

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Intenzifikace ČOV Tlučná s využitím nosičů
biomasy ve fluidním loži**

Vedoucí práce: Ing. Petra Sychová, Ph.D

Bakalant: Martin Růžička

2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Růžička

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Intenzifikace ČOV Tlučná s využitím nosičů biomasy ve fluidním loži

Název anglicky

Intensification of the Tlučná wastewater treatment plant using biomass carriers in a fluidized bed

Cíle práce

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku nakládání s odpadními vodami v malých obcích. Předmětem bakalářské práce je zejména posouzení vhodného řešení technologické linky s ohledem na místní limitující podmínky.

Cílem práce je vyhodnocení řešeného způsobu zefektivnění konkrétní čistírny odpadních vod v lokalitě Nýřany – Tlučná – Vejprnice, která se potýká s omezeným prostorem a nízkou průměrnou teplotou přitékající odpadní vody. Součástí práce je i posouzení potencionálních technologických problémů navrženého systému a jeho uplatnitelnost v širším kontextu, resp. na jiných čistírnách odpadních vod v obdobných podmínkách.

Metodika

- literární rešerše dotčené problematiky
- výběr a popis studijní lokality
- charakteristika vybrané čistírny odpadních vod
- zhodnocení zjištěných informací

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

intenzifikace, čistírna odpadních vod, odpadní voda, technologie MBBR, nosiče biomasy

Doporučené zdroje informací

- BINDZAR, J. 2009: Základy úpravy a čištění vod. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 251 s.
- HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P. 2001: Příručka stokování a čištění. Brno: NOEL 2000, 251 s.
- LOFRANO, G. 2012: Green technologies for wastewater treatment. New York: Springer, 105 p.
- NYPL, V., SYNÁČKOVÁ M. 1998: Zdravotně inženýrské stavby 30: stokování. Praha: České vysoké učení technické, 149 s.
- TCHOBANOGLOUS, G., BURTON, F.L. 1991: Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse. New York: Osborne-McGraw-Hill, 1334 p.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2024

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Intenzifikace ČOV Tlučná pomocí nosičů biomasy ve fluidním loži“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že se na moji bakalářskou práci 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 vědom, že odevzdáním bakalářské 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 je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 16.3.2024

.....
Martin Růžička

PODĚKOVÁNÍ

Za cenné rady a čas věnovaný konzultacím bych touto cestou rád poděkoval především své vedoucí práce, Ing. Petře Sychové, Ph.D. Dále bych chtěl své díky vyjádřit také pracovníkům společnosti VODÁRNA PLZEŇ a.s. za poskytnutí potřebných dat a informací.

ABSTRAKT

Bakalářská práce s názvem „Intenzifikace ČOV Tlučná s využitím nosičů biomasy ve fluidním loži“ se zabývá návrhem a zhodnocením technologie čištění odpadních vod pro nutnou intenzifikaci ČOV v obci Tlučná, která zajišťuje čištění odpadních vod v aglomeraci Nýřany – Tlučná – Vejprnice.

První část práce se věnuje obecné problematice čištění odpadních vod a následnému využití vyčištěných vod v hospodářství České republiky. Zabývá se také právní úpravou, příslušnými orgány státní správy a v neposlední řadě samotnému vodnímu hospodářství v aglomeraci Nýřany – Tlučná – Vejprnice.

Další část práce představuje samotnou ČOV v Tlučné, její historii, lokalizaci a kapacitní údaje. Popsány jsou důvody, které vedly k nutnosti zvýšit kapacitu ČOV. Nejen z důvodů indispozice prostorového rozšíření ČOV v této části také znázorňuje atypický princip technologie čištění OV s využitím nosičů ve fluidním loži, jenž je pro intenzifikaci nejvhodnější, a to jak z hlediska ekonomického, technologického, tak i samotné proveditelnosti. V bakalářské práci je popsán rozsah intenzifikace ČOV Tlučná.

V závěrečné části jsou diskutovány provozní výsledky, realizační i provozní náklady a zkušenosti i vzhledem k budoucímu vývoji a požadavkům na technologické procesy v oblasti čištění odpadních vod. V této části jsou také popsány možné problémy navrženého systému a jejich řešení.

KLÍČOVÁ SLOVA:

intenzifikace, odpadní voda, technologie, MBBR, nosiče biomasy

ABSTRACT

The bachelor's thesis entitled "Intensification of the Tlučná WWTP using biomass carriers in a fluidized bed" deals with the design and evaluation of wastewater treatment technology for the necessary intensification of the WWTP in the village of Tlučná, which provides wastewater treatment in the agglomeration of Nýřany - Tlučná - Vejprnice.

The first part of the work is dedicated to the general issue of wastewater treatment and the subsequent use of treated water in the economy of the Czech Republic. It also deals with legal regulation, relevant state administration bodies and, last but not least, water management in the Nýřany – Tlučná – Vejprnice agglomeration.

The next part of the work introduces the WWTP in Tlučná itself, its history, location and capacity data. The reasons that led to the need to increase the capacity of the WWTP are described there. Besides that, this part reveals to us the atypical principle of wastewater treatment technology using carriers in a fluidized bed, not only due to the indisposition of spatial expansion of the WWTP, but also for its economical, technological and feasible reasons. There is also described the scope of the intensification of the Tlučná WWTP there.

In the final section, experiences, operational results and costs are discussed with regard to future developments and technological processes in the field of wastewater treatment. Solutions to the possible problems of the proposed system are suggested and evaluated.

KEYWORDS

intensification, wastewater, technology, MBBR, biomass carriers

OBSAH

1.	ÚVOD	1
2.	CÍLE PRÁCE	3
3.	ODPADNÍ VODY	4
3.1	Druhy odpadních vod.....	4
3.2	Složení odpadních vod	5
3.2.1	Organické látky.....	6
3.2.2	Anorganické látky	6
3.3	Ukazatele znečištění odpadních vod.....	6
3.4	Producenti odpadních vod.....	8
3.5	Množství odpadních vod	9
4.	ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ ÚZEMÍ.....	10
4.1	Druhy stokových soustav	10
4.2	Systemy stokových sítí.....	12
4.3	Doprava odpadních vod	14
4.3.1	Tradiční doprava.....	14
4.3.2	Alternativní doprava	14
4.4	Monitorování stokových sítí	17
5.	PRÁVNÍ RÁMEC VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ V ČR	18
6.	ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD.....	20
6.1	Historie čištění odpadních vod	20
6.2	Typy čištění odpadních vod.....	20
7.	LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD V OBCÍCH DO 5000 OBYVATEL	26
7.1	Způsoby nakládání s OV v obcích do 5000 obyvatel	27
7.1.1	Jímání splaškových vod	28
7.1.2	Domovní čistírny odpadních vod	30
7.1.3	Mechanicko–biologické čistírny odpadních vod.....	31
7.1.4	Kořenové čistírny odpadních vod.....	32
8.	ZPŮSOBY FINANCOVÁNÍ LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD	34
8.1	Dotace	35
8.1.1	Financování s dotací.....	35
8.1.2	Financování bez dotace	37
9.	METODIKA.....	38
10.	AGLOMERACE NÝŘANY – TLUČNÁ – VEJPRNICE	39
10.1	Charakterizace a popis obcí	39
10.2	Vodní hospodářství v aglomeraci.....	41

10.2.1	Zásobování vodou.....	41
10.2.2	Odvádění odpadních vod.....	42
11.	ČOV TLUČNÁ.....	44
12.	VÝBĚR TECHNOLOGICKÉHO ŘEŠENÍ LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD NA ČOV TLUČNÁ	45
12.1	Technologie ČOV Tlučná po II. intenzifikaci.....	46
12.2	Přehled hlavních objektů, parametry	49
12.3	Provozní problémy intenzifikace a jejich řešení	53
13.	VÝSLEDKY.....	55
13.1	Porovnání s projektovanými hodnotami před II. intenzifikací.....	55
13.2	Provozní výsledky intenzifikace.....	57
14.	DISKUZE	58
15.	ZÁVĚR.....	61
16.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	62
17.	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	66

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

BSK ₅	Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní
ČOV	Čistírna odpadních vod
DČJ	Domovní čerpací stanice s akumulací jímky
DČOV	Domovní čistírna odpadních vod
DN	Dosazovací nádrž
DSO	Dobrovolný svazek obcí
EK	Evropská komise
EO	Ekvivalentní obyvatel
EU	Evropská unie
CHSK _{cr}	Chemická spotřeba kyslíku dichromanem (metoda ke stanovení jakosti vody)
IS	Informační systém
KČOV	Kořenová čistírna odpadních vod
KÚPK	Krajský úřad Plzeňského kraje
MBBR	Moving Bed Biofilm Reactor
MŠ	Mateřská škola
MV	Ministerstvo vnitra
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NL	Nerozpuštěné látky
OV	Odpadní vody
OZV	Obecně závazná vyhláška
PK	Plzeňský kraj
PRVKÚK	Plány rozvoje vodovodů a kanalizací
PŘ	Provozní řád
RL	Rozpuštěné látky
SOVAK	Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR, z.s.
ÚP	Územní plán
VN	Vodní nádrž
VPÚ	Vodoprávní úřad
WWTP	Wastewater treatment plant

1. ÚVOD

Voda, základní prvek potřebný pro všechny živé organismy, je základem života samotného. Je životně důležitou součástí lidského těla a základním požadavkem každého živého organismu. Bez vody by život na naší planetě přestal existovat. Voda, složená z vodíku a kyslíku ve formě H_2O , slouží jako klíčové polární rozpouštědlo a je nejrozšířenější sloučeninou na Zemi.

Lidská činnost má bohužel negativní dopad na kvalitu vody. Neustálá expanze průmyslových odvětví, zemědělských postupů a růst populace vedou k degradaci vody. Města, městské oblasti, průmyslové areály a zemědělská výroba patří mezi primární zdroje znečištění vod, klasifikované jako bodové zdroje kontaminace. Voda, která byla těmito zdroji využita a kontaminována, je klasifikována jako odpadní voda. Akt vypouštění odpadních vod do vod povrchových může mít za následek kontaminaci vodních útvarů, do kterých jsou vypouštěny. Přítomnost povrchového kalu, který je viditelný pouhým okem, je nejen nevzhledný, ale také přináší organické a anorganické znečišťující látky, toxiny a další látky, které negativně ovlivňují kvalitu vody a jejího ekosystému. Odpadní voda může navíc kontaminovat okolní půdní ekosystém. Pro ochranu životního prostředí je klíčové zavádět účinné a kvalitní čištění odpadních vod.

Jak uvádí Jáglová et al. (2009) řada samosprávných celků v České republice čelí výzvam v odpadovém hospodářství. I když se vydávání závazných technických norem a stanovování limitů může zdát jako jednoduché řešení, v praxi to tak jednoduché není, protože to vyžaduje znalost konkrétních dotčených celků. Tyto normy hrají zásadní roli při ochraně veřejného zdraví, ochraně životního prostředí a podpoře většího využití odpadů z energetického sektoru. Nicméně je důležité si uvědomit, že splnění těchto standardů může být extrémně obtížné a někdy nedosažitelné zejména kvůli určitým omezením, především finančním. Primárním problémem menších samosprávných celků je nakládání s odpadními vodami. Tyto vody se obvykle hromadí v akumulacích jímkách, které nejsou vždy zcela vodotěsné. V důsledku toho může dojít k přetečení, kdy jsou odpadní vody často vypouštěny přímo do vodních toků nebo dešťových kanalizací. Větší obce mají problém čištění odpadních vod do značné míry vyřešený. Odvádějí vodu do centrálního zařízení, které dodržuje stanovené normy a nepřekračuje limity znečištění. V důsledku toho voda opouštějící tyto čistírny splňuje předepsané limity.

Plnění povinností stanovených EU z hlediska imisních hodnot je však složitý a časově náročný proces. Je vysoce pravděpodobné, že ČR nebude úspěšně plnit plánované požadavky EU v této oblasti. K tomuto selhání přispívá nadměrná koncentrace chemikálií ve vodě. K degradaci celých stanovišť může dojít v důsledku zákalu vody, přemnožení rozkladných bakterií, úbytku kyslíku a následného úbytku živých organismů. Bude-li chtít ČR splnit požadavek, aby vody netrofizovaly, bude muset změnit priority v legislativě, zejména zpřísnit požadavky na odstraňování fosforu a dusíku, a to na hodnoty cca 10x nižší, než jsou požadavky současné legislativy. To ale znamená, že téměř všechny ČOV čekají další úpravy a investice. Základní problém pramení ze zastaralých technologií čistíren odpadních vod a nevyhovujících kanalizací pro odvádění odpadních vod. Původní dešťové stoky, nyní již ve většině případů propustné a ve špatném technickém stavu, jsou pro odvádění odpadních vod nevhodné a musí být nahrazeny. V dnešní době je

vybudování kanalizační sítě předpokladem pro zřízení centrální čistírny odpadních vod v každé obci. Je však důležité vzít v úvahu jedinečné vlastnosti každého území, ať už demografické nebo přírodní, jako je například členitost terénu. V současné době jsou k dispozici různé možnosti čištění odpadních vod. Při volbě nejvhodnějšího přístupu k řešení této problematiky je proto klíčové pečlivě posoudit nejen proveditelnost v rámci konkrétní lokality, ale také klady a zápory jednotlivých technických variant, jakož i související provozní a investiční náklady. V důsledku toho musí být každý návrh přizpůsoben konkrétním podmínkám (Plotěný a Pírek 2011).

Pro zlepšení evidence, stávajícího stavu a rozvoje kanalizací a zásobování pitnou vodou do budoucna, zpracovalo Ministerstvo zemědělství ČR ve spolupráci s krajskými úřady Plány rozvoje vodovodů a kanalizací (PRVKÚK). Tyto plány slouží jako ucelené plány regionů, poskytujících přehled o městech, obcích a jejich územích z hlediska současného a budoucího stavu zásobování pitnou vodou a čištění odpadních vod. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací, určený především pro představitele měst a obcí, slouží jako podklad pro informovaná rozhodnutí o územním rozšíření vodovodní a kanalizační infrastruktury pro veřejnou potřebu.

Ochrana našich vodních zdrojů a toků zůstává pro Českou republiku prvořadým cílem v oblasti ochrany životního prostředí. Správné a účinné zneškodňování a čištění odpadních vod hraje zásadní roli při ochraně lidského zdraví, kvality života a celkově životního prostředí. Jakékoli zanesení znečišťujících látek do vodních toků může způsobit, že se stanou neobyvatelnými pro vodní život, jako jsou ryby a bezobratlí, nebo může vyvolat nadměrný růst rostlin a řas. V obcích s počtem obyvatel nad 5000 obyvatel v ČR je běžnou praxí shromažďování, přeprava a následné čištění odpadních vod v komunálních ČOV. Tyto ČOV účinně eliminují škodlivé složky, které představují rizika pro životní prostředí i lidské zdraví, a zajišťují bezpečný návrat vody do přirozeného stavu (Bártová 2018).

2. CÍLE PRÁCE

Tato práce si klade za cíl seznámit čtenáře s oblastí vodního hospodářství a likvidace odpadních vod v České republice, kde v rešeršní části jsou popsány jednak možné způsoby, technologie a typy likvidace odpadních vod, ať už pomocí centralizovaných nebo decentralizovaných systémů. Tyto informace mají sloužit čtenáři k získání přehledu o možných způsobech likvidace a nakládání s odpadními vodami. Tato část práce má dále informovat o financování likvidace OV, jak s pomocí dotačních titulů, tak bez nich, dále seznámit čtenáře s hlavními předpisy v oblasti vodního hospodářství, a v neposlední řadě s typy, pravomocemi a činnostmi vodoprávních úřadů.

Hlavním cílem této bakalářské práce s názvem „Intenzifikace ČOV Tlučná s využitím nosičů biomasy ve fluidním loži“ je představení a zhodnocení navrženého způsobu a řešení likvidace odpadních vod v aglomeraci Nýřany – Tlučná – Vejrnice tak, aby byla zvýšena instalovaná kapacita stávající ČOV a zajištěna kompletní nitrifikace v průběhu celého roku, a to s ohledem omezujícího ekonomického a především prostorového a technologického hlediska. Práce svým zadáním nalézá a popisuje vhodné, efektivní a ekonomické řešení problematiky v oblasti likvidace a čištění odpadních vod v aglomeraci a posuzuje ho na základě provozních zkušeností.

3. ODPADNÍ VODY

Podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, je odpadní voda definována jako voda použitá mimo vodní zdroj, jejíž kvalita a vlastnosti byly změněny lidskou činností. Jsou to vody, které byly použity v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody zahrnují průsakové vody z čistírenských kalů, s výjimkou vod znovu využívaných pro vnitřní účely, dále důlní vody a průsakové vody ze skládek odpadů, které všechny přispívají ke klasifikaci odpadních vod.

3.1 Druhy odpadních vod

Novák et al. (2003) rozlišuje odpadní vody podle původu a charakteru znečištění takto:

- splaškové
- průmyslové
- zemědělské
- infekční
- srážkové
- balastní

Charakterizace druhů odpadních vod je dle Jáglová et al. (2009) následovná:

Splaškové odpadní vody

Jedná se o odpadní vody vypouštěné do veřejné kanalizace z bytů a rodinných domů. Patří k nim také odpadní vody z městské vybavenosti, jako jsou školy, restaurace, hotely, kulturní zařízení, apod., které mají podobný charakter jako odpadní vody z bytů a domů. Specifické množství splaškových vod závisí na bytové vybavenosti a je prakticky shodné se spotřebou pitné vody. Splaškové vody jsou také někdy nazývány komunálními odpadními vodami. Jsou směsí splaškových i průmyslových odpadních vod, které vznikly v jednotné městské kanalizaci včetně srážkových a balastních vod.

Průmyslové odpadní vody

Průmyslovou vodou se rozumí odpadní voda pocházející z průmyslové výroby, využívaná či znečištěná ve výrobních procesech. Zahrnuje nejen znečištěnou vodu, ale i chladicí vodu. Charakteristiky a složení těchto vod podléhají změnám a úroveň kontaminace v těchto odpadních vodách závisí na konkrétním typu výroby, která zase určuje vhodnou metodu čištění. Tyto vody mohou být likvidovány samostatně, na průmyslových ČOV. Průmyslové odpadní vody Jáglová et al. (2009) dělí podle znečišťujících látek, které obsahují, na:

- převážně organicky znečištěné
- převážně anorganicky znečištěné

Zemědělské odpadní vody

Jedná se o vody pocházející z provozoven zemědělské výroby. Množství a složení odpadních vod ze zemědělství je dáno velikostí zemědělského závodu a druhem jeho činnosti. Při odvádění těchto vod by mělo platit, že méně znečištěné odpadní vody jsou odvedeny na ČOV, zatímco silně znečištěné vody jsou mechanicko-biologicky předčištěny. Pokud toho nelze dosáhnout, měla by být zajištěna alespoň akumulace těchto vod a jejich následné využití, například jako hnojivo. Díky postupně zpřísňujícím se legislativním dokumentům, konkrétně normám ČSN 75 6101 a ČSN 75 6190 je zamezováno vypouštění zemědělských vod do veřejné sítě.

Infekční odpadní vody

Odpadní vody pocházející ze zdravotnických zařízení, jako jsou nemocnice, kliniky a laboratoře, se označují jako infekční vody. Tyto konkrétní vody mají potenciál být kontaminovány škodlivými mikroorganismy. Je nezbytně nutné, aby byly z těchto vod před vypuštěním do veřejné kanalizace odstraněny patogeny, což často vyžaduje samostatné způsoby likvidace.

Srážkové odpadní vody

Voda, která spadne na pevninu ve formě atmosférických srážek, či voda zahrnující roztátý sníh a led, je známá jako srážková odpadní voda. Kontaminace dešťové vody závisí na různých faktorech, od stavu atmosféry až po vlastnosti povrchu, na který déšť dopadá. Primárním zdrojem znečištění dešťové vody je typicky znečištěné ovzduší, stejně jako střechy, silnice, veřejná prostranství a zemědělská pole, ze kterých dešťová voda nakonec odtéká. Množství této odpadní vody je určeno objemem dešťových srážek a využitím konkrétní plochy či oblasti, ze které je voda shromažďována. Voda, která je nejvíce kontaminována, je ta, která přichází do styku s městskými plochami, např. silnicemi, protože může obsahovat zbytky látek na ropné bázi, různé chemikálie a zejména mechanické znečišťující látky, jako je písek nebo listí.

Balastní odpadní vody

Pokud podzemní voda prosakuje do kanalizačního potrubí, označuje se jako balastní voda. Tento přítok balastní vody do kanalizačního systému ředí odpadní vody, což představuje mnohdy potíže pro biologické čištění odpadních vod. Přítomnost balastních vod je v systémech městského odvodnění nežádoucí, protože snižují kapacitu potrubí, zvyšují čerpané objemy na přečerpávacích stanicích, zvyšují objem vod přitékajících do ČOV a ochlazují a ředí odpadní vody, což má za následek zpomalení rozkladné činnosti mikroorganismů.

3.2 Složení odpadních vod

Látky způsobující znečištění odpadních vod mohou být rozděleny podle velikosti částic. Jinou formou klasifikace je rozdělení látek podle původu na organické a anorganické. Látky organické jsou v odpadních vodách tvořeny obvykle z jedné

třetiny látkami rozpuštěnými, koloidními a suspendovanými. Látky anorganické jsou přítomny obvykle v rozpuštěné formě.

3.2.1 Organické látky

Mezi organické látky zastoupené v odpadních vodách patří především sacharidy, bílkoviny, tuky, vyšší mastné kyseliny, volné aminokyseliny a rozpuštěné organické kyseliny (Bindzar et al. 2009).

