

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



**STUDIE DOČIŠŤOVACÍCH NÁDRŽÍ ČISTÍRNY
ODPADNÍCH VOD KLÁNOVICE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JUDITA RUNCZIKOVÁ

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D.

květen 2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Runcziková Jméno: Judita Osobní číslo: 424360
Zadávající katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie dočišťovacích nádrží čistírny odpadních vod Klánovice

Název bakalářské práce anglicky: Study of the biological ponds of the WWTP Klánovice

Pokyny pro vypracování:

Zpracovat literární rešerši o dočišťovacích rybnících - právní problematika, problematika technologií a použití. Na základě studie PVS a vlastních zjištění vypracovat posouzení stavu dočišťovacích rybníků u ČOV Klánovice. Z dostupných pramenů a zjištění navrhnout potřebná opatření a posoudit obecně vhodnost/nevhodnost použití dočišťovacích rybníků.

Seznam doporučené literatury:

Hospodaření s vodou v krajině- Funkce ekosystémů, Pokorný J., 2014
254/2001 Zákon o vodách

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20. 2. 2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 5. 2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

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

.....
Místo vypracování, úplné datum

.....
Judita Runcziková

Poděkování:

Děkuji všem, kteří přispěli radou a pomocí při tvorbě této bakalářské práce – především vedoucímu práce doc. Ing. Jaroslavu Pollertovi, Ph.D., konzultantovi doc. RNDr. Janu Pokornému, CSc. a technologce ČOV Klánovice Ing. Janě Koubové, Ph.D.

Annotation

The bachelor thesis deals with the biological ponds of the wastewater treatment plant Klánovice. It includes a theoretical introduction to wastewater treatment from its legal aspect and to problematics of biological ponds generally, the description of wastewater treatment plant Klánovice and problems which occurred at local biological ponds. This part is followed by evaluation of biological ponds, which is based on described methodology. Whole thesis is concluded by proposals of possible solutions, which could change the present unsatisfactory state.

Keywords: biological pond, wastewater treatment plant, tertiary treatment

Anotace

Bakalářská práce je věnována problematice dočišťovacích nádrží čistírny odpadních vod Klánovice. Je tvořena teoretickým úvodem do právního aspektu čištění odpadních vod a do problematiky dočišťovacích nádrží obecně. Obsahuje popis čistírny odpadních vod Klánovice a problémů, které se v tamních dočišťovacích nádržích vyskytly. Následuje zhodnocení stavu dočišťovacích nádrží, vypracované na základě uvedené metodiky. Celá práce je zakončena návrhy řešení, která by mohla změnit současný neuspokojivý stav.

Klíčová slova: dočišťovací nádrž, čistírna odpadních vod, terciální čištění

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíle práce.....	9
3	Legislativa	10
3.1	Čištění odpadních vod.....	10
3.2	Vypouštění odpadních vod z čistírny odpadních vod.....	11
3.2.1	Povolení k vypouštění odpadních vod.....	11
3.2.2	Emisní limity	12
3.2.3	Citlivé oblasti.....	13
3.2.4	Měření.....	14
4	Stabilizační nádrže.....	15
4.1	Terminologie.....	15
4.2	Zařazení do systému čištění, rozdělení na typy	15
4.3	Navrhování a čištění	16
4.4	Princip čištění.....	16
5	Biologické oživení dočišťovacích nádrží	18
5.1	Fytoplankton a makrofyta	18
5.2	Zooplankton	19
5.3	Rybí obsádka.....	19
6	ČOV Klánovice	21
6.1	Základní údaje.....	21
6.2	Původní uspořádání.....	22
6.3	Rekonstrukce.....	24
6.4	Současné uspořádání.....	26
7	Problémy dočišťovacích nádrží	29
7.1	Popis problémů	29
7.2	Důsledek	30

8	Metodika.....	31
8.1	Data.....	31
8.2	Postup.....	31
8.2.1	Rozbor dočišťovacích nádrží.....	31
8.2.2	Látkové schéma.....	31
8.2.3	Závislosti ukazatelů.....	32
8.2.4	Vývoj ukazatelů.....	32
9	Výsledky.....	34
9.1	Rozbor dočišťovacích nádrží.....	34
9.2	Látkové schéma.....	34
9.3	Závislosti ukazatelů.....	36
9.4	Vývoj ukazatelů.....	38
9.4.1	CHSK _{Cr} , BSK ₅ , NL.....	38
9.4.2	Dusík.....	39
9.4.3	Fosfor.....	40
9.4.4	Poměr N:P.....	41
9.4.5	pH.....	42
10	Návrh řešení.....	43
10.1	Rybí obsádka.....	43
10.2	Plovoucí vegetace.....	43
10.3	Zařazení zemního filtru.....	44
10.4	Zrušení dočišťovacích nádrží.....	44
11	Závěr.....	45
12	Literatura.....	46

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá dočišťovacími nádržemi čistírny odpadních vod Klánovice. Tyto nádrže tvoří terciální stupeň čištění, v němž se dočišťuje odpadní voda vyčištěná mechanicko-biologickou částí čistírny. Tento stupeň tvoří přechod kvality vody z intenzivních čistírenských procesů do přirozeného režimu vod povrchových.

Kaskáda tří dočišťovacích nádrží se nachází na okraji Klánovického lesa a je krajinnotvorným prvkem. Stala se přirozeným prostředím rostlin a živočichů vázaných na vodní ekosystém. Současně jako obecná vodní plocha působí pozitivně na teplotu a vlhkost vzduchu v okolí.

Zároveň nelze opomenout primární funkci dočišťovacích nádrží a tou je dočištění odpadní vody. Voda na odtoku z dočišťovacích nádrží však v současnosti vykazuje zhoršenou kvalitu, jež nespĺňuje stanovené emisní limity, což se stalo důvodem zpracování této bakalářské práce.

Tato práce je rozčleněna na dvě části. První část je tvořena teoretickým úvodem do právního aspektu čištění odpadních vod a do tématu stabilizačních, resp. dočišťovacích nádrží. Druhá část je věnována popisu čistírny odpadních vod Klánovice, její lokality a problémům, které se v dočišťovacích nádržích vyskytly. Následně je na základě uvedené metodiky vyhodnocen stav dočišťovacích nádrží a jsou navržena řešení, která by mohla nevyhovující stav kvality vypouštěné vody zlepšit.

2 Cíle práce

Legislativa je nedílnou složkou problematiky čištění a vypouštění odpadních vod, což zahrnuje i určení technologie čištění a stanovení limitů. Cílem práce je zpracovat literární rešerši legislativy týkající se čištění a vypouštění odpadních vod a rešerši stabilizačních (dočišťovacích) nádrží.

Dalším cílem je zhodnotit stav dočišťovacích nádrží čistírny odpadních vod Klánovice, kde se vyskytly nevyhovující ukazatele kvality vody, a navrhnout možná opatření pro zlepšení kvality vody vypouštěné do recipientu.

Jelikož tyto nádrže dostatečně neplní svou funkci, je otázkou, zda dočišťovací nádrže zřizovat, či nikoliv. Proto by měla být obecně posouzena vhodnost či nevhodnost použití dočišťovacích nádrží.

3 Legislativa

Legislativa je nedílnou složkou problematiky čištění a vypouštění odpadních vod. To, jaké požadavky jsou nastaveny legislativně, výrazně ovlivňuje, jaká úroveň čištění odpadních vod je nastavena v praxi.

Kvalita vody vypouštěné do recipientu by měla být taková, aby bylo dosaženo dobrého stavu vodního útvaru. Na zřetel je brát ekonomicky a technicky přijatelný způsob zneškodňování odpadních vod. [12]

Problematikou vodního hospodářství se zabývá legislativa národní i evropská, například směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES a směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod.

3.1 Čištění odpadních vod

Hlavním právním dokumentem, který se věnuje nakládání s vodami a čištění odpadních vod, je zákon č. 254/2001 Sb. o vodách, ve znění pozdějších předpisů (dále „vodní zákon“, resp. „VZ“). [24]

Účelem vodního zákona (§ 1 odst. 1) je *„chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství“, též „přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů“.*

§ 23a VZ definuje cíle ochrany vod jako složky životního prostředí. Jedním z cílů pro povrchové vody je *„zajištění ochrany, zlepšení stavu a obnova všech útvarů těchto vod a dosažení jejich dobrého stavu“.* [24]

Vypouštění odpadních vod je upravováno nařízením vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů (dále „nařízení vlády č. 401/2015 Sb.“, resp. „NV“), kterým se ruší nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [12]

Povinnost čištění udává § 38 odst. 3 vodního zákona, který říká, že ten *„kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich*

zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, vyvinuté v měřítku umožňujícím její zavedení za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek a zároveň nejúčinnější pro ochranu vod.“ Jaké vody jsou považovány za odpadní vody definuje § 38 odst. 1 VZ, § 38 odst. 2 VZ naopak udává, jaké vody se za odpadní nepovažují, přičemž dle § 38 odst. 13 VZ „v pochybnostech o tom, zda se jedná o odpadní vody, rozhoduje vodoprávní úřad“. [24] Nejlepší dostupné technologie jsou uvedeny v příloze č. 7 k nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [12]

Vodní zákon § 89 stanovuje poplatky za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, resp. poplatek za znečištění vypouštěných odpadních vod a poplatek z objemu vypouštěných odpadních vod za jednotlivé zdroje znečišťování, které má povinnost platit znečišťovatel, tj. „*právnícká nebo fyzická osoba, která vypouští odpadní vody do vod povrchových*“. [24]

3.2 Vypouštění odpadních vod z čistírny odpadních vod

Vypouštění odpadních vod do povrchových a podzemních vod je vodním zákonem (§ 8 odst. 1 písm. c) považováno za nakládání s povrchovými a podzemními vodami, k němuž je nutné mít povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami. [24]

3.2.1 Povolení k vypouštění odpadních vod

Povolení k vypouštění odpadních vod (dále jen „povolení“) vydává příslušný vodoprávní úřad „*fyzickým či právníckým osobám k jejich žádosti*“ a opravňuje je tak „*nakládat s vodami v rozsahu a k účelu po dobu uvedenou v platném povolení*“ (§ 8 odst. 2 VZ). Povolení „*se vydává na časově omezenou dobu*“ (§ 9 odst. 1 VZ) a to nejdéle na 10 let (§ 9 odst. 2 VZ). § 9 odst. 1 VZ uvádí, že „*se stanoví účel, rozsah, povinnosti a popřípadě podmínky, za kterých se toto povolení vydává*“. Příslušný vodoprávní úřad může dle § 12 VZ povolení změnit či zrušit. [24]

Náležitosti povolení uvádí nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v § 3 odst. 1, vedle obecných náležitostí jsou to dle písm. a) „*druh odpadních vod vypouštěných do povrchových vod*“ a dle písm. c) „*určení místa výpusti odpadních vod, pro kterou je povolení vydáno, s názvem vodního toku, číslem hydrologického pořadí povodí, s názvem a kódem vodního*

útvary a uvedením kilometráže vypusti (staničení)“. K tomuto místu stanoví v povolení vodoprávní úřad emisní limity (§ 6 odst. 2 NV). [12]

3.2.2 Emisní limity

Podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. § 3 odst. 2 písm. a) „*vodoprávní úřad v povolení k vypouštění odpadních vod vždy stanoví emisní limity“*, což jsou „*nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod“*. Vodoprávní úřad je stanovuje kombinovaným přístupem. Dle § 5 odst. 2 NV mohou dosahovat „*maximálně do výše emisních standardů“*, což jsou „*nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod uvedené v příloze č. 1 k tomuto nařízení“*. Dle § 5 odst. 4 NV mohou také dosahovat nejvýše „*hodnot, které jsou při použití čistícího zařízení využívajícího nejlepší dostupnou technologii podle přílohy č. 7 k tomuto nařízení v místních přírodních a provozních podmínkách dosažitelné“*. [12]

„Vodoprávní úřad je zároveň vázán ukazateli vyjadřujícími stav povrchové vody, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod, normami environmentální kvality uvedenými v přílohách č. 2 a 3 k tomuto nařízení a hodnocením výhledového stavu.“ (§ 5 odst. 2 NV) [12]

Emisní standardy a emisní limity lze vyjádřit jako „*1. koncentrace v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na litr, 2. minimální účinnost čištění v čistírně odpadních vod v procentech, 3. množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek za určité časové období, 4. poměrné množství vypouštěného znečištění v jednotkách hmotnosti látky nebo skupiny látek na jednotku hmotnosti látky nebo suroviny použité při výrobě nebo výrobku“*, což jsou jednotlivé typy emisních standardů a limitů (§ 2 písm. g) NV). [12]

