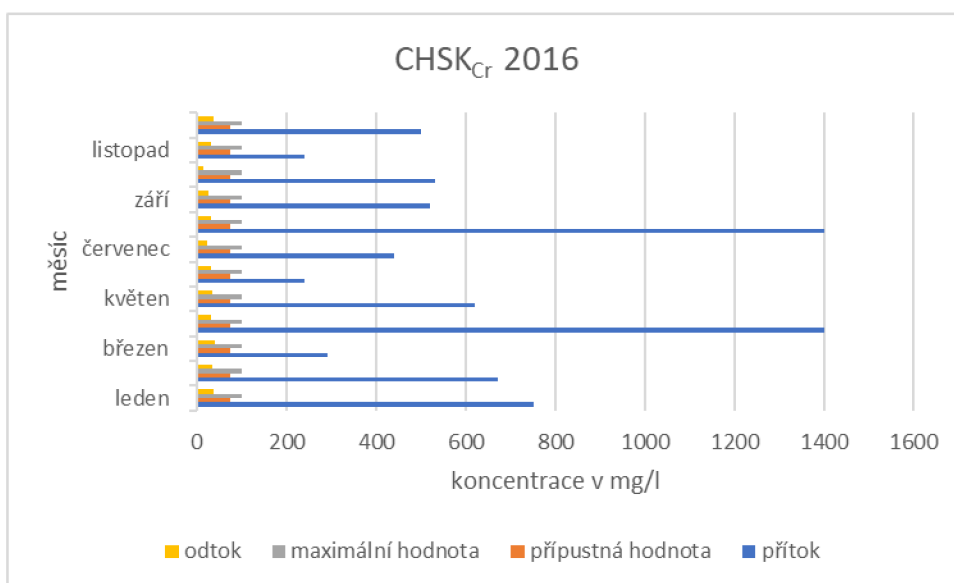
Z dat uvedených v tabulce č. 8 je patrné, že i přes vliv naředování dešťovými splachy jsou průměrné roční hodnoty na přítoku poměrně stabilní. Stejně tak stabilní jsou i průměrné hodnoty na odtoku z ČOV. Emisní limit $CHSK_{Cr}$ pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových je dle Rozhodnutí pro ČOV Dobříš přípustná hodnota 75 mg/l a maximální hodnota 100 mg/l.

rok	přítok	odtok	účinnost
2016	633,3 mg/l	31,88 mg/l	94,97 %
2017	580,83 mg/l	25,46 mg/l	95,62 %
2018	610,83 mg/l	25,75 mg/l	95,78 %
2019	711,33 mg/l	21,44 mg/l	96,99 %
2020	627 mg/l	21,31 mg/l	96,6 %

Tab. 8 – průměrné roční hodnoty $CHSK_{Cr}$ na přítoku a odtoku v letech 2016-2020 (zdroj dat VHS spol. s r.o. Dobříš)

Nejnižší průměrnou roční hodnotou na odtoku z ČOV byla v roce 2020 hodnota 21,31 mg/l, hodnotou nevyšší byla v roce 2016 ve výši 31,88 mg/l.

Maximální naměřená hodnota $CHSK_{Cr}$ na přítoku byla naměřena v dubnu 2019, a to 1 700 mg/l. Nejvyšší naměřená hodnota parametru $CHSK_{Cr}$ na odtoku z ČOV byla naměřena v dubnu 2020 a činila 81 mg/l. Tato hodnota sice mírně překračuje přípustnou hodnotu, ale zdaleka nedosahuje maximální hodnoty dle Rozhodnutí (100 mg/l). Hodnoty $CHSK_{Cr}$ naměřené na odtoku z ČOV v rámci všech ostatních měření v letech 2016 – 2020 nedosahovaly ani poloviny přípustné hodnoty 75 mg/l , viz tabulky v příloze č. 2.

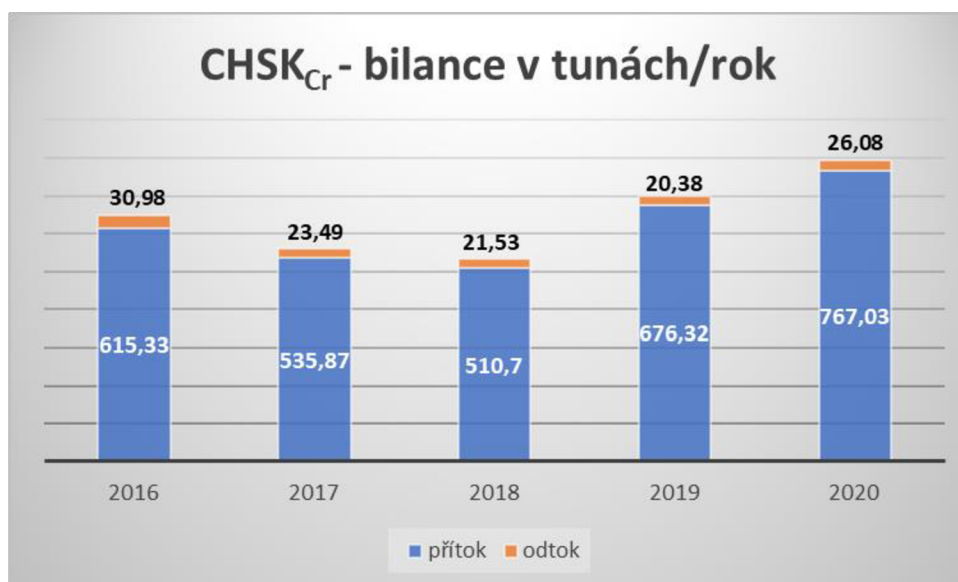


Obr. 23 – grafické znázornění hodnot $CHSK_{Cr}$ na přítoku a odtoku v roce 2016

Grafické znázornění hodnot $CHSK_{Cr}$ naměřených na přítoku a odtoku v letech 2017 – 2020 - příloha č. 2.

Průměrná účinnost ČOV v letech 2016 – 2020 v případě ukazatele $CHSK_{Cr}$ je 95,99%.

Limit množství vypouštěného znečištění dle Rozhodnutí je pro ukazatel $CHSK_{Cr}$ 135 t/rok. Tento limit nebyl ve sledovaných letech dosažen.



Obr. 24 - hmotnostní bilance $CHSK_{Cr}$ v letech 2016 - 2020

7.1.3. Biochemická spotřeba kyslíku

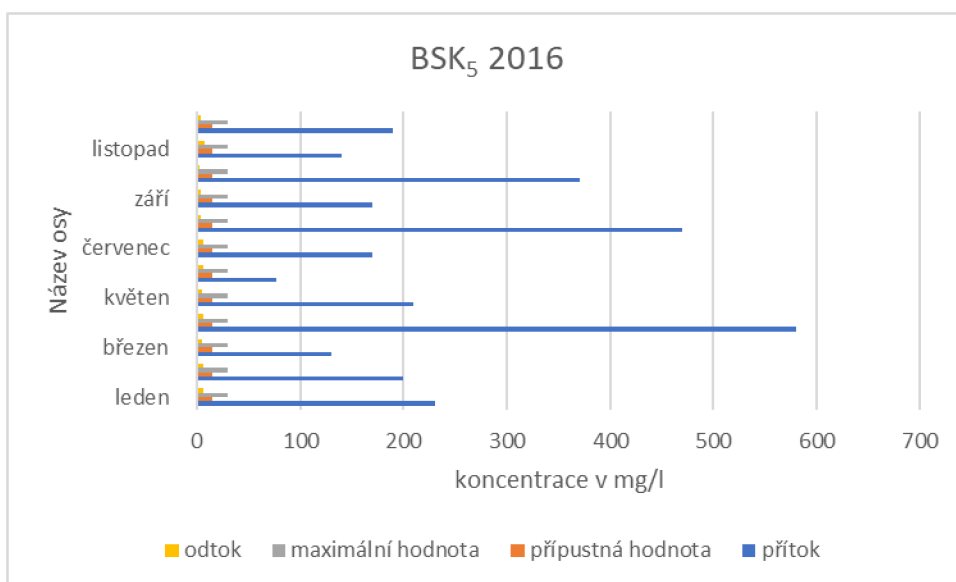
BSK, tedy biochemická spotřeba kyslíku je nejužívanější ukazatel znečištění. Představuje hmotnostní množství kyslíku spotřebovaného k úplné oxidaci biologicky rozložitelných látek v odpadní vodě. Spodní index (nejčastěji udávaná hodnota BSK_5), udává dobu (počet dní), během kterých tato oxidace probíhá. Jde tedy o množství kyslíku spotřebovaného k biochemické oxidaci látek v odpadní vodě za 5 dní při teplotě cca 20°C (Pitter, 2009).

V tabulce č. 9 jsou uvedeny roční průměrné naměřené hodnoty BSK_5 v letech 2016 – 2020. Emisní limit je dle Rozhodnutí pro ČOV Dobříš pro BSK_5 na odtoku 15 mg/l – přípustná hodnota a 30 mg/l – maximální hodnota. Přípustné hodnoty - 15 mg/l bylo dosaženo ve sledovaném období pouze jednou, a to v dubnu 2020, viz. Příloha č. 7.

rok	přítok	odtok	účinnost
2016	244,8 mg/l	5,59 mg/l	97,72 %
2017	205,83 mg/l	3,63 mg/l	98,24 %
2018	231,67 mg/l	3,87 mg/l	98,33 %
2019	302,42 mg/l	3,76 mg/l	98,76 %
2020	327 mg/l	3,5 mg/l	98,93 %

Tab. 9 – průměrné roční hodnoty BSK₅ na přítoku a odtoku v letech 2016-2020
(zdroj dat VHS Dobříš spol. s r.o.)

Nejnižší průměrná roční hodnota BSK₅ byla v roce 2020, a to 3,5 mg/l, nejvyšší hodnota v roce 2016 ve výši 5,59 mg/l. Z údajů v příloze č. 7 je obdobně jako u parametru CHSK_{Cr} patrné, že naměřené koncentrace BSK₅ jsou hluboko pod limitními hodnotami.

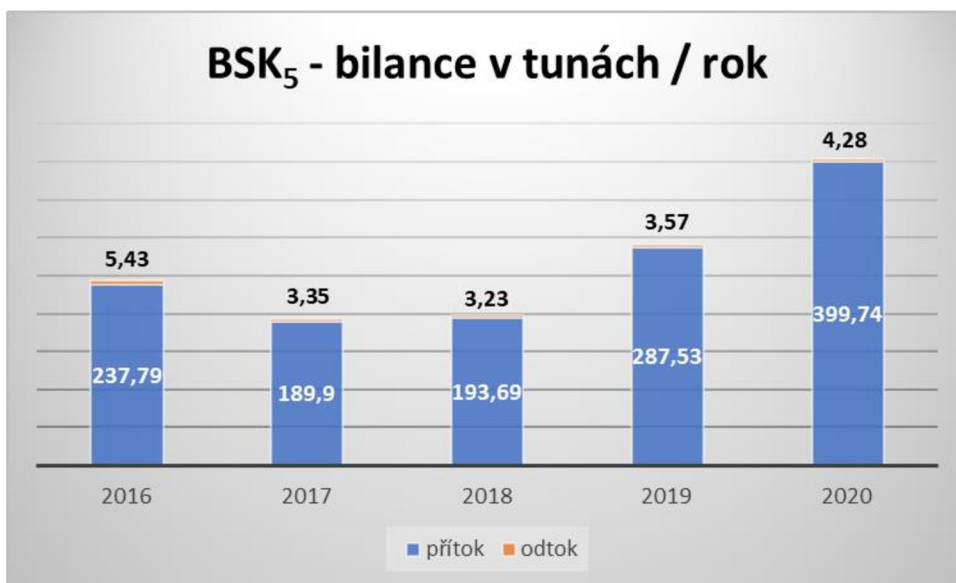


Obr. 25 - grafické znázornění hodnot BSK₅ na přítoku a odtoku v roce 2016

Grafické znázornění hodnot BSK₅ naměřených na přítoku a odtoku v letech 2017 – 2020 viz příloha č. 3.

Průměrná účinnost ČOV v letech 2016 – 2020 v případě ukazatele BSK₅ je 98,4%.

Limit množství vypouštěného znečištění dle Rozhodnutí je pro ukazatel BSK₅ 27 t/rok. Tento limit nebyl ve sledovaných letech dosažen a naměřené hodnoty jsou hluboko pod tímto limitem – viz. obr. 26.



Obr. 26 - hmotnostní bilance BSK₅ v letech 2016 - 2020

Jak již bylo uvedeno v rešeršní části této práce, mezi parametry znečištění odpadních vod BSK/CHSK platí vztah, resp. poměr těchto hodnot, který je používán jako dobrý indikátor biologické rozložitelnosti organických látek v odpadních vodách. Hodnota CHSK_{Cr} je vždy větší než BSK₅. Je to dáno tím, že hodnota CHSK udává množství kyslíku potřebného k oxidaci všech organických látek v odpadní vodě, naproti tomu hodnota BSK udává množství kyslíku potřebného k oxidaci pouze látek biologicky rozložitelných. Pokud je tento poměr větší než 0,5 jedná se o dobře rozložitelné znečištění. Poměr 0,1 udává dokonale biologicky vyčištěné odpadní vody. Čím je poměr těchto hodnot menší tím je obsah biologicky nerozložitelných látek v odpadní vodě větší (Chudoba et al, 1991).

V následujících tabulkách číslo 10 a 11 jsou uvedeny průměrné hodnoty CHSK_{Cr} a BSK₅ zprůměrovaná za jednotlivá čtvrtletí let 2016 – 2020 na přítoku a na odtoku z ČOV Dobříš a vyjádřen jejich poměr.

období	průměr CHSK _{Cr}	průměr BSK ₅	jednotky	poměr BSK ₅ /CHSK _{Cr}
1.Q 2016	570	187	mg/l	0,33
2.Q 2016	753	289	mg/l	0,38
3.Q 2016	787	270	mg/l	0,34
4.Q 2016	423	233	mg/l	0,55
1.Q 2017	430	187	mg/l	0,43
2.Q 2017	563	223	mg/l	0,40
3.Q 2017	690	233	mg/l	0,34
4.Q 2017	640	180	mg/l	0,28
1.Q 2018	510	170	mg/l	0,33
2.Q 2018	537	193	mg/l	0,36
3.Q 2018	473	180	mg/l	0,38
4.Q 2018	923	383	mg/l	0,41
1.Q 2019	643	263	mg/l	0,41
2.Q 2019	1123	480	mg/l	0,43
3.Q 2019	428	220	mg/l	0,51
4.Q 2019	650	246	mg/l	0,38
1.Q 2020	623	281	mg/l	0,45
2.Q 2020	617	363	mg/l	0,59
3.Q 2020	624	316	mg/l	0,51
4.Q 2020	642	346	mg/l	0,54

Tab. 10 - poměr CHSK_{Cr} a BSK₅ na přítoku v letech 2016-2020 (zdroj dat VHS Dobříš spol. s r.o.)

Poměr těchto dvou sledovaných parametrů se na přítoku do ČOV pohybuje v rozmezí od 0,28 do 0,59 mg/l. Nejčastěji se tento poměr pohybuje v rozmezí 0,3 – 0,4 mg/l což svědčí o faktu, že se jedná o odpadní vody se zvýšeným množstvím biologicky rozložitelného znečištění.