Jelikož je stanovení jednotlivých organických látek komplikované a též drahé, patří mezi základní ukazatele obsahu organických látek stanovení veškerých organických látek (Lofrano 2012).

Množství organických látek se vyjadřuje jako:

- biochemická spotřeba kyslíku (BSK)
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK)
- ztráta žíháním

3.2.2 Anorganické látky

Obsah anorganických látek v OV se obvykle stanoví jako obsah iontů a solí v jejím zdroji. Čištění OV je v dnešní době zaměřeno a navrženo především na snížení obsahu dusíku, solí fosforu a těžkých kovů. Obsah dusíku a fosforu ve vodách je důležitý zejména kvůli tomu, že tyto látky tvoří základní živiny pro růst organismů, například řas. S růstem řas je poté spojena tvorba dalších organických látek, které mohou při svém rozkladu značně zvyšovat spotřebu kyslíku (Bindzar et al. 2009).

3.3 Ukazatele znečištění odpadních vod

Ukazatele znečištění OV jsou stanoveny podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.

Junga et al. (2015) uvádí, že měřítkem pro vyjadřování znečištění je tzv. ekvivalentní obyvatel, jenž je charakterizován vytvořeným znečištěním v gramech za den (g/d). Rozhodující pro přepočítání na EO je znečištění v BSK₅, kde je definovaný produkcí znečištění 60 g BSK₅ za den. V případech, kdy je známé množství produkovaného znečištění, je tedy EO počítán vydělením celkové produkce BSK₅ za den hodnotou 60 g BSK₅. Počet ekvivalentních obyvatel se pro účel zařazení ČOV do velikostní kategorie vypočítává z maximálního průměrného týdenního zatížení na přítoku do ČOV během roku s výjimkou neobvyklých situací, přívalových dešťů a povodní. Průměrné denní koncentrace znečišťujících látek v OV a denní produkce znečištění v OV vztahované na 1 EO, jejíž hodnoty vycházejí z ČSN 75 6401 vydané v roce 2014, jsou uvedeny v tab. 1 a 2.

Tab. 1: Průměrné denní koncentrace znečišťujících látek v odpadních vodách na 1 EO (Junga et al., 2015)

Ukazatel	g na 1 EO
BSK ₅	60
CHSK _{Cr}	120
nerozpuštěné látky	55
celkový dusík (N-NH ₄ , N-NO ₃ , N-NO ₂ , N _{celk})	11
celkový fosfor (P _{celk})	2,5

Podle Jáglová et al. (2009) jsou tyto ukazatele voleny tak, aby charakterizovaly možné dopady vypouštění odpadních vod na jakost vod povrchových či podzemních.

Tab. 2: Denní produkce znečištění v OV vztažená na 1 EO (Junga et al., 2015)

Ukazatel	(g)
BSK ₅	60 - 90
z toho nerozpuštěné látky	30 - 40
- usaditelné	20 - 30
- neusaditelné	10 - 20
z toho rozpuštěné látky	30 - 50
CHSK _{Cr}	110 - 180
C _{org}	35 - 70
N _{celk}	10 - 20
P _{celk}	0,5 - 5

Charakterizace znečištění odpadních vod je dle Jáglová et al. (2009) následovná:

Nerozpuštěné látky (NL)

Jsou to pevné látky nebo emulze, ať už organické nebo anorganické povahy, které jsou suspendovány ve vodě, jež se mohou usadit nebo neusadit a lze je mechanicky odstranit sedimentací.

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅)

Měření BSK₅ kvantifikuje přítomnost biologicky odbouratelných organických látek ve vodě, čímž narušuje přirozenou kyslíkovou rovnováhu ve vodě. Zjišťuje se v původním nebo zředěném vzorku z rozdílu koncentrací kyslíku před inkubací a po ní a vyjadřuje se v mg/l. Pro charakteristiku odpadních vod je určující spotřeba kyslíku, kterou mikroorganismy ve vzorku dané odpadní vody odeberou za 5 dnů, aniž by přítom byl kyslík do vody dodáván.

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr})

CHSK (oxidovatelnost) vyjadřuje obsah látek se schopností chemicky oxidovat, a tím narušovat rovnováhu kyslíku v biotopu. Ukazatel CHSK_{Cr} toto potenciální nebezpečí popisuje. Na CHSK se mohou podílet jak nerozpuštěné látky (NL), tak i znečištění, které je ve vodě rozpuštěno (RL).

Fosfor (P_{celk})

Fosfor lze nalézt v různých zdrojích, včetně pracích a čisticích prostředků, odmašťovačů, hnojiv s fosfáty a dokonce i výkalů. Je-li fosfor obsažen ve vodě, slouží jako živina pro řasy a sinice. Těmto mikroorganismům se daří v přítomnosti fosforu, což vede k jejich přemnožení, které narušuje rovnováhu vodního ekosystému. Jak se mikroorganismy množí, spotřebovávají více kyslíku a dále zhoršují kvalitu vody. Fosfor je tudíž označován za živinu (nutrient). Stimuluje biochemické procesy, tvorbu buněčné hmoty, tedy i množení mikroorganismů. V biotopu tedy druhotně – po pomnožení mikroorganismů – vzrůstá spotřeba kyslíku. Po vyčerpání živin (znečištění) nebo kyslíku biomasa odumírá a vytváří druhotné organické znečištění. Obsah fosforu ve vodách se vyjadřuje v mg/l celkového fosforu.

Dusík (N_{celk})

Nejčastějším původem dusíku v OV je močovina, dále splaškové vody, vody z živočišné výroby či potravinářství. Na vodní ekosystém působí podobně jako fosfor. Je označován též jako živina (nutrient). Kromě toho, že dusík slouží jako živina pro růst řas, zvyšuje obsah amonných sloučenin v odpadních vodách také spotřebu kyslíku. První formou v řetězci rozkladu organických látek obsahujících dusík je tzv. amoniakální dusík ($N-NH_4^+$), při jehož větší koncentraci je možný vznik bezkyslíkatých procesů zabraňujících případně omezujících další biochemické procesy. Množství dusíku v odpadních vodách se vyjadřuje v mg/l celkového dusíku.

3.4 Producenti odpadních vod

Producenti odpadních vod jsou obyvatelé, průmysl, zemědělství, živnosti a další. Ve městech by měli někteří specifíční producenti odpadních vod, především nemocnice, laboratoře či některé průmyslové závody vodu sami předčišťovat před tím, než ji vypustí do veřejné kanalizace. V obcích bývá také zemědělské znečištění pocházející ze živočišné výroby v ideálních případech oddělováno tak, aby se na odtoku odpadních vod nepodílelo. Může však dojít ke znečištění některých zpevněných ploch, například močůvkou či kejdami.

Pro usnadnění bilancí a zpřehlednění byl vytvořen pojem ekvivalentní obyvatel (1 EO). Průměrné denní koncentrace znečišťujících látek v odpadních vodách na jednoho EO jsou uvedeny v tabulce č. 1. Se zatížením ČOV je úzce spjato množství vody využité spotřebiteli a následnými producenty odpadních vod v dané lokalitě. Kromě toho hraje velkou roli také voda balastní. Vykazovaná spotřeba vody producenta, se kterou se nakládá v koncové fázi užívání vody, tj. čištění a vypouštění do recipientu, je uváděna v l/s, nebo m^3 /den. Nutno zohlednit, že v současné době se uvádí spotřeba vody na 1 obyvatele v rozsahu 90 – 120 l/os. Trend snižování spotřeby vody v ČR je důsledek zdražování vodného a stočného, vyšší informovanosti obyvatelstva o vzácnosti zdrojů, lepšího monitoringu či využívání tzv. užitkové vody k zalévání, splachování, či praní. Ušetřit lze také pořízením retenční nádrže na akumulaci dešťové vody nebo využíváním kvalitních spořičů vody (Kraus 2022).

V závislosti na stavu a stáří kanalizační sítě lze očekávat i průnik dalších vod, např. srážkových, které se bohužel dostávají do stávajících systémů, nebo přes

poklapy revizních šachet. Dalším nepříznivým zdrojem mohou být vody balastní podzemní pronikající do kanalizačních stok netěsnostmi spojů, destrukcí trub či prorůstáním kořenů. Jejich nárůst v síti může být významný a výrazným způsobem tak může ovlivňovat biologické procesy čištění těchto vod.

3.5 Množství odpadních vod

Do veřejné kanalizace smějí být vypouštěny takové odpadní vody, které splňují přípustné míry znečištění. Stanoví-li vodoprávní úřad emisní limit jako přípustnou účinnost čištění, stanoví místo měření jakosti vypouštěných odpadních vod i na přítoku do čistírny odpadních vod. Množství přitékající kanalizací do ČOV smí být maximálně takové, aby bylo splněno limitní množství pro vypouštění odpadních vod z ČOV do vod povrchových. Do veřejné kanalizace lze zaústit odpadní splaškové nebo dešťové vody pouze se souhlasem provozovatele. Množství odpadních vod vypouštěných do kanalizace obvykle měří odběratel měřicím zařízením, jestliže to stanoví kanalizační řád. Množství odpadní vody se obvykle měří pomocí různých jednotek, jako jsou litry za sekundu (l/s), metry krychlové za den (m^3/d) nebo metry krychlové za rok (m^3/rok). Je důležité poznamenat, že existují rozdíly mezi skutečným množstvím produkovaných odpadních vod a objemem, který prochází čištěním v konečné fázi. Produkovaná odpadní voda musí být nakonec z urbanizovaného regionu odstraněna.

4. ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ ÚZEMÍ

Proces odkanalizování území spočívá v efektivním odvádění odpadních vod, umožňujícím řádné odvodnění urbanizovaných územích využitím systému technologických zařízení a souborů staveb, nazývaného kanalizace.

4.1 Druhy stokových soustav

Existují tři typy stokových soustav, dělených podle způsobů odvádění srážkových vod. Konkrétně se jedná o soustavy jednotné, oddílné a modifikované.

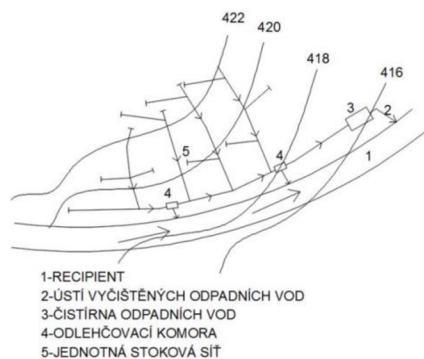
Jednotná stoková síť

V jednotné soustavě (obr. 1), se dopravují všechny druhy odpadních vod v jedné stokové síti, tzn., že se jedním potrubím odvádějí odpadní splaškové i srážkové vody. Odpadní vody se pak v potrubí směšují. Pro dimenzování stok je rozhodný okamžitý extrémní průtok. Z ekonomických důvodů se však celá síť nedimenzuje na extrémní průtoky srážkových vod, ale hospodárněji na množství menší, díky tzv. odlehčovacím komorám. Tento systém přináší řadu výhod i nevýhod (Novák et al. 2003).

Výhodou jednotné soustavy je úspora finančních nákladů oproti oddílné soustavě, dále pozitivní vliv na vlastní provoz sítě. Při dešti dochází k automatickému propláchnutí, tudíž je výrazně sníženo riziko zanášení sítě, a to převážně v úsecích s minimálním sklonem.

Mezi hlavní nevýhody patří především hygienické hledisko a velké profily stok. Stoky jednotné kanalizace musí být z hygienického hlediska vždy zatrubněny. Velké profily potrubí musí být navrženy kvůli dešťovým vodám. Dešťový příval se sice vyskytuje jen občas, ale řádově převyšuje průtoky všech ostatních druhů odpadních vod. Důležitý je také dostatečný spád, aby se při malé rychlosti vody neusazovaly znečišťující látky ve stokové síti, tedy předtím, než se dostanou na samotnou ČOV (Hánková 2005).

Z důvodu dešťových přívalů se na jednotných stokách budují tzv. odlehčovací komory. Odlehčovací komory jsou konstruovány tak, aby při vzrůstajícím průtoku vlivem deště došlo při určité výši hladiny k přepadání vody do odlehčovací stoky a odtud do recipientu nebo dešťové nádrže. Hlavní nevýhodou odlehčovacích komor z hlediska životního prostředí je zanášení čerstvého fekálního znečištění do recipientu, ke kterému dochází i přes velmi vysoké nařazení splaškových vod vodami dešťovými. Fekální znečištění nepříznivě ovlivňuje samočisticí procesy a kyslíkovou bilanci v recipientu. Je proto velmi důležité správné stanovení stupně zředění splašků, aby byla čistota vody v recipientu zachována ve stanovených mezích (Hlavínek et al. 2006).



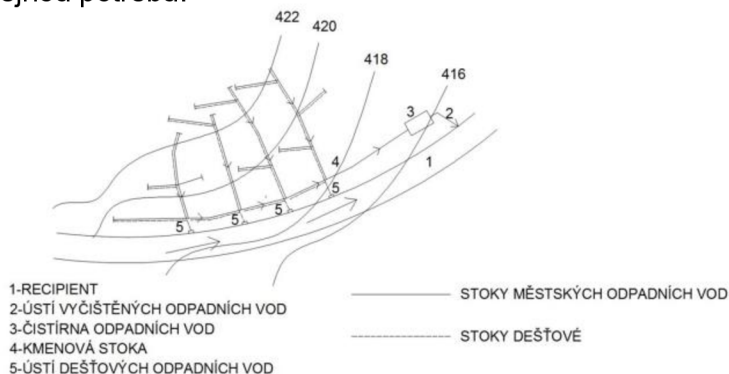
Obr. 1: Jednotná stoková síť (Novák et al., 2003)

Oddílná stoková síť

Oddílná soustava odpadních vod odvádí různé druhy odpadních vod samostatnými trasami stokové sítě. V zájmovém území jsou položeny dvě i více tras soustav, z nichž každá je určena pro odvádění jiného druhu vod. Nejčastěji se jedná o dvě trasy stokové soustavy, z nichž jeden systém odvádí vody splaškové přímo na ČOV a druhý systém (zpravidla mělčeji uložený) odděleně vody srážkové buď přímo do vodního toku, nebo přes dešťové zdrže.

Při aplikaci oddílné stokové soustavy však není možné ani dešťové vody považovat ve vztahu k recipientu za hygienicky nezávadné. Dešťové vody mohou být znečištěny splachy minerální i organické povahy, či úkapy pohonných hmot i jiných látek. Koncentrace znečištění dešťových odpadních vod závisí především na intenzitě deště, jeho trvání a délce časového intervalu mezi jednotlivými dešti (Novák et al. 2003).

Oddílná stoková soustava (obr. 2) je dražší a provozně náročnější než jednotná stoková soustava. Nevýhodou jsou též výrazně vyšší prostorové nároky. U splaškových větví navíc hrozí zvýšené nebezpečí zanášení, zejména v úsecích s minimálními sklony. Ušetřit lze např. tím, že se dešťové odpadní vody mohou odvádět soustavou otevřených příkopů, případně se použije levnější materiál na potrubí apod. Výhodou je rovnoměrnější zatížení čistírny odpadních vod a využití menších profilů stok. Oddílná soustava se uplatňuje především při odkanalizování menších obcí, dále u obcí s málo vodnatými vodními toky, které by nezajistily dostatečné ředění odlehčovacích vod z odlehčovacích komor (Beránek 2005). Dnes je budování primárně oddílné soustavy dáno zákonem č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.



Obr. 2: Oddílná stoková síť (Novák et al., 2003)

Modifikovaná (kombinovaná) stoková síť

Navrhuje se buď jako prostá kombinace jednotné a oddílné soustavy pro dané zájmové území nebo jako modifikované verze oddílných soustav. Rozhodnutí o volbě příslušné varianty musí předcházet podrobný technicko-ekonomický rozbor, při kterém se hodnotí morfologické, urbanistické, hydrologické, technicko-ekonomické a provozní faktory zájmového území a aspekty navrhovaného řešení. V prvním případě se jedná o prostou kombinaci obou soustav, kdy např. převážná část zájmového území je řešena soustavou jednotnou a menší, okrajová část za přirozenou rozvodnicí soustavou oddílnou.

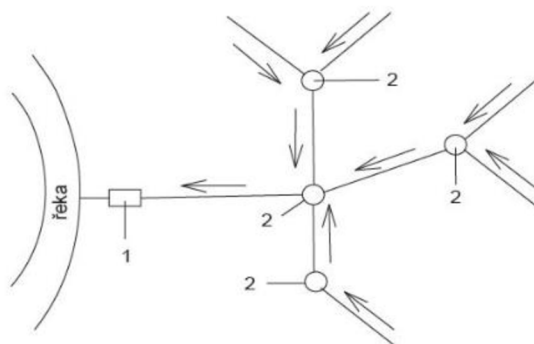
V druhém případě jsou možné různé verze oddílných soustav nazývané jako soustavy polooddílné, a jsou řešeny např. tak, že dešťové větve oddílné soustavy slouží k odvádění pouze tzv. neznečištěných srážkových vod ze střech a z ostatních neznečištěných ploch – tyto vody jsou následně vypouštěny přímo do vodního toku. Ostatní, tzv. znečištěné srážkové vody ze silně dopravně exponovaných ploch jsou odváděny společně se splaškovými vodami splaškovou sítí na ČOV. Na této jednotné síti se však nenavrhují odlehčovací komory (Novák et al. 2003).

4.2 Systémy stokových sítí

Systémem stokové sítě se rozumí uspořádání stok v zájmovém území. To závisí především na konfiguraci terénu, tvaru odvodňovaného území i charakteru zástavby. Při návrhu uspořádání stokové sítě je prioritním kritériem požadavek co nejrychlejšího, nejpřímějšího a provozně spolehlivého gravitačního odvedení odpadních vod na ČOV. Základními systémy stokových sítí jsou:

Větvový systém

Tento systém se uplatňuje v členitém území, které neumožňuje pravidelné uspořádání stok. Nejnižším místem je vedena tzv. kmenová stoka, do které ústí hlavní stoky a na ně jsou napojeny sběrače s uličními stokami. Uspořádání připomíná rozvětvený strom (obr. 3), (Rydhagen et al. 2009).

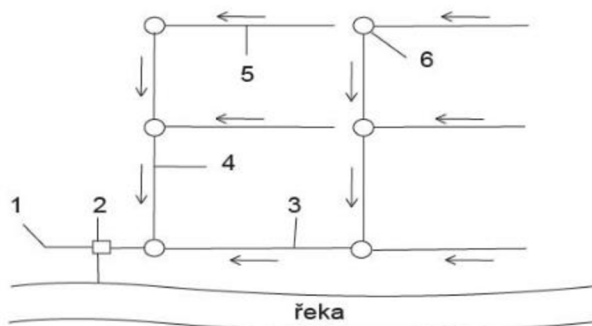


Obr. 3: Uspořádání větvové stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011)

1 – ČOV, 2 – revizní šachta

Úchytný systém

Úchytný systém (obr. 4) se navrhuje na území s menším sklonem k recipientu. Kmenová stoka je vedena podél vodního toku. Do ní zaústějí sběrače z jednotlivých ulic. Na kmenovou stoku se obvykle umísťují odlehčovací komory, které převádějí velké dešťové průtoky do recipientů a umožňují tak snížit množství odváděných vod dále kmenovou stokou na ČOV. To vede ke snížení velikosti profilu za odlehčovací komorou, a tím pádem i investičních nákladů (Hlavínek et al. 2006).

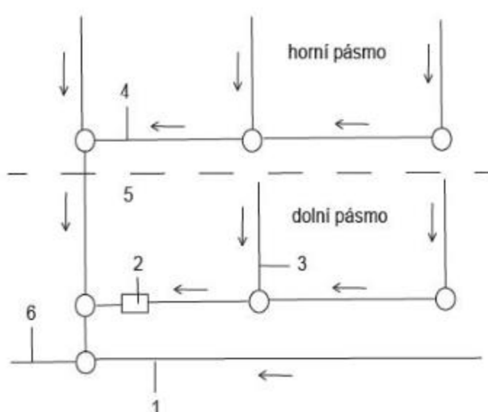


Obr. 4: Uspořádání úchytné stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011)

1 – stoka do ČOV, 2 – odlehčovací komora, 3 – úchytná stoka, 4 – hlavní sběrač, 5 – vedlejší sběrač, 6 – vstupní šachty

Pásmový systém

Pásmový systém (obr. 5) se uplatňuje v územích, kde je nutno s ohledem na konfiguraci terénu odvodňovanou oblast rozdělit do několika výškových pásem. Jedná se o území, která se prudce svažují směrem k vodnímu toku (Novák et al. 2003). Systém je charakteristický vedlejšími sběrnicemi vedenými v různých výškových úrovních podél řek a hlavními sběrači s velkými spády (Rydhagen et al. 2009).

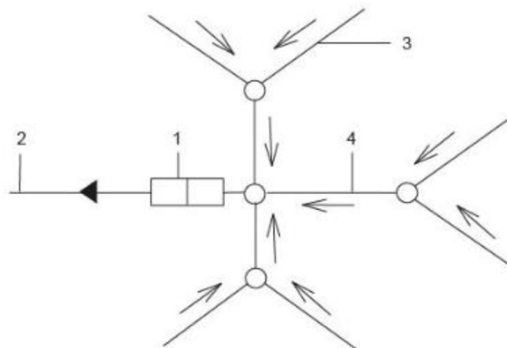


Obr. 5: Uspořádání pásmové stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011)

1 – hlavní kmenová stoka, 2 – čerpací stanice, 3 – uliční stoky, 4 – vedlejší sběrače, 5 – hlavní sběrače, 6 – hlavní stoka do ČOV

Radiální systém

Radiální systém (obr. 6) se používá hlavně v uzavřených kotlinách zpravidla v kombinaci s nějakou další soustavou, a to buď gravitačně, nebo přečerpáváním odpadních vod na ČOV nebo do nejbližšího objektu gravitační kanalizace. Uspořádání stok v kotlině je většinou větveným systémem (Adámek a Jurečka 2011).