Emisní standardy 1. typu jsou uvedeny v tabulce 1a a 2. typu v tabulce 1b přílohy č. 1 NV. „*Vodoprávní úřad stanoví pro každý ukazatel znečištění pouze jeden z těchto typů emisních limitů; v jednom rozhodnutí je možno typy emisních limitů pro různé ukazatele znečištění vzájemně kombinovat.“* (§ 6 odst. 3 NV) Pokud by však emisní limit stanovený dle emisního standardu 2. typu „*neumožňoval vzhledem k výsledné koncentraci znečištění ve vypouštěných odpadních vodách dosažení dobrého stavu vodního útvaru, do něhož je odpadní voda vypouštěna, nebo způsobil zhoršení stavu vodního útvaru“*, pak je vodoprávní úřad nepoužije (§ 6 odst. 4 NV). [12]

V § 5 odst. 1 NV je dáno, že „pokud jsou odpadní vody vypouštěny z jednoho zdroje znečištění více výpustmi, stanoví vodoprávní úřad emisní limity pro každou z nich. Městské odpadní vody odváděné stokovými soustavami z aglomerací o velikosti nad 2000 ekvivalentních obyvatel musí být před vypouštěním do povrchových vod podrobeny čištění minimálně na úroveň emisních standardů odpovídajících velikosti aglomerace uvedených v příloze č. 1 k tomuto nařízení.“ Aglomerací se dle § 2 písm. m) NV rozumí „oblast, v níž jsou obyvatelé nebo hospodářská činnost koncentrovány natolik, že jsou městské odpadní vody shromažďovány a odváděny do komunální čistírny odpadních vod nebo do společného místa vypouštění“. [12]

Emisní standardy uvedené v tabulkách 1a a 1b v příloze č. 1 NV jsou stanovovány podle velikostní kategorie čistírny, která je vyjádřena v počtu ekvivalentních obyvatel (jeden ekvivalentní obyvatel zastupuje produkci znečištění 60 g BSK₅ za den), nebo podle velikosti aglomerace, která je vyjádřena obdobně, přičemž je použita větší z obou hodnot. [12] Takto je až 18 měst v ČR považováno za aglomeraci, jelikož jsou do nich zahrnuty i čistírny pobočné. [17]

3.2.3 Citlivé oblasti

Citlivé oblasti jsou definovány vodním zákonem § 32 odst. 1 jako „vodní útvary povrchových vod, a) v nichž dochází nebo v blízké budoucnosti může dojít v důsledku vysoké koncentrace živin k nežádoucímu stavu jakosti vod, b) které jsou využívány nebo se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody, v níž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l, nebo c) u nichž je z hlediska zájmů chráněných tímto zákonem nutný vyšší stupeň čištění odpadních vod“. V § 32 odst. 2 VZ je uvedeno, že „citlivé oblasti vymezí vláda nařízením. Vymezení citlivých oblastí podléhá přezkoumání v pravidelných intervalech nepřesahujících 4 roky.“ V § 32 odst. 3 VZ je uvedeno, že „pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících jakost vody v citlivých oblastech stanoví vláda nařízením ukazatele přípustného znečištění odpadních vod a jejich hodnoty.“ [24]

Výše zmiňovaným nařízením je v současnosti platné nařízení vlády č. 401/2015 Sb., které mj. „stanoví ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech“ a „vymezuje citlivé oblasti“. Dle § 15 odst. 1 NV „všechny útvary povrchových vod na území České republiky se vymezují jako citlivé oblasti“. [12]

„Emisní standardy pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech v ukazatelích znečištění celkový dusík a sloučeniny dusíku a celkový fosfor odpovídají hodnotám těchto ukazatelů znečištění uvedeným v tabulkách 1a a 1b přílohy č. 1 k tomuto nařízení.“ (§ 15 odst. 2 NV) [12]

3.2.4 Měření

§ 38 odst. 4 vodního zákona stanoví, že „kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím vodoprávního úřadu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu, který rozhodnutí vydal, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu.“ [24]

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. § 3 odst. 2 písm. b) uvádí, že vodoprávní úřad v povolení stanovuje *„způsob, četnost, typ a místo odběrů vzorků vypouštěných odpadních vod a místo a způsob měření jejich objemu na výpusti, popřípadě i na přítoku do čistírny odpadních vod“*. Měření i na přítoku je stanoveno v případech, že je emisní limit stanoven jako přípustná účinnost čištění (§ 11 odst. 1 NV). Dle § 3 odst. 2 písm. c) NV stanoví vodoprávní úřad v povolení i *„způsob provádění rozborů vypouštěných odpadních vod podle jednotlivých ukazatelů znečištění uvedených v povolení k vypouštění odpadních vod, způsob vyhodnocení výsledků rozborů jednotlivých ukazatelů znečištění a výsledků měření a stanovení objemu vypouštěných odpadních vod a zjištěného množství vypouštěných znečišťujících látek pro účely evidence a kontroly“*. [12]

V povolení k vypouštění městských odpadních vod je dle § 11 odst. 2 NV stanovena *„minimální četnost sledování a typ vzorku podle hodnot uvedených v příloze č. 4 k tomuto nařízení“*, přičemž *„odběry vzorků musejí být rovnoměrně rozloženy v průběhu celého kalendářního roku“*. (§ 12 odst. 1 NV) [12] Dle vodního zákona § 38 odst. 4 *„odběry a rozborů ke zjištění míry znečištění vypouštěných odpadních vod mohou provádět jen odborně způsobilé osoby oprávněné k podnikání“*. [24]

4 Stabilizační nádrže

Dočišťovací nádrže jsou jedním z typů stabilizačních nádrží. Literatura dotýkající se tematiky stabilizačních nádrží je značně široká – jedná se o zdroje zaměřené přímo na stabilizační nádrže, nebo obecněji na malé vodní nádrže a na čištění odpadních vod, zejm. na extenzivní způsoby čištění a čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění.

Čištění odpadních vod pomocí stabilizačních nádrží je využíváno zhruba od konce 19. století. Jako větší historická zkušenost je v literatuře uváděna soustava rybníků farmy Verribee o výměře 1 500 ha, která sloužila k čištění necelé poloviny odpadních vod australského města Melbourne, ve kterém v té době žilo 2,7 mil. obyvatel. [4]

V ČR jsou stabilizační nádrže využívány především pro čištění odpadních vod z malých obcí do 1 000 obyvatel, čištění zemědělských a průmyslových odpadních vod, nebo pro dočišťování vod z mechanicko-biologických čistíren. [4]

4.1 Terminologie

Termín stabilizační nádrže označuje „*mělké zemní nádrže, určené a používané k čištění nebo dočišťování odpadních vod přirozenými způsoby*“. [4]

Názvosloví se však různí dle specifik jednotlivých typů – v praxi je často používáno označení biologický rybník. Název rybník je doporučeno používat v případech, kdy nádrž slouží alespoň po část roku k chovu ryb, název laguna pak pro nádrže s probíhajícími procesy výhradně anaerobními. [4]

V této práci bude dále používán termín stabilizační nádrž pro obecné označení zařízení a konkrétně pro čistírnu odpadních vod Klánovice bude spíše užíván termín dočišťovací nádrž.

4.2 Zařazení do systému čištění, rozdělení na typy

Stabilizační nádrže spadají pod extenzivní způsoby čištění odpadních vod, což jsou přírodní způsoby založené na samočisticí schopnosti vody. Jednotlivé procesy probíhající v nádrži jsou uvedeny v kapitole 4.4 Princip čištění.

Stejně jako existuje značná nejednotnost v názvosloví, liší se dle autorů i jejich rozdělení na jednotlivé typy nádrží. Obecně lze stabilizační nádrže rozdělit podle různých hledisek. Členění, které je doporučeno v [4], vychází ze zařazení v rámci systému čištění, podle nějž se nádrže dělí na nádrže určené k čištění odpadních vod, k dočišťování odpadních

vod a kombinované. V novější literatuře [10] je uváděno členění z hlediska využití na čtyři základní skupiny: „(I) anaerobní průtočné nebo akumulární biologické nádrže, (II) nízká a vysokozatěžované aerobní biologické nádrže (neprovzdušňované, provzdušňované v zimě, provzdušňované celoročně), (III) dočišťovací biologické nádrže a (IV) nádrže s akvakulturami, mezi které patří nádržní a žlabové akvakultury, dále potom kombinace akvakultur s vegetací a bioeliminátory.“ [10]

Tento způsob čištění i dočišťování odpadních vod má své výhody i nevýhody. Mezi výhody lze zařadit nízké konstrukční a provozní náklady, vhodnost použití i při nerovnoměrném hydraulickém zatížení či naředěných odpadních vodách. Mezi nevýhody patří zejména náročnost na plochu a závislost účinnosti čištění na klimatických podmínkách. [10]

4.3 Navrhování a čištění

Stabilizační nádrž je součástí čistírny odpadních vod, která je dle § 55 odst. 1 písm. c) vodního zákona považována za vodní dílo. [24]

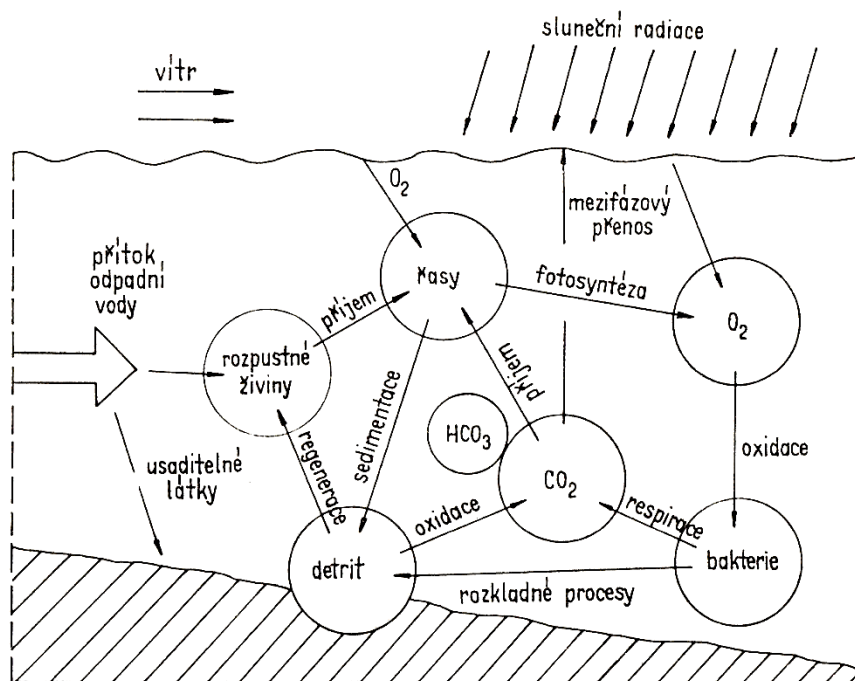
Čištěním odpadních vod ve stabilizačních nádržích a jejich navrhováním se zabývá ČSN EN 12255-5 Čistírny odpadních vod – Část 5: Čištění odpadních vod v biologických nádržích. Tato norma používá termín biologická dočišťovací nádrž pro „*biologickou nádrž používanou k dočišťování odpadních vod, rovněž k odstranění patogenních mikroorganismů slunečním zářením, konkurencí mikroorganismů a působením predátorů*“. [3]

Dále se tímto tématem zabývají normy ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500 a ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel.

4.4 Princip čištění

Obecně lze ve stabilizačních nádržích sledovat procesy probíhající v rybnících a jiných mělkých vodních nádržích, které jsou vystaveny většímu přísunu látek, jež zapříčiňují vysokou trofii vody, a v nichž probíhá eutrofizace. [15] V případě dočišťovacích nádrží obsahují přitékající odpadní vody mj. zbytkové organické znečištění a živiny (dusičnany a fosforečnany). [23]

Ve fakultativních nádržích probíhají jak aerobní, tak anaerobní procesy. [4] Schéma čištění odpadní vody ve stabilizačních nádržích je zobrazeno na Obr. 1.