V tabulce č. 11, poměr CHSK_{Cr} a BSK₅ na odtoku z ČOV, se tento poměr pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,19 mg/l. Na základě výše uvedeného lze tedy dovodit, že do recipientu odtékají z ČOV téměř dokonale vyčištěné odpadní vody.

období	průměr CHSK _{Cr}	průměr BSK ₅	jednotky	poměr BSK ₅ /CHSK _{Cr}
1.Q 2016	35,5	6,4	mg/l	0,18
2.Q 2016	35,1	6,14	mg/l	0,17
3.Q 2016	26,8	4,48	mg/l	0,17
4.Q 2016	29,7	5,29	mg/l	0,18
1.Q 2017	30,9	4,2	mg/l	0,14
2.Q 2017	28,7	4,2	mg/l	0,15
3.Q 2017	17,7	3,2	mg/l	0,18
4.Q 2017	24,1	2,9	mg/l	0,12
1.Q 2018	24,3	3,3	mg/l	0,14
2.Q 2018	22,5	4,34	mg/l	0,19
3.Q 2018	26,9	3,62	mg/l	0,13
4.Q 2018	29	4,9	mg/l	0,17
1.Q 2019	21,7	3,9	mg/l	0,18
2.Q 2019	26,1	4,2	mg/l	0,16
3.Q 2019	16,6	3,2	mg/l	0,19
4.Q 2019	20,6	3,6	mg/l	0,17
1.Q 2020	17	3	mg/l	0,18
2.Q 2020	29,4	5,3	mg/l	0,18
3.Q 2020	13,5	3,2	mg/l	0,24
4.Q 2020	23,5	2,4	mg/l	0,10

Tab. 11 - poměr CHSK_{Cr} a BSK₅ na odtoku (zdroj dat VHS spol. s r.o. Dobříš)

7.1.4 Nerozpuštěné látky NL

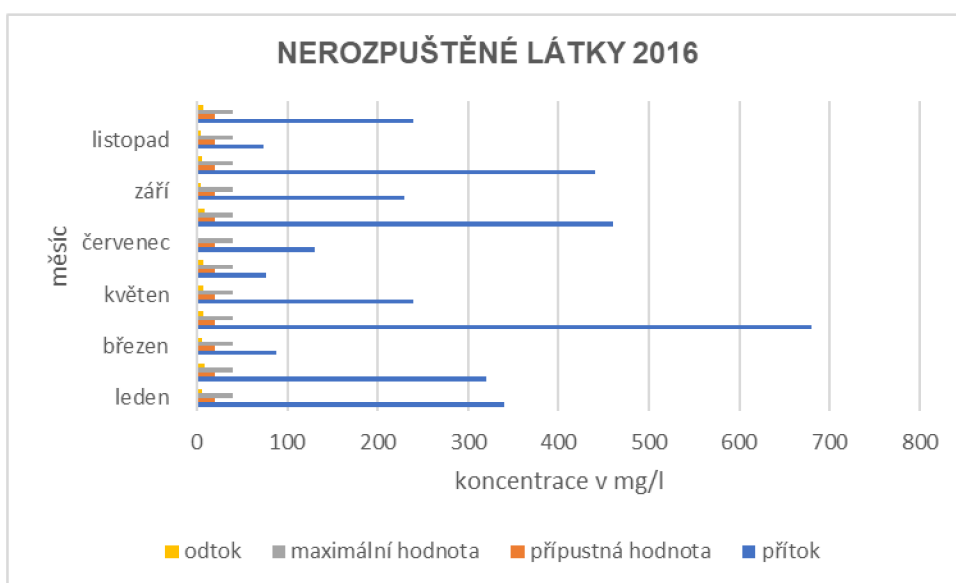
Dalším ze sledovaných ukazatelů znečištění odpadních vod jsou nerozpuštěné látky. Nerozpuštěné látky jsou indikátorem jakosti surových i odpadních vod. Dělí se do dvou základních skupin – nerozpuštěné látky usaditelné, suspendované a nerozpuštěné látky neusaditelné, nesuspendované (Pytl et. al., 2004). Dále se mohou dělit na splaveniny (jsou unášeny vodou) a plaveniny (vznášejí se na hladině), které se po usazení nazývají sedimenty (Pitter, 2009). Nerozpuštěné látky se vyskytují ve formě fytoplanktonu, zooplanktonu, tuků apod. Velké nečistoty jako například zbytky potravin nebo textilií, které se buď vůbec nebo velmi pomalu rozkládají je nutno v rámci čištění odpadních vod zachytit jako první.

Limitními hodnotami dle Rozhodnutí jsou pro nerozpuštěné látky NL na odtoku: přípustná hodnota 20 mg/l a maximální hodnota 40 mg/l.

rok	přítok	odtok	účinnost
2016	276,5 mg/l	7,35 mg/l	97,34 %
2017	241 mg/l	4,69 mg/l	98,05 %
2018	295,83 mg/l	4,31 mg/l	98,54 %
2019	448,33 mg/l	4,12 mg/l	99,08 %
2020	300 mg/l	3,45 mg/l	98,85 %

Tab. 12 – průměrné roční hodnoty NL na přítoku a odtoku v letech 2016 – 2020
(zdroj dat VHS spol. s r.o. Dobříš)

Nejnižší průměrná roční hodnota nerozpuštěných látek na odtoku z ČOV byla v roce 2020, a to 3,45 mg/l, nejvyšší hodnota v roce 2016 ve výši 7,35 mg/l. Nejvyšší naměřenou hodnotou NL na odtoku z ČOV byla v dubnu 2016 hodnota 19 mg/l. Ostatní naměřené měsíční hodnoty ve sledovaných letech dosahovaly hodnot nízko pod polovinou přípustné hodnoty, příloha č. 7.

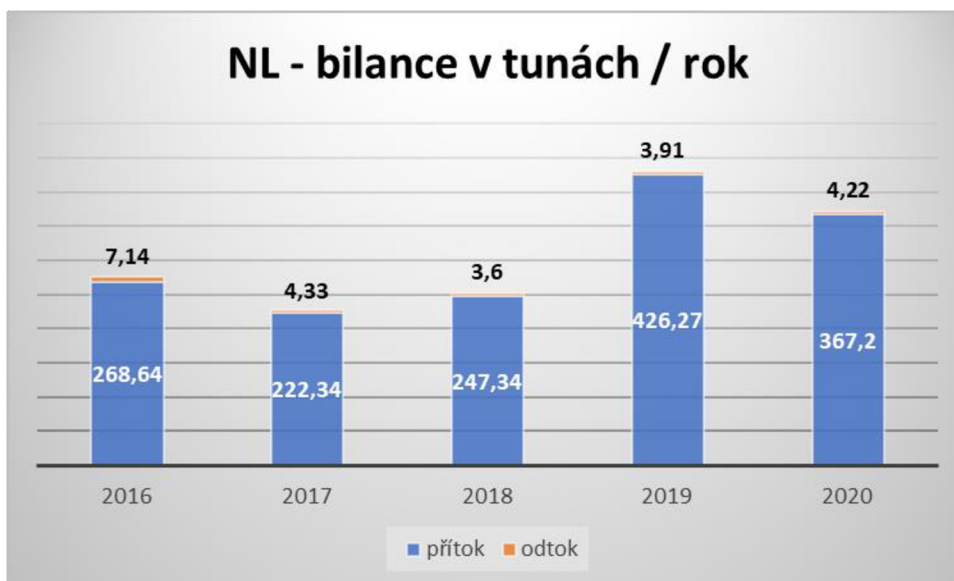


Obr. 27 - grafické znázornění hodnot NL na přítoku a odtoku v roce 2016

Grafické znázornění hodnot NL naměřených na přítoku a odtoku v letech 2017 – 2020 viz příloha č. 4..

Průměrná účinnost ČOV v letech 2016 – 2020 v případě ukazatele NL 98,37%.

Emisní limit pro hmotnostní bilanci nerozpuštěných látek je dle Rozhodnutí 36 t/rok. Níže zpracovaný graf za všechny sledované roky napovídá, že i tento emisní limit byl dodržen.



Obr. 28 - hmotnostní bilance NL v letech 2016 – 2020

7.1.5 Celkový dusík $N_{\text{celk.}}$

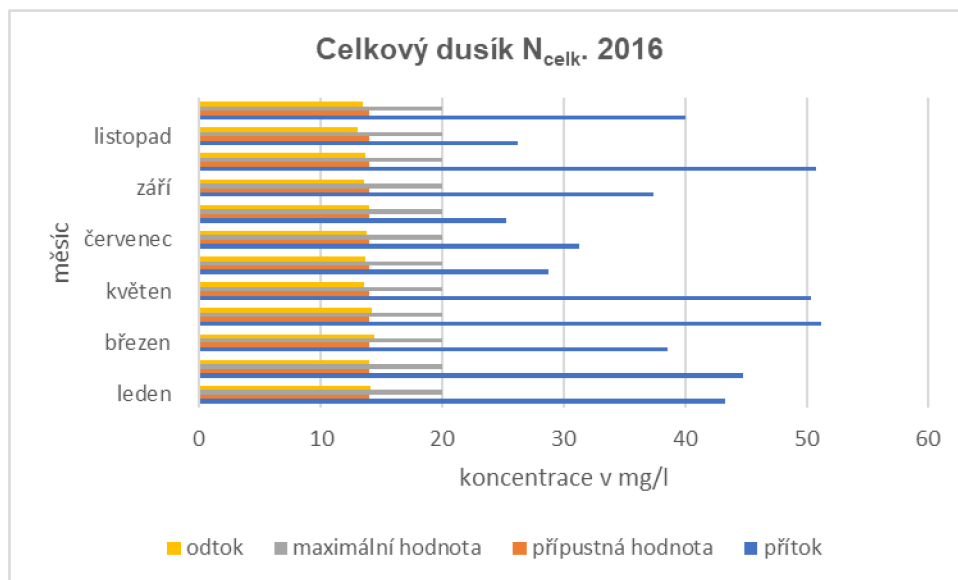
Dusík se v odpadních vodách vyskytuje ve formě organické a anorganické. Patří mezi nutrienty, které jsou nezbytné pro rozvoj mikroorganismů. Celkový dusík je součet anorganického a organického dusíku. Anorganické formy dusíku jsou na čistírnách odstraňovány nitrifikací (oxidace amoniakálního dusíku na dusitany a dusičnany) a denitrifikací (redukce dusitanů a dusičnanů na oxid dusný). Do odpadních vod se dusík dostává zejména ze zemědělské činnosti, ale také z atmosférických srážek (Pitter 2009; Henze et Harremoës 1992).

Emisní limity pro celkový dusík $N_{\text{celk.}}$ dle Rozhodnutí jsou: přípustná hodnota 14 mg/l a maximální hodnota 20 mg/l. Z dat uvedených v příloze č. 7, lze dovodit, že se hodnoty naměřené na odtoku pohybují okolo přípustné hodnoty 14 mg/l. Častěji se pohybují mírně pod touto hodnotou, méně častěji je tato hodnota dosažena. Maximální hodnoty, 20 mg/l, nebylo v žádném z provedených měření v letech 2016 – 2020 dosaženo.

rok	přítok	odtok	účinnost
2016	57,98 mg/l	13,81 mg/l	76,18 %
2017	44,84 mg/l	13,98 mg/l	68,82 %
2018	5,53 mg/l	14,49 mg/l	72,93 %
2019	46,48 mg/l	13,34 mg/l	71,3 %
2020	49,93 mg/l	13,33 mg/l	73,3 %

Tab. 13 – průměrné roční hodnoty $N_{\text{celk.}}$ na přítoku a odtoku v letech 2016 – 2020 (zdroj dat VHS spol. s r.o. Dobříš)

Nejnižší průměrnou roční hodnotou celkového dusíku byla v roce 2020 hodnota 13,33 mg/l, nejvyšší průměrná roční hodnota byla v roce 2018 ve výši 14,49 mg/l, Nejvyšší naměřenou hodnotou $N_{\text{celk.}}$ na odtoku z ČOV v letech 2016 – 2020 byla hodnota ve výši 19,9 mg/l naměřená v červnu 2019, příloha č 7.

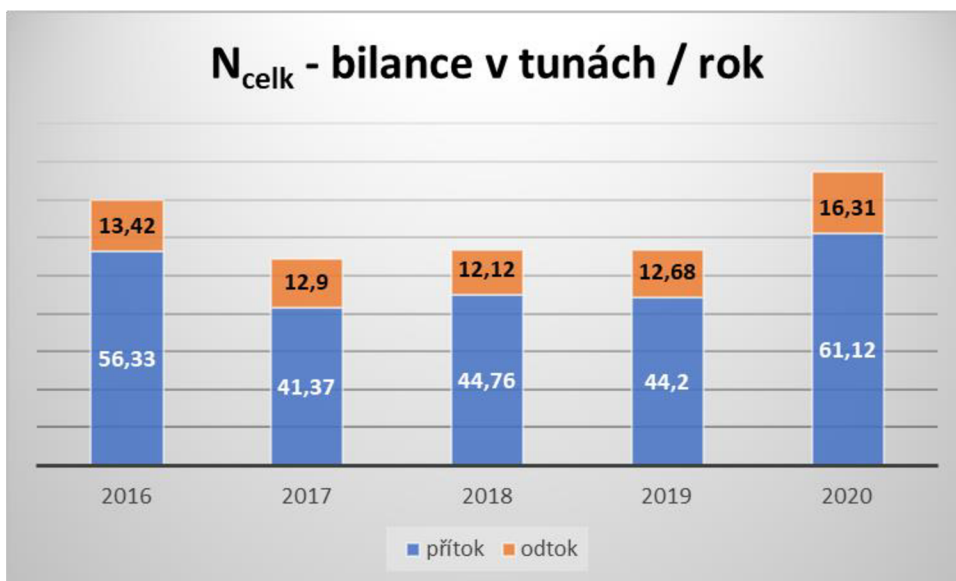


Obr. 29 - grafické znázornění hodnot $N_{\text{celk.}}$ na přítoku a odtoku v roce 2016

Grafické znázornění hodnot $N_{\text{celk.}}$ naměřených na přítoku a odtoku v letech 2017 – 2020 viz příloha č. 5.

Průměrná účinnost ČOV v letech 2016 – 2020 pro znečištění $N_{\text{celk.}}$ je 72,5%.

Emisní limit pro hmotnostní bilanci celkového dusíku je dle Rozhodnutí 25 t/rok. Dle zaznamenaných hodnot v příloze č. 7 i dle grafického znázornění hmotnostní bilance pro celkový dusík v obr. 30 je patrné, že emisní limit pro celkový dusík je dodržen.



Obr. 30 - hmotnostní bilance celkového dusíku N_{celk.} v letech 2016 - 2020

7.1.6 Celkový fosfor P_{celk.}

Fosfor, stejně jako dusík patří do skupiny nutrientů. Největším zdrojem fosforu jsou výkaly a moč. Do vodních toků se fosfor dostává prostřednictvím splachů ze zemědělské půdy. Antropogenním zdrojem fosforu v odpadních vodách jsou čističí, prací a odmašťovací prostředky. Pro představu - hodnota vypouštěného fosforu vyprodukovaná jedním člověkem je 1,5 g/den. Spolu s provozem domácnosti se množství fosforu může dostat až na hodnotu 2 – 3 g/den.