Obr. 6: Uspořádání radiální stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011)

1 - čerpací stanice, 2 – výtlačné potrubí, 3 – uliční stoky, 4 – hlavní stoky

4.3 Doprava odpadních vod

Doprava odpadních vod závisí na typu realizované kanalizační sítě a na topografii terénu, v němž se kanalizace buduje. Dopravu odpadních vod dělíme na tradiční a alternativní.

4.3.1 Tradiční doprava

Tradičním způsobem dopravy jsou jednotné nebo oddílné soustavy s gravitační dopravou odpadních vod. Důraz je kladen na jednoduchost a spolehlivost provozování (Hlavínek et al. 2006).

4.3.2 Alternativní doprava

Alternativní způsob dopravy odpadních vod představuje moderní progresivní způsoby odvádění odpadních vod při použití oddílné soustavy. Uplatňují se při specifických podmínkách staveniště, zejména v případě nepříznivých geologických, resp. hydrogeologických podmínek, při stísněných prostorových podmínkách, dále v plochých územích, kde by bylo obtížné zajistit minimální sklony stok gravitační kanalizace, nebo při odkanalizování zařízení se sezónním provozem (Hlavínek et al. 2006). Alternativní způsoby dopravy je možno členit na kanalizaci tlakovou, podtlakovou (vakuovou), pneumatickou a kanalizaci gravitační maloprofilovou. Poslední jmenovaný typ se v ČR příliš nevyužívá.

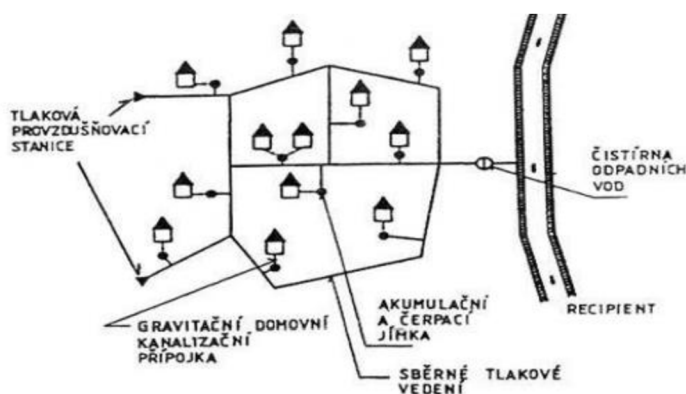
Tlaková kanalizace

Tlaková kanalizace je založena na principu tlakové dopravy odpadních vod tlakovou okružovou nebo větvenou stokovou sítí na ČOV. Provozní tlak v systému v rozmezí 0,5 - 3,0 MPa je vyvozován soustavou čerpadel osazených v domovních

čerpacích stanicích s akumulčními jímkami (DČJ), do kterých odpadní vody natékají gravitačně. DČJ jsou umístěny v blízkosti nebo uvnitř odvodňovaného objektu. V zájmu zajištění permanentní průchodnosti potrubí se systém vybavuje proplachovacími stanicemi pro občasné proplachování potrubí (zpravidla 1x – 2x denně po dobu 15 – 20 minut) směsí vody a tlakového vzduchu. Tlakový systém musí být napojen na vhodně navrženou ČOV, která vyhovuje jakosti přitékajících odpadních vod. Je nezbytné také zajištění zamezení vniku vod srážkových (Novák et al. 2003).

Nevýhodou tohoto systému je čerpání malého množství odpadních vod velkým množstvím čerpadel s vybavením náročným na kontrolu a údržbu (rotující součásti čerpadla jsou ustavičně ve styku se splaškovou vodou a jednou za čas je třeba výměny), neekonomický provoz a také vyšší provozní nároky (nutnost proplachování, odkalování).

Tlaková kanalizace (obr. 7) se vyplatí všude tam, kde z nějakého důvodu není možnost použít klasickou gravitační, nebo kde by instalace gravitační kanalizace byla náročná a celý projekt výrazně prodražila (Burger 2018).

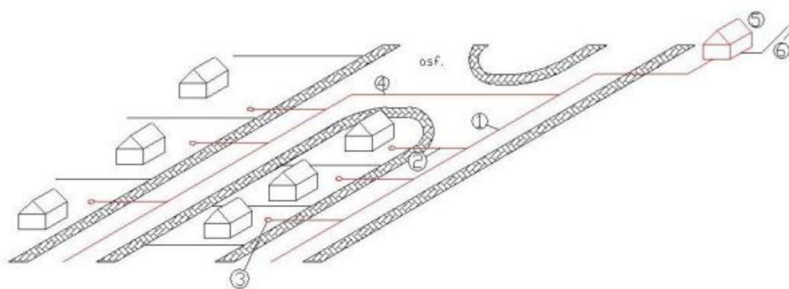


Obr. 7: Schéma trasování tlakové kanalizace (dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/7_doprava_odpadnich_vod.html)

Podtlaková (vakuová) kanalizace

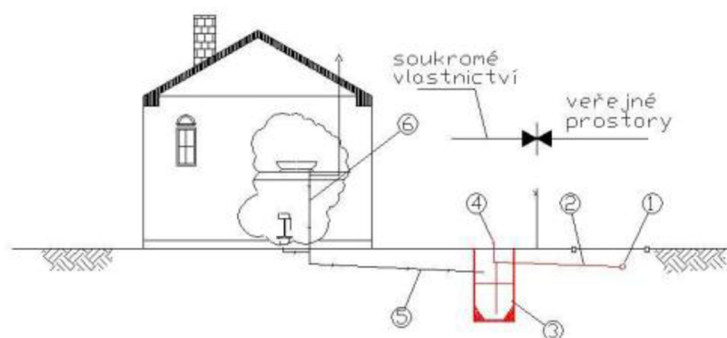
Podtlakové odkanalizování určitého území (obr. 8) funguje na principu vyvození podtlaku ve stokové síti, do které se přes domovní sací ventily nasávají odpadní vody z jednotlivých nemovitostí. Celý systém má centrální vakuovou stanici, v níž se pomocí vakuových čerpadel (vývěv) vytváří podtlak 40 – 80 kPa ve sběrné tlakové nádobě. Odpadní vody se vlivem udržovaného podtlaku v celém systému do zásobníku nasávají při každém otevření sacího ventilu na některé z domovních přípojek. Sací ventily jsou osazeny ve sběrných šachtách na domovních přípojkách a jejich provoz je řízen automaticky v závislosti na stavu hladiny ve sběrných šachtách. Z vakuové stanice jsou splašky na ČOV odváděny buď gravitačně, nebo přečerpáváním (Novák et al. 2003, ČSN EN 16932-1).

Tento systém kanalizace je využíván např. v obci Lužany u Přeštic, která se nachází nedaleko města Plzně. Dle dostupných informací se jedná o jediný fungující typ tohoto systému v západních Čechách. Podtlakové systémy se však nacházejí v řadě dalších obcích po ČR, např. se Veltrusech u Prahy, Velkém Oseku, Opatovicích a dalších.



Obr. 8: Schéma trasování podtlakové kanalizace a napojení objektů (Lazur, 2012)

1 – hlavní podtlakový řad, 2 – podtlaková kanalizační přípojka, 3 – sběrná šachta,
4 – podtlakové sběrné potrubí, 5 – podtlaková (vakuová) stanice, 6 – odtok z podtlakové stanice



Obr. 9: Schéma napojení rodinného domu na podtlakový řad přes sběrnou jímku se sacím ventilem (Lazur, 2012)

1 – hlavní podtlaková stoka, 2 – podtlaková kanalizační přípojka, 3 – sběrná šachta s podtlakovým ventilem, 4 – zavzdušňovací potrubí, 5 – gravitační přítokové potrubí, 6 – vnitřní rozvody kanalizace

Pneumatická kanalizace

Pneumatická kanalizace je alternativním způsobem dopravy splašků z místa soustředění, a to díky zajištěnému přetlaku vzduchu vyvozeným kompresorem. Přetlak vzduchu působí na akumulovaný objem odpadních vod v pracovní nádrži. U pneumatické dopravy lze dopravovat na velké vzdálenosti i velmi znečištěné médium.

Výhodou tohoto typu jsou minimální nároky na údržbu, neboť odpadá nutnost provzdušňování či odkalování (Novák et al. 2003).

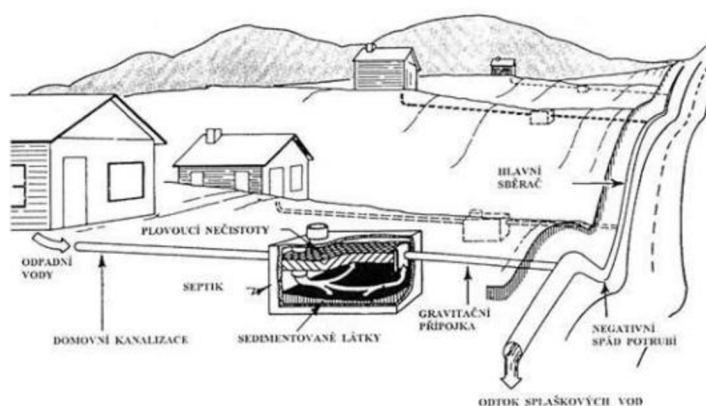
Maloprofilová kanalizace

Maloprofilová kanalizace je specifická použitým trubním materiálem velkých délek s malými světlymi profily, nízkou drsností a integrovanými, dokonale těsnými spoji. Celý systém odvádění odpadních vod funguje na gravitačním principu s možností využití násoskového efektu v úsecích s negativním spádem nivelety. Centrální sběrný bod s jímkou nebo ČOV musí být umístěn výrazně níže než ostatní připojované objekty.

Nevýhodou je nutnost provozování lapačů pevných nečistot (konstrukční obdoba našich septiků), které zabraňují zaústění lehce sedimentujících látek do systému (Hlavínek et al. 2006).

Maloprofilová kanalizace (obr. 10) se v současnosti v České republice nevyužívá, nedovoluje to norma ČSN 75 6101, která zakazuje použití kanalizace z plastů, sklolaminátů a kameniny o profilu menším než DN 250 mm a DN 300 mm z materiálů jiných (ČSN 75 6101).

Jedná se o systém odvádění odpadních vod, který se těší významu především v USA na venkovských sídlech. O popularitu tohoto systému se zasloužil především projekt Agentury pro ochranu životního prostředí US – „Clean Water ACT, který propagoval levné inovační technologie, vhodné pro venkovská sídla.



Obr. 10: Systém maloprofilové kanalizace (dostupné z:http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/7_doprava_odpadnich_vod.html)

4.4 Monitorování stokových sítí

V dnešní době jsou na kanalizace napojeny převážně větší či středně velké obce a města. Pravidelným monitoringem stokové sítě lze předejít jejímu ucpání/zneprůchodnění, například nánosy písku, usazování tuků a olejů, či jinými nečistotami. Často se lze také setkat s borcením kanalizace nebo prorůstáním kořenových systémů do samotné sítě. Z přesazené přípojky či menší trhliny se za určitou dobu může stát nemalý problém. Narušenou kanalizací by následně mohlo dojít k průsakům jejího obsahu do podzemních vod. Došlo by tak ke zhoršení její kvality a kohrožení životního prostředí. Preventivním řešením je provádění pravidelných rozborů podzemních vod. Bohužel výsledky jejich rozborů jsou na mnoha místech nedostatečné. Voda je přesycena fosforečnany, dusičnany a bakteriálním znečištěním. Tuto situaci je možné řešit výstavbou kvalitní kanalizace s ČOV (Zikmundová 2009).

5. PRÁVNÍ RÁMEC VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ V ČR

Stávající vodohospodářská legislativa nachází právní zakotvení v čl. 7 zákona č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky, jakož i v čl. 35 zákona č. 2/1993 Sb., Listina základních práv a svobod.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES je dalším právním opatřením uloženým České republice jako členskému státu Evropské unie k regulaci ochrany vod. Tato směrnice slouží jako komplexní rámec pro snahy EU v oblasti vodní politiky. Mezi její hlavní cíle patří mimo jiné prevence a snižování kontaminace vod, zlepšování vodních ekosystémů a zmírňování dopadů povodní a sucha.

Základní pojmy a základní principy ochrany životního prostředí jsou uvedeny v zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů. Princip udržitelného rozvoje je základem odpovědnosti právnických i fyzických osob za ochranu a zlepšování životního prostředí i za využívání přírodních zdrojů. Česká republika má zaveden soubor primárních předpisů upravujících nakládání s odpadními vodami v zemi.

Hlavními předpisy v oblasti likvidace odpadních vod v ČR jsou:

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Odpovědnost za řádné nakládání s odpadními vodami a dodržování podmínek uvedených v povolení k vypouštění mají osoby nebo subjekty, které vypouštějí odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, jak je uvedeno v § 38 zákona č. 254/2001 Sb. Konkrétní podmínky stanoví příslušný vodoprávní úřad (Jágllová et al. 2009).

Státní správa ve vodním hospodářství v ČR

Státní správa ve vodním hospodářství je organizována jako třístupňová. Výkon této správy je zákonem svěřen vodoprávním úřadům na úrovni obecní (obecní úřady a obecní úřady obcí s rozšířenou působností), krajské (krajské úřady) a ústřední (ministerstva). Na území vojenských újezdů je pak tato činnost zajišťována újezdními úřady. Pravomoci vodoprávního úřadu jsou stanoveny zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, dle kterého je speciálním stavebním úřadem v oblasti povolování, provádění, užívání, a odstraňování vodních děl.

Vodoprávní úřady zohledňují při své činnosti především požadavky na ochranu povrchové a podzemní vody, podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, podmínky

pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha, bezpečnost vodních děl, ochranu vodních ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů či zabezpečení kvalitního rozvoje, výstavby a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě (eAGRI ©2022).

Vodoprávními úřady dle Jáglová (2009) jsou:

- obecní úřady
 - pokud jde o vodní hospodářství, jejich rozhodnutí zahrnují širokou škálu odpovědností s výjimkou případů, kdy vodní toky slouží jako hranice mezi státy
- obecní úřady s rozšířenou působností
 - vykonávají působnosti podle zákona č. 254/2001 Sb., vodní zákon, které vykonává vodoprávní úřad, pokud nejsou tímto zákonem výslovně pověřeny jiné subjekty
- krajské úřady
 - povolují vodní díla umožňující nakládání s vodami
 - schvalují manipulační a provozní řady děl, které povolují
 - vyjadřují se ke stavbám, které mohou zásadně ovlivnit nakládání s vodami, ochranu vod, ochranu před povodněmi
 - rozhodují ve věcech hraničních vod po projednání s MZe, MŽP a pokud má rozhodnutí vliv na průběh státní hranice, tak i s MV ČR
- újezdni úřady na území vojenských újezdů
- ministerstva jako ústřední vodoprávní orgány

6. ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Čištění odpadních vod je proces zlepšování kvality odpadní vody. Intenzivně probíhá na čistírnách odpadních vod, mnohem pomaleji i samovolně v přírodě během procesu samočištění. Pro čištění odpadních vod se používají metody chemické, fyzikální i biologické.

6.1 Historie čištění odpadních vod

Systematický rozvoj zařízení pro odvádění a zneškodnění odpadních vod z domácností a průmyslu započal v Evropě zhruba před sto lety. Tento proces byl založen na poznatku, že množství vypouštěných látek spotřebovávajících kyslík bylo příliš vysoké, samočisticí funkce toků nedokázala takové množství redukovat a řeky se tak dostaly se na pokraj biologického kolapsu znamenajícího, že byly některé prakticky zbaveny kyslíku. Důsledkem rychlé industrializace bylo vypouštění značného množství znečišťujících látek a odpadu. S tímto narůstajícím problémem se začaly vyvíjet první mechanické ČOV a zhruba během padesáti let byly v Evropě vybudovány kanalizační systémy s ČOV ve většině velkých měst. Zejména v Německu byl tento trend vlivem stavitelského rozmachu za 2. světové války urychlen. Jakmile bylo uskutečněno centralizované odvádění odpadních vod, vznikl i koncept jejich centralizovaného čištění (Kunst et al. 2002).

Zmínky o prvních návrzích mechanismů ČOV pochází již z roku 1902. Jedná se především o rozvržení základních mechanismů čištění vod:

- odstraňování hrubých nerozpuštěných látek pomocí sít a shrnovačů
- odstraňování všech nerozpuštěných složek
- odstraňování rozpuštěných složek odpadních vod – biologickými metodami se zabráňuje mísení odpadních vod

Tyto základní mechanismy čištění odpadních vod zůstávají stěžejními dodnes, pouze biologické metody se vyvinuly dále (Kunst et al. 2002).

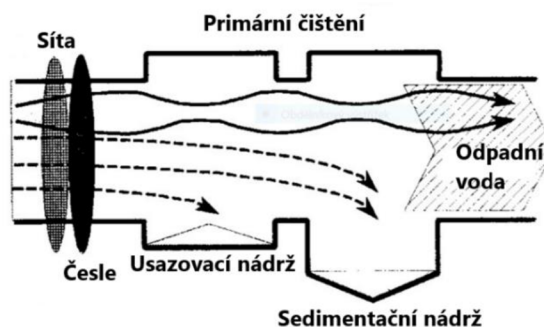
6.2 Typy čištění odpadních vod

Ministerstvo životního prostředí specifikuje jednotlivé způsoby čištění odpadních vod a rozděluje je dle evropské směrnice EEC/91/271. V praxi tak lze rozlišit tyto typy čištění odpadních vod:

- primární čištění (mechanické ČOV)
- sekundární čištění (mechanicko-biologické ČOV bez odstraňování fosforu a dusíku)
- terciální čištění (mechanicko-biologické ČOV s odstraňováním fosforu a dusíku)

6.2.1 Primární čištění

Odpadní voda je vedena do ČOV nejprve přes síto či mříž zachytávající nejhrubší složky znečištění (větve apod.), (obr. 11). Poté pokračuje skrze česle do usazovací nádrže, kde se odstraní další hrubé nečistoty jako je písek či štěrky, které zde klesají ke dnu. Následně je v sedimentační nádrži zpomalen průtok vody tak, aby se usadily i jemnější částice (Environmental protection agency ©1998).

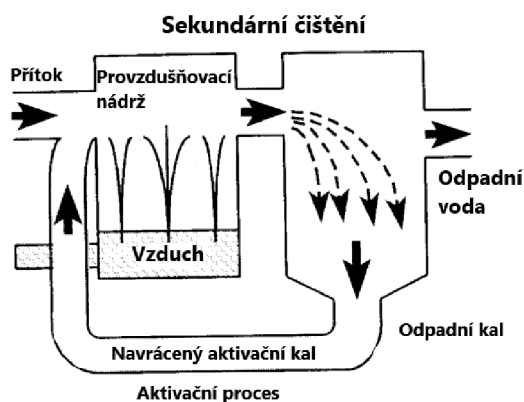


Obr. 11: Schéma primárního čištění (dostupné z: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/bastre.pdf>)

6.2.2 Sekundární čištění

Sekundární čištění (obr. 12), označované jako biologické, využívá bakterii obsažených ve vodě k odstranění až 85 % biologických nečistot. Mezi základní techniky sekundárního čištění patří použití tzv. aktivovaného kalu. Ten se pak v další sedimentační komoře usazováním oddělí od čištěné vody. Tento kal je schopen odstranit i některé sloučeniny fosforu nebo dusíku. V minulosti se též namísto použití aktivovaného kalu využívaly asi 2 – 2,5 m vysoké filtry z kamení, přes které voda stékala do sedimentační nádrže (Environmental protection agency ©1998).

V některých případech může takto upravená voda následně podstoupit dezinfekci chlorem či UV zářením a být vpuštěna zpět do vodního toku, byť může obsahovat ještě některé rozpuštěné živiny ve stopových množstvích, některé ale v dobře měřitelných hodnotách. Může se jednat o trihalomethany nebo halogenoocetové kyseliny (EEC Environmental ©2022).



Obr. 12: Schéma sekundárního čištění (dostupné z: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/bastre.pdf>)

Je však nezbytné zkontrolovat kvalitu čištěné odpadní vody (na základě nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění vod) na výstupu z nádrže sekundárního usazování ještě předtím, než je dezinfikována a vypuštěna do vodního toku. Mezi parametry měření kvality vody patří koncentrace kyslíku, hodnota pH a teplota. Usazený kal je nezbytně řízeně vrátit zpět do provzdušňovací nádrže, aby byla zachována minimální koncentrace mikroorganismů v této nádrži.

6.2.2.1 Biologické čištění OV pomocí biofilmu uchyceném na nosičích

Jedním z typů biologického čištění odpadních vod je čištění v biologických systémech kombinujících suspenzní a biofilmovou kulturu mikroorganismů. Tento typ čištění OV má řadu procesních výhod. Mezi nejdůležitější patří vyšší koncentrace a doba zdržení biomasy. Buňky jsou na povrchu nosiče zachyceny díky polymerním organickým látkám slizovitého charakteru, které jsou produkovány buňkami samými, tzn., že biofilm se stabilizuje na povrchu nosiče samovolně. Biofilmový systém je výsledkem složité interakce procesů fyzikálních, fyzikálně chemických a biochemických.