Obr. 1 – Schéma čištění odpadní vody v ekosystému biologické nádrže [23]

Usaditelné látky z přítoku v nádrži sedimentují na dno a podléhají anaerobnímu rozkladu. [4] Na anaerobních procesech se podílejí mikroorganismy. Intenzita procesů je při teplotě pod $10^{\circ}C$ výrazně snížena. [23] Vzniká při nich oxid uhličitý, dusík, metan a sulfan. [4]

Na aerobních procesech se podílejí aerobní bakterie. Ty přijímají rozpuštěné a koloidní organické látky a kyslík, tvoří svou biomasu, oxid uhličitý a vodu. [4]

Takto vzniklý oxid uhličitý je spotřebováván fytoplanktonem během dne při fotosyntéze za vzniku kyslíku, který spolu s kyslíkem získaným reaerací hladinou z atmosféry využívají aerobní bakterie. Makrofyta dále přijímají dusičnany a fosforečnany a využívají je k tvorbě své biomasy. Po odumření klesají na dno, kde podléhají anaerobnímu rozkladu. [23]

„Průběh čištění ovlivňuje řada faktorů, z nichž k nejdůležitějším patří světlo, teplo, velikost znečištění, fyzikální a chemické vlastnosti nečistot, obsah a složení bakterií, řas aj.“ [23]

5 Biologické oživení dočišťovacích nádrží

Při hodnocení faktorů ovlivňujících kvalitu vody v dočišťovacích nádržích je nutno přihlídnout nejen k fyzikálně-chemickým procesům, ale i k procesům biologickým, na kterých se podílejí živé organismy jako jsou fytoplankton, makrofyta, zooplankton a rybí obsádka. Živiny jsou jimi spotřebovávány a ukládány v biomase. Po odumření se však látky uvolňují zpět do vody. [15]

5.1 Fytoplankton a makrofyta

Fytoplankton se začíná rozvíjet v předjarním období s nárůstem teploty. Nejprve se objevuje drobný fytoplankton, zejména bičíkovci (např. skupina kryptomonád) a rozsivky, později dochází k růstu chlorokokálních řas. V teplejším období koncem dubna až začátkem května může tento rozvoj pokračovat, a tím způsobovat vegetační zákal vody, nebo může dojít ke snížení množství fytoplanktonu v souvislosti s rozvojem velkých perlooček. [14]

Množství fytoplanktonu ovlivňuje průhlednost vody – zvýšení množství fytoplanktonu způsobí snížení průhlednosti. Při velkých populacích může být průhlednost méně než 40 cm [15], klesá až na hodnoty 10 – 20 cm. Množství biomasy fytoplanktonu lze vyjádřit jako koncentraci chlorofylu. [14]

Z makrofyt převažují v nádržích rostliny, které na jaře pokryjí hladinu a zamezí rozvoji dalších druhů. Mezi volně plovoucí rostliny patří například okřehek menší a závitka mnohokořenná, ponořenými rostlinami jsou stolítek klasnatý a růžkatec ponořený. Další skupinou jsou rostliny vynořené (rákos obecný, orobinec širokolistý). [10]

Na hojnost výskytu makrofyt má vliv fytoplankton. Pokud dojde k jeho rozvoji, sníží se průhlednost vody, příp. vytvoří nárost (perifyton) na povrchu rostlin, a zhorší světelné podmínky. Výskyt fytoplanktonu, stejně jako působení makrofyt, způsobuje výkyvy ukazatelů kvality vody v denním cyklu – především koncentrace rozpuštěného kyslíku a pH. [15]

Ve vrstvě vody, do které proniká sluneční světlo, probíhá během dne fotosyntéza. Při ní se spotřebovává oxid uhličitý (příp. hydrogenuhlíčitany) a uvolňuje se do vodního prostředí kyslík. Koncentrace kyslíku u hladiny roste, protože se vzniklý kyslík nestačí uvolňovat do atmosféry či promíchávat v rámci vodního sloupce. Oproti tomu koncentrace oxidu uhličitého klesá, čímž se zvyšuje pH a voda se stává zásaditější. Běžně může během dne pH narůst na hodnoty 8 – 9. [15] Hodnoty pH nad 10 může dosahovat voda zejména

začátkem rozvoje fytoplanktonu přibližně v březnu až dubnu, jelikož pro fotosyntézu začínají příznivější světelné podmínky a respirace je stále ještě nízká kvůli nižším teplotám. Při teplotě vody nad 16°C se respirace zvyšuje natolik, že může dojít i při nárůstu biomasy k poklesu pH. [14]

Narůstajícím množstvím fytoplanktonu či makrofyt u hladiny se zastíňuje vodní sloupec, a tím se znemožňuje průběh fotosyntézy do hloubky. Následné vyčerpávání kyslíku bez jeho dalšího doplňování zapříčiňuje vznik anaerobních podmínek u dna nádrže, při nichž se z usazené rozkládající se organické hmoty uvolňuje fosfor ze sedimentů zpět do vody. [15]

Během noci převládá respirace, rozpuštěný kyslík se spotřebovává, vzniká oxid uhličitý a pH se snižuje. [15]

5.2 Zooplankton

Zooplankton se rozvíjí koncem dubna až začátkem května, jeho rozvoj běžně trvá několik týdnů. [15] Mezi velký zooplankton patří především velké perloočky rodu *Daphnia*, malý zooplankton tvoří drobné perloočky, buchanky a vířníci. [14]

Velké perloočky se živí fytoplanktonem, a tím omezují jeho množství v nádrži a zvyšují tak průhlednost vody (vyšší než 1 m [14]). Dochází též ke snižování pH a přesycení kyslíkem u hladiny. V nádrži však zůstává vysoká koncentrace dusíku a fosforu, který není spotřebováván fytoplanktonem, proto narůstají makrofyta. [15]

Velikost a složení populace zooplanktonu je regulována rybí obsádkou. Pokud rybí obsádka vyžere velké perloočky, v nádrži zůstává malý zooplankton, který množství fytoplanktonu nezvládá regulovat. [14]

5.3 Rybí obsádka

Rybí obsádka v nádrži reguluje množství zooplanktonu. Jejím optimálním složením, tj. velikostí a druhovým zastoupením, by mělo být dosaženo rovnováhy mezi jednotlivými složkami potravního řetězce. Rybí obsádka s nízkým vyžírácím tlakem umožňuje dostatečný rozvoj velkých perlooček, které omezují rozvoj fytoplanktonu. Průhlednost vody je velká, než narostou makrofyta. Naopak rybí obsádka s vysokým vyžírácím tlakem snižuje množství velkých perlooček a dochází k rozvoji fytoplanktonu, který zabraňuje růstu makrofyt. [15]

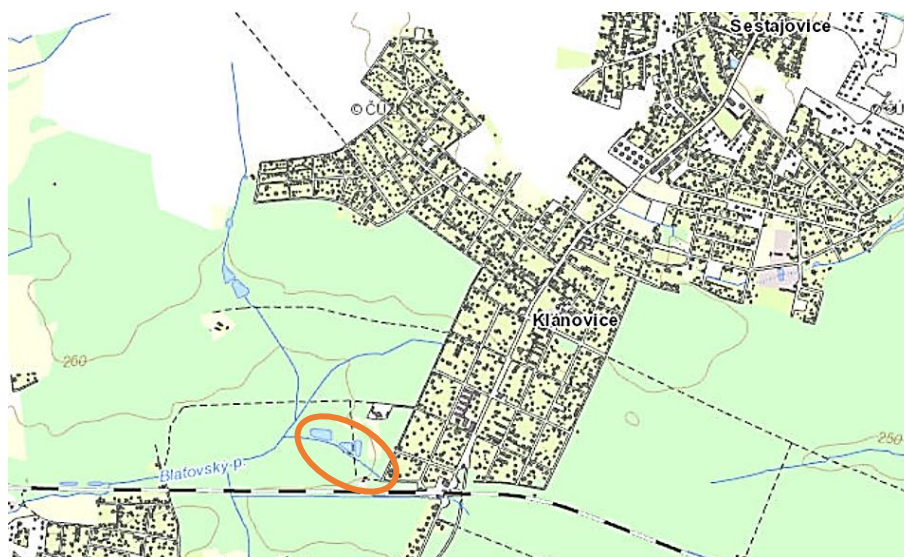
Doporučenou obsádkou do stabilizačních nádrží je kapr, i proto, že „zajišťuje intenzivní vyžírání zooplanktonu již při nižších teplotách (15°C) a vířením dna pozitivně ovlivňuje hodnoty pH ve vodním sloupci“. [5] Naproti tomu toto víření způsobuje zákal vody a zvyšuje CHSK, BSK a koncentraci celkového fosforu. [15] Doplnkové druhy ryb jsou například tolstolobik bílý a pestrý, lín obecný. [5]

Pro ryby je nevhodné prostředí s nízkou koncentrací kyslíku, s vysokým pH a s vysokou koncentrací nedisociovaného amoniaku. Tyto podmínky mohou nastávat především při masivním rozvoji fytoplanktonu či velkého zooplanktonu. [5]

6 ČOV Klánovice

6.1 Základní údaje

Čistírna odpadních vod Klánovice je pobočná čistírna odpadních vod (PČOV), na níž přitékají odpadní vody z odkanalizovaného území městské části Praha 9 – Klánovice. Čistírna je situována na jihozápadním okraji Klánovic (U Trativodu 755), nedaleko železniční stanice. [19]



Obr. 2 – Umístění ČOV Klánovice [8]

V počátcích odkanalizování území, v 70. a 80. letech 20. stol., byla ve stávajícím zastavěném území vybudována jednotná kanalizace. Odpadní i dešťová voda byly odváděny do recipientu – Blatovského potoka – bez čištění. Čistírna odpadních vod Klánovice byla vystavěna počátkem 90. let 20. stol. v místě, kde se nachází doposud. Současně s ní byla postupně budována i oddílná stoková síť, která nyní tvoří převážnou část kanalizační sítě (většinou je gravitační, vyjma několika oblastí s tlakovou kanalizací). [19]

Odpadní vody odváděné splaškovou a jednotnou kanalizací ústí na čistírnu odpadních vod, dešťová kanalizace ústí přímo do recipientu u dočišťovacích nádrží čistírny. [19]

Čistírnu tvořil nejprve dvoulinkový SBR systém s třemi dočišťovacími nádržemi, rekonstrukcí v r. 2011 se změnil na systém D-N (denitrifikace-nitrifikace). [20], [22] Popis obou uspořádání i rekonstrukce jsou uvedeny v kapitolách 6.2, 6.3 a 6.4. Tab. 1 shrnuje historický vývoj ČOV Klánovice.

Tab. 1 – Historický vývoj ČOV Klánovice [19], [22]

Období	ČOV
90. léta 20. stol. – 2011	výstavba ČOV, systém SBR s kapacitou 4 500 EO
2011	rekonstrukce ČOV
2012	rekonstrukce dočišťovacích nádrží
2012 – dosud	systém D-N s kapacitou 6 055 EO

Na čistírnu přitékají odpadní vody z kanalizace, kam jsou vypouštěny pouze odpadní vody splňující kanalizační řád. Jedná se o odpadní vody od obyvatelstva, dále z restaurací, škol, úřadu, zdravotnického zařízení, provozoven služeb apod. Přítok na čistírnu tedy tvoří převážně splaškové vody, dále dešťové vody z úseku jednotné kanalizace a vody balastní. [19]

6.2 Původní uspořádání

Čistírna odpadních vod Klánovice byla vystavěna jako mechanicko-biologická čistírna o kapacitě 4 500 EO s diskontinuálním SBR systémem tvořeným 2 jednotkami CNP 300. [20]



Obr. 3 – Ortofoto lokality při původním uspořádání, r. 2001–2003 [9]



Obr. 4 – Ortofoto lokality při původním uspořádání, r. 2004–2006 [9]

Surové odpadní vody přitékající na čistírnu z výše popsané kanalizační sítě protékaly přes ručně stírané hrubé česle do vírového lapáku písku. Z něj byly odvedeny kanálem do česlovny (zděné budovy, která sloužila i jako skladovací prostor náhradních dílů a materiálu pro údržbu), kde protékaly přes strojně stírané jemné česle. [20]

Dále voda protékala Parshallovým žlabem, za ním následoval odlehčovací žlab, přes jehož přeřadovou hranu přeřadil přebytek přitékajících vod nad stanoveným maximálním hodinovým přítokem na čistírnu, který činil 31,2 l/s. Takto oddělené vody odtékaly do dešťové zdrže – podzemní betonové nádrže. [13] Do jejího naplnění byly odlehčené vody akumulovány a v období nízkých přítoků na čistírnu přečerpány do čerpací jímky. Po naplnění zdrže přeřadaly vody ze zdrže do obtokového kanálu vedoucího přímo do recipientu. Z odlehčovacího žlabu byla voda přivedena do vertikálního lapáku písku, odkud přeřadala do čerpací jímky. Dále čerpadla dopravovala vodu na mechanicko-biologický stupeň čistírny, který se skládal ze dvou linek SBR systému CNP 300. [20]

Mechanickou část tvořily dvě šterbinové nádrže, v každé lince jedna. Ve šterbinových nádržích docházelo k sedimentaci usaditelných částic a k tvorbě primárního kalu, který propadal šterbinou do stabilizačního a akumulačního prostoru. Takto předčištěná voda přeřadala do biologické části. Tu v každé lince tvořila betonová nádrž s přeřádkou oddělující denitrifikační sekci od sekce nitrifikační a dosazovací. [13], [20]

V denitrifikační sekci bylo osazeno ponorné míchadlo. V nitrifikační části byla voda provzdušňována pneumatickou jemnobublinnou aerací. V sekci bylo též osazeno čerpadlo,

keré přečerpávalo provzdušněnou vodu se zoxidovanými formami látek zpět do denitrifikační sekce. Po nitrifikaci následovala sedimentace, tj. separace sekundárního kalu. Do procesu čištění byl též dávkován koagulant pro chemické srážení fosforu (tj. železité soli). Vyčištěná voda byla odtahována pomocí plovákového mechanismu a odtékala přes Parshallův měrný žlab do stabilizačních (dočišťovacích) nádrží a z nich do recipientu (Blatovského potoka). [13], [20]

Dočišťovací nádrže tvořila kaskáda 3 nádrží o celkové ploše 8 600 m² a celkovém objemu 10 320 m³. Nádrže byly projektované jako terciální stupeň čištění. Teoretická doba zdržení byla 9,8 dne. Projektované plošné zatížení dle BSK₅ bylo 22,0 kg/ha.d, dle N-NH₄⁺ 9,8 kg/ha.d. [20] Jednotlivé nádrže bylo možné ze systému vyřadit, např. při těžení sedimentu. [13]

V Tab. 2 jsou uvedeny ukazatele kvality čištěné vody převzaté z provozního řádu [20]. Z těchto hodnot je patrné, že dočišťovací nádrže průměrné ukazatele zlepšovaly.