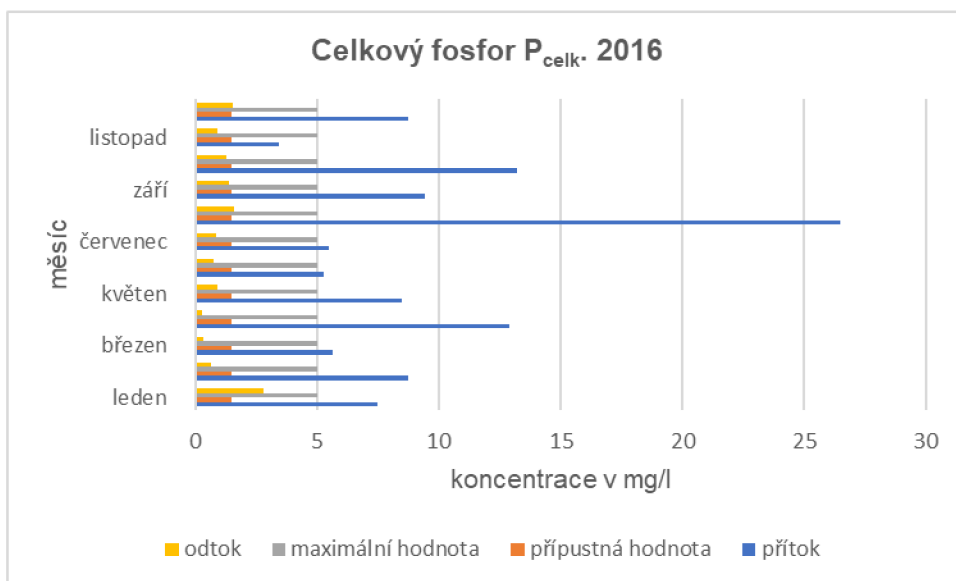
Emisní limity pro celkový fosfor P_{celk.} je dle Rozhodnutí: přípustná hodnota 1,5 mg/l a maximální hodnota 5 mg/l. Z dat uvedených v příloze č. 7 lze dovodit, že se hodnoty naměřené na odtoku pohybují nejčastěji pod přípustnou hodnotou nebo okolo této hodnoty. Maximální emisní limit 5 mg/l nebyl v žádném z provedených měření dosažen.

rok	přítok	odtok	účinnost
2016	9,61 mg/l	1,15 mg/l	88,03 %
2017	13,23 mg/l	0,71 mg/l	94,63 %
2018	8,5 mg/l	0,93 mg/l	89,06 %
2019	8 mg/l	0,24 mg/l	97 %
2020	7,64 mg/l	0,41 mg/l	94,63 %

Tab. 14 – průměrné roční hodnoty P_{celk.} na přítoku a odtoku v letech 2016 – 2020 (zdroj dat VHS spol. s r.o. Dobříš)

Nejnižší průměrnou roční hodnotou bylo v roce 2019 množství 0,24 mg/l, nejvyšší průměrnou hodnotou byla hodnota 1,15 mg/l v roce 2016.

Nejnižší naměřenou hodnotou celkově bylo množství 0,05 mg/l naměřené na odtoku v říjnu 2019, tabulka č. 7.

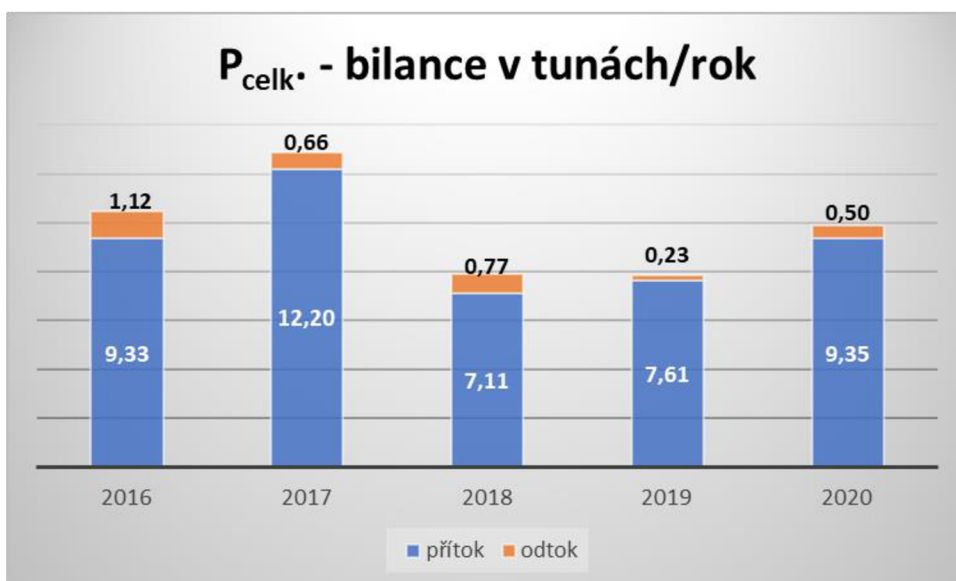


Obr. 31 - grafické znázornění hodnot P_{celk.} na přítoku a odtoku v roce 2016

Grafické znázornění hodnot P_{celk.} naměřených na přítoku a odtoku v letech 2017 – 2020 viz příloha č. 6.

Průměrná účinnost ČOV v letech 2016 – 2020 pro znečištění P_{celk.} je 92,67%.

Emisní limit pro hmotnostní bilanci celkového dusíku je dle Rozhodnutí 2,7 t/rok. Dle zaznamenaných hodnot v příloze č. 7. a dle níže uvedeného grafického znázornění (obr. 32) hmotnostní bilance pro celkový fosfor, je možno konstatovat, že tento limit byl dodržen.



Obr. 32 - hmotnostní bilance celkového fosforu P_{celk.} v letech 2016 - 2020

7.1.7 Vyhodnocení provozu ČOV Dobříš - shrnutí

Vyhodnocení provozu ČOV v letech 2016 – 2020 bylo provedeno na základě dat získaných od provozovatele čistírny odpadních vod v Dobříši, Vodohospodářské společnosti Dobříš spol. s r.o., studia dostupných materiálů a osobní návštěvy na čistírně v Dobříši. Všechna data a získané informace byly zpracovány do textu, tabulek a grafů a porovnána s přípustnými limity uvedených v Rozhodnutí. Toto dosud platné Rozhodnutí (platnost končí 23. 12. 2022) stanoví emisní limity přísnější než dle nařízení vlády č.401/2015 Sb.. Hodnoty dle Rozhodnutí jsou uvedeny vždy v příslušné kapitole a limity dle NV č.401/2015 Sb. jsou uvedeny v tabulce č. 3 na straně 9.

Vyhodnocení se týkalo pěti základních parametrů: chemické spotřeby kyslíku $CHSK_{Cr}$, biochemické spotřeby kyslíku BSK_5 , nerozpuštěných látek NL, celkového dusíku $N_{celk.}$ a celkového fosforu $P_{celk.}$. Do hodnocení bylo zahrnuto také celkové množství vypouštěných odpadních vod a účinnost čistícího procesu.

Intenzifikací čistírny odpadních vod v Dobříši, která proběhla v letech 2009 a 2010 se zlepšila účinnost čistících procesů a kapacita byla navýšena z původních 8 600 na 13 000 ekvivalentních obyvatel.

Na základě zpracovaných dat lze konstatovat, že čistírna odpadních vod v Dobříši je provozem, který splňuje emisní limity dle Rozhodnutí, resp. dle NV č. 401/2015 Sb. a platné legislativy ČR a EU.

8. Návrh na doplnění technologie ČOV

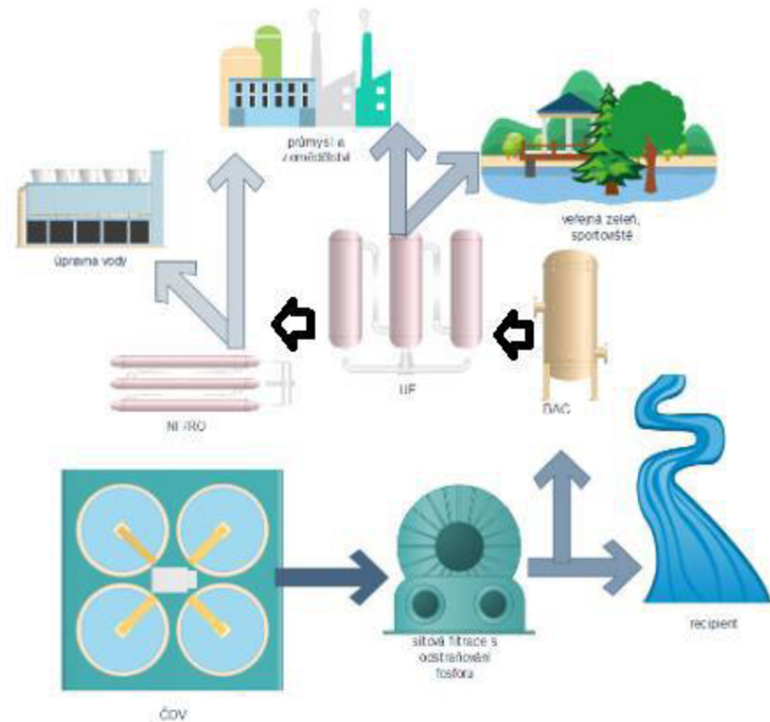
Navzdory zjištěným výsledkům i v případě této čistírny odpadních vod platí, že lze vhodným způsobem technologii doplnit či vylepšit. Komunální odpadní vody jsou kromě sledovaných znečišťujících látek zatíženy specifickým znečištěním – tzv. mikropolutanty, jako jsou například farmaka, drogy, hormony, čisticí prostředky, kosmetika a podobně. Sledování výskytu tohoto znečištění v odpadních vodách, které i v nízkých koncentracích může být nebezpečné, však není v současné době platnou legislativou vyžadováno. I přes tento fakt v České republice existují provozovatelé a firmy, které problematiku hospodaření s odpadní vodou a vývoj nových technologií vnímají jako součást svého rozvoje.

Jednou z těchto doplňkových technologií může být například technologie COMORES. Jedná se o moderní, komplexní, technologické řešení v oblasti terciálního dočištění odpadních vod a jejich recyklace.

Kromě zlepšování kvality vypouštěných vod z ČOV, snižování množství nežádoucího fosforu a odstraňování výše uvedených mikropolutantů, tato technologie poskytuje možnost získání potencionálního zdroje vody pro další použití, bilancovat správné množství a kvalitu recyklované vody na základě skutečného požadavku odbytu při zachování lokální vodní rovnováhy ekosystému.

Technologický návrh je flexibilní, procesně modulární a reaguje na konkrétní požadavek na kvalitu produkované vody dle jejího odbytu. Navržený systém díky své modularitě nabízí řešení uspořádání jednotlivých technologických stupňů do kontejnerové sestavy, upravující pouze takové množství vody a v takové kvalitě, která bude vyžadována odbytem. Modulární proto, že se skládá ze tří stupňů, které jsou schopné fungovat jak samostatně, tak v sériovém zapojení.

Takto upravené vody lze využít pro dotování vodárenských toků a nádrží bez rizika kontaminace a zároveň k přímému použití například na závlahu, mytí vozovek nebo do průmyslových provozů (zdroj VHS Dobříš, spol. s r.o.)



Obr. č. 33 - schéma jednotlivých stupňů terciálního čištění – projekt COMORES
(zdroj VHS spol. s r.o. Dobříš)

První stupeň tohoto technologického konceptu zajistí terciální dočištění odtoku z dosazovacích nádrží. Pomocí síťové mikrofiltrace budou odstraněny nerozpuštěné látky a částečně i zákal. Srážením fosforu v tomto stupni bude zároveň dosaženo nižší koncentrace tohoto limitujícího prvku, který způsobuje zvýšenou trofizaci vodních útvarů a růst vodních řas a sinic. Tento stupeň zároveň slouží jako předčištění před dalšími stupni.

Druhý stupeň – ultrafiltrace - zajistí téměř úplné odstranění zákalu, eliminaci nerozpuštěných látek, bakterií, virů a mikropolutantů v produkované vodě. Takto vyčištěnou vodu lze použít pro zavlažování nebo postřik ke snížení prašnosti silnic apod.

Třetí, poslední stupeň, založený na principu nanofiltrace, zajistí téměř úplným odstraněním rozpuštěných látek, bakterií a virů produkcí vysoce kvalitní vody, kterou lze vracet do výrobních procesů jako vodu oplachovou nebo chladicí nebo ji použít ke splachování toalet, mytí podlah apod.

Pilotní technologie COMORES je integrována do dvou ocelových kontejnerů, kdy první stupeň filtrace je umístěn v prvním kontejneru, druhý a třetí stupeň filtrace jsou integrovány společně v druhém kontejneru. Kontejnery obsahují veškeré strojní a technologické vybavení k samostatnému provozu. Instalace kontejnerových

jednotek předpokládá zdroj předčištěné odpadní vody (za dosazovacími nádržemi), zpevněnou plochu potřebnou pro umístění kontejnerů, zdroj elektrické energie a pitné vody (VHS spol. s r.o.)

Podmínky pro umístění výše popsané technologie jsou na ČOV Dobříš splnitelné, proto volbu tohoto zařízení jako doplnění současné technologie považují za přínosné.



Obr. 34 – možné umístění navrhované technologie v prostoru ČOV Dobříš

9. Diskuse

Na základě výsledků zpracování dat a jejich následného vyhodnocení lze konstatovat, že čistírna odpadních vod v Dobříši vyhovuje standardům požadovaných tuzemskou i evropskou legislativou. Čistící procesy lze hodnotit kladně, neboť v žádném ze sledovaných parametrů nedošlo ve sledovaném období k překročení maximálních limitů. V případě parametru CHSK se hodnoty naměřené na odtoku z ČOV v letech 2016 – 2020 pohybovaly nejčastěji okolo poloviny přípustné hodnoty 75 mg/l. Parametr BSK je nutno hodnotit také kladně, protože ani zde nedošlo ve sledovaném období k překročení emisních limitů. Přípustné hodnoty 15 mg/l bylo dosaženo pouze jednou, v ostatních případech se naměřené hodnoty pohybovaly v rozmezí hodnot na odtoku 2 – 5 mg/l.

Jiná situace je v případě celkového dusíku. Maximální povolená hodnota 20 mg/l sice nebyla v letech 2016 – 2020 překročena, ale často bylo dosaženo někdy i překročeno přípustné hodnoty 15 mg/l. Vzhledem k tomu, že odstranění dusíku a jeho sloučenin je nejsledovanějším parametrem z hlediska kvality čistírenského procesu bylo by vhodné uvažovat o možném doplnění stávající technologie o prvek, který by proces odstranění dusíku doplnil. Jako vhodnou alternativou by mohla být tzv. postdenitrifikační technologie, která je založena na přeměně nežádoucích dusičnanů na oxidy dusíku a plynný dusík. S ohledem na fakt, že toto řešení by vyžadovalo poměrně rozsáhlé stavební úpravy, je nutno brát v úvahu prostorovou i ekonomickou náročnost takového řešení.