Historie

Biofilmový reaktor s pohyblivým ložem (MBBR) je typ procesu čištění odpadních vod, který poprvé vynalezl prof. Hallvard Ødegaard na Norské univerzitě vědy a technologie koncem 80. let 20. století. Komercializovala ho společnost Kaldnes Miljøteknologi (nyní s názvem AnoxKaldnes, vlastněná společností Veolia Water Technologies). Ve více než 50 zemích je instalováno více než 700 systémů čištění odpadních vod, a to jak komunálních, tak průmyslových. Původní technologie MBBR byla vyvinuta pro odstraňování organického znečištění z málo zatížených a chladných odpadních vod a následně byla modifikována i pro stabilizaci procesů a odstraňování dusíku z odpadních vod. Je založena na využití mikroorganismů ve formě biofilmu fixovaných na nosičích biomasy, které se v reaktoru nacházejí ve fluidním loži (Ødegaard 2006).

Technologie se využívá především ve státech severní Evropy nebo Číně, konkrétně např. ve městě Ningan, které má 440 000 obyvatel, a kde je návrhová kapacita ČOV 22 000 m³/d odpadní vody na přítoku (Voda CZ ©2024).

Využití

Při známých pokusech zajistit vyšší účinnost čištění OV zvýšením aerace může docházet k vytváření toxických metabolitů a paradoxně snižování účinnosti čištění OV. Problémem je také pomalý růst biomasy, její pomalá sedimentace, a tím časté vyplavování z reaktorů. Řešením otázky, jak zadržet aktivní biomasu v reaktoru čistírny odpadních vod, je imobilizace biofilmu, tedy růst buněk na povrchu pevného nosiče (Ødegaard 2006).

Systém MBBR se skládá z provzdušňovací nádrže (obdoba nádrže s aktivovaným kalem) se speciálními nosiči, které poskytují povrch, na němž může růst biofilm. Nosiče jsou vyrobeny z materiálu s hustotou blízkou hustotě vody. Svými

vlastnostmi nijak neovlivňují biochemické procesy probíhající v biofilmu (Švehla et al. 2004).

Systém MBBR se často instaluje jako modernizace stávajících nádrží s aktivovaným kalem za účelem zvýšení instalované kapacity stávajícího systému. Stupeň plnění nosičů lze přizpůsobit konkrétní situaci a požadované kapacitě. Stávající ČOV tak lze zvýšit kapacitu, aniž by bylo třeba ČOV jakkoliv prostorově rozšířit, např. výstavbou nových nádrží.

Nosič biomasy

Nosič biomasy je určující prvek pro technologii čištění odpadních vod v biofilmovém reaktoru. Materiál nosiče musí být biochemicky inertní, chemicky a fyzikálně stabilní, současně morfologicky vhodný. Měrná hmotnost nosiče by měla být srovnatelná s odpadní vodou, a to i po nárůstu biomasy případně sraženin. Snahou je především maximalizovat specifický povrch nosiče (Borghei a Hosseini 2004).

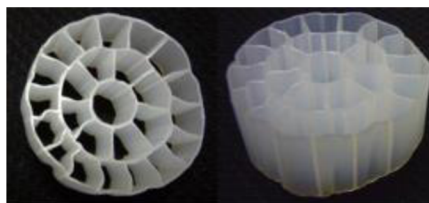
Biologické systémy fixující biomasu na nosičích mají obvykle dvě základní konstrukční podoby reaktorů:

1. s instalací pevně kotvených nepohyblivých nosičů biomasy
2. s použitím nosičů biomasy ve formě tělísek vznášejících se v kapalině ve fluidním loži (typ MBBR technologie), jež jsou v bioreaktoru volně zadržovány prostřednictvím odtokových sít

V obou případech je nutné použití takových materiálů a struktur, které umožňují optimální podmínky pro zachycení, růst a obnovu biofilmových povrchů. Konstrukce nosičů biomasy je zcela zásadní pro dosažení maximální účinnosti čistírenských procesů, přičemž kromě speciálního tvaru jsou důležité materiálové charakteristiky nosičů. Ødegaard (2006) rozlišuje:

- Nanovlákná a z nich připravené nanotextilie (obr. 14) představují prudce se rozvíjející odvětví materiálového průmyslu, které umožňují využití pro uzpůsobení povrchových struktur materiálů jako nosičů biomasy. Vysoký měrný povrch a prokázaná kolonizovatelnost umožňují použití těchto materiálů jako nosičů imobilizovaných mikroorganismů schopných vytvářet přirozený biofilm.
- Plastové nosiče (obr. 13) mají zase řadu předností z hlediska odolnosti vůči prostředí, imobilizační afinitě, smáčivosti, hustotě a složení materiálu.

Vývoj nosičů a jejich výběr pro technologickou metodu čištění odpadních vod závisí na několika základních kritériích, a to typu mikroorganismů z hlediska růstových vlastností, typu biologického reaktoru, typu odpadních vod, materiálového provedení, či výrobních nákladů a na rychlosti výroby.



Obr. 13: Příklad modifikovaného plastového nosiče biomasy (Borghei a Hosseini, 2004)



Obr. 14: Příklad nanovláknového nosiče biomasy (Borghei a Hosseini, 2004)



Obr. 15: Plastové nosiče biomasy využívané na ČOV Tlučná (vlastní foto)

Vznik, vývoj a struktura biofilmu

Biofilm může být složen z populace jednoho nebo více bakteriálních druhů v závislosti na vlastnostech okolního prostředí. Různé podmínky jako povrch, dostupnost živin, složení mikrobiální komunity a hydrodynamika, ovlivňují strukturu biofilmu. Vývoj biofilmu probíhá v několika krocích (přichycení k povrchu, tvorba mikrokolonií, zrání v biofilm), které jsou částečně odlišné pro různé mikroorganismy.

Přichycení mikroorganismů probíhá ve dvou fázích. Počáteční fyzikálně chemická adsorpce buněk je následována vytvářením exopolymerních látek (především polysacharidy), které slouží jako přemostující a lepicí materiál pro rostoucí buněčnou populaci.

Při iniciaci procesu přichycení na povrch se většinou uplatňují bičinky a také slabé vazebné interakce. Volně plovoucí buňky se adsorbují na živý nebo neživý povrch zpočátku reversibilně, poté už ireversibilně. To, zda mikroorganismus daný povrch osídí, závisí také na vlastnostech povrchu, složení a vlastnostech substrátu, pH a typu mikroorganismu. Bakterie rostou, dělí se a produkují molekuly pro chemickou signalizaci (Harrison et al. 2005).

Využití nosiče ve fluidním loži

Fluidní nosič proudí spolu s aktivační směsí, proto se ve vývoji sleduje především tvar, uskupení, velikost, adhesivní vlastnosti a další. Do dnešního dne bylo otestováno několik tvarů „bambule“, „soudky“, „mašličky“. Všechny tyto nosiče jsou pro dané aplikace vcelku přijatelné, jen u některých typů dochází k několika nežádoucím efektům (například zarůstání nosiče ve středu konstrukce a v případě,

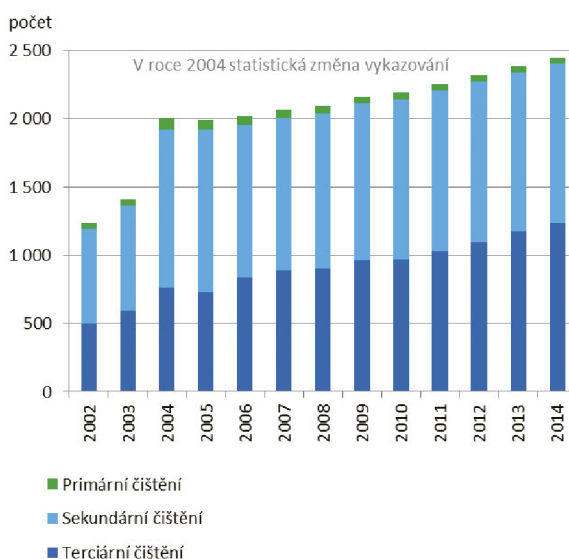
že jsou z nanovláken, k roztřepení konců vláken, a tím tak porušení stability nanovrstev).

6.2.3 Terciární čištění

Terciární čištění, podobně jako čištění sekundární, má za úkol „dočištění“ odtoků z ČOV, zejména pak odstraňování dusíku a fosforu. Spočívá opět v dalším mechanicko-biologickém zlepšování kvality vody. Zakončeno je dezinfekcí vody.

Mezi lety 2000 – 2014 se počet ČOV více než zdvojnásobil na 2 445 (obr. 16). V současné době mají všechny aglomerace nad 10 000 EO zajištěno terciární čištění (Wanner 2017).

Do konce roku 2022 se počet ČOV v ČR zvýšil na hodnotu 2 915 (Deník veřejné správy ©2022).



Obr. 16: Vývoj počtu ČOV s jednotlivými stupni čištění OV (Wanner, 2017)

6.2.4 Kvartérní čištění

Vedle dlouhodobě známých látek znečišťujících vodu, které je těžké odstranit, jako jsou například léčiva, řeší současná ekologie i otázku vcelku novou, a to sice odstraňování mikroplastů. Ačkoliv byly mikroplasty v mnoha studiích identifikovány ve sladké i mořské vodě, výzkum v této oblasti chybí a není zcela objasněn. Přesto jsou mikroplasty nyní obecně považovány za kontaminanty životního prostředí.

Problém v čištění OV spočívá v tom, že ačkoliv většinu mikroplastů z produktů osobní péče a hygieny lze během čištění odpadních vod účinně odstranit, lze detekovat i mikroplasty z domácího praní syntetických vláken, kdy je na odstraňování takovýchto mikroplastů (o velikosti <100 μm) zapotřebí pokročilého čištění, například membránovým bioreaktorem (Eriksen et al. 2018).

Návrh revize Směrnice Rady o čištění městských odpadních vod 91/271/EHS požaduje odstraňování mikropolutantů ve čtvrtém stupni čištění, nejprve pro všechny velké ČOV a poté pro aglomerace nad 10 000 EO, v oblastech, kde koncentrace nebo kumulace mikropolutantů představuje riziko pro lidské zdraví nebo životní prostředí (Duda 2023).

7. LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD V OBCÍCH DO 5000 OBYVATEL

Stávající technologický pokrok v malých a středních čistírnách odpadních vod otevírá možnosti pro nekonvenční řešení odpadních vod v obcích podobné velikosti. Decentralizované systémy čištění odpadních vod je možné využít v obcích do 500 obyvatel, zejména v obcích bez vybudované kanalizační sítě. Efektivita decentralizovaného čištění, které zahrnuje čištění odpadních vod přímo v místě kontaminace, se nejvíce projevila v menších obcích. Tento přístup výrazně snižuje nutnost výstavby nákladných kanalizačních systémů. V závislosti na konkrétní místní geografii a městských podmínkách lze ušetřit až 1/3 % počátečních investičních nákladů.

Klasické mechanicko-biologické centrální čistírny jsou běžně využívány v obcích s počtem obyvatel od 500 do 2000. Existují však případy, kdy je implementován decentralizovaný přístup. Pro určení nejvhodnější metody čištění odpadních vod je třeba vzít v úvahu faktory jako vhodnost varianty, proveditelnost v terénu a také investiční a provozní náklady.

Centrální čistírny odpadních vod jsou běžně využívány v obcích a městech s počtem obyvatel od 2000 do 5000 EO. Tyto ČOV přijímají odpadní vodu prostřednictvím sítě kanalizačních systémů. V současné době je většina těchto ČOV, obsluhujících cca 5000 EO, vybavena terciárním čištěním. Je však důležité poznamenat, že ne všechna tato zařízení splňují normy směrnice týkající se limitů kvality vypouštěných odpadních vod.

Pro odkanalizování obcí přichází v úvahu řešení:

- decentralizované
- centralizované

Decentralizované řešení

Jedná se o systém využívající domovní a skupinové čistírny v obcích pro jednotlivé objekty produkující odpadní vody. Silným argumentem pro decentralizované řešení jsou nižší náklady na realizaci. Díky absenci rozsáhlých kanalizačních stok se ušetří investiční náklady. Díky minimalizaci nároků na obsluhu a údržbu, a přitom s automatikou provozu a dálkovou kontrolou, se zvýší spolehlivost provozu a zároveň sníží provozní náklady se srovnatelnou účinností celého čistícího procesu na větší centrální ČOV.

Na volbu decentralizovaného řešení má vliv několik faktorů: a) zda je objekt obývaný trvale, b) zda bude voda znovu využita, c) jak náročná je obsluha čistíren, d) ekonomika provozu

U objektů obývaných trvale se doporučují biologické technologie, u objektů s občasným provozem pak přicházejí v úvahu spíše technologie založené na mechanickém předčištění, na extenzivních způsobech čištění nebo akumulaci v jímce a následném odvozu.

Pokud je v místě zjevný nedostatek vody, je třeba hledat systémy umožňující dělení vod, použití membrán nebo společné řešení s využitím srážkové vody. Řada malých čistíren odpadních vod z drobných, převážně decentralizovaných, staveb

nemá možnost zaústění vyčištěných odpadních vod do vhodného recipientu. Výsledkem je hledání způsobu, jak ekonomicky a ekologicky naložit s vyčištěnými vodami. Trendy v čištění vedou ke zlevnění provozu a díky legislativnímu tlaku směřují k vyšší ochraně povrchových a podzemních vod (Plotěný a Uher 2011).

V případě decentralizovaného řešení se lze setkat také s termínem individuální nakládání s OV. V tomto případě se poukazuje na to, že právě každá nemovitost je vybavena čistícím nebo akumulačním zařízením. Nadřazený termín decentralizované řešení poukazuje pouze na možnost odvádění OV z více nemovitostí do jednoho společného čistírenského objektu.

Centralizované řešení

Centrální systém nabízí producentům odpadních vod jejich bezproblémové odvádění z objektů prostřednictvím kanalizačního systému, kdy jsou odpadní vody následně svedeny a čištěny v jedné ČOV.

Vlastníkům objektů nevznikají žádné povinnosti v důsledku odvádění odpadních vod, ale za využívání kanalizačního systému a zejména čištění vod přebírá zodpovědnost provozovatel kanalizační sítě a ČOV. Za tuto službu náleží provozovateli od producentů odměna na pokrytí investičních nákladů s realizací stokového systému, ČOV a také provozních nákladů s tímto spojených (Plotěný a Uher 2011).

7.1 Způsoby nakládání s OV v obcích do 5000 obyvatel

Čistírny odpadních vod do 5000 EO je možné rozdělit do čtyř kategorií:

- ČOV od 5 do 50 EO
- ČOV do 500 EO
- ČOV od 500 do 2000 EO
- ČOV od 2000 do 5000 EO

Bártová (2018) charakterizuje kategorie čistíren dle velikosti zatížení takto:

ČOV od 5 do 50 EO

Tyto čistírny, běžně označované jako domovní čističky, jsou speciálně navrženy tak, aby účinně čistily odpadní vody z jednotlivých objektů. Díky svým pokročilým technologiím poskytují vynikající alternativu k zastaralým septikům z hlediska účinnosti i cenové dostupnosti, splňující požadavky současného bydlení. Účinným čištěním odpadních vod produkovaných při běžných činnostech, jako je mytí nádobí, praní a používání vody ve společných prostorách, zajišťují tyto DČOV optimální čistotu.

ČOV do 500 EO

Tyto čistírny jsou určeny pro malé a střední zdroje odpadních vod a jsou kategorizovány jako balené čistírny. Vyrábějí se jako standardizovaný typ a na místo se dopravují jako plně smontovaný výrobek.

ČOV od 500 do 2000 EO

Tyto městské mechanicko-biologické čistírny odpadních vod jsou již považovány za klasické, využívající metody primárního a sekundárního čištění při provozu s nízkou nebo střední zátěží aktivovaného kalu.

ČOV od 2000 do 5000 EO

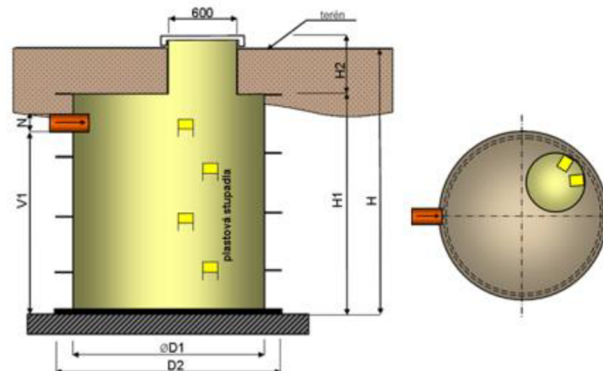
Jedná se o automatické mechanicko-biologické ČOV s dočišťováním odtoků na výstupu z ČOV. Tyto ČOV jsou obvykle navrhovány jako dvoulinkové, což umožňuje postupné připojování obyvatel v souladu s harmonogramem budování kanalizace. Garantované parametry kvality odtoku z čistírny splňují požadavky dané Nařízením vlády č. 61/2003 Sb. a 229/2007 Sb. nejen pro velikost zdroje znečištění do 2000 EO, ale i pro kategorie nad 2000 EO.

7.1.1 Jímání splaškových vod

Bezodtoková jímka – žumpa

Obr. 17 znázorňuje jednokomorovou jímku, která neřeší čištění nebo likvidaci odpadních vod: jejich úkolem je spíše jejich akumulace a shromažďování z budov, především v oblastech, kde odpadní vody nelze odvádět do kanalizace. Vyrábějí se především z betonu a v dnešní době také z polypropylenu. U rodinného domku bývá kapacita žumpy kolem 10 m³ a nesmí být opatřena odtokem ani přepadem. Ze žumpy je nutné hygienicky odstranit a zlikvidovat všechny přitékající a nahromaděné odpadní vody. To lze provést buď jejich vyčištěním na ČOV, nebo jejich využitím pro účely hnojení polí a luk závlahou, ale pouze v době vegetačního klidu. Bezodtokové jímky se používají především u rekreačních budov, obytných budov bez přístupu k centrální čistírně odpadních vod a obytných a rekreačních budov bez odtoku vyčištěných odpadních vod do recipientu.

Nevýhodou bezodtokové jímky jsou provozní náklady, které zahrnují nutnost časté údržby pro zajištění správné vyváženosti obsahu, přítomnost pachů při manipulaci s odpady a požadavek na velký prostor pro instalaci. Náklady za zneškodňování odpadních vod se pohybují dle místních podmínek ve výši 1000 - 1500 Kč za odvoz a velikosti objemu dopravního prostředku. K tomu je nutné přičíst poplatek provozovateli ČOV ve výši 110 Kč za každý m³ odpadních vod přivezený na ČOV. Umístění žumpy na pozemku je nutné volit v souladu s ČSN 75 6011 tak, aby byly dodrženy minimální vzdálenosti žumpy od stěny budovy a vodního zdroje (Hoffman a Novák 2002, ČSN 75 6011).



Obr. 17: Schéma bezodtokové jímky (dostupné z: <https://www.aquaform.cz/bezodtokove-jimky.php>)



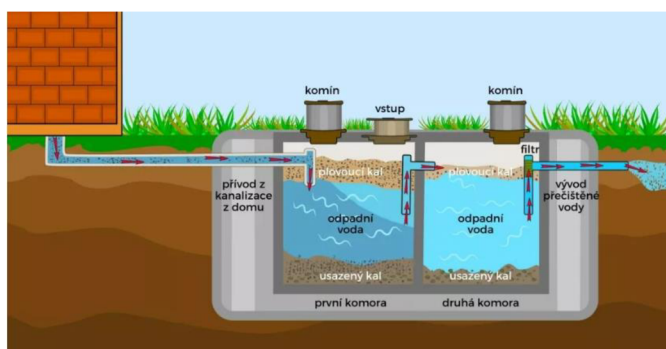
Obr. 18: Železobetonová žumpa s výkopem (dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/126336-zelezobetonove-zumpy>)

Septik

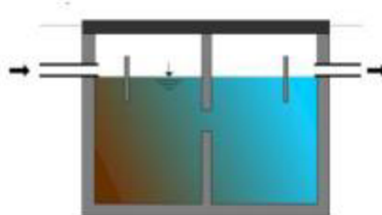
Septik (obr. 20) je vícekomorová průtočná zakrytá nádrž umístěná v zemi, ve které dochází k sedimentování splaškových vod. Zachycením NL a případnými aerobními procesy dochází ke snížení organického znečištění (BSK₅ a CHSK). Většinou se využívá jako mechanicko-biologické předčištění před hlavním čištěním, které bývá zajištěno zemním filtrem, stabilizační nádrží, popřípadě vegetační čistírnou. Z hlediska funkce je důležitý dostatečný objem septiku – orientačně 0,6 – 1 m³/obyvatele. Septik lze navrhnout jako samostatný čistící prvek pro objekty do 5 EO (Oakes 2015).

Septik je rozdělen přepážkami na více komor (obr. 19), což umožňuje postupný tok odpadu. Každá komora musí mít vchod pro usnadnění odstraňování usazenin a kalů, což by mělo být prováděno pravidelně, alespoň jednou ročně. Septik je vhodný zejména pro rekreační objekty a obytné domy, které budou v blízké době připojeny na centrální ČOV. Vyniká provozní nenáročností, nulovou spotřebou elektrické energie a nízkými provozními náklady.

Nevýhodou septiku je vyšší pořizovací cena, nízká účinnost čištění odpadních vod a v některých případech nutnost dalšího čištění (Hoffman a Novák 2002).