Tab. 2 – Ukazatele kvality čištěné vody, období s SBR systémem [20]

Parametry	Průměrné hodnoty (mg/l)			Látkové zatížení (kg/d)		
	přítok OV	odtok z ČOV	odtok z SN	přítok OV	odtok z ČOV	odtok z SN
CHSK _{Cr}	432	39	34	234	21,1	18,4
BSK ₅	249	12	6	135	6,5	3,3
NL	220	12	7	119	6,5	3,8
N-NH ₄ ⁺	60	2	0,6	33	1,1	0,3
N _{celk.}	71	20	10	38	10,8	0,5
P _{celk.}	7	1,8	0,7	4	1,0	0,4

pozn. k Tab. 2: OV... odpadní vody, ČOV... čistírna odpadních vod, SN... stabilizační (dočišťovací) nádrže

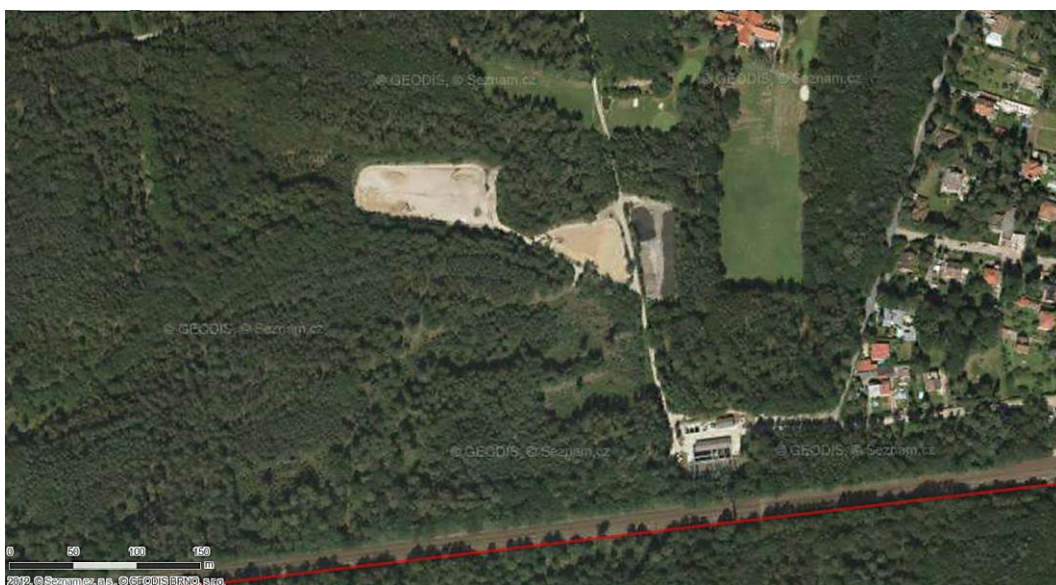
Dle [4] vykazují stabilizační nádrže dobré čištění při nárazově vyšších koncentracích přítékajícího znečištění. Výhodou umístění nádrží za SBR systémem mohlo být tlumení případných úniků kalu z SBR, ke kterým reálně docházelo, jak dokládá kampaňové měření ze studie [13].

6.3 Rekonstrukce

Po přechodu čistírny na nového vlastníka, správce a provozovatele, byla opravena značná část vybavení. Odtok z čistírny však nespĺňoval emisní standard pro N-NH₄⁺, vybavení bylo zastaralé a dočišťovací nádrže zanesené, proto bylo rozhodnuto o celkové rekonstrukci čistírny. [19]

V roce 2011 proběhla rekonstrukce čistírny na současné uspořádání, které se od původního liší především v mechanicko-biologickém stupni. Systém čistírny se změnil z diskontinuálního SBR systému na kontinuální systém denitrifikace-nitrifikace. Zároveň byla zvýšena kapacita z 4 500 na 6 055 EO. [19], [22]

V rámci rekonstrukce čistírny proběhlo v roce 2012 i vyčištění a rekonstrukce dočišťovacích nádrží, opraveny byly zejména vtokové a výtokové objekty. [22] Z té doby pochází ortofoto, viz Obr. 5. Další fotografie dokládají stav nádrží při, resp. po jejich rekonstrukci – Obr. 6.



Obr. 5 – Ortofoto lokality z období čištění nádrží po rekonstrukci čistírny, r. 2012 [9]

Pozn.: V textu je dále uváděno pořadí nádrží první, druhá, třetí podle postupu protékání, viz Obr. 8.



Obr. 6 – Dočišťovací nádrže při, resp. po rekonstrukci – vlevo první nádrž, vpravo třetí nádrž [6]

6.4 Současné uspořádání

V současné době je čistírna odpadních vod Klánovice mechanicko-biologickou čistírnou o kapacitě 6 055 EO s kontinuálním D-N systémem. [22]



Obr. 7 – Ortofoto lokality při současném uspořádání, r. 2016 [9]

Stupeň mechanického předčištění zahrnuje lapák štěrku a strojně stírané jemné česle umístěné v česlovně. Dále voda protéká měrným objektem do odlehčovacího žlabu. V něm jsou odděleny vody nad přítokem 40 l/s – ty odtékají do dešťové zdrže, kterou tvoří otevřená betonová nádrž s přepadem do obtokového kanálu vedoucího do recipientu. [21]

Dalším objektem je vírový lapák písku, do nějž jsou vody přiváděny tangenciálně. Písek je odčerpáván do separátoru písku, předčištěná voda natéká do čerpací jímky. Před lapák písku je v době nízkých přítoků přečerpávána voda akumulovaná v dešťové zdrži. [21]

Z čerpací jímky je voda dopravována čerpadly do rozdělovacího objektu na biologický stupeň, který tvoří 2 linky denitrifikace-nitrifikace s interní recirkulací.

Každou linku tvoří kontinuálně protékané 2 denitrifikační nádrže a 4 nitrifikační nádrže. Denitrifikační nádrže jsou osazeny míchadly a jemnobublinnými aeračními systémy, díky kterým je lze provozovat i jako nitrifikační, též je do nich zaústěn přívod kalu interní recirkulace z poslední nitrifikační nádrže. Nitrifikační nádrže, resp. jejich meandrovitě protékané sekce, jsou osazeny jemnobublinnými aeračními systémy. Na konec aktivace je dávkován síran železitý pro chemické srážení fosforu. Poté je voda odvedena do podélně

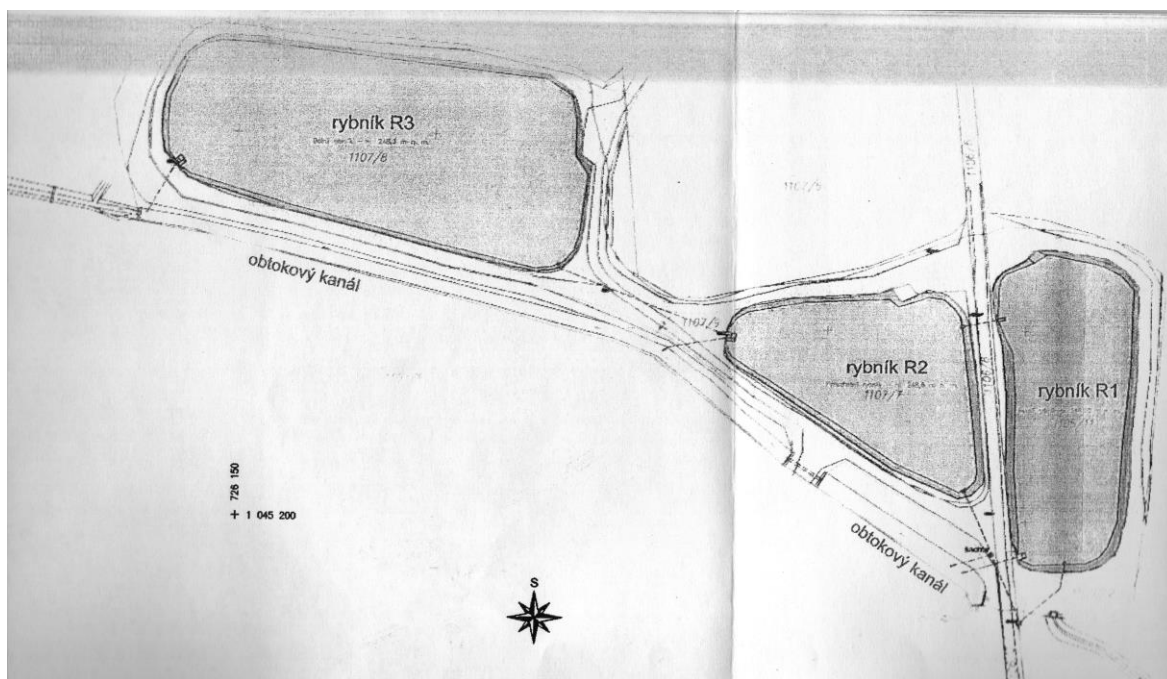
protékaných dosazovacích nádrží a pak do sběrné akumulární jímky, odkud odtéká přes Parshallův měrný žlab a revizní šachtu do terciálního stupně. [21]

Za mechanicko-biologickou částí čistírny zůstává zařazena soustava tří postupně protékaných nádrží, sloužících jako terciální (dočišťovací) stupeň. Tyto nádrže pocházejí z doby výstavby čistírny ve 20. stol., v r. 2012 byly vyčištěny a zrekonstruovány. [19], [22]

První dvě nádrže mají maximální hloubku kolem 1 m, provozní objem první činí 1 560 m³ a druhé 1 475 m³, doba zdržení v každé z těchto nádrží je 2–3 dny. Třetí nádrž o maximální hloubce přibližně 1,2 m má provozní objem 3 545 m³, dobu zdržení cca 5–7 dní. [22] Celkové objemy nádrží jsou postupně 2 000, 3 100 a 5 500 m³. [21]

Přítok do nádrží tvoří pouze odpadní vody odtékající z dosazovacích nádrží. Jednotlivé nádrže lze ze systému vyřadit. Z dosazovacích nádrží je možné přivádět vodu do první či druhé dočišťovací nádrže a z nich buď do následující nebo do obtokového kanálu společného i pro odtok z dešťové zdrže, viz Obr. 8. [21]

Provoz dočišťovacích nádrží zahrnuje průběžnou kontrolu stavu nádrží a jejich údržbu, každoroční měření úrovně dnových sedimentů a jejich odtěžení nejpozději v době, kdy dosáhnou mocnosti 300 mm v daném profilu. [21]



Obr. 8 – Situační plán dočišťovacích nádrží [21]

Čistírna je navrhována na průměrný bezdeštný denní přítok $Q_{24} 1\,095\text{ m}^3/\text{den}$, tj. roční průtok $400\,000\text{ m}^3/\text{rok}$, v posledních letech je reálná hodnota ročního průtoku okolo $200\,000\text{ m}^3/\text{rok}$. [2]

Recipientem je Blatovský potok (ČHP 1-12-01-027). Jedná se o povrchový vodní tok, který není zařazen mezi významné vodní toky. Délka toku je orientačně 2,8 km. Blatovský potok vtéká přibližně 10 m pod čistírnou odpadních vod Újezd nad Lesy do Běchovického potoka, který je přítokem Rokytky. Dle údajů ČHMÚ je pro recipient stanoven 355denní průtok $1,5\text{ l/s}$ a průměrný dlouhodobý roční průtok 20 l/s . [19] Ústí do něj jak odtok z dočišťovacích nádrží (ř. km 1,675), tak odtok z dešťové zdrže. [21]