V případě odstraňování nerozpuštěných látek z odpadních vod vykazuje ČOV Dobříš dobré výsledky. Koncentrace naměřené na odtoku nepřekračují přípustnou hodnotu 14 mg/l.

Hodnoty celkového fosforu naměřené na odtoku z ČOV nepřekročily podobně jako celkový dusík maximální hodnotu, ale často byla atakována a překročena hranice přípustné hodnoty 1,5 mg/l. Některé studie poukazují na fakt, že stávající zásoby fosforu budou při stávajícím tempu spotřeby během několika desetiletí vyčerpány. Proto by bylo vhodné zabývat se i touto problematikou. Fosfor přítomný v odpadních vodách má svůj původ ve fekáliích a čistících prostředcích. Řešením je dělení odpadních vod na žluté (moč), hnědé (fekálie) a šedé (odpadní vody z domácností – mytí, sprchování, praní apod.) a jejich další využití. V současné době však tento trend recyklace fosforu není v České republice preferován. Potenciál tohoto řešení je limitován ekonomickými i technologickými možnostmi. Nicméně jak již bylo řečeno

výše, s ohledem na zbývající zdroje fosforu, bude nutno nalézt řešení a zabezpečit recyklaci tohoto nutrientu.

Kalové hospodářství je v současné době nastaveno tak, že vyprodukovaný kal je odvážen na úpravnu, kde je smíchán s vápnem a pomocí enzymů upravován na substrát, který je následně využíván v zemědělství. Kromě toho, že kaly z ČOV mohou být zdrojem cenných, ve vodě rozpustných látek, mohou být také zdrojem energie získané z bioplynu. V případě ČOV Dobříš však případné vybudování bioplynové stanice není s ohledem na umístění ČOV optimální (ochranné pásmo dobříšského zámku, blízkost hřbitova...).

Opomíjeným tématem týkající se všech čistíren v naší republice je nakládání s odpadními vodami na odtocích z čistíren, respektive s recyklací a dalším využitím těchto vod. Jak již bylo řečeno v úvodní části této práce, je Česká republika vnitrozemským státem, kde řeky pramení, ale žádná k nám nepřitéká. Její množství je v podstatě dotováno pouze ze srážek. Využití recyklované vody je tedy možno považovat za jeden ze způsobů, kterým lze prodloužit dobu, o kterou se voda na našem území zdrží. Téma recyklace vody a využití odpadních vod je aktuální i z hlediska energetiky.

Opakované používání recyklované vody je podporováno ze strany Evropské unie, avšak v České republice není dosud tato problematika legislativně ošetřena. Recyklovanou vodu lze použít například na údržbu městské zeleně, zalévání květin, mytí aut, čištění komunikací a podobně, tedy všude tam, kde může takto získaná voda nahradit draze vyrobenou vodu pitnou.

Návštěvou čistírny odpadních vod v Dobříši jsem se přesvědčila, že všechna zařízení jsou udržována v dobrém stavu, v prostoru čistírny je pořádek a celá technologie pracuje v souladu s Provozním řádem čistírny a platnou legislativou České republiky.

10. Závěr

Hlavním cílem této práce bylo vyhodnocení provozu čistírny odpadních vod v Dobříši a případný návrh na zlepšení jejího provozu.

Na základě všech dostupných výsledků lze konstatovat, že všechny předepsané emisní limity sledovaných znečištění byly ve sledovaných letech 2016 – 2020 dodržovány, často se značnou rezervou. Tyto výsledky jsou patrné zejména v grafickém vyjádření jednotlivých ukazatelů.

Přes všechna tato konstatování je důležité uvědomit si důležitost čistíren odpadních vod v kontextu ochrany životního prostředí. Právě trend zvyšování kvality životního prostředí vede k neustálým snahám o zdokonalování všech výrobních i nevýrobních procesů, a tedy i ke zdokonalování procesů čištění odpadních vod.

Na čistírenské technologie jsou kladeny stále větší nároky a lze předpokládat, že tento trend bude nadále pokračovat. Z těchto důvodů jsou vyvíjeny stále modernější a sofistikovanější způsoby odstraňování škodlivin z odpadních vod. Jak je uvedeno v předcházející části této práce například řešení výskytu mikropolutantů v odpadních vodách nebo recyklace odpadních vod jako takových, si jistě zaslouží větší pozornost nejen odporníků a legislativců, ale i laické veřejnosti. Proto nelze neuvést také důležitost zvyšování povědomí obyvatel směrem k hospodaření s vodou v domácnostech a k prevenci produktů znečištění, například šetrnějším používáním úklidových prostředků.

Jako u každé inovace či modernizace jsou jedním z limitujících faktorů finance. Vzhledem k významu čistíren odpadních vod pro obyvatelstvo a životní prostředí by část nákladů na rekonstrukce zastaralých a nevyhovujících čistíren a zavádění nových technologií měl převzít stát ať již formou dotací či grantů.

S ohledem na budoucí generace by nikomu z obyvatel této planety neměl být lhostejný stav potoků, řek, moří a celého životního prostředí.

11. Použité zdroje

BINDZAR, J., 2009: Základy úpravy a čištění vod. Praha, Vydavatelství VŠCHT Praha

BUTLER D. et. DAVIES J., 2004: Urban drainage, Abingdon, Spon Press, 2004

ČÍŽEK P. et. al., 1970: Stokování a čištění odpadních vod. SNTL Praha

DOHÁNIOS M. et al., 2007: Čištění odpadních vod. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha

HENZE M., et al., 2003: Biological wastewater treatment, Principles, modelling and design. IWA Publishing, Cambridge University Press

HENZE M., HARREMOËS P., ARVIN E., 2002: Wastewater treatment, Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg-New York, ISBN 3-540-58816-7

HERLE J. et BAREŠ P., 1990: Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění. SNTL, Praha

HLAVÍNEK P., et al., 2003: Stokování a čištění odpadních vod. Vyd.1. Akademické nakladatelství CERM, Brno

HLAVÍNEK P. et al., 2006: Stokování a čištění odpadních vod. Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební Brno

HLAVÍNEK P., MIČÍN J., PRAX P., 2001: Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, Brno

CHUDOBA J. et al., 1991: Biologické čištění odpadních vod. VŠCHT Praha

LELLÁK J. et KUBÍČEK F., 1992: Hydrobiologie. Univerzita Karlova, Praha, ISBN 80-7066-530-0.

MARSHALEK J., 2009: Urban water cycle processes and interactions. Technomic Publishing Co, Lancaster

MATULA M. & MELIORIS L., 1989: Úvod do inžinierskej geológie a hydrogeologie. Druhé nezmenené vydanie (1. vydanie 1982). Bratislava: Vysokoškolské skriptá PF UK

OLIČ et al., 1998: Dobříš město na Zlaté stezce, Vydavatelství a nakladatelství Maroli

PAČES T., 2009: Úvod do hydrogeochemie, Technická univerzita v Liberci, Liberec

PETRŮ A., 1974: Čistota povrchových vod, Vědecký institut při Státní energetické inspekci Praha

PITTER P., 2009: Hydrochemie. SNTL, Praha

POŠTA J. et al., 2005: Čistírny odpadních vod, Česká zemědělská univerzita v Praze

PYTL V. et al., 2004: Příručka provozovatele čistírny odpadních vod, ISBN 978-80-87140-26-0

REICHHOLF J., 1988: Pevninské vody a mokřady, IKAR, Praha

RICHTER M., 2005: Technologie ochrany životního prostředí, 1. část – ochrana čistoty vod. UJEP, Ústí nad Labem

ŘÍHA J. et al., 2002: Jakost vody v povrchových tocích a její matematické modelování, NOEL 2000 Brno

SOBOTA J., 2006: Studijní texty předmětu Úprava pitných a čištění odpadních vod. ČZU, Praha.

ŠVEHLA P., TLUSTOŠ P., BALÍK J., 2007: Odpadní vody, ČZU Praha

VONDRUŠKA V., VONDRUŠKOVÁ A., 2013: Město, Nakladatelství Vyšehrad Praha

Historie a současnost dobříšského vodovodu, 2005, Vydal Muzejní spolek Dobříš

Provozní řád pro čistírnu odpadních vod Dobříš, 2009

BUMERL M., 2003: Hydrologie. Střední odborná škola ekologická a potravinářská. Veselí nad Lužnicí
online:http://www.sosveseli.cz/download/hydrologie_ucebni%20_text.pdf

Zpráva o životním prostředí 2019, dostupné z
https://www.mzp.cz/cz/vyrocni_zprava_2019

Český hydrometeorologický úřadem (ČHMÚ ©2022), historická data o počasí (15.02.2022), dostupné z:

<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

Zákon č. 254/2001Sb., č. 150/2010 Sb., o vodách a o změně některých zákonů
(vodní zákon)

Zákon č. 274/ 2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o
změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon č. 305/ 2000 Sb., o povodích

Zákon č. 154/ 2010Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Vyhláška MŽP č. 328/2018 Sb.

Rámcová směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC o vodní politice

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1	mapa zájmového území	str. 19
Obr. 2	mapa zájmového území	str. 22
Obr. 3	umístění ČOV Dobříš	str. 26
Obr. 4	pohled na ČOV před intenzifikací v roce 2009	str. 30
Obr. 5	odlehčovací komora OK1	str. 31
Obr. 6	výtlač odpadních vod ze Staré Hutě	str. 32
Obr. 7	výtlač odpadních vod ze Staré Hutě- detail	str. 32
Obr. 8	lis na schrabky	str. 32
Obr. 9	vírový lapák písku	str. 33
Obr. 10	Parschallův žlab	str. 33
Obr. 11	aktivační nádrž I	str. 34
Obr. 12	aktivační nádrž II	str. 34
Obr. 13	schéma aktivačního procesu	str. 34
Obr. 14	dmýchárna	str. 35
Obr. 15	dmýchárna	str. 35
Obr. 16	dosazovací nádrž I	str. 35
Obr. 17	dosazovací nádrž II	str. 35
Obr. 18	dávkovací stanice koagulantu	str. 36
Obr. 19	objekt kalového hospodářství I	str. 37
Obr. 20	objekt kalového hospodářství II	str. 37
Obr. 21	celkový pohled na ČOV Dobříš	str. 37
Obr. 22	grafické znázornění množství vypouštěných odpadních vod	str. 41
Obr. 23	grafické znázornění hodnot CHSK - rok 2016	str. 42
Obr. 24	hmotnostní bilance CHSK 2016-2020	str. 43
Obr. 25	grafické znázornění hodnot BSK - rok 2016	str. 44
Obr. 26	hmotnostní bilance BSK 2016-2020	str. 45

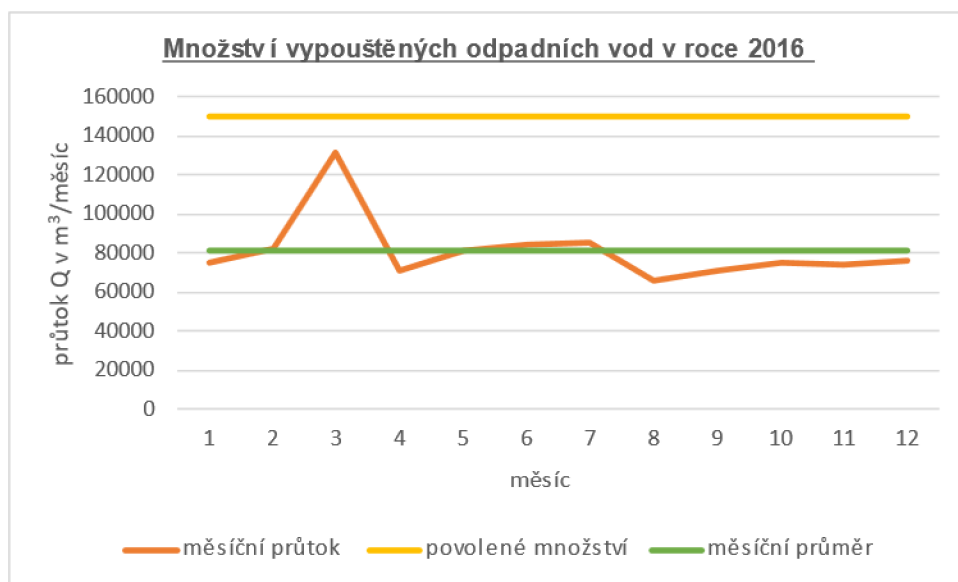
Obr. 27	grafické znázornění hodnot NL - rok 2016	str. 48
Obr. 28	hmotnostní bilance NL v letech 2016-2020	str. 49
Obr. 29	grafické znázornění hodnot N_{celk} - rok 2016	str. 50
Obr. 30	hmotnostní bilance N_{celk} v letech 2016-2020	str. 51
Obr. 31	grafické znázornění hodnot P_{celk} - rok 2016	str. 52
Obr. 32	hmotnostní bilance P_{celk} v letech 2016-2020	str. 52
Obr. 33	schéma jednotlivých stupňů terciálního čištění, projekt COMORES	str. 55
Obr. 34	možné umístění navrhované technologie v prostoru ČOV	str. 56
Obr. 35	množství vypouštěných odpadních vod v roce 2016	str. 35
Obr. 36	množství vypouštěných odpadních vod v roce 2017	str. 65
Obr. 37	množství vypouštěných odpadních vod v roce 2018	str. 66
Obr. 38	množství vypouštěných odpadních vod v roce 2019	str. 66
Obr. 39	množství vypouštěných odpadních vod v roce 2020	str. 67
Obr. 40	grafické znázornění hodnot CHSK - rok 2017	str. 68
Obr. 41	grafické znázornění hodnot CHSK - rok 2018	str. 68
Obr. 42	grafické znázornění hodnot CHSK - rok 2019	str. 69
Obr. 43	grafické znázornění hodnot CHSK - rok 2020	str. 69
Obr. 44	grafické znázornění hodnot BSK - rok 2017	str. 70
Obr. 45	grafické znázornění hodnot BSK - rok 2018	str. 70
Obr. 46	grafické znázornění hodnot BSK - rok 2019	str. 71
Obr. 47	grafické znázornění hodnot BSK - rok 2020	str. 71
Obr. 48	grafické znázornění hodnot NL - rok 2017	str. 72
Obr. 49	grafické znázornění hodnot NL - rok 2018	str. 72
Obr. 50	grafické znázornění hodnot NL - rok 2019	str. 73
Obr. 51	grafické znázornění hodnot NL - rok 2020	str. 73
Obr. 52	grafické znázornění hodnot N_{celk} rok 2017	str. 74
Obr. 53	grafické znázornění hodnot N_{celk} rok 2018	str. 74
Obr. 54	grafické znázornění hodnot N_{celk} rok 2019	str. 75
Obr. 55	grafické znázornění hodnot N_{celk} rok 2020	str. 75
Obr. 56	grafické znázornění hodnot P_{celk} rok 2017	str. 76
Obr. 57	grafické znázornění hodnot P_{celk} rok 2018	str. 76
Obr. 58	grafické znázornění hodnot P_{celk} rok 2019	str. 77
Obr. 59	grafické znázornění hodnot P_{celk} rok 2020	str. 77
Obr. 60	technologické schéma ČOV Dobříš	str. 83
Tab. 1	Hodnoty produkce specifického znečištění	str. 5
Tab. 2	Průměrné hodnoty ukazatelů znečištění	str. 9
Tab. 3	Emisní standardy dle NV 401/2015 Sb.	str. 9
Tab. 4	Emisní standardy - přípustná minimální účinnost	str. 10
Tab. 5	Četnost odběrů dle NV 401/2015 Sb.	str. 10
Tab. 6	Emisní limity dle "Rozhodnutí"	str. 38
Tab. 7	Množství vypouštěných odpadních vod v letech 2016-2020	str. 40
Tab. 8	Průměrné roční hodnoty CHSK v letech 2016-2020	str. 42
Tab. 9	Průměrné roční hodnoty BSK v letech 2016-2020	str. 43
Tab.10	Poměr CHSK a BSK na přítoku v letech 2016 - 2020	str. 46