Obr. 19: Princip funkce septiku (dostupné z: <https://www.betonovejimky-septic.cz/betonovy-septik/>)



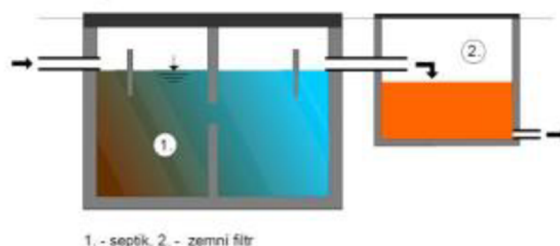
Obr 20: Septik (vlastní nákres)

Zemní filtr

Zemní, obvykle pískový filtr (obr. 21) slouží jako hlavní systém čištění odpadních vod ze septiků a dočišťování odtoku z mechanicko–biologické ČOV. Zařazuje se obvykle za septik. Skládá se z několika vrstev materiálu – písku, šterku a dalších filtračních materiálů (zeolit, struska aj.). Odpadní voda protéká jednotlivými vrstvami do zemního filtru, přirozeným prouděním je přiváděn vzduch. Využitím filtru na dočištění se účinnost čištění podstatně zvyšuje. Jeho životnost nebývá delší než 15 let z důvodu úniku hrubých nečistot do filtru (Sojka 2002).

Zemní filtr je vhodný zejména pro rekreační střediska se sezónním provozem, má nízké provozní náklady a nulovou spotřebu elektrické energie.

Nevýhodou zemního filtru jsou zejména vysoké nároky na plochu a velký rozdíl výšek mezi nátokem a odtokem z filtru (Oakes 2015).



Obr. 21: Septik se zemním filtrem (vlastní nákres)

7.1.2 Domovní čistírny odpadních vod

Domovní čistírna odpadních vod (obr. 22) je vhodná pro čištění odpadních vod přímo u nemovitosti či jejich skupin, kde není možnost napojit se na veřejnou kanalizační síť. Do domovních čistíren se neodvádějí dešťové vody.

Konstrukčně se většinou jedná o ucelený kontejner z plastu, laminátu nebo nerez, který může být doplněn o akumulční nádrž – tzn. domovní čistírny odpadních vod balené přímo od výrobce a certifikované dle normy ČSN EN 12566-3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod.

V současné době jsou domovní čistírny odpadních vod řízené převážně počítačem, displej je umístěn přímo u DČOV nebo uvnitř domu. Majitel tak může kontrolovat správnou funkci DČOV a zároveň volit program s příslušným požadovaným režimem činnosti (např. víkendové zatížení, přerušované zatížení, plné zatížení...).

Domovní čistírny zaznamenaly v posledních letech velký rozvoj, a to zejména díky výraznému pokroku technologie v čištění. Princip jejich fungování je v zásadě stejný jako u centrálních čistíren odpadních vod. Čištění probíhá jak mechanicky, tak biologicky. Technologie čištění u DČOV jsou možné dvě – anaerobní a aerobní, případně jejich vzájemná kombinace. Oba typy odbourávají mikroorganismy z přiváděné odpadní vody. Anaerobní způsob čištění je však o něco méně účinný než způsob aerobní, který vyžaduje přísun kyslíku do aktivační směsi (TZB-info ©2004, ČSN EN 12566-3).

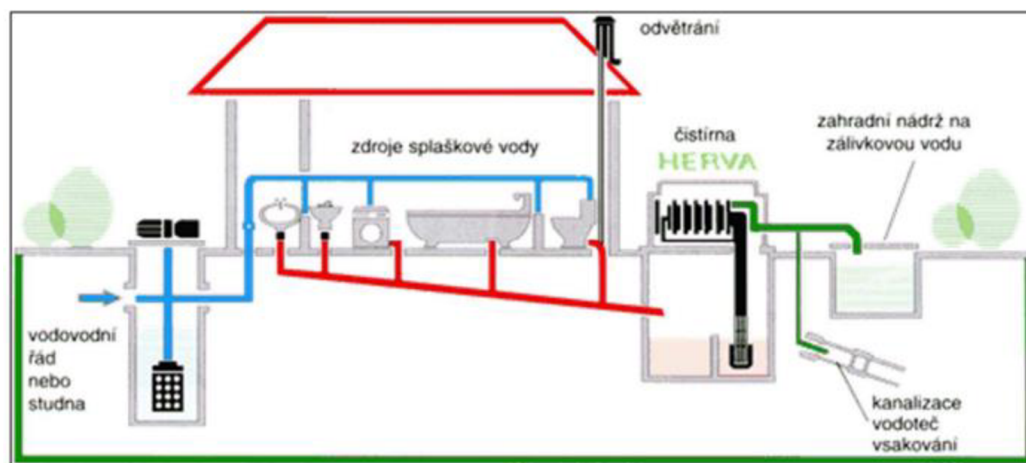
Anaerobní domovní čistírna odpadních vod

Tato technologie je, jak už bylo zmíněno, méně účinná, a proto se doporučuje v objektech, které nejsou trvale využity. Vhodná je pro malé víkendové provozy nebo

rekreační objekty. Domácí anaerobní čistírny se obvykle kombinují s dalšími. Mezi výhody se řadí nízké provozní náklady či možnost přerušovaného provozu. Mezi nevýhody patří požadavky na zastavěnou plochu a omezená životnost dočišťovacích filtrů (Sojka 2013).

Aerobní domovní čistírna odpadních vod

Aerobní domovní čistírny se využívají u trvale obydlených objektů. Principů čištění je několik. Všechny vyžadují dodávku kyslíku do aktivací směsi. Nejméně používanou technologií jsou biologické filtry, naproti tomu obecně rozšířenou technologií představují rotační biodiskové čistírny, které vynikají stabilitou provozu. Další technologií je aktivace. K provozu všech druhů je třeba elektrické energie. Mezi výhody aerobních domovních čistíren lze zařadit nízké pořizovací náklady a nenáročnost obsluhy. Nevýhodou je naopak vysoká potřeba příkonu elektrické energie (Sojka 2013).



Obr. 22: Schéma umístění domovní čistírny odpadních vod (dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_9.pdf)

7.1.3 Mechanicko–biologické čistírny odpadních vod

Mechanicko-biologické ČOV jsou téměř vždy tvořené kombinací betonové nádrže, nadzemní provozní budovy a technologické části, která je nainstalovaná do stavební části a řídí se podle ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500.

Čistírna odpadních vod je tvořena částmi, kde dochází k hrubému předčištění, k mechanickému stupni čištění, biologickému stupni čištění a kalovému hospodářství. U malých čistíren odpadních vod může být hrubé předčištění vynecháno a nahrazeno větší kapacitou biologického stupně čištění (Just et al. 1999).

Odpadní voda je na mechanickou část přiváděna ze stokové sítě. První mechanické překážky, mezi něž patří lapák šterku, síta a tzv. česle, odstraní hrubé plovoucí nečistoty. Následuje lapák písku, často v kombinaci s lapákem tuků. Posledním stupněm mechanického předčištění je usazovací nádrž. Odpadní voda je zde rozdělena do tří částí, tzv. frakcí. Na dně se usazuje surový kal, který je

odčerpáván do vyhnivací nádrže. Uprostřed se nachází vyčištěná voda obsahující pouze okolo 10 % nečistot. Na povrchu se nachází lehké usazeniny, které jsou odstraňovány lapákem (Bindzar et al. 2009).

Následující biologická část probíhá v aktivačních nádržích. Principem je využití aerobních bakterií pracujících za dodávání vzduchu, které odstraňují 99 % organického znečištění. Za neustálého vhnění vzduchu probíhají procesy, kdy se odbourávají organické látky za vzniku CO₂ a vody. Takto zpracovaná voda následně vstupuje do dosazovacích nádrží, v nichž dochází k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu s využitím jeho usazování. Část kalu se pak vrací do aktivačních nádrží. Surový kal i zbytek aktivovaného kalu se zpracovává ve vyhnivací nádrži. Zde dochází k tzv. anaerobní stabilizaci, při níž dochází k přeměně většiny rozložitelných organických látek na bioplyn (Bindzar et al. 2009).

7.1.4 Kořenové čistírny odpadních vod

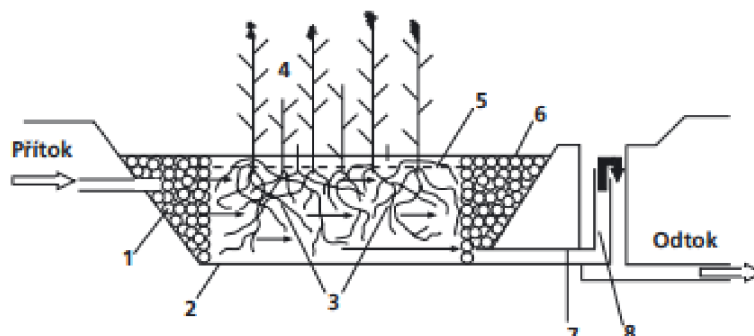
Kořenová čistírna odpadních vod (obr. 23) je mnohdy neprávem opomíjený způsob čištění odpadních vod. Jedná se o způsob, který nevyžaduje elektrické ani mechanické zařízení, a s tím spojený přísun elektrické energie, a zároveň nešíří hluk ani zápach. Vyžaduje minimální údržbu a náklady na vybudování jsou v porovnání s ostatními metodami také výrazně nižší (Vymazal 2004).

Základním principem u KČOV je horizontální průtok odpadní vody propustným substrátem, který je osázen mokřadními rostlinami. Při průtoku odpadní vody filtračním materiálem dochází k odstraňování znečištění kombinací fyzikálních, chemických a biologických procesů. Název kořenová čistírna odpadních vod pochází z anglického „Root Zone Method“, což bylo pojmenování umělých mokřadů s podpovrchovým horizontálním průtokem, které se používalo v 70. a 80. letech 20. století (Křiška a Němcová 2015).

Typické uspořádání kořenové čistírny odpadních vod (obr. 23):

- Předčištění: Před vlastní kořenovou čistírnu je vždy nutné zařadit mechanické předčištění, které je pro tento typ čištění velmi důležité. V případě nedokonalého předčištění se dostatečně neodstraní nerozpuštěné látky, které mohou následně ucpat vlastní filtrační lože. Pro domovní čistírnu postačuje jednoduchý septik nebo usazovací nádrž. Pro malé obce je nejvhodnější kombinace česlí a šterbinové nádrže, případně doplněné o lapák písku a šterku.
- Filtrační lože: Filtrační lože je většinou 60 až 80 cm hluboké a substrát musí být dostatečně propustný, aby nedocházelo k ucpávání. V současné době se nejvíce používá praný šterk, drcené kamenivo nebo kačírek o zrnitosti 4/8 nebo 8/16 mm. Je vhodné používat pouze jednu frakci, neboť při použití více frakcí může dojít k nedokonalému promísení jednotlivých frakcí a poté se mohou vytvářet zkratové proudy ve filtračním loži. Rozvodné a sběrné zóny jsou vyplněny hrubým kamenivem (50–200 mm), aby se odpadní voda dobře rozvedla po celém profilu nátokové hrany. Filtrační lože je odděleno od podloží nepropustnou vrstvou, nejčastěji plastovou fólií (PVC, PE), aby nedocházelo k nekontrolovaným průsakům do podloží a následnému znehodnocování podzemních vod.

- Vegetace: Mokřadní rostliny plní v kořenových čistírnách řadu důležitých funkcí. Pro malé domovní čistírny lze využít mimo jiné i mokřadní rostliny, které mají dekorativní charakter. Rostliny se vysazují v hustotě 4 – 8 na 1 m² přímo do štěrkového lože, pokud možno bez zeminy. Distribuce odpadní vody: Předčištěná odpadní voda je běžně přiváděna přímo do rozvodné zóny, která je vyplněna hrubým kamením. Pro rozvod se většinou používají plastové trubky s velkými otvory, aby se zabránilo ucpávání. Sběrné potrubí je uloženo na dně filtračního lože a je spojeno v odtokové šachtě s výpustním mechanismem, kterým se nastavuje výška vodního sloupce ve filtračním loži. Při běžném provozu se hladina vody udržuje 5 – 10 cm pod povrchem filtračního lože. V zimních měsících lze vodní hladinu snížit (Křiška a Němcová 2015).



Obr. 23: Typické uspořádání kořenové ČOV (Vymazal, 2004)

1 – distribuční zóna (kamenivo 50 – 200 mm), 2 – nepropustná bariéra (PVC nebo PE), 3 – filtrační materiál (kačírek, štěrk), 4 – vegetace, 5 – výška vodní hladiny v kořenovém loži, 6 – odtoková zóna, 7 – sběrná drenáž, 8 – regulace výšky hladiny

Využití KČOV:

V Evropě se KČOV využívají téměř ve všech zemích, nejvíce kořenových čistíren je v Německu. Většinu tvoří malé domovní čistírny, které doplňují stávající septiky. KČOV v České republice slouží převážně pro čištění městských a domovních splaškových vod jako hlavní stupeň čištění. Pouze několik málo KČOV je navrženo jako dočišťovací stupeň. Kořenové čistírny jsou navrhovány a dimenzovány především pro odstraňování organických a nerozpuštěných látek, tj. parametrů, které jsou limitovány pro malé zdroje znečištění (Vymazal 2004).

Účinnost KČOV:

Kořenové čistírny prokazují vysokou účinnost při odstraňování organických a nerozpuštěných látek, mikrobiálního znečištění a těžkých kovů. Pokud jsou KČOV dimenzovány za účelem odstranit především organické a nerozpuštěné látky, je eliminace fosforu a dusíku poměrně nízká a pohybuje se v rozmezí 40 – 50 % pro splaškové vody. Hlavním důvodem nízkého odstranění fosforu je malá sorpční kapacita používaných filtračních materiálů. Eliminace dusíku je limitována slabou schopností kořenových čistíren oxidovat amoniak, který je hlavní formou dusíku ve splaškových odpadních vodách (Vymazal 2004).

8. ZPŮSOBY FINANCOVÁNÍ LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD

Výchozí pozice

Hlavním původcem odpadních vod jsou domácnosti, respektive občané. Odpovědnost za likvidaci odpadních vod mají vlastníci nemovitostí, ať už prostřednictvím čistírny odpadních vod, jinými povolenými způsoby nebo využitím např. žumpy. Typicky je individuální způsob zneškodňování odpadních vod řešen v kontextu residenčního bydlení.

Při likvidaci odpadních vod v obcích bez kanalizační sítě nese odpovědnost výhradně vlastník nemovitosti. Tento individualizovaný přístup k likvidaci odpadních vod je běžně uplatňován v mnoha malých obcích. Využití této metody lze sledovat v koncepčních dokumentech jako je PRVKÚK, kde je také často doporučována.

Nakládání s povrchovými vodami na území obce spadá do působnosti obce samotné, která je rovněž povinna dohlížet na provoz případné dešťové kanalizace, kterou vlastní. V případě, že se v obci dešťová kanalizace vyskytuje, je dovoleno do ni zaústit pouze dešťovou vodu. K efektivnímu plnění této povinnosti má obec možnost najmout řádně oprávněného provozovatele (Bártová 2018).

Pokud je v obci funkční jednotná nebo splašková kanalizace, mají domácnosti možnost do ní splašky vypouštět. Za konečnou likvidaci odpadních vod je však odpovědný vlastník kanalizace, typicky obec. Obec je oprávněna tuto povinnost přenést na jiný subjekt, např. svazek obcí, který lze za tímto účelem zřídit podle zákona o obcích. Infrastrukturní majetek může být do svazku vložen s právem provozu, majetkově však zůstává na obci. Pro budování kanalizace, případně ČOV, je výchozí pozice obce velice důležitá (Jágllová et al. 2009).

Při řešení problematiky odpadních vod musí obec určit míru své angažovanosti v této věci. Každá obec má v současné době schválenou koncepci nakládání s odpadními vodami, a to ve schváleném PRVKÚK. Toto řešení by mělo být zahrnuto i do ÚP obce s přihlédnutím k územním požadavkům. Pokud se obec zavazuje problém aktivně řešit a převzít odpovědnost, musí se seznámit s řešením nastíněným v ÚP a PRVKÚK a také se základními technickými a ekonomickými parametry. Klíčovým a závazným dokumentem, který poskytuje podstatné informace, je zejména PRVKÚK. Pokud se však obec rozhodne řešit problematiku bez aktivní role, může se zaměřit na individuální řešení likvidace odpadních vod. I v tomto scénáři však musí být obec připravena na minimální zapojení, zejména do nastolení příznivého právního a ekonomického prostředí (Bártová 2018).

Kromě obce existuje další potenciální subjekt, který se může aktivně podílet na budování a provozu infrastruktury v obcích, jako například vlastnické sdružení (dobrovolný svazek obcí) nebo soukromá korporace. Převzetím těchto povinností vyřizuje tento subjekt za obec většinu nezbytných úkonů, přičemž obec se předem stanoveným způsobem účastní, často spolufinancováním. Tento systém nabízí výhodu snížení obav z problémů souvisejících s likvidací odpadních vod. Zároveň však vyžaduje, aby obec dodržovala pravidla subjektu, zejména pokud jde o výši stočného, placeného obyvateli. V současné době jsou v České republice přítomny všechny tři výše uvedené modely.

Pro dosažení nejvhodnějšího rozhodnutí se doporučuje zadat technicko-ekonomickou analýzu, která bude prezentována v různých variantách. To umožní obci vyhodnotit a určit nejvhodnější přístup k likvidaci odpadních vod. Analýza by měla zahrnovat různé dostupné metody likvidace odpadních vod spolu s jejich odpovídajícími technickými a ekonomickými aspekty. Pro vhodné rozhodnutí je klíčové u každé investiční varianty uvést předběžný finanční model spolu s odpovídajícím dotačním titulem, který umožní spolufinancování zvoleného řešení. Významným faktorem v rozhodovacím procesu je navíc postoj obyvatel obce. Je nezbytné poskytnout jim všechny relevantní informace, včetně jejich odpovědnosti za řádnou likvidaci odpadních vod v území a podrobnosti o financování vybrané varianty, jakož i spolupráci s projektantem, mimo jiné důležité aspekty (Jágllová et al. 2009).

Je důležité poznamenat, že pro většinu malých obcí je řešení tohoto problému bez dotací téměř nemožné z důvodu značných finančních nároků jak na realizaci, tak i na provoz.

8.1 Dotace

Při zvažování, jak řešit odvádění odpadních vod v rámci obce, je primární důraz kladen na ekonomickou stránku. Rozhodovací proces zahrnuje vyhodnocení celkové velikosti investice a provozních nákladů, které ovlivní jednotlivé občany (stočné). Pro získání podstatných ekonomických informací je vhodné konzultovat PRVKÚK a přezkoumat technicko-ekonomickou studii navrhované varianty. Již v této fázi bude zřejmé, která varianta je pro obec jako investora ekonomicky nejvýhodnější. Ekonomická realizovatelnost se neobejde bez příspěvku, tedy finanční dotace. Marková (2000) uvádí, že dotace jsou dle zákona chápány jako nenávratně poskytnuté prostředky z rozpočtů, za které není požadováno protiplnění. Nenávratné jsou v tom smyslu, že pokud příjemce splní podmínky plnění, za kterých mu byly poskytnuty, nevzniká mu vůči rozpočtu žádný závazek.

Mezi nejvýznamnější zdroje dotací dle Peková (2004) patří:

- státní rozpočet a fondy
- územní samosprávné celky (kraje, obce)
- mimostátní zdroje (především z EU)

Obce mohou čerpat dotace od jednotlivých ministerstev, které pro každý rok vypisují své dotační programy. Dále mohou čerpat z všeobecné a pokladní správy. Tyto prostředky jsou určené především na realizace či rekonstrukce vodovodů, kanalizací, nebo silnic (Peková 2004).

8.1.1 Financování s dotací

V případě, že se obec rozhodne financovat realizaci likvidace odpadních vod na svém území pomocí dotace, lze využít např. operačního programu Ministerstva životního prostředí. Jen za rok 2022 bylo v rámci tohoto programu k dispozici 7,5 miliardy korun. Financování pochází z fondů EU – Evropského fondu pro

regionální rozvoj (EFRR) a Fondu soudržnosti (FS). Program je vypisován na roky 2021 – 2027 a přesto, že rozsah podporovaných oblastí je velký, zaměřuje se také na projekty zlepšující přístup k pitné vodě či lepšího čištění OV. Na nové čistírny odpadních vod, vylepšení těch stávajících a odkanalizování a čištění odpadních vod je pak k dispozici 1,5 miliardy korun (Ekolist ©2022).

Dotace na rozvoj vodovodů a kanalizací prostřednictvím investičních dotačních programů nabízí také Ministerstvo zemědělství. Aktuálně je na období 2021–2025 k dispozici program 129 410 „Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací III“, který navazuje na úspěšné dotační programy z předchozích let.

Před podáním žádosti o podporu je třeba mít vypracovaný projekt, který je v souladu s PRVKÚK a ÚP dané obce. V případech, kdy tomu tak není, je žádost o dotaci vyřazena. Dále je třeba se podrobně seznámit s podmínkami výzvy a způsobilými výdaji. Příklad dotačního titulu zaměřeného na oblast vodohospodářské infrastruktury – výstavby, intenzifikace ČOV, či dobudování kanalizací je uveden v kapitole 8.1.1.1.