Oficiální měrný profil byl umístěn na odtoku z poslední (třetí) dočišťovací nádrže. Tento profil sloužil k měření ukazatelů, které mají splňovat vodoprávním úřadem stanovené emisní limity pro kvalitu vypouštěné vody, do doby udělení výjimky. [2]

7 Problémy dočišťovacích nádrží

7.1 Popis problémů

Po rekonstrukci dočišťovacích nádrží, která proběhla v r. 2012, byly nádrže znovu uvedeny do provozu. Následující rok 2013 nebyly zaznamenány žádné problémy s kvalitou vypouštěné vody, zhoršení kvality se začalo projevovat až ve vegetačním období r. 2014 a to zejména ve třetí nádrži. [22]

Zhoršení se projevuje jak na měřených ukazatelích odtoku, tak vizuálně v nádržích, viz Obr. 9. Od května 2014 začaly nádrže zarůstat okřehkem, vrstva okřehku na hladině dosahovala mocnosti až 10 cm a snižovala se průhlednost, resp. zvyšoval zákal vody. [22]



Obr. 9 – Fotografie dočišťovacích nádrží (zleva první, druhá, třetí nádrž) před odtěžením okřehku, červenec 2014 [22]

Provozovatel prováděl měření kvality vody v nádržích a činil technické zásahy a jiná opatření. V srpnu 2014 byl okřehek odtěžen. Od té doby pokrývá ve vegetačním období okřehek hladinu v tenké vrstvě pouze první dvě nádrže, jak dokládá ortofoto (Obr. 7) a fotografie (Obr. 10). Také je pravidelně udržována vegetace na březích a odstraňována vegetace z vodních ploch. [22]

Dále byly na odtoky ze všech nádrží instalovány norné stěny zabraňující případnému odtoku okřehku a na čistírně zvýšeny dávky koagulantu chemického srážení fosforu pro snížení vnosu celkového fosforu do dočišťovacích nádrží. [22]

Provozovatel laboratorně testoval použití biocidních látek. Výsledky vlivu biocidu na okřehek však byly i při výrazně vyšších dávkách zanedbatelné. [22]



Obr. 10 – Fotografie dočišťovacích nádrží (vlevo první, vpravo třetí nádrž), září 2015 [22]

7.2 Důsledek

Povolení k vypouštění odpadních vod (resp. emisní limity) je běžně vydáváno vodoprávním úřadem pro jednotlivé výpusti odpadních vod, resp. k uzávěrnému profilu čistírny, kterým je odtok do recipientu (blíže v kapitole 3.2). V tomto případě je jím profil odtoku z třetí dočišťovací nádrže.

Kvůli zhoršující se kvalitě vody v dočišťovacích nádržích bylo povoleno zmírnění emisních limitů koncentrace NL ve vegetačním období od března do září. Po dalším zhoršení kvality vody bylo místo odběru vzorků vypouštěných odpadních vod posunuto za mechanicko-biologickou část čistírny, kde jsou veškeré původně stanovené emisní limity splňovány. [2]

8 Metodika

8.1 Data

K vyhodnocení byla použita data měřená v rámci čistírny odpadních vod Klánovice. Jedná se o měření fyzikálně-chemických ukazatelů na odtoku z dosazovacích nádrží a z třetí dočišťovací nádrže s časovým krokem přibližně 1 měsíc z let 2013 až 2017. Odtoky z první a druhé dočišťovací nádrže byly měřeny pouze doplňkově a to od r. 2014. [11] Dále byly použity biologické rozborů odběrů z dočišťovacích nádrží. [1]

Teplota vzduchu a úhrn srážek byly převzaty z dat průměrných měsíčních teplot a úhrnů srážek pro Prahu a Středočeský kraj, dostupných na webovém portálu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). [18]

8.2 Postup

Pro vyhodnocení stavu dočišťovacích nádrží, jeho vývoje a vzájemných vztahů bylo použito následujících postupů.

8.2.1 Rozbor dočišťovacích nádrží

Bylo provedeno porovnání celkového vývoje i ročního cyklu stavu řešených nádrží s poznatky z literatury a z konzultací. K porovnání bylo použito zejména podkladů poskytnutých provozovatelem a vlastních pozorování provedených na dočišťovacích nádržích v Klánovicích.

Tento postup byl použit k vyhodnocení biologických procesů a vlivů, k porovnání současného stavu nádrží se stavem za SBR systémem aj.

8.2.2 Látkové schéma

Látkové schéma reprezentuje tok látek mezi jednotlivými objekty čistírny a následně recipientem. K jeho sestavení byly použity hodnoty jednotlivých ukazatelů z vegetačních období let 2014 až 2016. Za vegetační období je zde považováno období od března do září, tj. období, pro něž vodoprávní úřad stanovil zmírněné emisní limity (viz kapitola 7.2).

Z těchto hodnot byl vypočítán aritmetický průměr, který byl vynesena do grafického schématu. Průměrné hodnoty ukazatelů jsou uspořádány do sloupců, které reprezentují odtok z jednoho objektu, který je zároveň přítokem do následujícího.

Dále bylo provedeno vyhodnocení průběžných změn hodnot ukazatelů mezi jednotlivými objekty a též byla určena celková změna ukazatelů v kaskádě dočišťovacích nádrží porovnáním odtoku z třetí dočišťovací nádrže s přítokem do první nádrže. Také byla sestavena tabulka účinností čištění jednotlivých objektů, které v procentech vyjadřují poměr úbytku koncentrace dané látky na odtoku ku koncentraci na přítoku do daného objektu.

8.2.3 Závislosti ukazatelů

Na základě výše popsaných dat byly nejprve určeny míry závislostí jednotlivých ukazatelů mezi sebou v rámci jednoho měřeného profilu a jejich ovlivnění teplotou vzduchu a úhrnem srážek.

Závislosti mezi ukazateli byly zjišťovány z dat třetí nádrže a následně bylo posouzeno, zda výsledky závislostí z prvních dvou nádrží daným zjištěním odpovídají. Tento postup byl zvolen kvůli menšímu počtu dat z prvních dvou dočišťovacích nádržích.

Závislost určitého ukazatele na jiném ukazateli byla určována na základě korelačního koeficientu, který vyjadřuje míru lineárního vztahu mezi dvěma porovnávanými veličinami. Může nabývat hodnot od -1 do 1. Čím se korelační koeficient blíží k hodnotě 1, tím více značí přímou lineární závislost. Čím se blíží k hodnotě -1, tím více je závislost mezi ukazateli lineární nepřímá. Hodnoty korelačního koeficientu blízké 0 značí, že mezi ukazateli není zjistitelná lineární závislost.

Následně byly uvažovány korelační koeficienty vyšších řádů. Např. korelační koeficient 2. řádu vyjadřuje závislost dvou ukazatelů, přičemž hodnota druhého ukazatele je brána časově posunuta vůči prvnímu, tj. z měření následujícího.

Další závislosti byly určovány mezi hodnotami ukazatelů na přítoku do kaskády dočišťovacích nádrží (tj. na odtoku z dosazovacích nádrží) a na jejím odtoku (tj. na odtoku z třetí dočišťovací nádrže). K vyjádření jejich míry bylo použito taktéž korelačního koeficientu prvního i vyšších řádů.

8.2.4 Vývoj ukazatelů

Dále byl sledován vývoj hodnot ukazatelů v rozsahu měřených dat od r. 2013 do r. 2017, a jeho trend během ročního cyklu. Průběhy jednotlivých ukazatelů byly porovnávány mezi sebou.

Grafy průběhů ukazatelů byly sestaveny z dat měřených na přítoku do kaskády a na odtoku z třetí dočišťovací nádrže. Doplněny byly body z měření první a druhé dočišťovací nádrže.

Při vyhodnocování průběhů bylo též uvažováno, o jaké roční období se jedná a jaké aktivity v dané době realizoval provozovatel nejen za účelem zamezení zhoršování kvality vody. Dočišťovací nádrže byly vyčištěny a zrekonstruovány v roce 2012, v roce 2013 tedy obsahovaly jen malé množství sedimentů a procházely svým prvním vegetačním obdobím. V roce 2014 začalo být pozorováno zhoršení kvality vody, proto se přistoupilo ke zvýšení dávky koagulantu pro srážení fosforu a v srpnu k odtěžení veškerého okřehekku ze všech tří nádrží. V následujících letech se vyskytl okřehek jen na první a druhé nádrži a je průběžně odstraňován provozovatelem.

9 Výsledky

9.1 Rozbor dočišťovacích nádrží

Podle hloubky jsou všechny tři nádrže fakultativní – probíhají v nich procesy anaerobní i aerobní. [4]

V zimním období 2016–2017 došlo k zámru hladiny všech dočišťovacích nádrží. V té době byla měřena na odtoku z poslední dočišťovací nádrže zvýšená koncentrace N-NH₄⁺. Dle [4] probíhá pod neprůhledným ledem anaerobní režim čištění, který vykazuje dobrou účinnost čištění, ale je doprovázen zápachem na odtoku z nádrže. Po rozmrznutí se v nádrži obnoví aerobní režim. Svahy opevněné dlaždicemi pokrývá šedavý povlak, který je známkou probíhajících anaerobních procesů. Voda má přitom vysokou průhlednost.

Při jarním oteplení voda ztrácí průhlednost, objevuje se hnědý zákal, který je doprovázen zvyšováním pH. To nastává, jelikož se rozvíjí populace fotosyntetizujícího fytoplanktonu. Během dne je také měřeno ve vrstvě u hladiny vysoké pH a koncentrace kyslíku.

Začátkem dubna, kdy teplota přesahuje 10°C, již vodní sloupec obsahuje množství chomáčů řas a objevují se první makrofyta, v tomto případě okřehek. Průhlednost dosahuje 20–40 cm, zákal je hnědozelený. Od roku 2015 se vyskytuje okřehek jen na prvních dvou nádržích. Další makrofyta se během roku v řešených nádržích příliš nevyskytují, případně jsou provozovatelem průběžně odstraňována. Biologické rozborů poukazují na určitou nepřímou úměrnost mezi výskytem okřehek a hojností jedinců fytoplanktonu.

Z ortofot na Obr. 3 a Obr. 4 je patrné, že i při původním uspořádání s SBR systémem byly hladiny nádrží ve vegetačním období pokryty vegetací.

V nádržích se vyskytuje též rybí obsádka, která je tvořena pravděpodobně karasem.

9.2 Látkové schéma

Pro sestavení látkového schématu čistírny odpadních vod bylo použito hodnot ukazatelů z vegetačních období (březen až září) let 2014 až 2016. Toto schéma (Obr. 11) ilustruje tok látek na základě jednotlivých ukazatelů.

	ČOV s D-N systémem	Kaskáda dočišťovacích nádrží			Recipient
		První	Druhá	Třetí	
CHSK _{Cr}	29,5	29,7	30,4	46,6	mg/l
BSK ₅	2,8	2,3	2,5	7,0	mg/l
NL	7,7	3,6	3,7	20,7	mg/l
N-NH ₄ ⁺	0,14	0,20	0,25	0,15	mg/l
N-NO ₃ ⁻	8,82	6,42	5,45	3,17	mg/l
N-NO ₂ ⁻	0,04	0,06	0,09	0,08	mg/l
N _{celk.}	10,89	8,01	6,76	5,57	mg/l
TOC	11,5	13,3	12,0	15,7	mg/l
P _{celk.}	1,05	0,64	0,66	0,92	mg/l
P-PO ₄ ³⁻	0,75	0,53	0,56	0,59	mg/l
pH	7,4	7,3	7,4	8,9	-
t	15,2	-	-	18,4	°C

Obr. 11 – Látkové schéma ČOV z průměrných hodnot ukazatelů ve vegetačních období (březen–září) 2014–2016

Během vegetačního období dochází v kaskádě dočišťovacích nádrží k výraznému zvýšení hodnot ukazatelů CHSK_{Cr}, BSK₅, NL a pH. Ukazatel CHSK_{Cr} vzrůstá 1,6násobně, ukazatel BSK₅ 2,5násobně a ukazatel NL se téměř ztrojnásobí. Ukazatelé BSK₅ a NL v první a druhé nádrži vykazují však nižší hodnoty než na přítoku do kaskády. Hodnota pH přítoku do kaskády se nachází mírně nad neutrální oblastí, na odtoku z ní se pohybuje v zásadité oblasti. Hodnota TOC také vzrůstá. Z forem dusíku hodnota N-NH₄⁺ zůstává výsledně konstantní, ale v první a druhé nádrži je vyšší, N-NO₃⁻ se postupně snižuje na více jak třetinu, naopak N-NO₂⁻ se postupně zvyšuje až na dvojnásobek. Celkový dusík N_{celk.} se snižuje výsledně na téměř polovinu. Celkový fosfor P_{celk.} i jeho forma P-PO₄³⁻ se výsledně snižují, v první a druhé nádrži však dosahují nižších hodnot.