Tab. 11	Poměr CHSK a BSK na odtoku v letech 2016-2020	str. 47
Tab. 12	Průměrné roční hodnoty NL v letech 2016-2020	str. 48
Tab. 13	Průměrné roční hodnoty N_{celk} v letech 2016-2020	str. 49
Tab. 14	Průměrné roční hodnoty P_{celk} v letech 2016-2020	str. 49
Tab. 15	Přehled naměřených hodnot na odtoku v roce 2016	str. 78
Tab. 16	Přehled naměřených hodnot na odtoku v roce 2017	str. 79
Tab. 17	Přehled naměřených hodnot na odtoku v roce 2018	str. 80
Tab. 18	Přehled naměřených hodnot na odtoku v roce 2019	str. 81
Tab. 19	Přehled naměřených hodnot na odtoku v roce 2020	str. 82

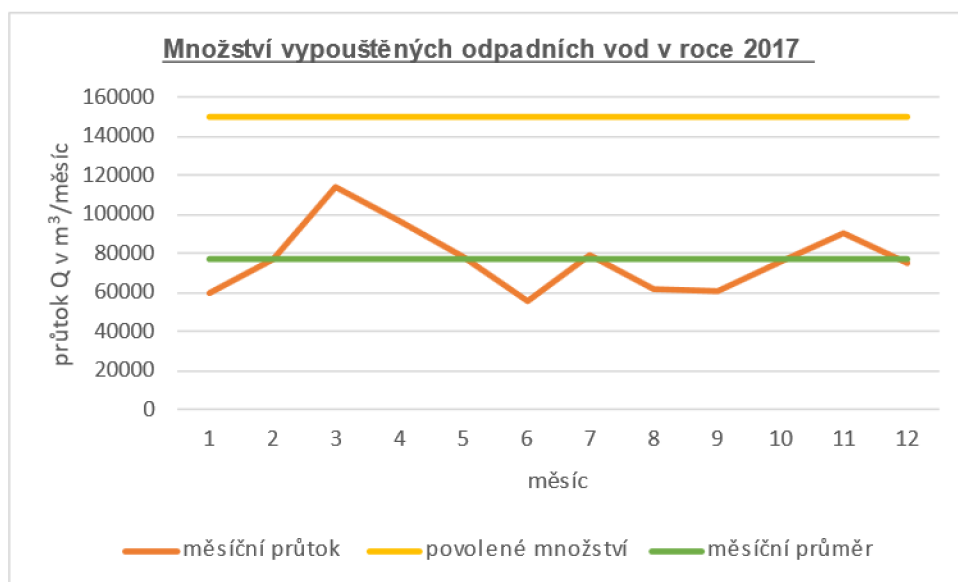
12. Přílohy

Příloha č. 1

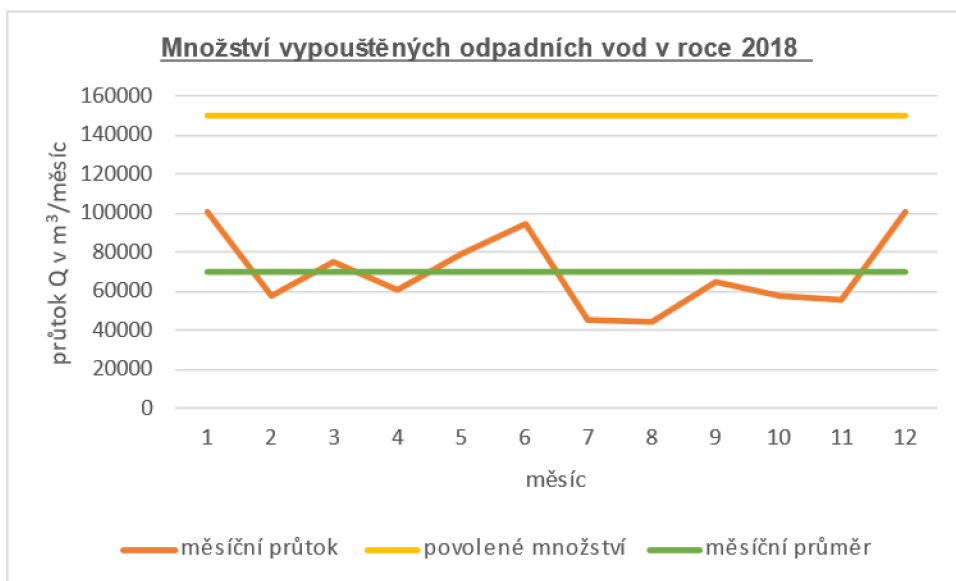
Množství vypouštěných odpadních vod v letech 2016 – 2020



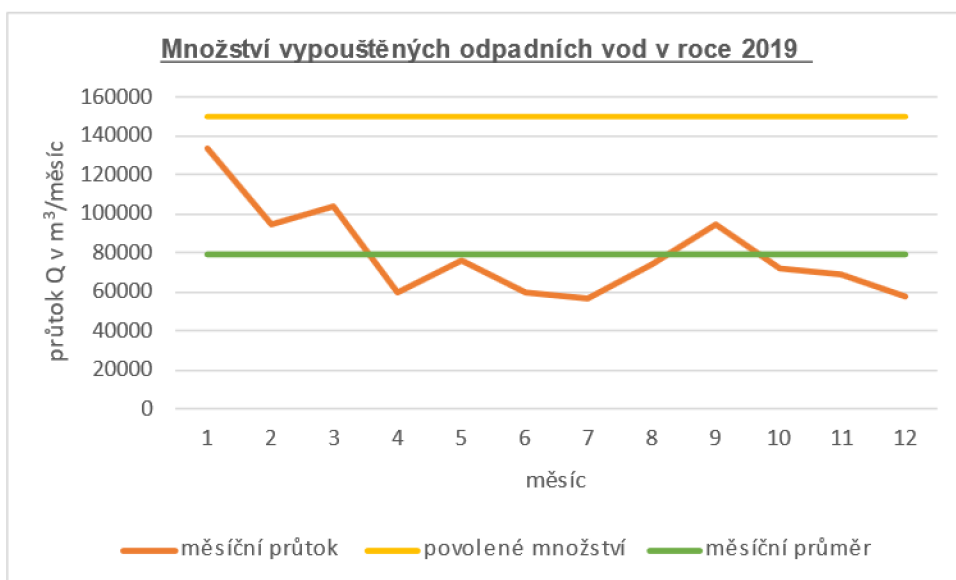
Obr. 35 - množství vypouštěných odpadních vod v roce 2016



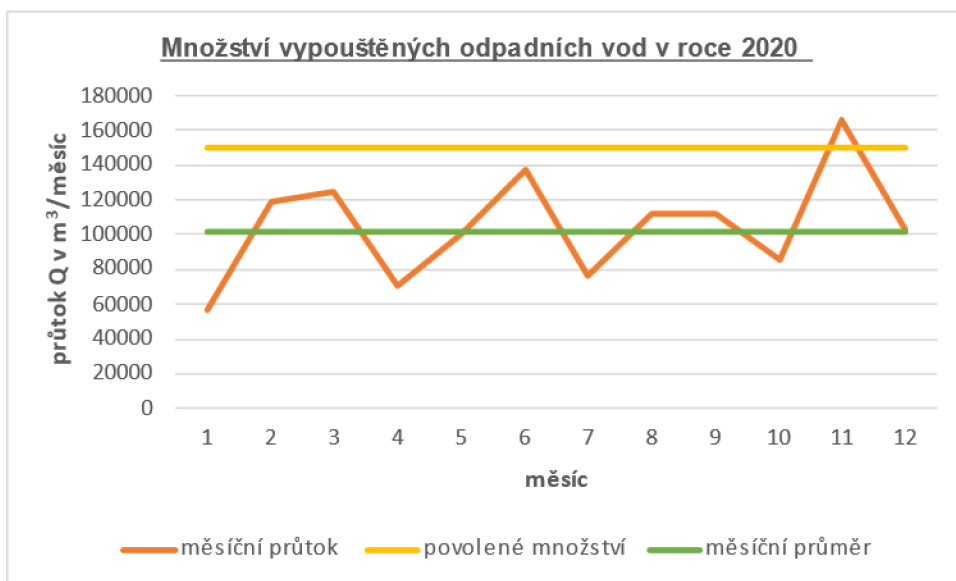
Obr. 36 - množství vypouštěných odpadních vod v roce 2017



Obr. 37 - množství vypouštěných odpadních vod v roce 2018



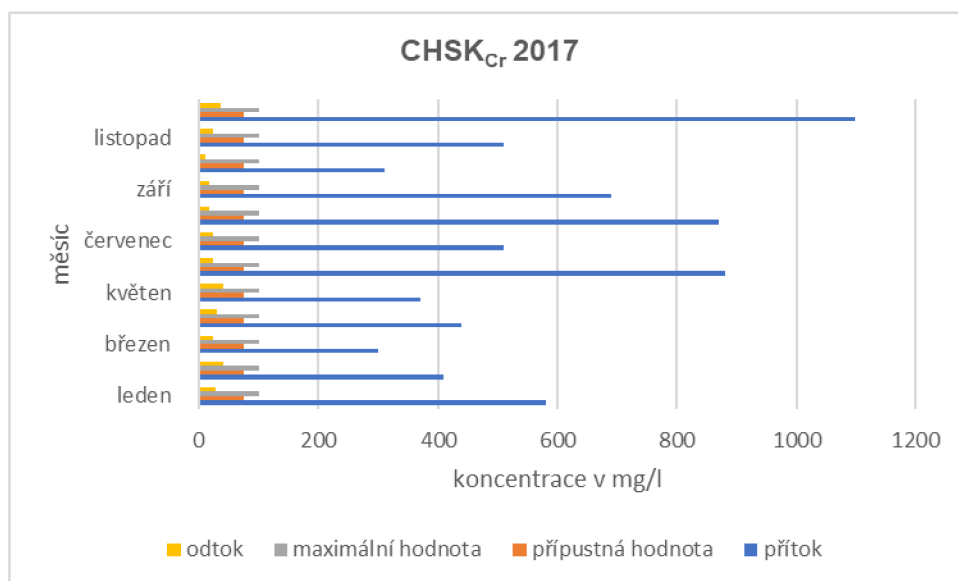
Obr. 38 - množství vypouštěných odpadních vod v roce 2019



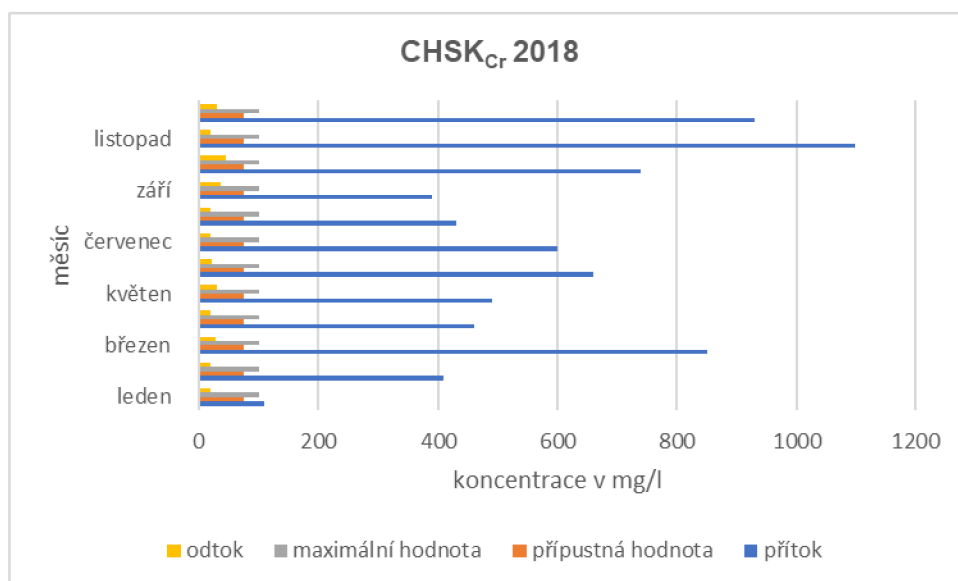
Obr. 39 - množství vypouštěných odpadních vod v roce 2020

Příloha č. 2

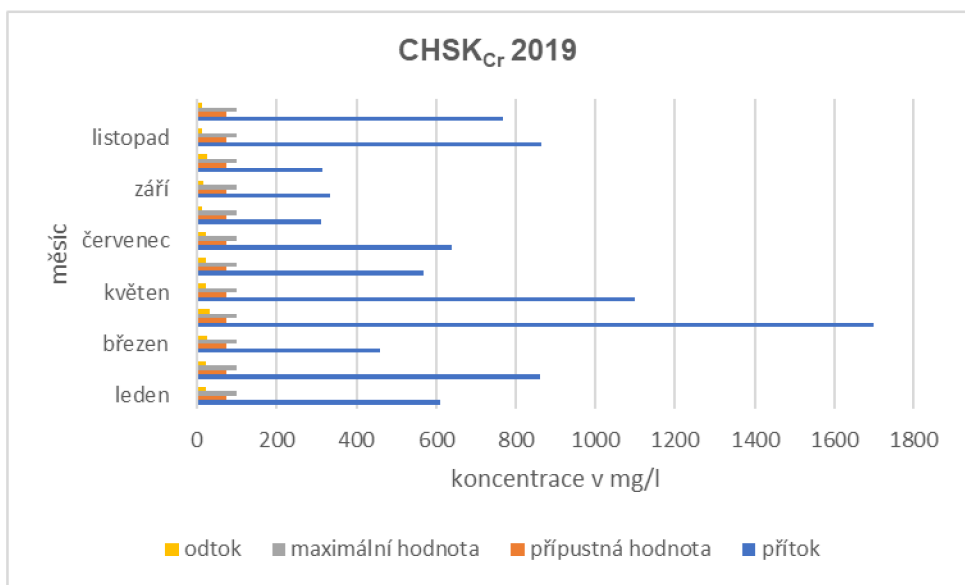
Chemická spotřeba kyslíku CHSK_{Cr}



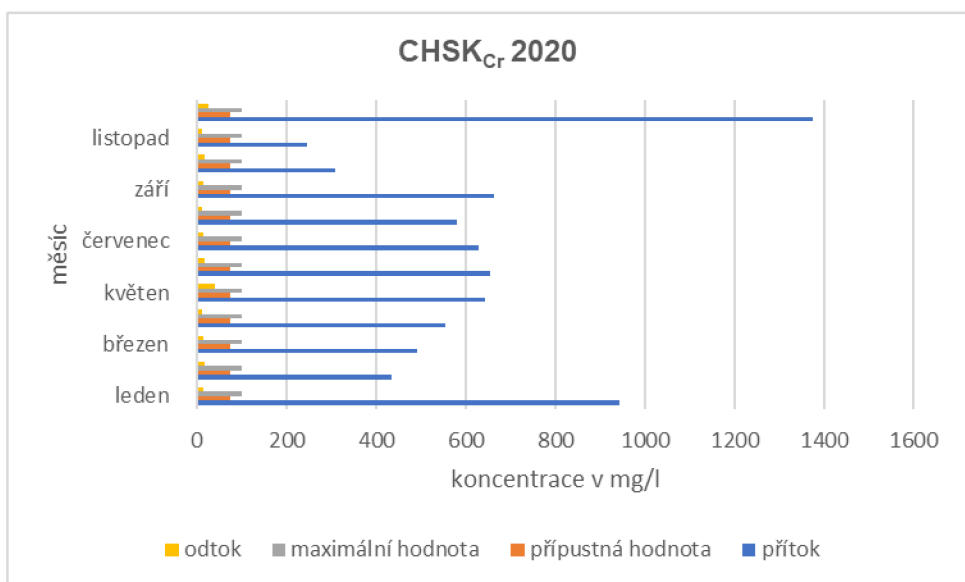
Obr. 40 - grafické znázornění hodnot CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku v roce 2017