8.1.1.1 Dotace pro obce na výstavbu ČOV a kanalizace

Operační program Životní prostředí 2021 – 2027 – Specifický cíl 1.4 Vodovody a Kanalizace

Podporované aktivity:

- ***1.4.1 Výstavba ČOV (centrální ČOV, možnost decentralizovaného řešení – pro dílčí lokality), dobudování/výstavba kanalizací (podpora oddílné kanalizace, jednotná jen v případě podchycení stávající jednotné kanalizace)***
- ***1.4.2 Intenzifikace ČOV za účelem zvýšeného odstraňování specifického zatížení***
- ***1.4.3 Opatření omezující vypouštění OV z odlehčení do kanalizací (akumulační nádrže, retenční nádrže)***

Jedná se o příklad dotace zahrnující výstavbu, dostavbu, rekonstrukci a intenzifikaci ČOV, výstavbu hlavních kanalizačních sběračů, kanalizační sítě a souvisejících objektů, které jsou spojeny s výstavbou čistírny odpadních vod, dostavbu kanalizačních systémů a souvisejících objektů, vyjma ČOV, minimálně pro 100 obyvatel, za předpokladu, že odpadní vody budou odváděny a následně čištěny. Realizovaná akce se musí nacházet na území obce. Akce musí být v souladu se schváleným PRVKÚK. Realizovaná ČOV musí splňovat vyhlášenou jakost vypouštěné vody stanovenou vodoprávním úřadem. Napojeno musí být minimálně 50 % obyvatel obce.

Výše podpory:

- 70 % ze způsobilých výdajů = nová výstavba
- 30 % ze způsobilých výdajů = intenzifikace ČOV (max. 25 mil. Kč)

Min. výše způsobilých výdajů: 3 mil. Kč (2 mil. Kč. intenzifikace ČOV, odlehčení, retence) (Vráblíková 2022).

Nabídka dotací je v rámci operačního programu Životní prostředí 2021 – 2027 zaměřena kromě vodovodů a kanalizací také na oblasti energetických úspor, obnovitelných zdrojů energií, adaptací na změnu klimatu, oběhového hospodářství či přírody a znečištění.

8.1.2 Financování bez dotace

Města a obce musí pro získání dotačního titulu splnit specifická ekonomická kritéria. K nezískání dotace často dochází z důvodu podání návrhu, který je v PRVKÚK technicky i finančně náročný. Nesplnění ekonomických kritérií, včetně nezbytných finančních nákladů na obyvatele, může navíc vést k odepření dotačního titulu (Jágllová et al. 2009).

Pro malé obce je často nejschůdnější variantou individuální likvidace OV, která je často navrhována jako alternativa v ÚP nebo PRVKÚK obce. Je důležité zdůraznit, že tento způsob je v souladu se zákonem a zaručuje dodržování předpisů o likvidaci odpadních vod a zároveň umožňuje obci přenést tuto odpovědnost na vlastníky nemovitostí. Kromě toho může obec přispět ekonomicky, např. poskytnutím účelové dotace ze svého rozpočtu, i administrativně, vyřizováním záležitostí stavebního a vodoprávního úřadu.

Při rozhodování o vhodnosti tohoto řešení hraje zásadní roli právní rámec. Pro dosažení co nejlepšího výsledku se doporučuje schválit OZV, kterou bude vydávat sama obec. Mezi klíčové aspekty této OZV patří jasný nástin procesu likvidace OV a případné poskytnutí pomoci ze strany obce, např. zajištění nejvýhodnějšího dodavatele DČOV.

Výhodou tohoto přístupu lze získat lepší kontrolu nad čištěním OV, vyvážením kalu a další výhodou je předcházení potenciálním budoucím problémům souvisejícím s přístupem k jednotlivým zařízením (Bártová 2018).

9. METODIKA

Prvním krokem při psaní této bakalářské práce bylo vytvoření rešeršní části tak, aby dostatečně přiblížila problematiku kanalizačních sítí a likvidací odpadních vod. Součástí toho pak bylo shromáždění kvalitních odborných zdrojů, pomocí nichž bylo tento krok možno provést. Jelikož řešená ČOV spadá do majetku, který provozuje společnost VODÁRNA PLZEŇ a.s., tvořily literární zdroje i provozní řády společnosti. Do rešeršní části byly kapitoly vybrány tak, aby čtenář získal znalosti, potřebné k pochopení souvislostí zpracovávaného tématu.

Druhým krokem pak bylo oslovení provozu ČOV Plzeň – okolí, který ČOV v Tlučné provozuje a zajišťuje sběr a archivaci provozních podkladů. Na základě poptávky mi byly poskytnuty informace o zásobování vodou, odvádění OV v aglomeraci, dále o kapacitních a hydraulických poměrech včetně dat o látkovém zatížení a informací souvisejících s pokračující intenzifikací na ČOV Tlučná. K nalezení a objektivnímu hodnocení technologie byla použita porovnávací metoda. K jejímu upřesnění bylo nutné přihlédnout k výběru z více kritérií, tj. provést multikriteriální výběr pro návrh technologie čištění odpadních vod vybrané obce na základě zvážení místních poměrů, složení a charakteru odpadních vod, znalosti územního plánu, tržních cen, ekonomických možností investora, vlastností použitých materiálů nebo zhodnocení jednotlivých technologií likvidace odpadních vod a nákladů nutných k výstavbě a provozu. Na základě zkušeností byly vyhodnoceny provozní problémy související s intenzifikací a návrh jejich řešení tak, aby se již neopakovaly.

Dalším krokem bylo ze získaných provozních dat zjištění provozních výsledků intenzifikace pomocí ukazatelů znečištění BSK, CHSK a N_{celk} , jejich posouzení vůči skutečným srážkovým úhrnům a vyhodnocení, zda je tato technologie efektivní i vzhledem k blížícímu se vydání aktualizace směrnice o čištění odpadních vod a s tím související zpřísnění norem.

10. AGLOMERACE NÝŘANY – TLUČNÁ – VEJPRNICE

10.1 Charakterizace a popis obcí

Území tří obcí, a to města Nýřany včetně části Kamenný Újezd, obce Tlučná a obce Vejprnice leží směrem západně od krajského města Plzně, a to v uspořádání za sebou, přičemž území obce Vejprnice bezprostředně navazuje na území města Plzně, a to na k. ú. Skvrňany a Křimice (obr. 24). V celé aglomeraci žije trvale přibližně 13 500 obyvatel.

Odvodňované území se nachází v tzv. Plzeňské pánvi, tvořené karbonskými vrstvami třetihor. V minulosti (do roku 1995) se na území všech obcí těžilo hlubinným způsobem uhlí. Toto území je dnes tedy poddolované a i přes oznámení o stabilizaci terénu nelze s úplnou jistotou vyloučit poklesy půdy a zemského povrchu. V době těžby se z dolu čerpala důlní voda z hloubky až 190 m. Po ukončení těžby bylo zastaveno čerpání vody a důl se začal postupně zatápět, což se již v současné době projevuje na různých místech všech obcí zvýšenou hladinou podzemní vody, která na takové úrovni nikdy v nedávné minulosti nebyla. Následkem toho začalo docházet k narůstání objemu balastních vod vnikajících do kanalizace.

Celé území Plzeňské pánve je značně ploché, zejména v podélném směru. To je velmi zřetelné u recipientu Vejprnický potok (pravobřežní přítok Mže), který celým územím a všemi obcemi protéká a odvodňuje je, a který má velmi malý spád. Zájmové území, tj. intravilán všech tří obcí, leží v nadmořské výšce 328 až 370 m n. m., část k. ú. Nýřany (Pankrác) až 405 m n. m. Obcemi procházejí komunikace II. tř. II/203 a II/180, v blízkosti všech obcí jižním směrem je vedena trasa dálnice D5 ve směru Plzeň – Rozvadov. Všemi třemi obcemi probíhá železniční trať Plzeň – Domažlice a každá obec má svoji železniční stanici.

Zástavba v intravilánu obcí je rozmanitá. Tvoří ji původní zemědělská stavení, starší i nové rodinné domy se zahradami a sídliště z 50. až 60. let 20. století pro zaměstnance dolů, v Nýřanech pak ještě novější sídliště panelových bytových domů z 80. let 20. století, které nahradilo nevyhovující zástavbu v centrální části města. V současné době se intravilán obcí rozšiřuje zástavbou rodinných domů i výstavbou nových bytových domů. Obce měly a mají průmyslově – zemědělsko – sídlištní charakter. V současné době se v okolí dálnice rozvíjí lehký průmysl, služby, drobné podnikání, zůstává tradiční zemědělství. Část obyvatel obcí dojíždí za prací do krajského města Plzně. Město Nýřany je největší obcí okresu Plzeň-sever a je sídlem obce s rozšířenou pravomocí. Větší část agendy tohoto úřadu se však vykonává na pracovišti v Plzni.

V současné době není na území žádné z obcí větší významný průmyslový závod napojený na kanalizační systém ukončený čistírnou odpadních vod v Tlučně, který by produkoval průmyslové odpadní vody a významněji ovlivňoval odkanalizování a čištění odpadních vod. Všechny obce mají vybudovaný vodovod pro veřejnou potřebu napojený na vodovod města Plzně. Zdrojem vody je tedy vodárna města Plzně. Během posledních 15 let došlo na celém území obcí k výraznému zkvalitnění technické infrastruktury. Dokončena byla výstavba vodovodních a kanalizačních řadů, byla realizována komplexní plynofikace.



Obr. 24: Mapový pohled na místní uspořádání obcí (dostupné z: www.mapy.cz)

Srážkové úhrny

Důležitým parametrem z hlediska čištění odpadních vod je také množství srážek, které má významný vliv na koncentraci znečišťujících látek v odpadní vodě. Skutečné srážkové úhrny v Plzeňském kraji jsou vidět v tab. 3.

Tab. 3: Územní srážkové poměry v Plzeňském kraji mezi lety 2014-2018 (dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>)

Územní srážky v Plzeňském kraji													
2014	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
S	21	6	22	35	109	31	125	91	83	63	18	39	643
N	45	39	49	42	67	78	84	81	52	47	48	51	684
%	47	15	45	83	163	40	149	112	160	134	38	76	94
2015	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
S	44	4	49	35	52	62	28	44	27	48	85	21	499
N	45	39	49	42	67	78	84	81	52	47	48	51	684
%	98	10	100	83	78	79	33	54	52	102	177	41	73
2016	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
S	56	60	30	31	44	125	105	45	60	58	38	16	671
N	45	39	49	42	67	78	84	81	52	47	48	51	684
%	124	154	61	74	66	160	125	56	115	123	79	31	98
2017	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
S	35	25	46	70	50	63	65	74	43	72	58	46	647
N	45	39	49	42	67	78	84	81	52	47	48	51	684
%	78	64	94	167	75	81	77	91	83	153	121	90	95
2018	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
S	63	11	32	20	71	76	42	33	60	33	19	90	550
N	45	39	49	42	67	78	84	81	52	47	48	51	684
%	140	28	65	48	106	97	50	41	115	70	40	176	80

S = Úhrn srážek [mm], N = Dlouhodobý srážkový normál [mm], % = Úhrn srážek v % normálu

10.2 Vodní hospodářství v aglomeraci

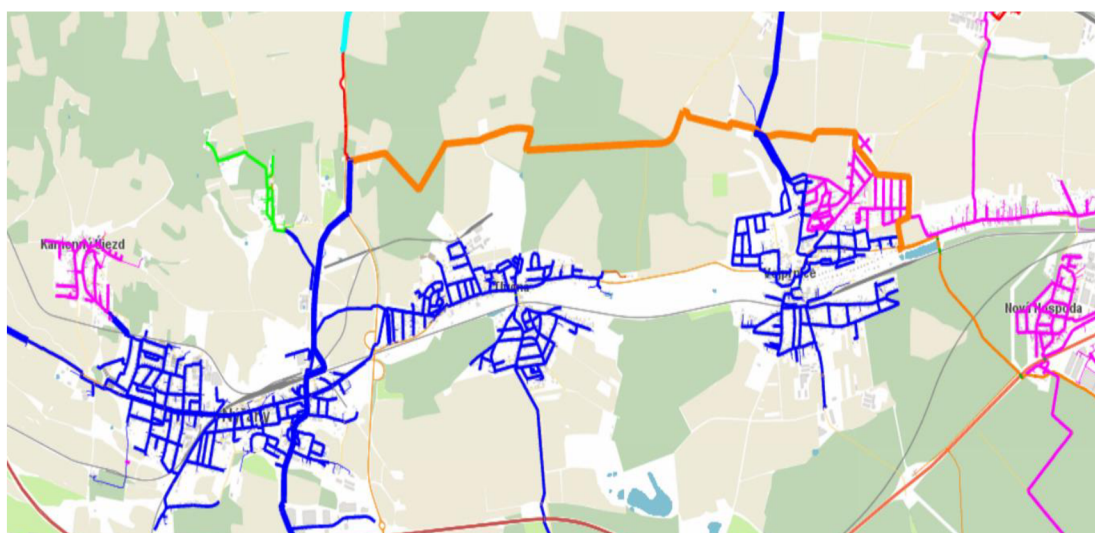
10.2.1 Zásobování vodou

Do Vejprnic je pitná voda přiváděna zásobními řady z Plzně (obr. 25). Hlavní zásobní řad DN 400 - ocel je veden z čerpací stanice v Plzni na Borech. Další DN 200 - ocel zásobní řad je přiveden z Plzně – Skvrňan. Hlavní zásobní řad, který obcí prochází, pokračuje dále do Tlučné a do Nýřan. Z tohoto řadu jsou samostatnou větví plněny vodojemy Vejprnice a Vochoř. Z vodojemu Vejprnice je zásobována převážná část obce. Dílčí lokalita v severovýchodní části obce je napojena na zásobní řad DN 200 z Plzně - Skvrňan. Ve stávající zástavbě je vybudován vodovodní systém v profilech DN 50 až 150, materiál LT a PVC. Vodovod není určen pro požární účely (ÚP obce Vejprnice 2022).

Obec Tlučná je zásobena pitnou vodou ze skupinového vodovodu DN 400 Plzeň – Nýřany – Líně, který provozuje VODÁRNA PLZEŇ a.s., a to gravitačně ze stávajícího vodojemu Pankrác 2 * 1500 m³. Rozváděcí řady v obci jsou z litiny a PVC DN 80 – 200 mm. Na území obce Tlučná je vodovod navržen na celkem 4000 stálých obyvatel vč. územní rezervy (ÚP obce Tlučná 2022).

Město Nýřany má vodovod pro veřejnou potřebu, který zásobuje pitnou vodou všechny obyvatele města. Vodovodní síť je připojena na skupinový vodovod DN 400 Plzeň – Nýřany – Líně, zásobovaný z úpravny vody Plzeň přes vodojem Pankrác 2 x 1500 m³. Osada Pankrác severně od města je připojena na tento vodovod přes automatickou tlakovou čerpací stanici. Rovněž tak je připojena vodovodní síť pro místní část Kamenný Újezd. Místní část Doubrava nemá vodovod pro veřejnou potřebu, obyvatelé jsou zásobováni vodou z místních studní bez záruky kvality a vydatnosti (ÚP města Nýřany 2022).

Přehledná situace vodovodní sítě v aglomeraci je vidět na obrázku 25.



Obr. 25: Přehledná situace vodovodní sítě v aglomeraci (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

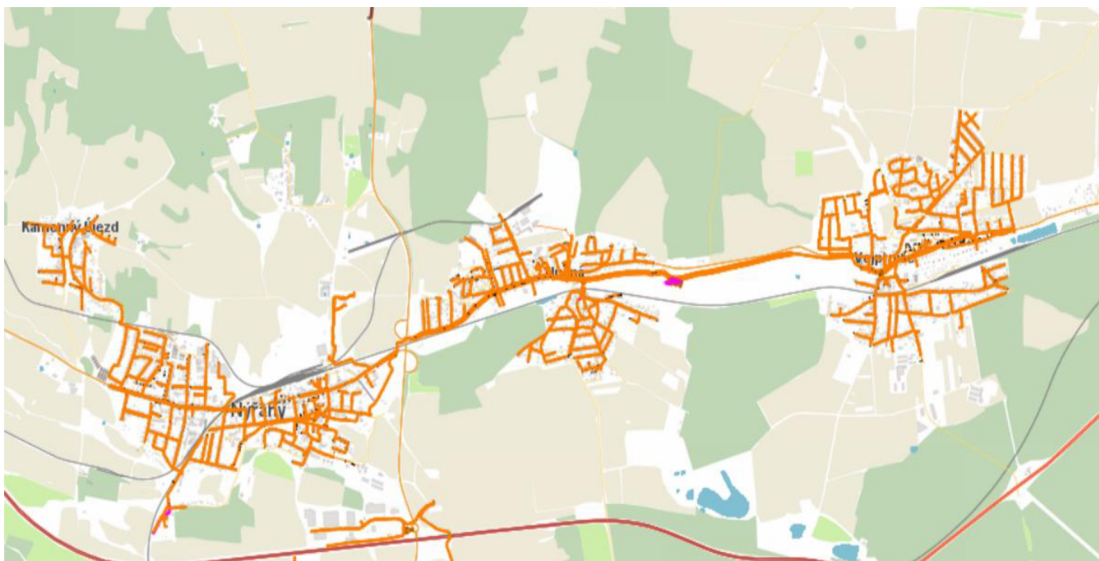
10.2.2 Odvádění odpadních vod

Hlavní kostru kanalizačního systému (obr. 26) obcí Tlučná, Vejprnice, Nýřany a Kamenný Újezd tvoří hlavní kanalizační sběrač v majetku společnosti VODÁRNA PLZEŇ a.s. a kanalizační síť z části v majetku jednotlivých obcí, z části Vodárenské a kanalizační a.s. a z části ČISTÍRNA – svazek obcí Nýřany, Tlučná, Vejprnice, která je také vlastníkem společné čistírny odpadních vod umístěné v obci Tlučná. Celá kanalizační síť je vybudována především z kameniny, litiny, PVC a betonu. Přehledná situace kanalizační sítě v aglomeraci je na vidět na obr. 26.

V obci Vejprnice je vybudován jednotný kanalizační systém. Odpadní vody jsou gravitačně, nebo pomocí lokálních čerpacích stanic odváděny do centrální čerpací stanice, která se nachází na západním okraji obce. Z této čerpací stanice jsou odpadní vody čerpány do gravitačního přivaděče, kterým vody odtékají do společné ČOV v Tlučné. Stávající stav kanalizace vykazuje značné množství balastních vod (ÚP obce Vejprnice 2022).

Obec Tlučná má vybudovanou jednotnou kanalizaci, zakončenou centrální čistírnou odpadních vod, na kterou jsou napojeny obce Tlučná, Vejprnice a město Nýřany. Kanalizace byla budována v různých časových obdobích a je v profilech DN 250 – 1000 mm. Části kanalizace, zvláště na pravém břehu Vejprnického potoka, jsou v nevyhovujícím technickém stavu. V ulici V Rybníčkách je vybudována dešťová stoka, která odvádí vody přímo do Vejprnického potoka (ÚP obce Tlučná 2022).

Město Nýřany má vybudovanou síť jednotné kanalizace pro veřejnou potřebu, odpadní vody po odlehčení dešťových vod jsou čerpány do společné čistírny odpadních vod v Tlučné. Některé staré stoky z betonových trub jsou netěsné a do kanalizace tak vnikají balastní vody – navržena je postupná výměna nevyhovujících částí této sítě. V nových stavebních obvodech se zásadně navrhuje budování jen oddílné kanalizace tak, aby se nezvyšovalo množství srážkové vody v kanalizační síti. V místní části Kamenný Újezd již byla vybudována oddílná soustava. Splaškové odpadní vody jsou odváděny přes kanalizační síť města na ČOV Tlučná, zatímco vody dešťové jsou odváděny dešťovou kanalizací a příkopy do Kbelanského potoka. V místní části Doubrava se nachází pouze jeden úsek dešťové kanalizace. Splaškové odpadní vody jsou jímány v žumpách a vyváženy (ÚP města Nýřany 2022).



Obr. 26: Přehledná situace kanalizační sítě v aglomeraci (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

Základní informace o kanalizační síti v řešeném území jsou uvedeny v tab. 4.

Tab. 4: Základní údaje kanalizační sítě Nýřany - Tlučná - Vejprnice (PŘ kanalizace města Plzně, 2022)

délka jednotné a splaškové KS	69 480 m
délka kanalizačních přípojek	28 650 m
počet kanalizačních přípojek	2 865 ks
počet čerpacích stanic	7 ks
počet shybek	3 ks
počet odlehčovacích komor	23 ks
počet bezpečnostních přepadů	5 ks
počet rozdělovacích komor	1 ks
počet dešťových RN	1 ks
celkový retenční objem RN	130 m ³
odvodňovaná plocha	4,8 km ²

11. ČOV TLUČNÁ

Základní údaje

Čistírna v Tlučné (obr. 27) na severním Plzeňsku zajišťuje čištění odpadních vod v aglomeraci Kamenný Újezd – Nýřany – Tlučná – Vejpřnice. Původní ČOV, která sloužila pouze obci Tlučná, byla zkolaudována a uvedena do provozu v roce 1998. Původně byla čistírna navržena na látkové zatížení 8 700 EO dle ukazatele BSK₅.