Je nutné vzít v potaz, že hodnoty látkového schématu odtoků z jednotlivých objektů jsou aritmetickým průměrem měřených hodnot, a tudíž u první a druhé dočišťovací nádrže, které mají menší počet měření, jsou pouze přibližné.

Tab. 3 je sestavena z účinností čištění v jednotlivých dočišťovacích nádržích a z účinnosti celkové (tj. celé kaskády nádrží). Kladné hodnoty jsou známkou zlepšení hodnot ukazatelů, záporné naopak znamenají jejich zhoršení. Hodnota účinnosti celkové je přesnější než hodnoty účinností jednotlivých nádrží, pro něž je využito menšího počtu měření k získání aritmetického průměru. Celková účinnost vykazuje zhoršení hodnot všech uvedených ukazatelů vyjma celkového a dusičnanového dusíku a celkového a fosforečnanového fosforu.

Tab. 3 – Účinnost čištění v dočišťovacích nádržích, ve vegetačních obdobích při D-N systému

	Účinnost čištění v dočišťovacích nádržích (%)			
	První nádrž	Druhá nádrž	Třetí nádrž	Celková
CHSK _{Cr}	-0,7	-2,4	-53,3	-58,0
BSK ₅	17,9	-8,7	-180,0	-150,0
NL	53,2	-2,8	-459,5	-168,8
N-NH ₄ ⁺	-42,9	-25,0	40,0	-7,1
N-NO ₃ ⁻	27,4	15,6	41,3	64,1
N-NO ₂ ⁻	-50,0	-50,0	11,1	-100,0
N _{celk.}	26,4	15,6	17,6	48,9
TOC	-15,7	9,8	-30,8	-36,5
P _{celk.}	39,0	-3,1	-39,4	12,4
P-PO ₄ ³⁻	29,3	-5,7	-5,4	21,3

9.3 Závislosti ukazatelů

V rámci odtoku z dosazovacích nádrží, tj. přítoku do kaskády, se jedná především o závislosti mezi hodnotami ukazatele celkového s jeho formou – korelační koeficient 0,99 má fosfor celkový s fosforečnanovým, 0,95 dusík celkový s dusičnanovým. Korelační koeficient 0,81 má amoniakální s dusitanovým dusíkem a 0,76 TOC s CHSK_{Cr}. Ostatní závislosti řešených ukazatelů mají korelační koeficienty menší než 0,60.

Ve třetí dočišťovací nádrži je výrazná závislost ukazatelů CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL a TOC. Korelační koeficienty se pohybují v rozmezí 0,65 až 0,91 (průměrně 0,76). Tato skupina má určitý lineární vztah k měřené teplotě v nádrži, korelační koeficient činí 0,70 až 0,84 (průměrně 0,78). Též závisí na pH, což je vyjádřeno korelačním koeficientem 0,67 až 0,79 (průměrně 0,74). Tudíž přímou úměrnost vykazuje i pH s teplotou v nádrži, korelační koeficient činí 0,76.

Celkový dusík se svou formou N-NO_3^- má korelační koeficient 0,98, ale s ostatními svými formami menší než 0,60. $\text{N}_{\text{celk.}}$ a N-NO_3^- jsou následně závislé s CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL a TOC. N-NO_3^- má s těmito 4 ukazateli korelační koeficient (-0,54) až (-0,64), průměrně (-0,60), s teplotou má korelační koeficient (-0,95). Koeficient 0,68 má dusík amoniakální s dusitanovým. Fosfor má větší korelační koeficient pouze s fosforečnanovým fosforem a to 0,98.

Zvolenou metodikou nemá úhrn srážek na rozdíl od teploty vzduchu prokázaný vliv na ostatní měřené ukazatele. Průměrná měsíční teplota vzduchu souvisí s teplotou vody na odtoku z dosazovacích nádrží (vyjádřeno korelačním koeficientem 0,86) a teplotou vody měřenou na odtoku z třetí dočišťovací nádrže (vyjádřeno korelačním koeficientem 0,93).

Značná závislost se nachází u některých ukazatelů i mezi hodnotami měřenými na přítoku do kaskády dočišťovacích nádrží a na odtoku z ní. Přítoková a odtoková koncentrace celkového fosforu a fosforečnanů má korelační koeficient prvního řádu roven 0,70 a 0,71, druhého řádu 0,66 a 0,67. Pro přítokovou a odtokovou koncentraci celkového dusíku a dusičnanů činí korelační koeficient prvního řádu 0,50 a 0,51.

Naopak mezi hodnotami CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL a pH je závislost mezi hodnotami na přítoku a odtoku vyjádřená korelačním koeficientem téměř nulová, u TOC 0,31.

Teplota přítoku i odtoku souvisí s teplotou vzduchu, proto i mezi nimi je závislost s korelačním koeficientem 0,87.

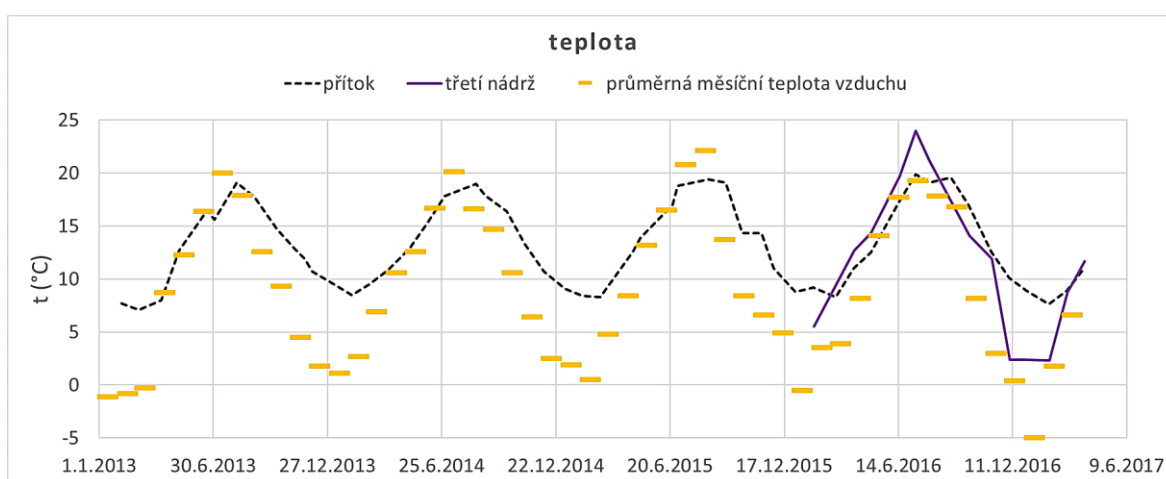
Při shrnutí výše uvedených závislostí ukazatelů zjištěných pomocí korelačních koeficientů prvního i vyšších řádů vyplývá tato souvislost mezi měřenými ukazateli a průměrnou měsíční teplotou vzduchu: čím je teplota vzduchu vyšší, tím je vyšší i teplota vody v nádrži, a tím jsou vyšší i ukazatelé CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL, TOC a pH. Zároveň je nižší ukazatel N-NO_3^- , a tedy i $\text{N}_{\text{celk.}}$. Dále je pozorována vzájemná závislost N-NH_4^+ a N-NO_2^- . Koncentrace dusičnanového, a tedy i celkového dusíku a fosforečnanového, a tedy

i celkového fosforu je závislá na koncentraci na přítoku do kaskády dočišťovacích nádrží – čím je vyšší přítoková koncentrace, tím vyšší je i odtoková koncentrace.

9.4 Vývoj ukazatelů

Prvním uváděným grafem je průběh teplot, který zahrnuje průběh měřených teplot na přítoku do kaskády, kratší úsek měřených teplot na odtoku z třetí dočišťovací nádrže a průběh průměrných měsíčních teplot vzduchu. Průběh teploty přítoku se pohybuje od 7°C v zimních obdobích do 20°C v letním.

Průběh některých procesů čištění je na teplotě závislý, zejména výskyt biologického oživení a jeho aktivita jsou výrazně ovlivněny teplotou. [15]

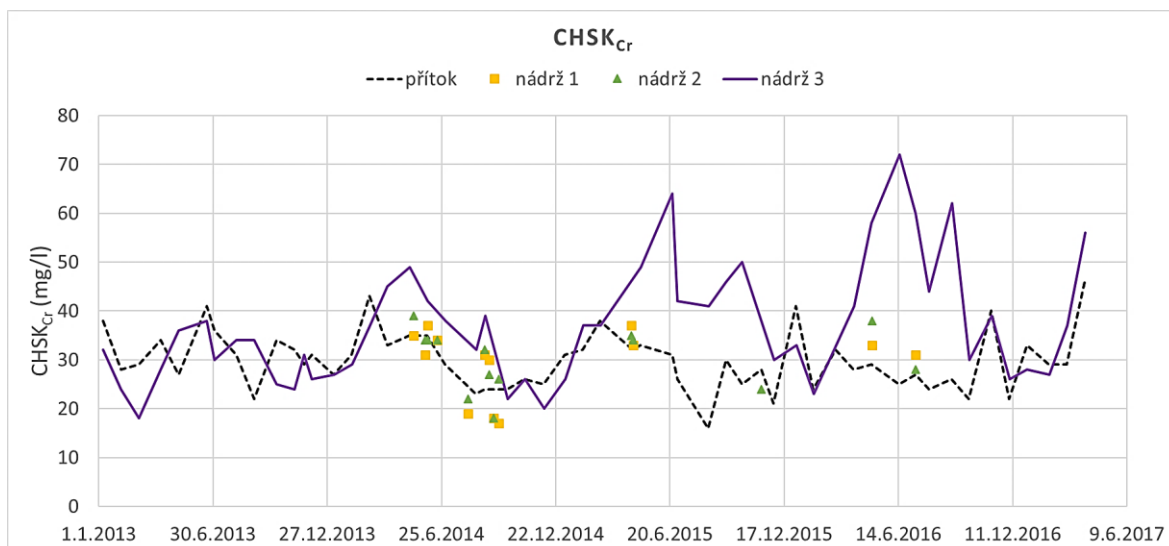


Obr. 12 – Graf průběhu teploty (v letech 2013–2017)

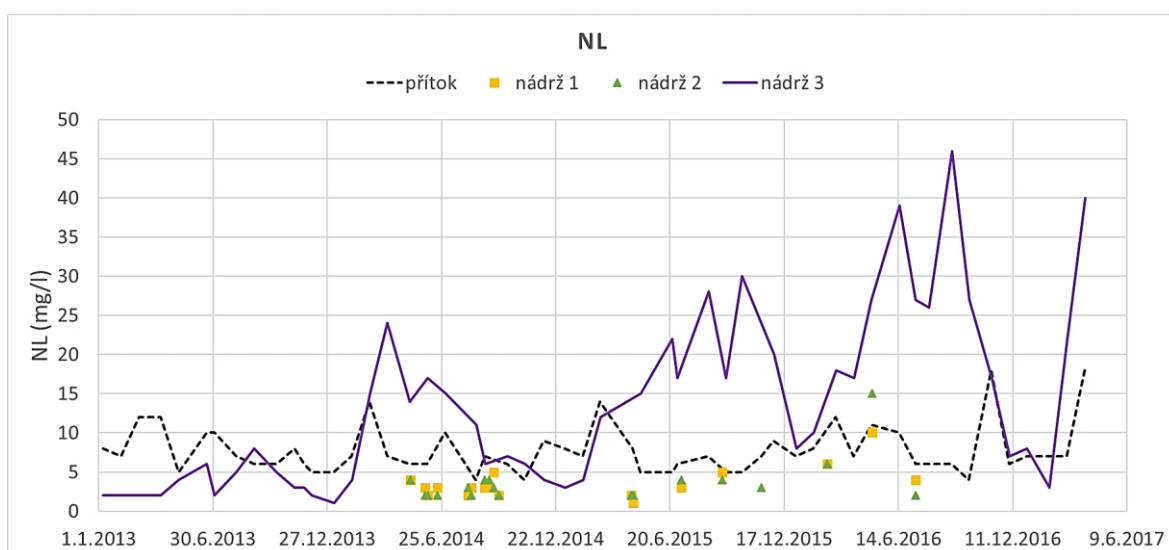
9.4.1 CHSK_{Cr}, BSK₅, NL

Během zimního období jsou hodnoty ukazatelů CHSK_{Cr}, BSK₅ a NL na odtoku z kaskády nižší než na jejím přítoku. Během vegetačního období jsou hodnoty naopak vyšší na odtoku než na přítoku, což dokládá nejen látkové schéma, ale i Obr. 13 a Obr. 14. Po zimním období dochází k počátku nárůstu hodnot přibližně začátkem března. Průběh ukazatelů souvisí s průběhem teploty – v roce 2014 byla teplota v březnu vyšší než v březnu následujících let a zároveň v tomto roce nastal nárůst hodnot ukazatelů časově dříve.