Obr. 41 - grafické znázornění hodnot CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku v roce 2018



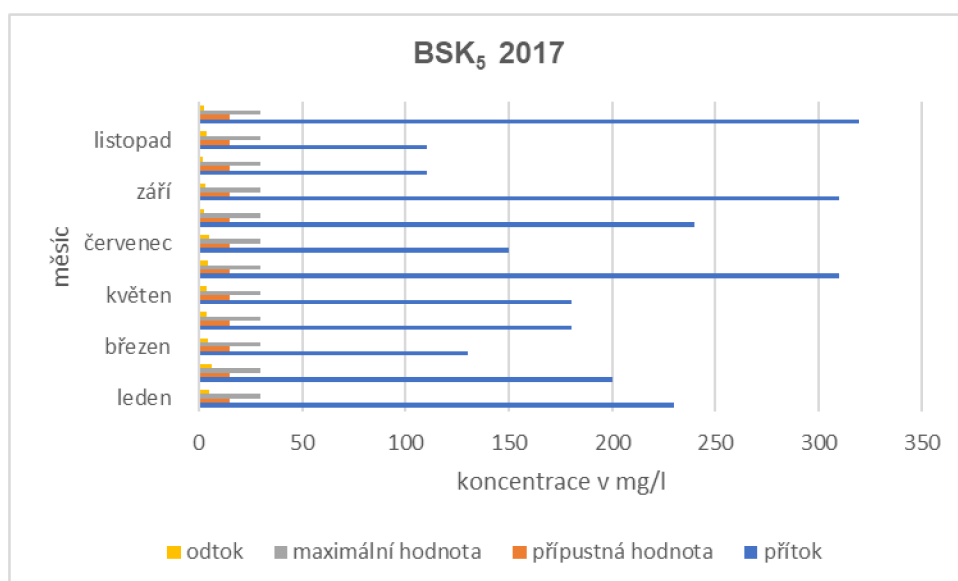
Obr. 42 - grafické znázornění hodnot CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku v roce 2019



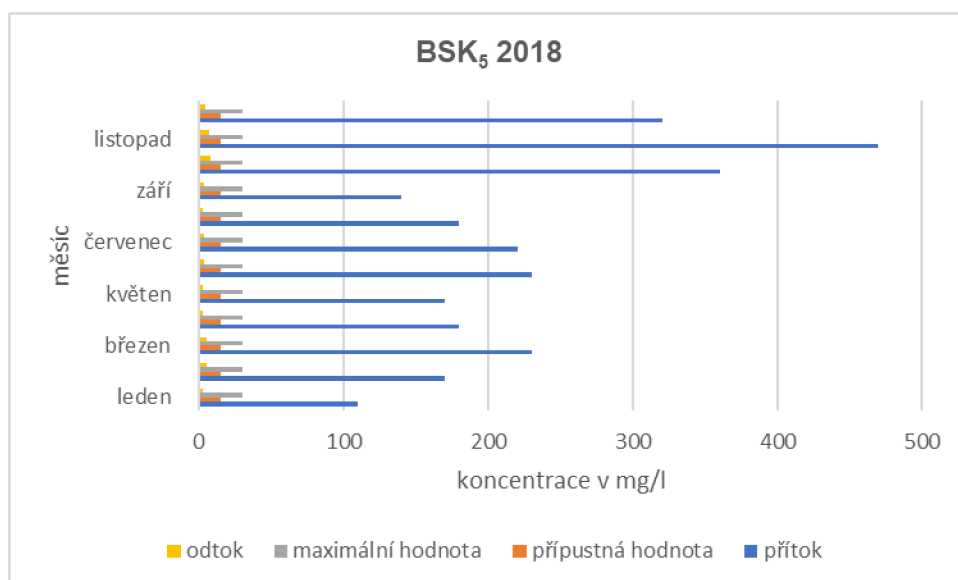
Obr. 43 - grafické znázornění hodnot CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku v roce 2020

Příloha č. 3

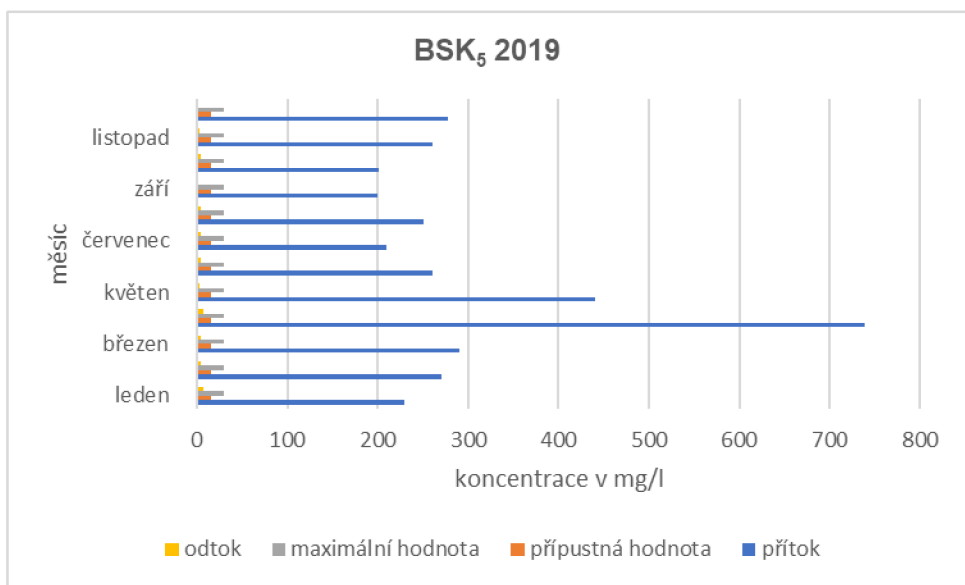
Biochemická spotřeba kyslíku BSK₅



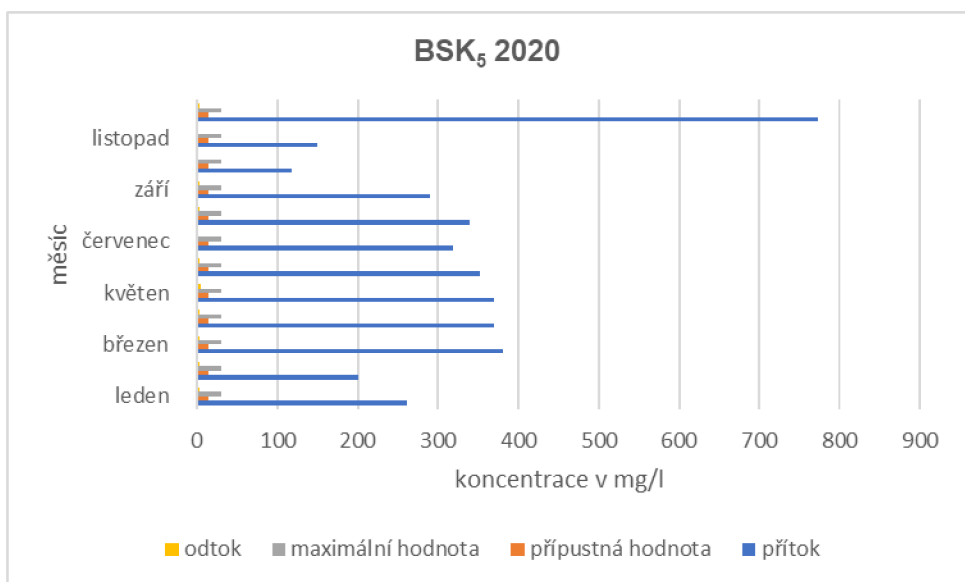
Obr. 44 - grafické znázornění hodnot BSK₅ na přítoku a odtoku v roce 2017



Obr. 45 - grafické znázornění hodnot BSK₅ na přítoku a odtoku v roce 2018



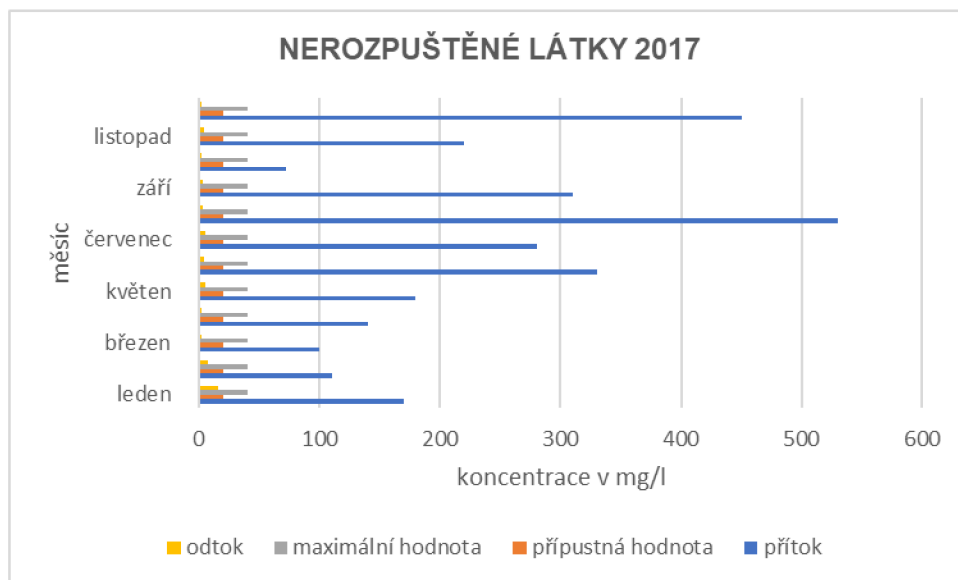
Obr. 46 - grafické znázornění hodnot BSK₅ na přítoku a odtoku v roce 2019



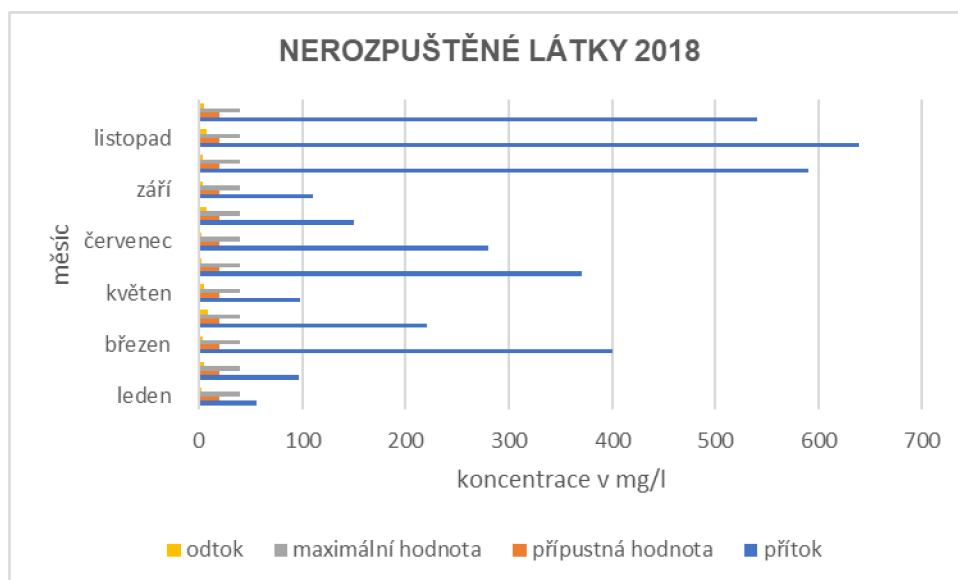
Obr. 47 - grafické znázornění hodnot BSK₅ na přítoku a odtoku v roce 2020

Příloha č. 4

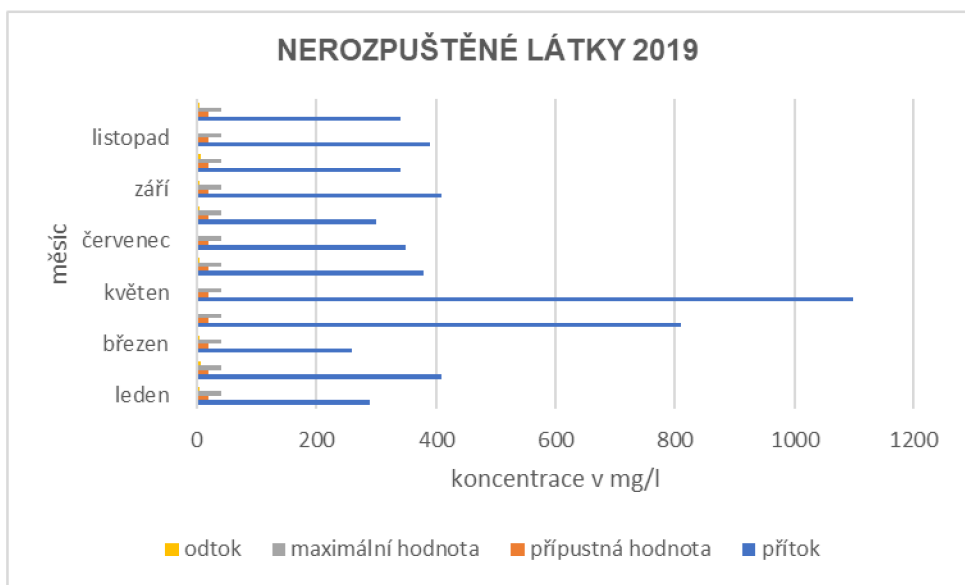
Nerozpuštěné látky NL



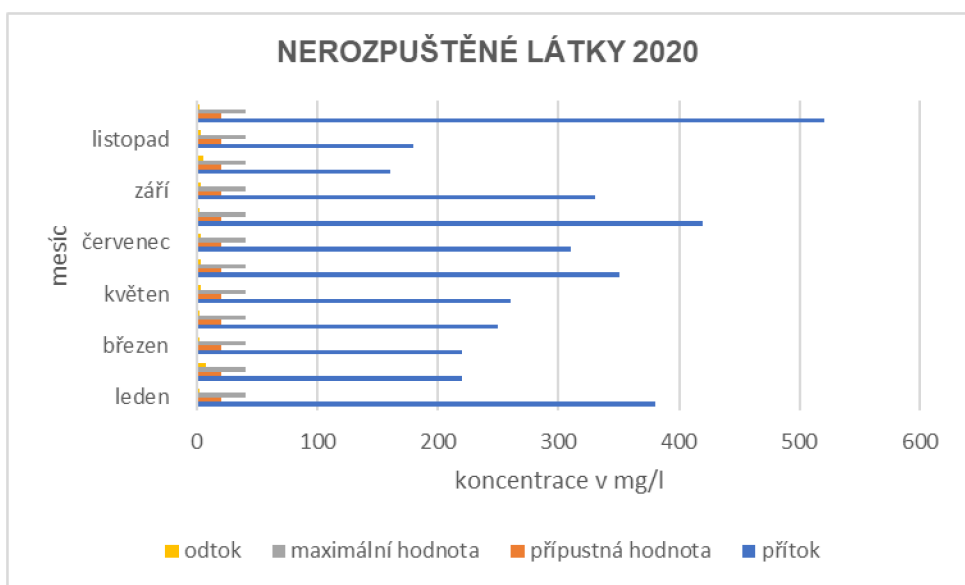
Obr. 48 - grafické znázornění hodnot NL na přítoku a odtoku v roce 2017