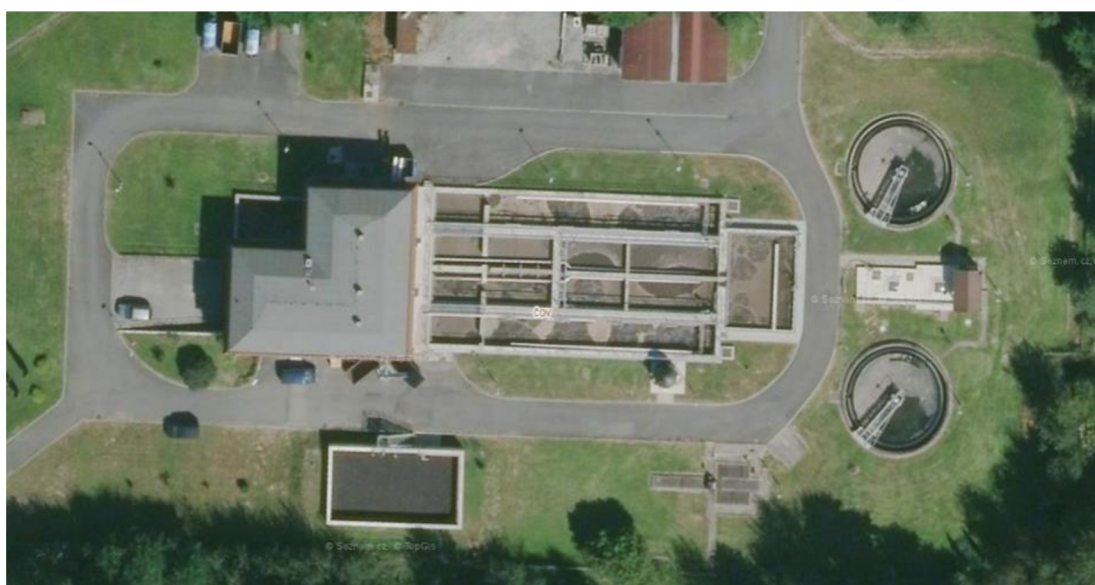
Během několika let se na ČOV Tlučná napojily i okolní obce Vejpřnice a Nýřany. Toto neustálé rozšiřování odkanalizovaného povodí a připojování nových producentů odpadních vod, společně s nedostatečnou nitrifikační kapacitou čistírny v období, kdy mají odpadní vody nízkou teplotu, si v roce 2013 vyžádalo intenzifikaci čistírny v hodnotě přes sto milionů korun. První intenzifikací byla čistírna rozšířena na látkovou kapacitu 9 900 EO a hydraulické zatížení Q_v 3 300 m³.d⁻¹.

S ohledem na další rozvoj aglomerace a probíhající prodeje stavebních pozemků bylo rozhodnuto o dalším rozšíření ČOV Tlučná. Intenzifikace započala v roce 2018 a probíhá v postupných krocích. Konečná kapacita je navržena na 13 000 EO (tab. 5) a vzhledem k očekávanému překročení úrovně 10 000 EO mají úpravy zajistit především dostatečnou účinnost v ukazateli Ncelk.

V obcích nyní trvale žije cca 13 500 obyvatel a v nejbližších letech jich může díky přibývajícím zástavbám a novým průmyslovým závodům přibýt až pět tisíc.

Tab. 5: Kapacitní údaje ČOV Tlučná (PŘ ČOV Tlučná VP, 2022)

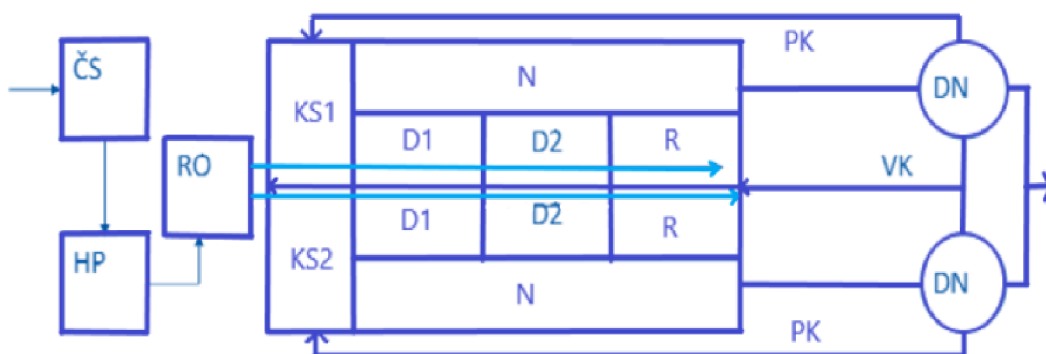
kapacita:	13 000 EO			
hyd. zatížení:				
	Q ₂₄	3 300 m ³ /den	137,5 m ³ /h	38,2 l/s
	Q _h		83,3 m ³ /h	23,1 l/s
	Q _{déšť}		576,0 m ³ /h	160,0 l/s
	Q _{balastní}		7,0 m ³ /h	1,9 l/s



Obr. 27: Letecký pohled na uspořádání dnešní ČOV Tlučná (dostupné z: www.mapy.cz)

12. VÝBĚR TECHNOLOGICKÉHO ŘEŠENÍ LIKVIDACE ODPADNÍCH VOD NA ČOV TLUČNÁ

ČOV Tlučná a celá aglomerace, která je touto čistírnou odkanalizována, leží v oblasti s vysokou hladinou podzemních vod. Z tohoto důvodu je v celé kanalizační síti značné množství chladných balastních vod, což představovalo s dosažením původně instalované kapacity čistírny stále větší problém. Teplota odpadní vody v aktivační nádrži je téměř šest měsíců kalendářního roku nižší než 12 °C a je tak velmi obtížné zajistit v tomto období kompletní nitrifikaci a plnit roční bilanční limity platného vodoprávního povolení v ukazateli N_{celk} . Vysoká hladina podzemní vody se negativně projevila již během výstavby původní čistírny, kdy nebylo možné vybudovat dostatečně hluboké dosazovací nádrže. Ve svém důsledku tedy došlo ke spojení několika negativních jevů – vysokých přítoků na čistírnu, nízkých teplot odpadní vody a omezeného objemu dosazovacích nádrží. Aby nedocházelo k jejich přetížení, nebylo možné podpořit proces nitrifikace za nízkých teplot zvýšenou zásobou aktivovaného kalu a vyšším stářím kalu.

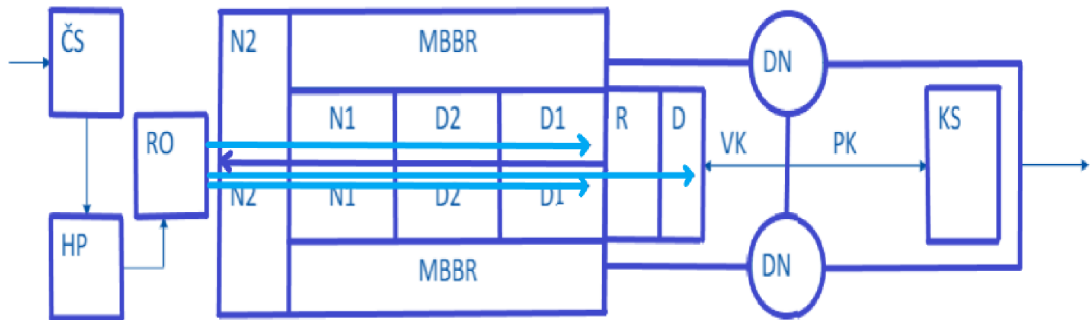


Obr. 28: Zjednodušené schéma ČOV Tlučná před I. intenzifikací (vlastní náčrt)

ČS – čerpací stanice, HP – hrubé předčištění, RO – rozdělovací objekt, D1/D2 – denitrifikační sekce, N – nitrifikační sekce, R – regenerace, DN – dosazovací nádrž, VK – vratný kal, PK – přebytečný kal, KS1/KS2 – kalové silo

Při plánování intenzifikace je tedy kromě nezbytného zvýšení instalované kapacity nejdůležitějším úkolem zajistit vhodné podmínky pro kompletní nitrifikaci a to v průběhu celého roku, včetně období s nízkou teplotou odpadních vod. Protože není možné čistírnu rozšířit prostorově, je nutné zvolit řešení, které dokáže zajistit vyšší stáří kalu ve stávajících objemech.

Při intenzifikacích čistírny je v maximální možné míře využito stávajících nádrží a objemů, vybudována je pouze nová společná regenerační nádrž s pre-denitrifikační sekci a nový kalojem. Zásadní změnou oproti původnímu uspořádání (obr. 28) je využití části nitrifikačních nádrží jako MBBR systému s HDPE nosiči biomasy ve fluidním loži (obr. 29). Důležitou změnou, která je navržena na základě výsledků a provozních zkušeností ze zkušebního provozu po první intenzifikaci, je změna proudění odpadních vod v nádržích s nosiči.



Obr. 29: Zjednodušené schéma ČOV Tlučná po I. intenzifikaci (vlastní nákres)

ČS – čerpací stanice, HP – hrubé předčištění, RO – rozdělovací objekt, D – předřazená denitrifikace, D1/D2 – denitrifikační sekce, N1/N2 – nitrifikační sekce, MBBR – hybridní nitrifikační sekce, R – regenerace, DN – dosazovací nádrž, VK – vratný kal, PK – přebytečný kal, KS – kalové silo

12.1 Technologie ČOV Tlučná po II. intenzifikaci

Technologie čistírny odpadních vod je navržena s ohledem na požadavky nařízení vlády ČR 61/2003 Sb. Současně je plně zohledněn trend v technologii čištění ve světě i u nás. Voleno je takové technické řešení, které respektuje minimalizaci výstavby nových aktivačních reaktorů, a to i přes skutečnost, že požadavkem je navýšení stávající kapacity ČOV a udržení nitrifikace v systému v zimním období.

Uspořádání biologické části je z důvodu maximální bezpečnosti a flexibility provozu zachováno ve dvou paralelních linkách. Pouze objekt nové regenerace a předřazené denitrifikace (vedlejší proud) je společný pro obě linky hlavního proudu (denitrifikace – oxická aktivace - hybridní aktivace). Aplikovaný systém biologické hybridní nitrifikace a denitrifikace a chemického odstraňování fosforu zaručí dosažení nízkých odtokových koncentrací obou nutrientů, přičemž se aplikace solí železa do aktivačního procesu projeví pozitivně i při snížení odtokových koncentrací u ukazatele CHSK.

Odpadní vody jsou jednotnou kanalizací přiváděny do čerpací stanice areálu ČOV. Čerpací stanice (obr. 30), do které jsou přiváděny veškeré odpadní vody, je osazena trojicí ponorných čerpadel. Konstrukce objektu umožňuje přítok odpadních vod nad 60 l/s oddělit do čerpací stanice dešťových vod (obr. 31) s následným čerpáním do dešťové zdrže výkonem čerpadla 100 l/s. Z čerpací jímky jsou čerpány odpadní vody do objektu hrubého předčištění v maximálním množství 60 l.s⁻¹. Mechanické předčištění je tvořeno sdruženou sestavou HUBER, složené z kombinovaného rotačního síta s šířkou průlin 3 mm (obr. 32) a integrovaným provzdušňovaným lapačem písku a lisem na shrabky (obr. 33). Zachycené shrabky jsou lisovány a společně s vytěženým pískem skladovány v kontejneru.

Po mechanickém předčištění jsou odpadní vody přiváděny do rozdělovacího objektu, nacházejícího se před aktivační nádrží. Rozdělovací objekt zajišťuje rovnoměrné rozdělení odpadních vod do obou aktivačních linek s předřazeným pre-denitrifikačním a regeneračním stupněm.



Obr. 30: Čerpací stanice odpadních vod
(vlastní foto)



Obr. 31: Čerpací stanice dešťových vod
(vlastní foto)



Obr. 32: HUBER - kombinované rotační síto
(vlastní foto)



Obr. 33: HUBER - lapače písků a lisy na shrabky
(vlastní foto)

Biologický stupeň sestává ze dvou paralelně protékaných aktivačních linek D-N systému (obr. 34) a společného D-R reaktoru pro obě linky. V rozdělovacím objektu je dále osazeno ponorné čerpadlo, které čerpá část přitékajících odpadních vod v konstantním množství $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ do pre-denitrifikační sekce, která je předřazena před nádrž regenerační, kde se mísí s proudem vratného kalu ze dvou dosazovacích nádrží. Směs následně natéká do regenerační nádrže osazené jemnobublinnými elementy a dále do denitrifikačních sekcí obou aktivačních linek. Výkon dmychadel pro regeneraci je řízen dle aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku v nádrži.

Každá z linek disponuje dvojicí denitrifikačních sekcí. Do první z nich je z rozdělovacího objektu čerpána většina odpadní vody. Druhé denitrifikační sekce jsou kromě míchadel osazeny také jemnobublinnými aeračními elementy, díky kterým je možné v období s nízkými teplotami odpadních vod a nedostatečnou účinností nitrifikace podpořit její proces. Denitrifikační sekce obou linek jsou v rámci druhé intenzifikace a přípravy na dosažení zatížení čistírny $10\,000 \text{ EO}$ osazeny sondami analyzujícími dusičnanový dusík. Tyto sondy jsou nezbytné pro optimální řízení denitrifikačního stupně.

Po průchodu denitrifikačními sekcemi aktivační nádrže přitéká směs odpadní vody a aktivovaného kalu do dvou nitrifikačních reaktorů. První z nitrifikačních sekcí je osazena sondami měřícími aktuální koncentraci rozpuštěného kyslíku, podle níž je řízen chod dmychadel. Na konci druhých nitrifikačních sekcí je měřena aktuální

koncentrace kalu. V těchto sekcích dochází primárně k oxidaci organického znečištění.



Obr. 34: Denitrifikační a nitrifikační sekce aktivačních linek (vlastní foto)

Poslední částí aktivační nádrže jsou hybridní nitrifikační sekce (hybridní reaktory), které jsou vybaveny středobublinným aeračním systémem a jsou naplněny nosiči biomasy BIOCHIP M (obr. 15). I v hybridních nádržích je měřena aktuální koncentrace kyslíku, která však nemá přímý vliv na řízení a chod dmychadel. Aerační systém zajišťuje kromě distribuce kyslíku také velmi důležitou homogenizaci nádrže a nosičů biomasy. V hybridních nitrifikačních sekcích dochází především k oxidaci amoniakálního dusíku a zároveň k odstranění zbytkového organického znečištění. Konce hybridních sekcí jsou vybaveny odtokovými sítí, která zabraňují odtoku nosičů do dosazovacích nádrží. Za odtokovými sítí jsou osazena čerpadla interní recirkulace a do přítoku na nádrže je dávkován síran železitý pro chemické srážení fosforu. Připravena je také možnost dávkování polymerního flokulantu pro zvýšení účinnosti separace aktivovaného kalu v dosazovacích nádržích v případě dalšího zvyšování přítoku odpadní vody v důsledku napojování nových producentů.

Na každou z linek aktivační nádrže navazuje jedna kruhová, horizontálně protékaná dosazovací nádrž (obr. 35). Variabilně je možné vést aktivační směs z jedné linky aktivační nádrže na obě dosazovací nádrže, či naopak směs z obou linek na jednu dosazovací nádrž. Výkon čerpadel vratného kalu je řízen dle aktuální hodnoty průtoku na odtoku z čistírny. Přebytný kal je čerpán do kalového sila (obr. 36) a po jeho aerobní stabilizaci a gravitačním zahuštění je čerpán k odvodnění na sítopásový lis. Filtrát ze sítopásového lisu odtéká na začátek čistírny do čerpací stanice.



Obr. 35: Jedna z dozovacích nádrží (vlastní foto)



Obr. 36: Kalové silo s přebytečným kalem z DN (vlastní foto)

12.2 Přehled hlavních objektů, parametry

Čerpací jímka a dešťová zdrž

Odpadní vody jsou do areálu ČOV gravitačně přiváděny do čerpací jímky splaškové vody. Odtud je odpadní voda čerpána ponornými čerpadly Hidrostat 4 kW do objektu mechanického předčištění v maximálním množství $Q = 60$ l/s.

Skladba čerpadel:	2+1
Kapacita jednoho čerpadla:	30 l/s
Výtlačná výška:	8,5 m

Jímka čerpací stanice je vybavena přepadem, přes který přetéka voda při dešťových přívalech do jímky dešťové vody, odkud je voda čerpána do dešťové zdrže čerpadly Hidrostat EO8Q-HLO1 v množství $Q = 100$ l/s.

Skladba čerpadel:	1+1
Kapacita jednoho čerpadla:	100 l/s
Výtlačná výška:	6,5 m

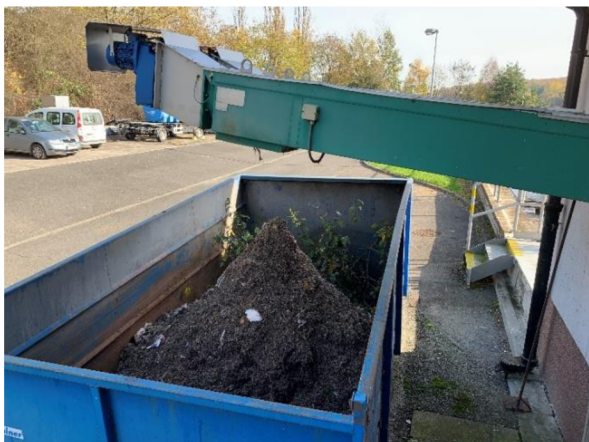
Parametry dešťové zdrže:	36 m ²
Účinný objem:	130 m ³
Hydraulická doba zdržení při Q_{\max}	22 min

V dešťové zdrži dochází k separaci usaditelných a plovoucích nečistot, předčištěná dešťová voda přetéka přepadem do recipientu. Zachycené sedimentované a plovoucí nečistoty jsou poté homogenizovány čerpadlem s ejektorem a přepouštěny z dešťové zdrže zpět do čerpací jímky a čerpány spolu s přítokem na biologickou linku.

Mechanické předčištění

Z čerpací jímky jsou splaškové odpadní vody čerpány do objektu hrubého předčištění. Zde je instalováno kombinované rotační síto s integrovaným provzdušňovaným lapákem písku HUBER-Rotamat Ro5-60 s lisem na shrabky. Síto

je vybaveno šíří průřin 3 mm. Obtok je vybaven ručně stíranými česlemi s šíří průřin 20 mm. Zachycené shrabky jsou lisovány a skladovány v kontejneru. Usazený písek je vyhmován z lapáku písku šnekovým dopravníkem do kontejneru (obr. 37).



Obr. 37: Kontejner na skladování shrabků a písku (vlastní foto)

Vytěžené látky jsou silně hygienicky závadné. Podléhají snadno hnití, čímž mohou zhoršovat hygienické podmínky na pracovišti. To hrozí především v letním období. Je proto potřeba je pravidelně odvážet. Lze je také částečně stabilizovat zpomalením jejich rozkladu posypáním vápnem. K tomu postačí asi 10 kg chlorového, hydratovaného nebo nehaseného vápna na 1 m³ materiálu. Podstatou je především zvýšení hodnoty pH alespoň na 11. Jejich následná likvidace se provádí skládkováním.

Pro uvažované zatížení ČOV Tlučná odpovídající 13 000 EO ve výhledu lze očekávat následující produkci shrabků a písku:

Množství shrabků z jemných česlí:	70 500 kg/rok
Specifická objemová hmotnost shrabků:	800 kg/m ³
Objem shrabků:	240 l/den
Snížená hmotnost shrabků po vylisování:	40 %
Hmotnost shrabků po vylisování:	42 120 kg/rok
Specifická objemová hmotnost vylisovaných shrabků:	1 100 kg/m ³
Objem vylisovaných shrabků:	140,9 l/den
Množství písku z lapáku písku za rok:	94,9 m ³ /rok
Množství písku z lapáku písku za den:	260 l/den

Uvedené hodnoty produkce písku mohou být za deště několikanásobně překročeny.

Rozdělovací objekt

Odpadní vody jsou po mechanickém předčištění přiváděny do rozdělovacího objektu před aktivačními nádržemi. Rozdělovací objekt umožňuje rovnoměrné rozdělení přiváděných odpadních vod do obou paralelně protékaných aktivačních linek, přičemž uzavíracími armaturami lze uzavřít nátok na kteroukoliv z linek a tím dosáhnout její odstavení z provozu. Ve spodní části rozdělovacího objektu je osazeno čerpadlo Hidrostat 1,5kW pro odvětvení části přítoku v množství 5 l/s do denitrifikační nádrže předřazené před nádrž regenerační.

Biologický stupeň

Biologický stupeň sestává ze dvou paralelně protékaných linek aktivačního D-N systému a společného D-R reaktoru pro obě linky. Každá aktivační linka disponuje jednou dosazovací nádrží. Odpadní vody jsou přiváděny do předřazených denitrifikačních sekcí, kam je zároveň zaústěn proud vratného kalu z regenerace. Zadní část aktivačních koridorů je vybavena jako hybridní aktivační systém (MBBR) s nosičem biomasy ve fluidním loži.

Hybridní sekce obou aktivačních linek jsou vybaveny podélnými nátokovými a odtokovými žlaby, které zajišťují příčné proudění v reaktorech. Nátok do každé hybridní nitrifikace je zajištěn nátokovým žlabem s rovnoměrně rozmístěnými "V" přelivy (11 přelivů v každém žlabu). Odtokový žlab každé linky je osazen speciálními válcovými odtokovými sítí (17 sítí v každé lince, celková plocha 40 m²), která eliminují průnik nosiče biomasy do odtoku a interní recirkulace. Čištění jednotlivých sítí je při provozu zajištěno ofukovou trubicí pod každým sítím.