Ke zhoršení ukazatelů dochází v období, kdy je zároveň pozorována vysoká aktivita biologického oživení. Hodnoty pro první a druhou nádrž jsou víceméně každoročně stejné, ve třetí nádrži však byly naměřeny vyšší hodnoty v letech 2015–2017 než v roce 2014, což může souviset s výskytem okřehku, který se ve třetí nádrži od r. 2014 nevyskytuje, nebo fytoplanktonu.



Obr. 13 – Graf průběhu chemické spotřeby kyslíku (v letech 2013–2017)

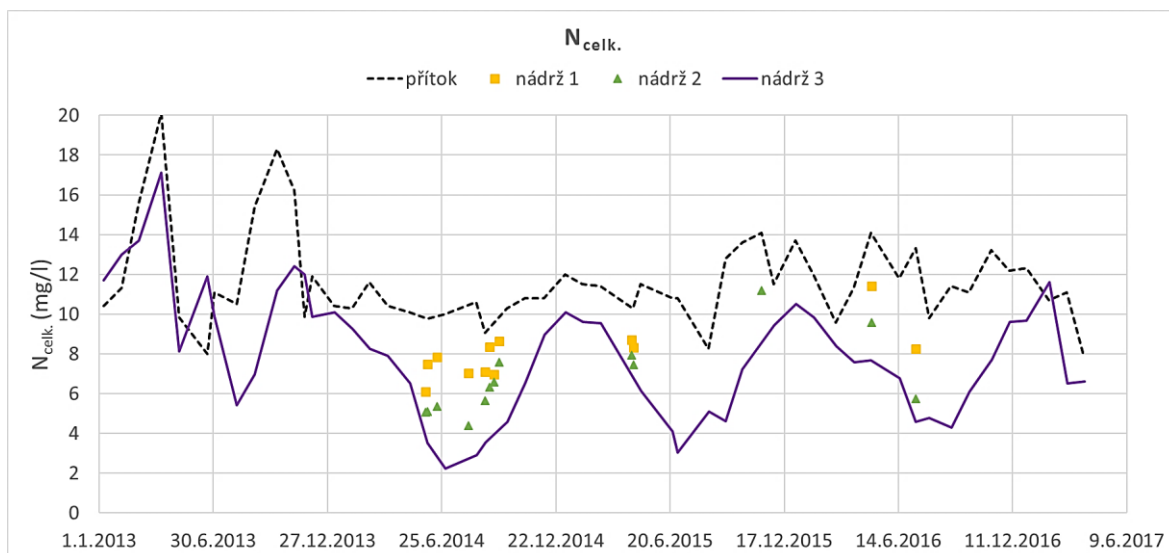


Obr. 14 – Graf průběhu koncentrace nerozpuštěných látek (v letech 2013–2017)

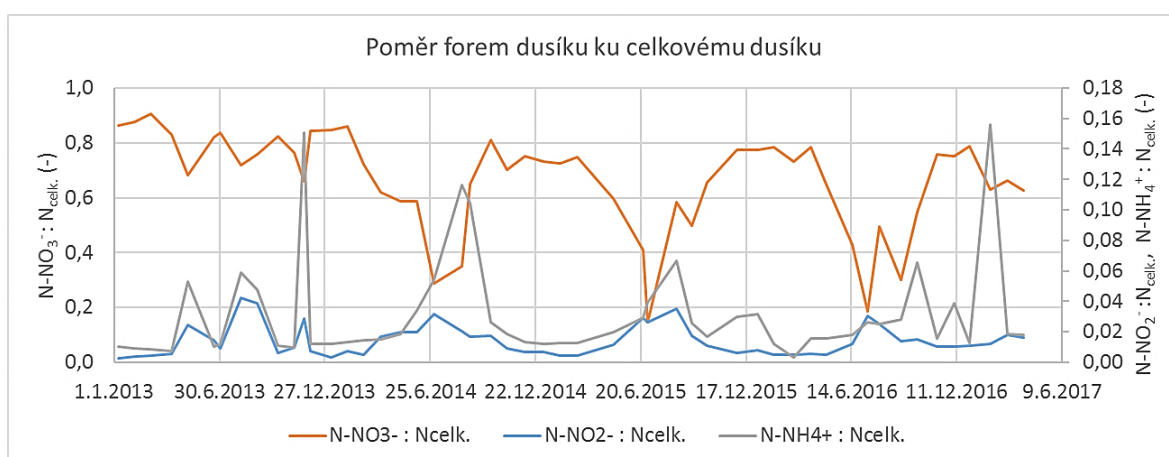
9.4.2 Dusík

Během každého vegetačního období dochází k vyčerpávání celkového dusíku, resp. dusičnanů, které tvoří největší část celkového dusíku. V nejteplejším období léta je na grafu patrné jeho minimum. Tento trend je pozorovatelný pro všechny tři dočišťovací nádrže. Pokles koncentrace dusičnanů je způsoben jeho spotřebováváním makrofyty či fytoplanktonem a denitrifikací v anaerobním sedimentu.

Během zimního období dochází ke snížení účinnosti odstraňování dusičnanů, které nejsou ukládány v biomase, též se zastaví denitrifikace u dna. Také může vzrůstat koncentrace dusitanového i amoniakálního dusíku, což způsobuje převážení anaerobních procesů čištění nad aerobními. [16]



Obr. 15 – Graf průběhu koncentrace celkového dusíku (v letech 2013–2017)



Obr. 16 – Graf průběhů poměrů jednotlivých forem dusíku ku celkovému dusíku (v letech 2013–2017)

Během prvního roku provozu po rekonstrukci mají jednotlivé formy dusíku víceméně neměnné zastoupení v dusíku celkovém. Další roky (tj. 2014–2016) vykazují opačný průběh poměry dusičnanového a dusitanového dusíku, míru jejich vzájemné lineární závislosti lze vyjádřit korelačním koeficientem prvního řádu (-0,75). Průběh poměru amoniakálního dusíku je podobný průběhu dusitanového dusíku, korelační koeficient prvního řádu činí 0,50.

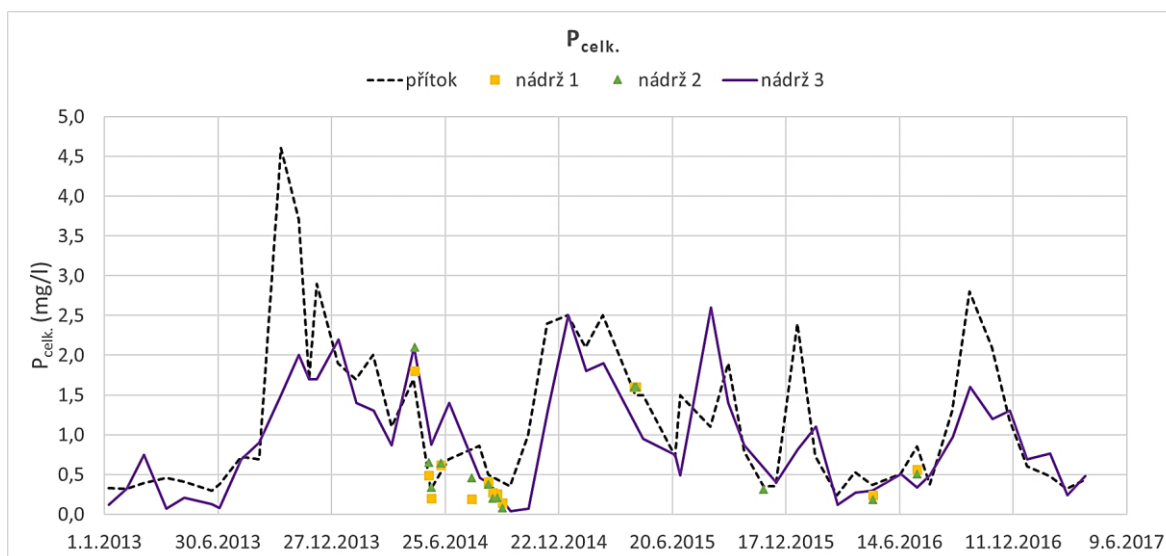
9.4.3 Fosfor

Po rekonstrukci byly koncentrace celkového fosforu nízké. Postupem doby spolu se zanášením nádrží jeho koncentrace narůstala.

Hodnoty koncentrace fosforu v nádržích jsou ovlivňovány koncentrací fosforu na přítoku do kaskády, která byla v době vegetačního období snižována zvýšením dávky koagulantu pro chemické srážení fosforu, a též závisí na množství fosforu uloženém

v sedimentech, resp. na množství, které se ze sedimentů uvolňuje zpět při vzniku anaerobních podmínek u dna (viz kapitola 5.1).

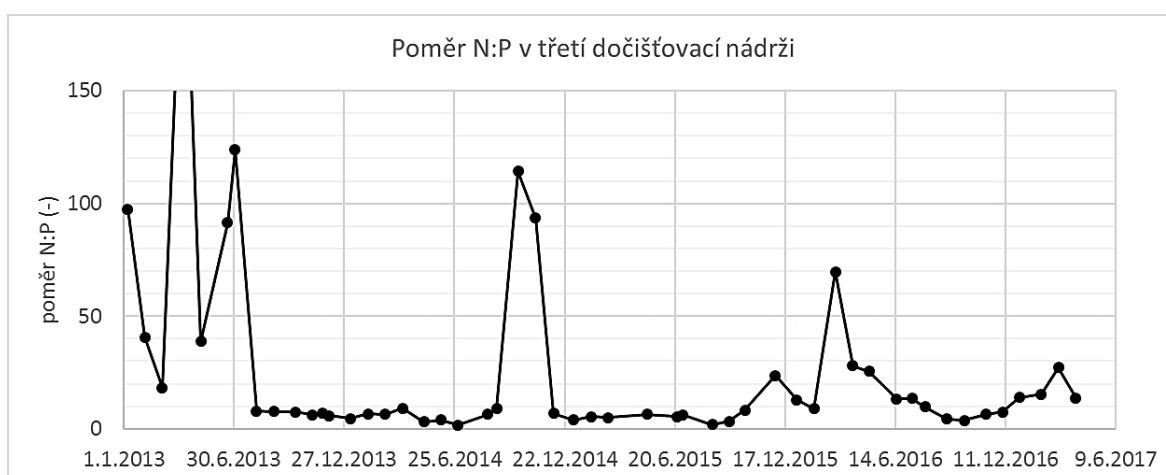
Na Obr. 17 se odtěžení okřehku v srpnu 2014 projevuje výrazným poklesem koncentrace fosforu.



Obr. 17 – Graf průběhu koncentrace celkového fosforu (v letech 2013–2017)

9.4.4 Poměr N:P

Dále jsou zkoumány hodnoty i průběh poměru dusíku ku fosforu (poměr N:P). K tomu byly použity ukazatele $N_{celk.}$ a $P_{celk.}$.



Obr. 18 – Průběh poměru N:P ve třetí dočišťovací nádrži (v letech 2013–2017)

Na konci vegetačního období r. 2013 se poměr N:P ve třetí dočišťovací nádrži ustálil na hodnotách 6 – 10, což jsou hodnoty, které běžně značí nedostatek dusíku oproti fosforu [15]. V lednu až květnu je zaznamenán růst poměru díky zvýšení koncentrace forem dusíku.