Obr. 49 - grafické znázornění hodnot NL na přítoku a odtoku v roce 2018



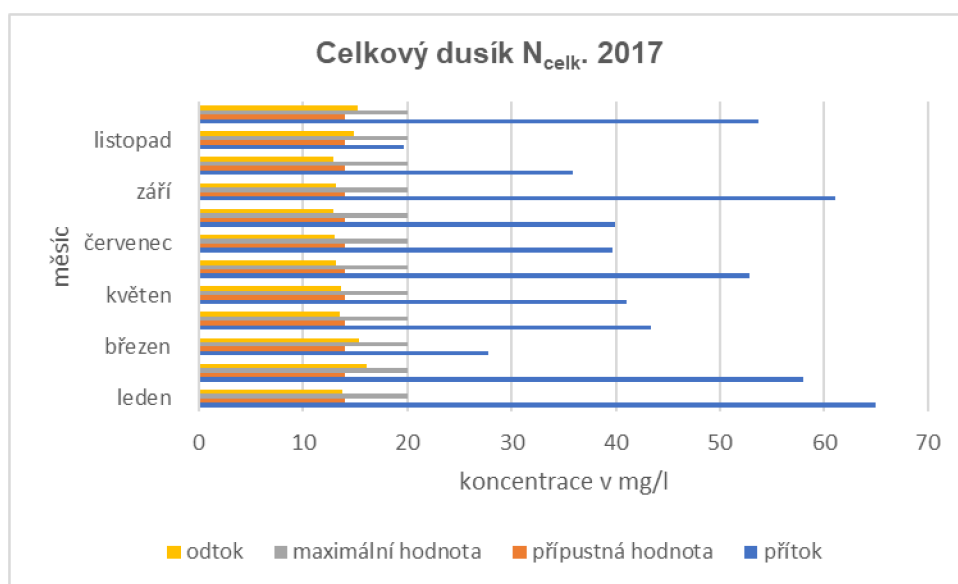
Obr. 50 - grafické znázornění hodnot NL na přítoku a odtoku v roce 2019



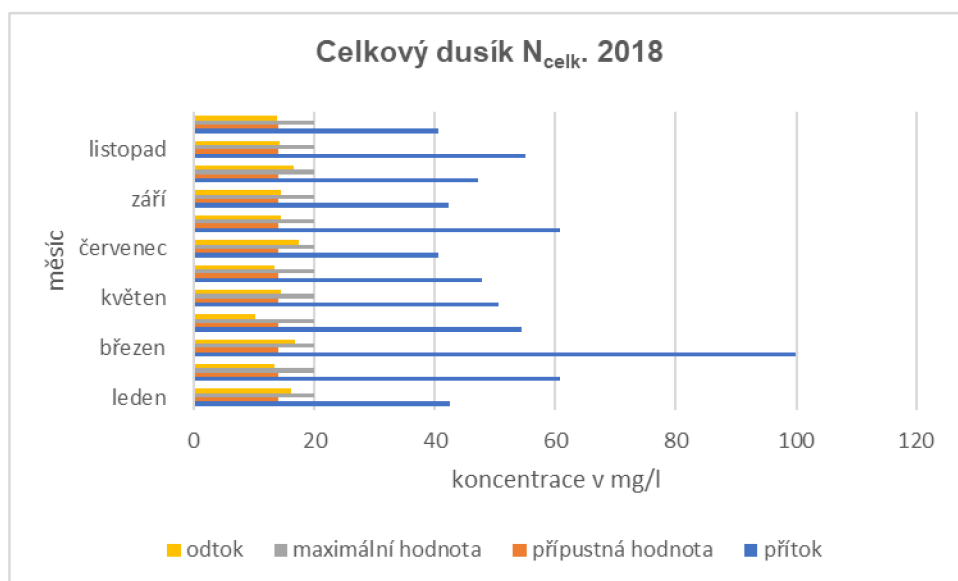
Obr. 51 - grafické znázornění hodnot NL na přítoku a odtoku v roce 2020

Příloha č. 5

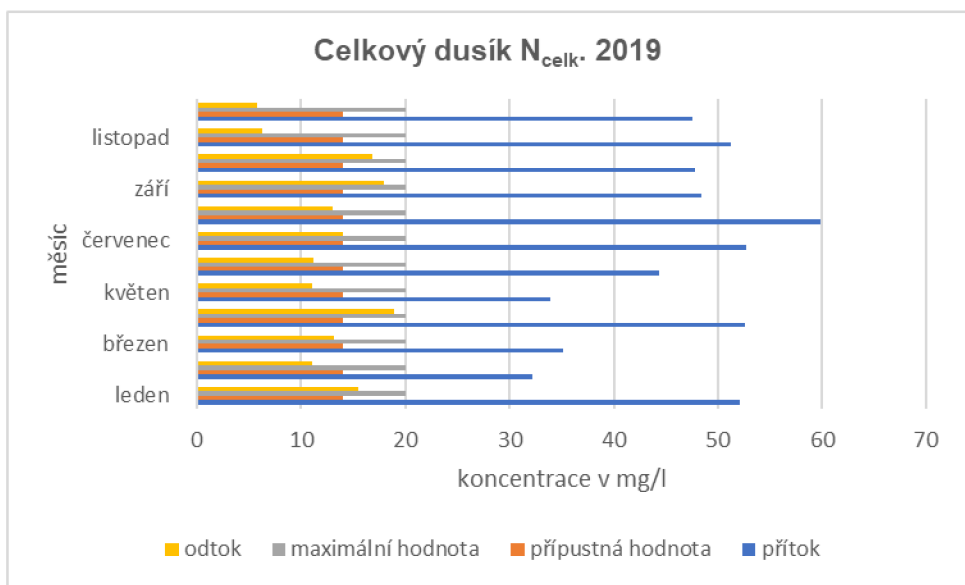
Celkový dusík $N_{\text{celk.}}$



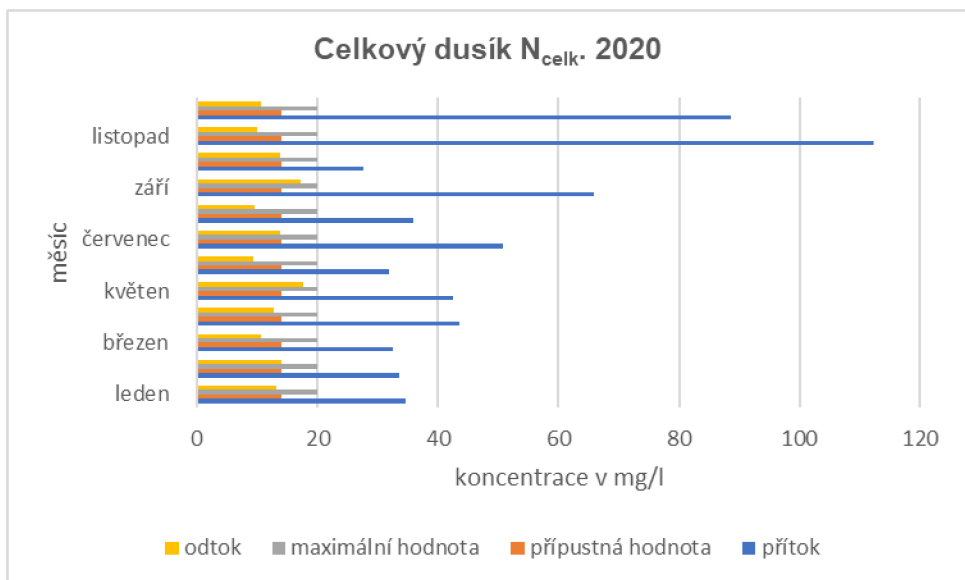
Obr. 52 - grafické znázornění hodnot $N_{\text{celk.}}$ na přítoku a odtoku v roce 2017



Obr. 53 - grafické znázornění hodnot $N_{\text{celk.}}$ na přítoku a odtoku v roce 2018



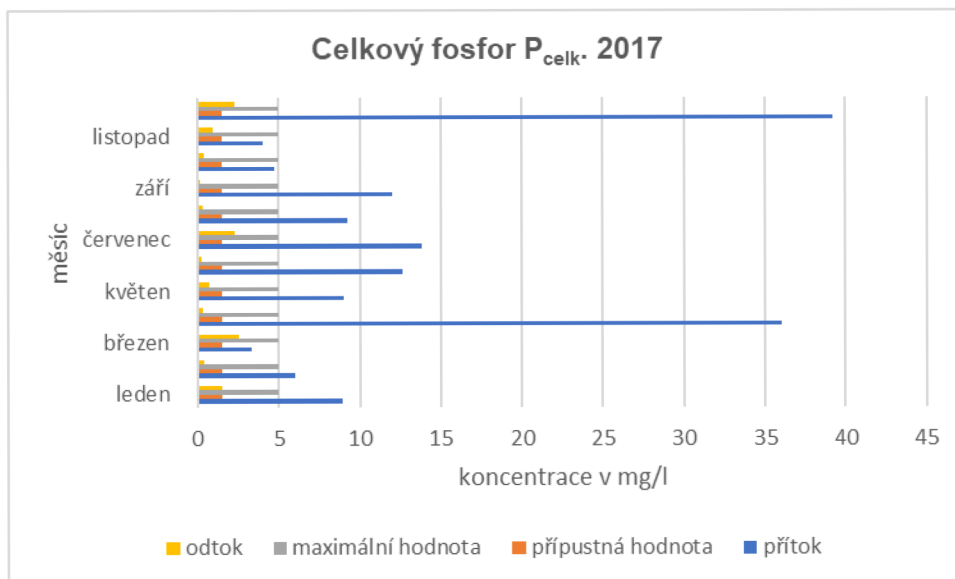
Obr. 54 - grafické znázornění hodnot N_{celk} na přítoku a odtoku v roce 2019



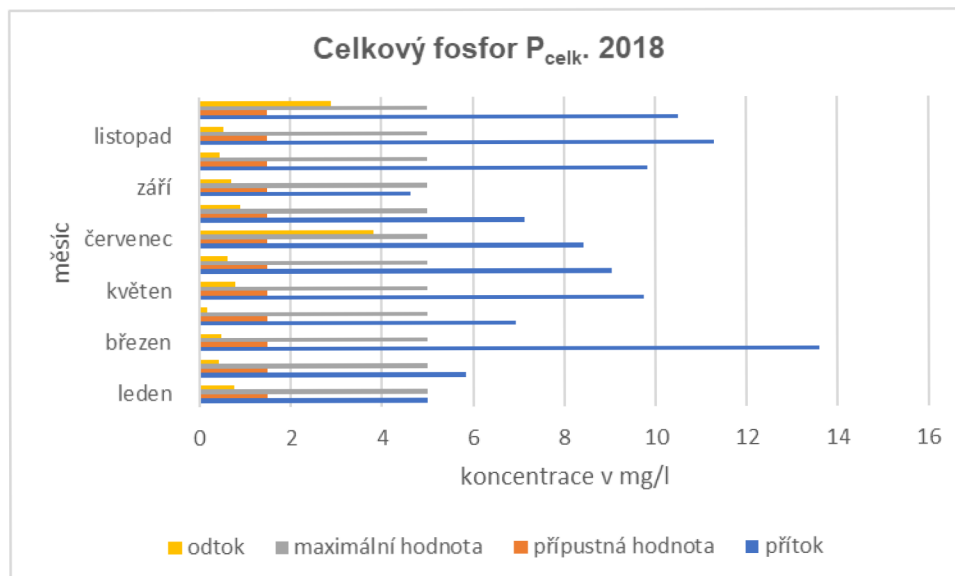
Obr. 55 - grafické znázornění hodnot N_{celk} na přítoku a odtoku v roce 2020