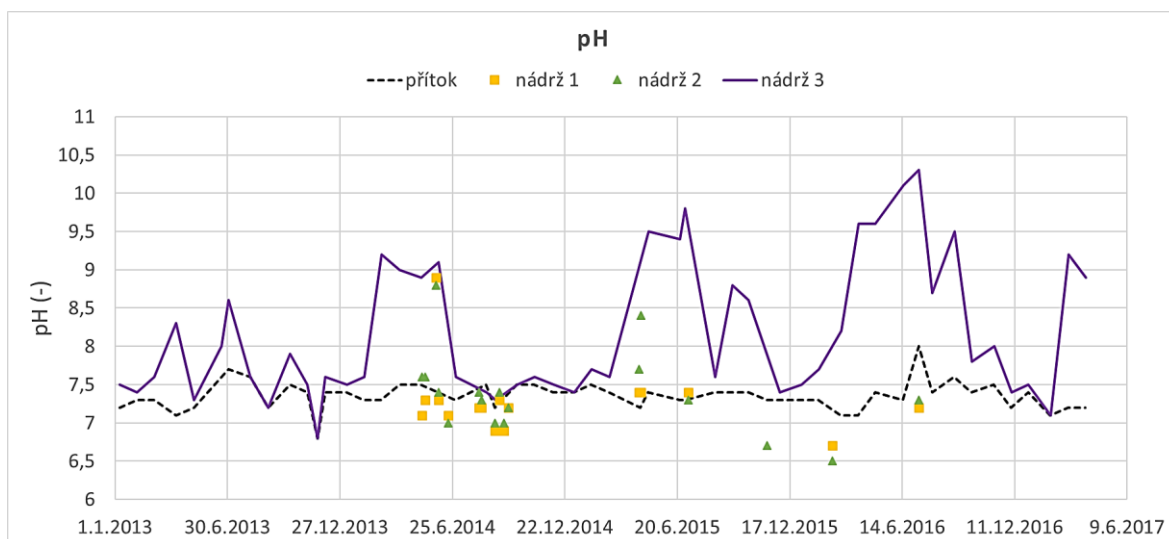
Během vegetačního období 2014 však klesl natolik, že v červenci (nejteplejším měsíci roku) dosáhl hodnoty 2. V té době byla hladina nádrže pokryta okřehkem o mocnosti až 10 cm, který zastínil vodní sloupec a u dna vznikl anaerobní režim. Jak je popsáno výše v kapitole 5.1, při anaerobním rozkladu se zpětně uvolňuje fosfor, který poměr N:P výrazně zmenšuje. V srpnu provozovatel veškerý okřehek odtěžil, což se výrazně projevilo snížením koncentrace fosforu v nádržích a prudkým nárůstem poměru N:P.

V roce 2015 byl pozorován podobný trend, tj. hodnoty poměru nejprve pod 10 a v nejteplejším měsíci (tentokrát v srpnu) pokles na hodnotu 2.

Výsledky potvrzují, že by se měl okřehek pravidelně z nádrží odebírat, aby se odstranily v něm akumulované živiny. [10]

9.4.5 pH

Hodnoty pH přítoku do kaskády dočišťovacích nádrží jsou víceméně konstantní. Ve třetí dočišťovací nádrži je patrné střídání vysokých hodnot pH během vegetačního období s následnými poklesy na hodnoty pH blízké přítoku do kaskády.



Obr. 19 – Graf průběhu pH (v letech 2013–2017)

10 Návrh řešení

Z výsledků vyplývá, že je hledáno takové řešení, které zachová, příp.lepší odstraňování dusíku a fosforu, a přitom sníží ukazatele CHSK_{Cr} , BSK_5 , NL a pH na odtoku z třetí dočišťovací nádrže během vegetačního období.

10.1 Rybí obsádka

Jedním z možných řešení je navrhnout optimální složení rybí obsádky pro vyvážení potravního řetězce v nádržích.

V současnosti se v nádržích rybí obsádka vyskytuje, ale nejsou o ní známy podrobnější informace. Pokud se jedná druhově především o karase, jedná se o druh nevhodný pro chov v dočišťovacích nádržích, jelikož se nekontrolovatelně množí a aktivně vyžírá velký zooplankton, což umožňuje hojný rozvoj fytoplanktonu. [16] Pro detailnější návrh je nutné blíže určit složení stávající rybí obsádky a doplnit další údaje. Obecně vzato by se mělo předejít vzniku pro ryby nevhodného prostředí s nedostatkem kyslíku, s vysokým pH a s vysokou koncentrací nedisociovaného amoniaku. [5]

V literatuře [7] je doporučeno ryby odlovovat průběžně, a tím odstraňovat jejich biomasu vzniklou v procesu čištění. Při nárazovém výlovu může dojít dočasně ke zvýšení koncentrace fosforu. Na to, zda-li jsou ryby vhodné ke konzumaci, není v literatuře uveden jednotný názor.

10.2 Plovoucí vegetace

Nyní jsou dočišťovací nádrže provozovány primárně bez jakékoliv vegetace, tudíž je výskyt okřehku považován za zhoršený stav nádrže. Vegetace však snižuje koncentraci některých látek tím, že je váže ve své biomase nebo využívá k procesům respirace, fotosyntézy apod. Obr. 11 i Tab. 3 dokládají pozitivní odstraňování dusičnanů a fosforečnanů v těchto nádržích.

Dalším z možných řešení je provozovat dočišťovací nádrže jako nádrže s akvakulturami. Ty se dělí na plovoucí umělé mokřady a na volně plovoucí rostliny.

V případě pěstování volně plovoucích rostlin je důležité věnovat pozornost udržování optimálního stavu. Rozvoj okřehku je nutné regulovat jeho průběžným odstraňováním tak, aby nedošlo k zastínění vodního sloupce, vyčerpání kyslíku a nastolení anaerobních procesů

u dna. [4] Možností je jeho sbírání síťovými lopatami. [7] Též je doporučeno instalovat na hladinu systém přepážek, který by zabraňoval posunu okřehku vlivem větru. [10]

10.3 Zařazení zemního filtru

Odtok z kaskády dočišťovacích nádrží, tj. z třetí nádrže, vykazuje zhoršení kvality čištěné vody zejména v ukazatelích $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , NL a pH, způsobené též hojným výskytem biologického oživení (fytoplankton, makrofyta). K jejich odstranění by bylo možné využít prostou filtraci odtékající vody přes zemní filtr. Filtr by byl zařazen buď jako další stupeň za odtok z dočišťovacích nádrží nebo by byl umístěn v prostoru třetí nádrže před odtokem.

Zkušenosti mají autoři Saidam aj., kteří zkoušeli použití zemního (šterkového) filtru k odstraňování řas ze systému stabilizačních nádrží sloužících k zachycení odlehčených vod přetěžované čistírny. Nejlépe byl jimi hodnocen šterkový filtr o středním průměru 3 až 23 cm, který i po delší době vykazoval účinnost čištění z hlediska NL 60 %. [10]

Tato varianta vyžaduje stavební zásah, z provozního hlediska je nutné praní filtrů při dosažení nevhodné míry kolmatace, resp. nedostatečné účinnosti čištění.

10.4 Zrušení dočišťovacích nádrží

Jelikož mechanicko-biologická část čistírny i bez dočišťovacích nádrží poskytuje čištění, které vyhovuje emisním limitům, je možno nevyhovující kvalitu na odtoku z dočišťovacích nádrží vyřešit jejich vyřazením z provozu a následným zrušením jakožto terciálního stupně čištění. Nádrže však slouží i k jiným účelům – jsou estetickým a ekologickým přínosem, proto by mohly být pouze převedeny na vodní útvary povrchové vody a sloužit jako recipient čistírny odpadních vod.

Při zachování dočišťovacích nádrží v rámci čistírny odpadních vod by mohla být výhodou jejich relativně stavebně i provozně snadná a levná intenzifikace. Z možností intenzifikace lze jmenovat například doplnění nádrže na systém s akvakulturami, zařazení zemního filtru za odtok z nádrží, případně jejich kombinace. [10]

11 Závěr

Na základě nastudování problematiky stabilizačních, resp. dočišťovacích nádrží a podkladů k dané lokalitě bylo navrženo několik způsobů řešení problémového stavu dočišťovacích nádrží na čistírně odpadních vod Klánovice, které by mohly vést ke zlepšení kvality vypouštěné vody. Jednou z možností je volba optimálního složení rybí obsádky pro vyvážení potravního řetězce v nádržích, také může být realizováno doplnění nádrží na systém s akvakulturami nebo zařazení zemního filtru za odtok z nádrží, příp. do prostoru třetí nádrže. Krajní možností by bylo zrušení dočišťovacích nádrží, což by vzhledem k jejich estetickým i ekologickým přínosům nebylo vhodné.

V práci byla řešena i legislativní otázka vypouštění odpadních vod z komunálních čistíren odpadních vod do vod povrchových, kterou vyvolala změna místa odběrů z profilu výpusti do recipientu na profil za mechanicko-biologickou část čistírny. Změnu zapříčinila zhoršující se kvalita vody, která takto nesplňovala stanovené emisní limity.

Legislativa stanovuje povinnost zneškodňovat odpadní vody a stanovuje požadavky na úroveň jejich čištění tak, aby byl zajištěn dobrý stav povrchových vod, přičemž je přihlíženo k nejlepším dostupným technologiím. Pro hlavní město Prahu by měly být nově stanovovány emisní standardy (tj. posléze emisní limity) pro povolení k vypouštění odpadních vod dle velikosti aglomerace. V praxi to obnáší zpřísnění emisních limitů, a tedy nutnost intenzifikovat pobočné čistírny [17], mezi něž patří i čistírna odpadních vod Klánovice. Z tohoto pohledu se jeví jako jedna z možností intenzifikovat proces čištění v dočišťovacích nádržích.

Jestliže jsou dočišťovací nádrže provozovány tak, aby se v nich udržovala rovnováha mezi jednotlivými procesy, lze očekávat pozitivní výsledky čištění a přiblížení kvality vyčištěné vody přirozeným vodám povrchovým (teplotou, chemismem, biologickým oživením apod.), díky tomu se jeví dočišťovací nádrže jako vhodné zakončení čistícího procesu před vypouštěním vyčištěné vody do recipientu.

12 Literatura

- [1] *Biologické rozborý.* Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2017.
- [2] *ČOV Klánovice, základní údaje.* Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2016.
- [3] ČSN EN 12255-5. *Čistírny odpadních vod – Část 5: Čištění odpadních vod v biologických nádržích.* Praha: ÚNMZ, červenec 2000.
- [4] EFFENBERGER, Miloš, Radomil DUROŇ a Alena SLADKÁ. *Stabilizační nádrže.* Praha: Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, 1986.
- [5] FAINA, Richard a František KUBŮ. *Chov ryb ve stabilizačních a akumulacích rybnících.* Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 1989.
- [6] *Fotografie.* Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2017.
- [7] JUST, Tomáš, Karel SÝKORA, Karel NĚMEČEK a Zdeněk KONÍČEK. *Praktická příručka 14/1996 – Zneškodňování odpadních vod v obcích do 500 obyvatel.* Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 1996.
- [8] *Lokalizační a mapová aplikace – Česká geologická služba* [online]. Česká geologická služba. [vid. 2.3.2017]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/>
- [9] *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, a.s. [vid. 2.3.2017]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [10] MLEJNSKÁ, Eva, Miloš ROZKOŠNÝ a Dana BAUDIŠOVÁ. *Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií.* Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2015. Výzkum pro praxi. ISBN 978-80-87402-44-3
- [11] *Naměřená data z ČOV Klánovice.* Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2017.
- [12] *Narižení vlády 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech* [online]. [vid. 30.3.2017]. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>
- [13] *PČOV Klánovice – technologický návrh intenzifikace biologického čištění odpadních vod.* AQUA-CONTACT Praha v.o.s., 2006.
- [14] PECHAR, Libor. *Století eutrofizace – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek.* In: *Století eutrofizace* [online]. Enki o.p.s., 2015. [vid. 6.3.2017] Dostupné z: <http://www.enki.cz/cs/publikace/ke-stazeni>

- [15] POKORNÝ, Jan. *Hospodaření s vodou v krajině – funkce ekosystémů*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-886-6.
- [16] POKORNÝ, Jan. Re: ČVUT konzultace k bakalářské práci. In: *SquirrelMail* [online]. 7. května 2017, 22:14 [vid. 10.5.2017].
- [17] POLLERT, Jaroslav. *Voda jako strategická surovina* [online]. 2016
- [18] *Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Základní informace* [online]. Český hydrometeorologický ústav [vid. 14.3.2017] Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>
- [19] Pražské vodovody a kanalizace, a.s. [online]. *Kanalizační řád kanalizace pro veřejnou potřebu na území městské části Praha – Klánovice v povodí čistírny odpadních vod Klánovice*. 2010. [vid. 17.1.2017]. Dostupné z: pvs.cz/files/prozakazniky/COV_Klanovice.pdf
- [20] *Provozní řád ČOV CNP 2 x 300*. BMTO, v.o.s., 1998.
- [21] *Provozní řád pro PČOV Klánovice*. Pražská vodohospodářská společnost a.s., 2013.
- [22] *Stav biologických rybníků čistírny Klánovice v letech 2014–2015*. Pražské vodovody a kanalizace, a.s., 2015.
- [23] ŠÁLEK, Jan, Zdeněk MIKA a Anna TRESOVÁ. *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1989. ISBN 80-03-00092-0
- [24] *Vodní zákon (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů)* [online]. [vid. 30.3.2017]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/ws_content?contentKind=regulation§ion=1&id=51514&name=254/2001