Příloha č. 6

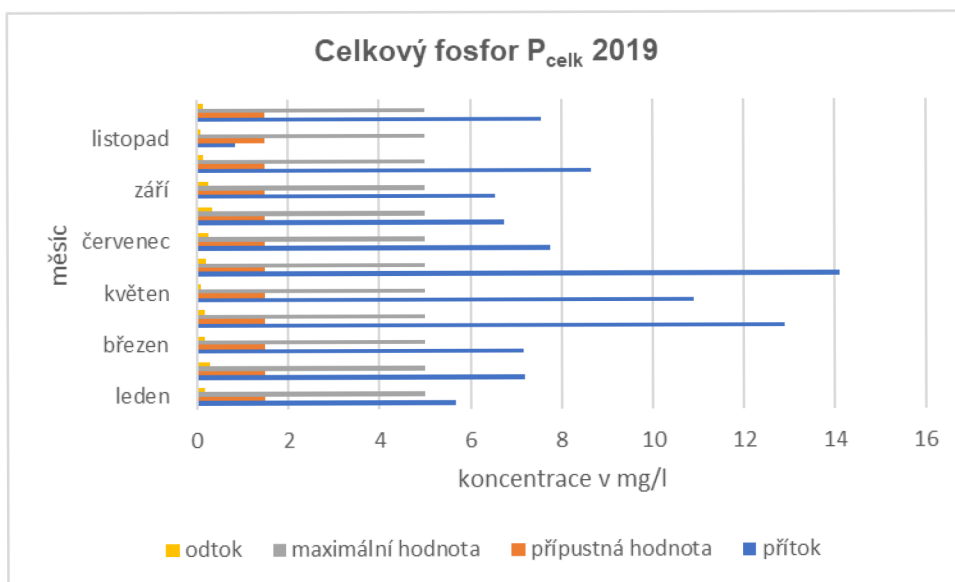
Celkový fosfor $P_{\text{celk.}}$



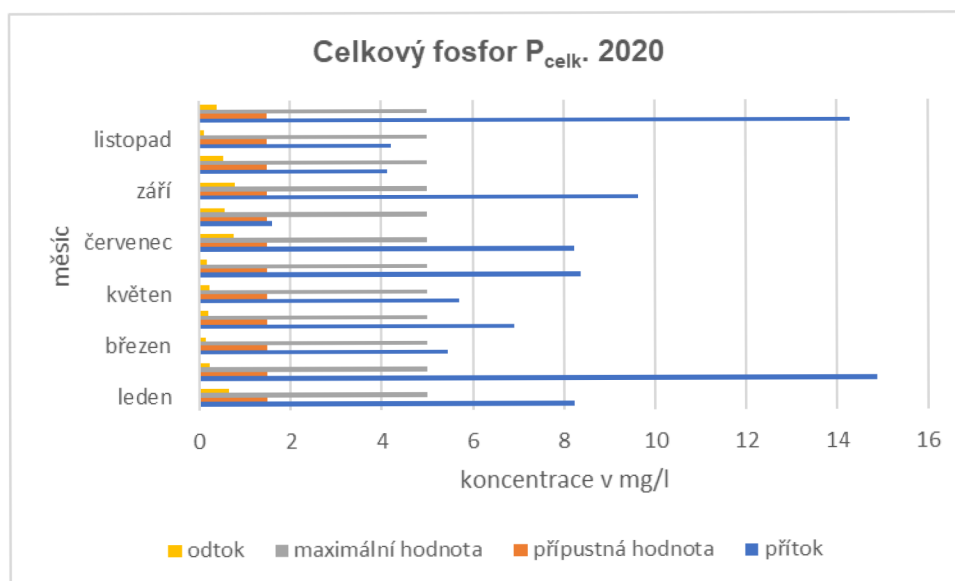
Obr. 56 - grafické znázornění hodnot $P_{\text{celk.}}$ na přítoku a odtoku v roce 2017



Obr. 57 - grafické znázornění hodnot $P_{\text{celk.}}$ na přítoku a odtoku v roce 2018



Obr. 58 - grafické znázornění hodnot P_{celk} na přítoku a odtoku v roce 2019



Obr. 59 - grafické znázornění hodnot P_{celk} na přítoku a odtoku v roce 2020

Příloha č. 7

Přehled naměřených hodnot (vstupních dat) sledovaných ukazatelů znečištění na odtoku z ČOV v letech 2016 – 2020

Datum odběru vzorku "C"	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	NL (mg/l)	N _{celk.} (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)
11.-12.1.2016	36,2	6,4	5,2	14,1	2,83
20.-21.1.2016	29,4	5,9	7,2	14,3	2,22
9.-10.2.2016	34,1	6,5	6,4	13,9	1,41
16.-17.2.2016	34,2	6,2	8	14	0,67
14.-15.3.2016	38,8	9	9,6	13,9	0,4
21.-22.3.2016	40,8	4,4	5,6	13,4	0,32
11.-12.4.2016	42,7	6	13	14	0,47
18.-19.4.2016	35,5	5,4	19	13,9	0,5
25.-26.4.2016	31,5	6,4	6,8	14,2	0,27
16.-17.5.2016	34,3	4,6	7,2	13,6	0,91
30.-31.5.2016	33,1	7,6	4,4	14,1	1,5
20.-21.6.2016	29,2	6,5	5,2	13,7	0,74
27.-28.6.2016	39,7	6,5	7,2	13,7	0,77
3.-4.7.2016	28,6	6,4	5,6	14	1,15
18.-19.7.2016	23,6	6,1	2	13,8	0,85
8.-9.8.2016	28,3	4,6	8	14,2	1,73
22.-23.8.2016	32,6	3,2	8,4	14	1,61
6.-7.9.2016	23,1	2,7	12	13,8	1,13
26.-27.9.2016	25,1	3,9	4,8	13,6	1,38
4.-5.10.2016	29,5	4,9	7,2	14,3	1,4
12.-13.10.2016	13,4	2,3	5,6	13,7	1,27
24.-25.10.2016	30	3,3	11	13,6	1,25
14.-15.11.2016	31	10	3,6	13,4	1,1
22.-23.11.2016	30,6	7,4	4,8	13,1	0,92
7.-8.12.2016	37,7	5,5	6,4	13,2	1,5
20.-21.12.2016	36	3,6	6,8	13,5	1,54

Tab.15 – hodnoty naměřené na odtoku z ČOV v roce 2016

Datum odběru vzorku "C"	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	NL (mg/l)	N _{celk.} (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)
2.-3.1.2017	34,3	2,4	4,8	16,8	1,58
10.-11.1.2017	26,9	4,7	16	13,8	1,5
6.-7.2.2017	34,4	4,2	6,4	14,1	0,34
14.-15.2.2017	39,7	6,2	7,6	16,1	0,4
6.-7.3.2017	26,2	3,7	4	15,3	0,21
22.-23.3.2017	24,2	4,1	2	15,4	2,64
11.-12.4.2017	26,6	6	2	15,3	0,23
20.-21.4.2017	37,3	4,7	6,4	14,2	0,23
25.-26.4.2017	29,6	3,4	2	13,5	0,28
9.-10.5.2017	25,9	3,5	4	13,8	0,31
24.-25.5.2017	40,2	3,9	5,6	13,6	0,69
12.-13.6.2017	17,1	3,4	8,4	12,4	0,67
20.-21.6.2017	24,3	4,6	4,4	13,2	0,23
12.-13.7.2017	15,3	3,8	7,6	13,1	0,81
26.-27.7.2017	23	4,9	5,6	13	2,26
7.-8.8.2017	19,1	1,8	4	13,2	0,48
15.-16.8.2017	16	2,6	3,2	12,9	0,29
21.-22.9.2017	16,2	2,8	3,2	13,2	0,19
25.-26.9.2017	16,9	3,3	2,8	13,2	0,16
10.-11.10.2017	15,1	2,2	3,6	12,8	0,28
18.-19.10.2017	21,5	3,1	3,2	12,7	0,19
23.-24.10.2017	10	2	2	12,9	0,37
13.-14.11.2017	31,4	2,5	2	13,5	0,38
21.-22.11.2017	24,3	3,6	4	14,9	0,93
11.-12.12.2017	29,3	4,2	4,8	15,5	0,66
18.19.12.2017	37,2	2,7	2,4	15,2	2,27

Tab.16 – hodnoty naměřené na odtoku z ČOV v roce 2017

Datum odběru vzorku "C"	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	NL (mg/l)	N _{celk.} (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)
2.-3.1.2018	23,1	2,6	2,8	16,6	0,32
9.-10.1.2018	19	2,2	2	16,2	0,76
5.-6.2.2018	26,2	2,4	3,6	17,2	0,58
19.-20.2.2018	18,6	5,5	4,8	13,5	0,43
5.-6.3.2018	31,2	3,3	4,4	17,2	0,39
26.-27.3.2018	28	5,5	4	16,9	0,47
9.-10.4.2018	19,7	3,7	6	15,5	0,53
16.-17.4.2018	18,7	2,9	9,2	10,2	0,17
23.-24.4.2018	17,1	3,7	2,8	10,4	0,19
14.-15.5.2018	30,1	3,3	5,2	14,3	0,69
21.-22.5.2018	30,9	3	4,4	14,5	0,78
11.-12.6.2018	19,8	3,7	3,6	13,7	0,24
25.-26.6.2018	21,4	3,3	2	13,5	0,62
9.-10.7.2018	15,8	3,2	4,8	18	1,87
23.-24.7.2018	18,7	3,1	2,4	17,5	3,81
6.-7.8.2018	38,8	2,7	4,8	14,9	3
27.-28.8.2018	18,9	2,3	7,2	14,5	0,89
12.-13.9.2018	34,2	4,7	6	11	1,41
24.-25.9.2018	35,3	3,8	3,6	14,5	0,69
2.-3.10.2018	27,4	1,8	3,6	13,9	0,43
10.-11.10.2018	40	3,4	2	16,6	0,39
23.-24.10.2018	45	7,7	3,2	16,6	0,45
22.-23.11.2018	25,1	8,2	5,2	10,4	0,86
27.28.11.2018	19,5	5,6	6,8	14,3	0,54
12.13.12.2018	17,4	3,8	3,2	11	0,67
18.19.12.2016	29,7	4,2	4,4	13,9	2,9

Tab.17 – hodnoty naměřené na odtoku z ČOV v roce 2018

Datum odběru vzorku "C"	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	NL (mg/l)	N _{celk.} (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)
17.-18.1.2019	25,5	3,7	2	14,5	0,06
29.-30.1.2019	22,4	6,6	4,4	16,5	0,16
11.-12.2.2019	17,7	3,2	3,2	10	0,075
26.-27.2.2019	20,7	3,8	6	11,1	0,27
18.-19.3.2019	19	2,5	2	7,75	0,14
27.-28.3.2019	25,2	3,8	5,2	13,2	12,26
15.-16.4.2019	33	6,5	2	18,9	18,06
23.-24.4.2019	26,7	4,8	4	16,8	0,13
29.-30.4.2019	24,7	2,8	4	14,5	0,08
15.-16.5.2019	23,7	3,9	4,4	16,8	0,19
27.-28.5.2019	20,8	3,3	2	11	0,095
4.-5.6.2019	31,3	4,3	3,2	19,9	0,15
24.-25.6.2019	22,6	4,1	3,6	11,2	0,2
15.-16.7.2019	23,3	4,6	2	14	0,24
23.-24.7.2019	25,2	4	8,8	10,3	0,28
15.-16.8.2019	10	2,9	11	9,8	0,8
27.-28.8.2019	14	4	4,4	13	0,33
11.-12.9.2019	11,6	1,9	2	13,3	0,84
23.-24.9.2019	15	2	4	17,9	0,24
9.-10.10.2019	10	2	3,2	9,1	0,054
21.-22.10.2019	25	4	6	16,8	0,13
31.10.- 1.11.2019	38	7	6,8	14,95	0,89
12.-13.11.2019	23	4	2,4	17,2	0,17
25.-26.11.2019	13	3	2	6,2	0,084
4.-5.12.2019	14	2	4,4	5,75	0,15
11.-12.12.2019	21	3	4	16,45	0,22

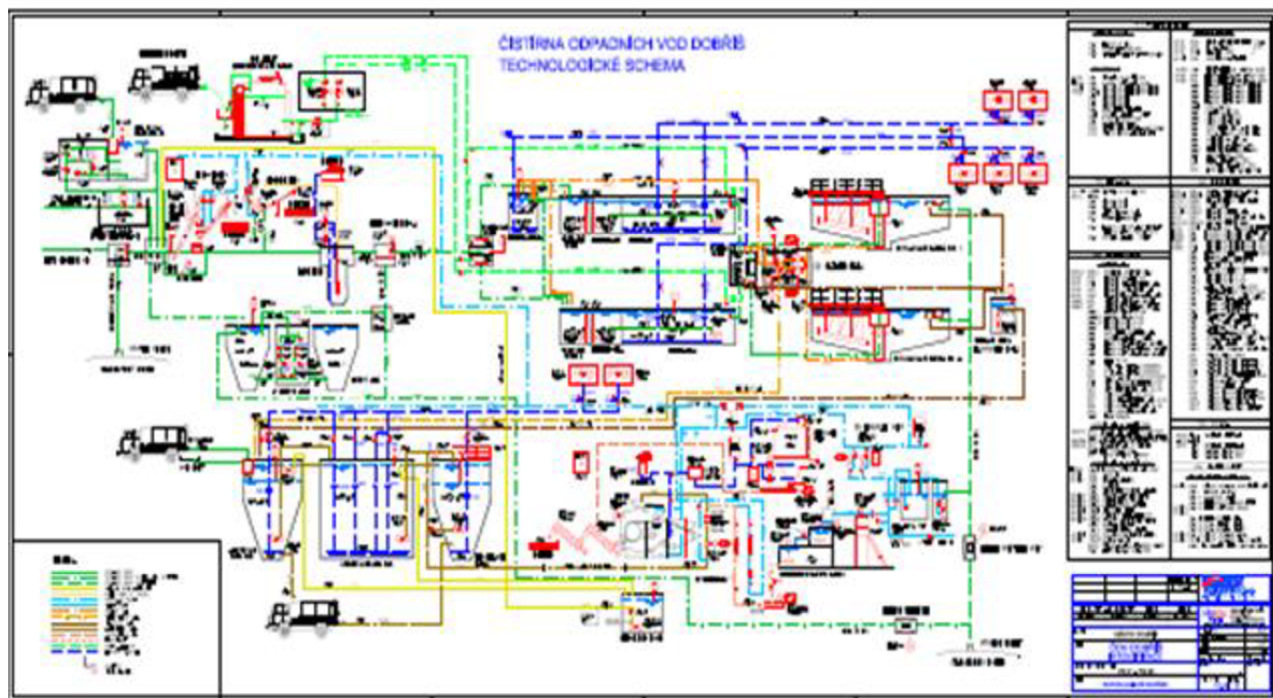
Tab.18 – hodnoty naměřené na odtoku z ČOV v roce 2019

Datum odběru vzorku "C"	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	NL (mg/l)	N _{celk.} (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)
20.-21.1.2020	15	3	2	13,2	0,64
29.-30.1.2020	27	4	2,4	10,9	0,5
5.-6.2020	17	3	4	19,4	0,27
18.-19.2.2020	17	3	7,2	14,05	0,23
12.-13.3.2020	11	2	10	10,35	0,12
18.-19.3.2020	15	3	2	10,6	0,13
6.-7.4.2020	81	15	2	18,6	0,15
16.-17.4.2020	14	4	2	15,85	0,22
22.-23.4.2020	10	3	2,4	12,64	0,19
14.-15.5.2020	24	5	5,6	8,9	0,18
27.-28.5.2020	40	5	3,2	17,7	0,22
8.-9.6.2020	16	3	2,8	9,3	0,18
22.-23.6.2020	21	2	2	14,05	0,41
7.-8.7.2020	14	2	3,2	13,75	0,77
29.-30.7.2020	20	5	3,2	18,8	0,83
12.-13.8.2020	10	3	2	9,5	0,55
24.-25.8.2020	10	3	3,2	14,4	1,04
2.-3.9.2020	12	3	5,6	17,35	0,92
16.-17.9.2020	15	3	2,8	17,2	0,78
5.-6.10.2020	17	2	4,8	13,8	0,52
12.-13.10.2020	17	3	2	9,4	0,32
19.10.-20.10.2020	42	2	2	17,35	0,16
2.-3.11.2020	10	2	2,8	9,9	4,93
23.-24.11.2020	38	3	4	13,9	0,36
30.11.-1.12.2020	25	3	2	10,65	0,38
9.-10.12.2020	16	2	4,4	4,98	0,39

Tab.19 – hodnoty naměřené na odtoku z ČOV v roce 2020

Příloha č. 8

Technologické schéma ČOV D



Obr. 60 – Technologické schéma ČOV Dobříš