Tab. 6: Základní technologické parametry hybridního aktivačního D-R-D-N systému (PŘ ČOV Tlučná VP, 2022)

zatížení ČOV v EO dle BSK ₅	13 000 EO
zatížení aktivace BSK ₅	780 kg/d
hydraulické zatížení	3 275 m ³ /d
celkový objem aktivačních nádrží	2 429 m ³
objem denitrifikační sekce před regenerací	80 m ³
objem regenerace	225 m ³
objem denitrifikační sekce	596 m ³
počet oxické aktivace bez nosiče	656 m ³
objem hybridní aktivace	872 m ³
hloubka vody v aktivační nádrži	4 m
koncentrace biomasy v aktivaci při T _{min} = 7°C	4,07 kg/m ³
hydraulická doba zdržení	17,7 h
stáří kalu v suspenzi /celkem v systému s biofilmem	11,1/41,4 d
zásoba kalu v systému	10 652 - 16 583 kg
produkce kalu (včetně chemického kalu)	755,5 kg/d

Tab. 7: Hlavní technické parametry aktivačního systému (PŘ ČOV Tlučná VP, 2022)

reaktor	počet nádrží	V _j	celkem V	šířka	délka	hloubka
	ks	m ³	m ³	m	m	m
Pre-D	1	80	80	2,0	10,8	4,1
R	1	225	225	5,1	10,8	4,1
D1	2	170	340	4,0	10,6	4,0
D2	2	128	256	4,0	8,0	4,0
N1	2	128	256	4,0	8,0	4,0
N2	2	200	400	6,0	8,35	4,0
Hybrid	2	436	872	4,0	27,3	4,0
celkem			2 429			

Dosazovací nádrže a čerpání kalu

K separaci aktivovaného kalu vyčištěné odpadní vody slouží dvojice stávajících kruhových horizontálně protékaných dosazovacích nádrží o průměru 12 m. Každá z dosazovacích nádrží navazuje na jednu linku aktivačního systému. Dosazovací nádrže mají tyto základní parametry:

Počet dosazovacích nádrží:	2 ks
Průměr:	12 m
Celková hloubka vody v nádrži u stěny:	3 m
Celková hloubka vody v nádrži ve 2/3:	3,16 m
Účinná plocha jedné nádrže:	103,0 m ²
Účinný objem jedné nádrže:	375,0 m ³

Součástí vybavení dosazovacích nádrží je středový ocelový sloup, flokulační válec, pojezdový most s pohonem, odtokové žlaby s nornými stěnami, usměrňovací deflektor, sběrač plovoucích nečistot a výkyvné shrabovány kalu.

Dosazovací nádrže jsou vybaveny také zařízením pro odtah plovoucích nečistot. Plovoucí nečistoty jsou jímány do jímky plovoucích nečistot a odtud dle potřeby vyváženy fekálním vozem.

Vzhledem k poměrně mělkým konstrukcím dosazovacích nádrží bylo provedeno jejich nepřímé zkapacitnění řízeným snižováním výšky kalového mraku (zlepšení sedimentačních vlastností) pomocí dávkování organického flokulantu do nátok aktivační směsi na DN. Pro zajištění dávkování flokulantu na nátok do dosazovacích nádrží je v objektu lisovny kalu instalována dávkovací stanice flokulantu.

Zpracování přebytečného kalu

Vyprodukovaný přebytečný aktivovaný kal je přečerpáván do kalového sila o objemu cca 600 m³, kde dochází k jeho zahuštění a aerobní stabilizaci. Po gravitačním zahuštění kal obsahuje cca 2,5 % sušiny. Aerobně stabilizovaný kal je odvodňován na instalovaném sítopásovém lisu. Odvodněný kal je odvážen k další řízené likvidaci.

Měrný objekt

Z dosazovacích nádrží odtéká vyčištěná odpadní voda přes měrný objekt do recipientu, kterým je Vejprnický potok. Měření sestává z Parshallova žlabu, ultrazvukové sondy a vyhodnocovací jednotky umožňující registraci aktuálního průtoku a celkového objemu proteklého množství vyčištěných odpadních vod za určitou dobu. Jakost odpadních vod na odtoku je sledována v četnosti 26 vzorků za rok. Odběr vzorků je rozložen v průběhu kalendářního roku v intervalu 14 dnů.

Obtok

ČOV Tlučná disponuje obtokem jak celé ČOV, tak obtokem zařízení HUBER, dále obtokem aktivační nádrže (jedné nebo druhé linky) či prostorem dosazovacích nádrží.

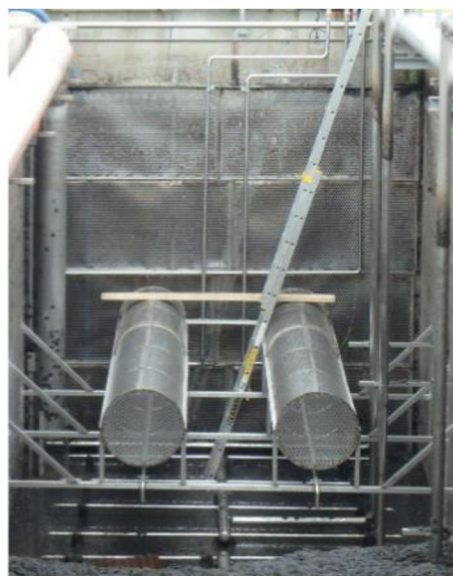
12.3 Provozní problémy intenzifikace a jejich řešení

Již od začátku řešení intenzifikace panují obavy z tvaru a hydrauliky nádrže, která má být využita pro instalaci nosičů. Jedná se o nádrž s rozměry 4 m šířky, 4 m hloubky a 27,3 m délky. Tento úzký a dlouhý koridor umožňuje podélné proudění a nebezpečí hromadění nosičů biomasy u odtokového separačního síta. Z toho důvodu jsou připraveny různé varianty úprav hydrauliky nádrže a různá řešení odtokových sít. Po konzultacích s dodavatelem nosičů je rozhodnuto zachovat stávající hydrauliku nádrže, instalovat ploché separační síto (obr. 38) a nádrž doplnit mamutovým čerpadlem s výtlačným potrubím DN 300, které bude případně hromadící se nosiče od síta přečerpávat na začátek nádrže a zajišťovat tak homogenizaci nosičů v celém objemu hybridního reaktoru. Plocha separačního síta je 16 m², 50 % plochy síta je otevřeno.

V krátké době po uvedení upravené ČOV do provozu došlo k ucpání odtokového síta na jedné z linek, zvýšení hladiny v této lince a z důvodu přetékání aktivační směsi do suterénu provozní budovy k havarijnímu odstavení čistírny. Reakcí na tuto havárii je přijetí několika opatření. Jedná se o nastavení chodu dmychadel do hybridních nádrží na plný výkon a snižování sušiny aktivovaného kalu. Posléze je z chodu vyřazeno i mamutové čerpadlo, jelikož je zjištěno, že nečerpá dostatečné množství nosičů a naopak spíše ubírá vzduch potřebný k dostatečné homogenizaci nádrže. Bohužel ani tato opatření nejsou dostatečná a k ucpání dochází ještě několikrát. Odpovědí je osazení nádrží plovákovými spínači, které hlídají případné zvýšení hladiny v lince. Při navýšení hladiny v lince dochází k odstavení čerpadel interní recirkulace a krátkodobému odstavení čerpadel v čerpací stanici. Tím dochází k rychlému snížení průtoku separačními síty a k jejich uvolnění. Tato opatření mají však pouze ochranný charakter tak, aby nedocházelo ke škodám na čistírně, případně k jejímu odstavení. Připraveno a využito je řešení v podobě doplnění plochých sít čtyřmi válcovými síty o ploše 10 m² (55 % průtočné plochy), (obr. 39). V každé lince je díky tomuto opatření zvýšena průtočná plocha z 8 m² na 19 m². Po instalaci válcových sít na obě linky se již problémy s ucpáváním odtokových sít neobjevují a čistírna funguje velmi stabilně a spolehlivě.



Obr. 38: Pohled na odtokové síto před úpravou (PŘ ČOV Tlučná VP, 2022)



Obr. 39: Pohled na odtokové síto po úpravě (PŘ ČOV Tlučná VP, 2022)

Aby bylo možné na čistírnu napojovat další obyvatele rozšiřující se aglomerace, je nutné znovu přikročit k úpravám aktivačních nádrží. Základní podmínkou je úprava hydrauliky hybridní nádrže z podélného na příčné proudění. V hybridních nádržích tedy dochází k vybudování podélných nátokových koridorů (obr. 43) s jedenácti rovnoměrně rozmístěnými trojúhelníkovými přelivy (obr. 40). Na protější straně dochází k vybudování podélného odtokového žlabu se sedmnácti válcovými separačními sítí s celkovou průřezovou plochou cca 20 m² v každé z linek (obr. 41).



Obr. 40: Pohled na nátokový koridor (PŘ ČOV Tlučná VP, 2022)



Obr. 41: Pohled na odtokový koridor (PŘ ČOV Tlučná VP, 2022)

Díky změně proudění je možné zvýšit plnění hybridní nádrže nosiči ze stávajících 45 % na 50 % a navýšit provozní koncentraci sušiny aktivovaného kalu. Aby byla zajištěna dostatečná účinnost dosazovacích nádrží i při zvýšené koncentraci aktivovaného kalu, případně vyšších kalových indexech, je připraveno dávkování polymerního flokulantu na přítoku do dosazovací nádrže.



Obr. 42: Pohled na nátok do MBBR reaktoru (vlastní foto)



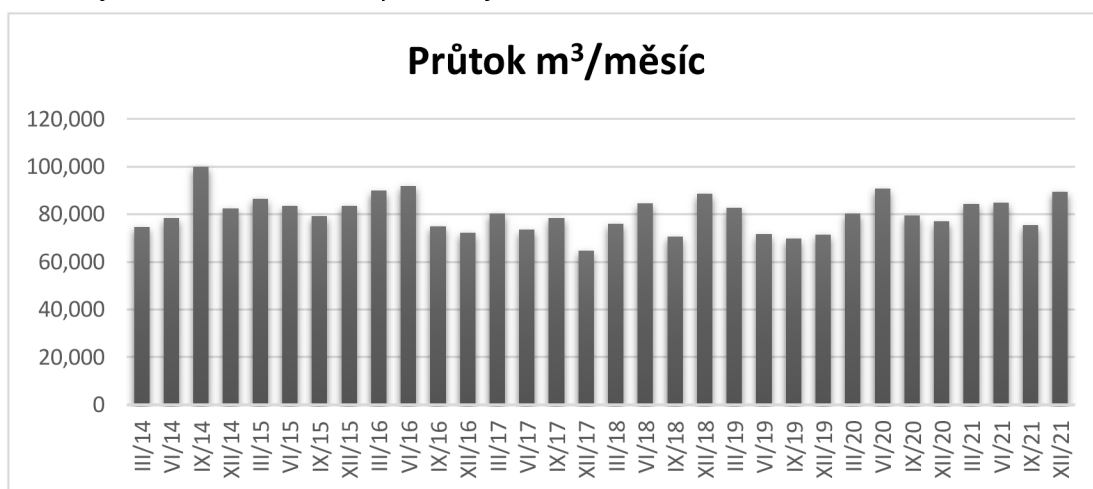
Obr. 43: Nátokový koridor - příčné proudění v MBBR reaktoru (vlastní foto)

13. VÝSLEDKY

13.1 Porovnání s projektovanými hodnotami před II. intenzifikací

Hydraulické zatížení

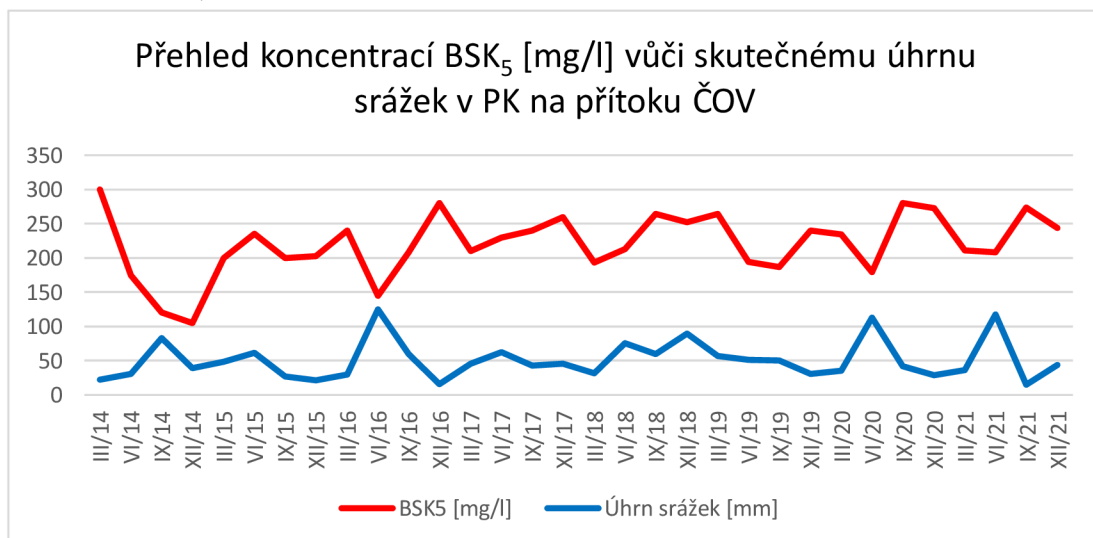
Množství odpadních vod přitékajících na ČOV je poměrně stabilní a případné výkyvy jsou závislé spíše na srážkovém úhrnu daného období (viz tab. 3). Množství přitékajících odpadních vod, v souladu s látkovým zatížením čistírny, v posledních letech stagnuje. Hydraulicky je ČOV zatěžována v průměru 84,3 % projektované hodnoty. Přehled měsíčních průtoků je uveden na obrázku 44.



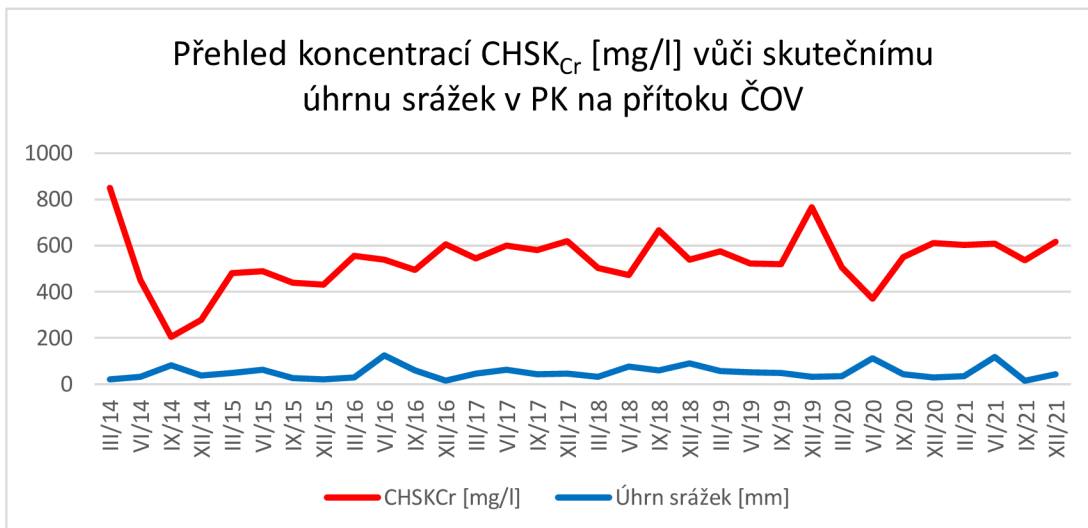
Obr. 44: Měsíční průtoky na ČOV Tlučná do roku 2021 (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

Látkové zatížení

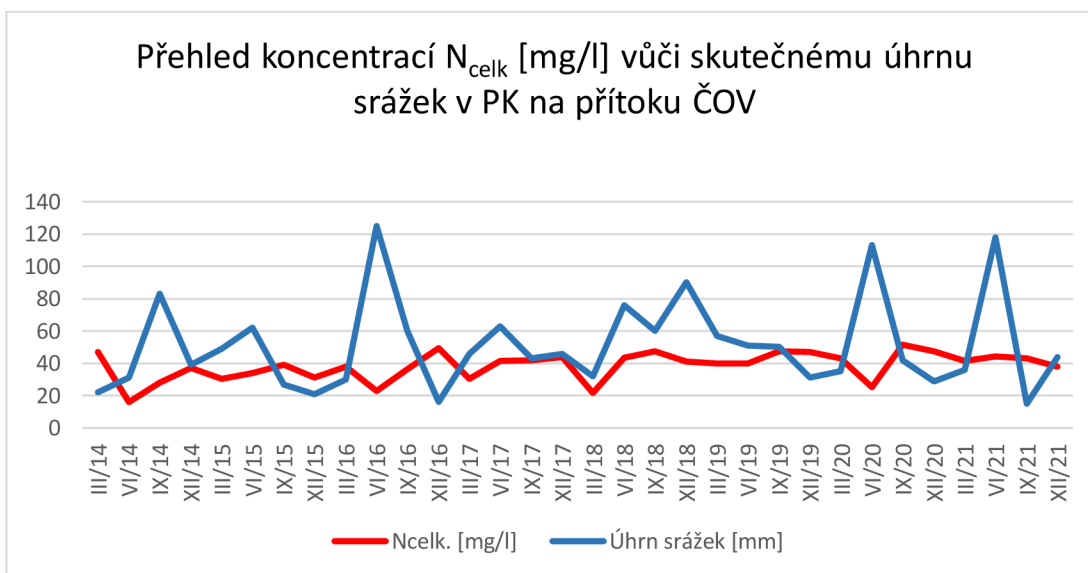
V běžném provozu je sledován celý základní rozsah ukazatelů odpadní vody. Na obrázcích 45, 46 a 47 jsou uvedeny nejdůležitější ukazatele vztahující se k ČOV Tlučná – BSK₅, CHSK_{Cr} a N_{celk}.



Obr. 45: Přehled koncentrací BSK₅ [mg/l] vůči skutečnému úhrnu srážek v PK na přítoku ČOV Tlučná (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)



Obr. 46: Přehled koncentrací CHSK_{Cr} [mg/l] vůči skutečnému úhrnu srážek v PK na přítoku ČOV Tlučná (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

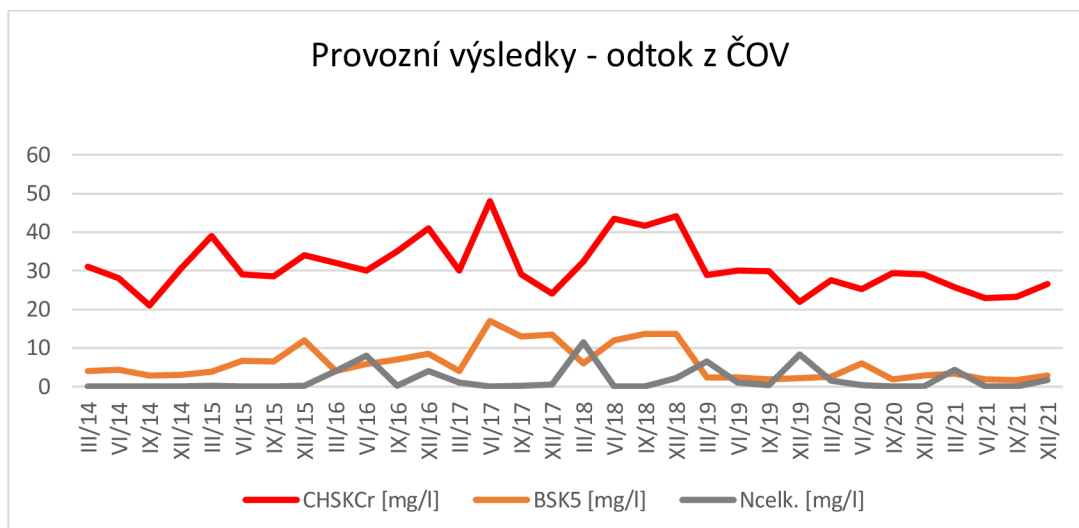


Obr. 47: Přehled koncentrací N_{celk} [mg/l] vůči skutečnému úhrnu srážek v PK na přítoku ČOV Tlučná (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

Z obou obrázků koncentrací CHSK_{Cr} a BSK₅ je zřejmá závislost koncentrace na aktuálních srážkových úhrnech v Plzeňském kraji. Znatelné je to především v roce 2014 a 2016, kdy byl velký rozdíl ve srážkových úhrnech v první a druhé třetině obou roků. Od roku 2017 jsou ukazatele téměř stabilní a vykazují mírný nárůst.

Odtokové parametry

Po dokončení první intenzifikace jsou postupně s rezervou plněny všechny ukazatele znečištění (obr. 48) předepsané platným vodoprávním povolením (viz tab. 10). Koncentrace amoniakálního dusíku, na který je při projektu kladen největší důraz, je ve více než dvou třetinách vzorků pod mezí stanovitelnosti. Po zahájení plného provozu dochází k výraznému poklesu vypouštěného znečištění a k bezproblémovému plnění limitů vodoprávního rozhodnutí ve všech ukazatelích.



Obr. 48: Koncentrace znečištění na odtoku z ČOV (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

13.2 Provozní výsledky intenzifikace

Souhrn poměrů specifické spotřeby elektrické energie k průtoku a odstraněnému znečištění vybraných ukazatelů je uveden v tab. 8.

Tab. 8: Poměr spotřeby elektrické energie k průtoku a vybranému odstraněnému znečištění (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

	2015 - 2017	2018	2019	2020	2021
kWh/m ³	0,50	0,80	0,75	0,69	0,75
kWh/kg BSK ₅	2,88	4,62	3,66	3,47	3,68
kWh/kg CHSK _{Cr}	1,32	1,89	1,52	1,42	1,54
kWh/kg N _{celk.}	23,7	29,0	22,2	19,8	24,8

Mezi lety 2018 a průměru z let 2015-17 došlo k nárůstu spotřeby elektrické energie o 60 %. Tento technologický problém byl způsobený především ucpáváním sít. Vyřešením problémů s ucpáváním sít a optimalizací chodu dmychadel pro hybridní nitrifikaci se nárůst spotřeby oproti původnímu stavu před intenzifikací snížil na 50 %. Dalšími úpravami provozu se spotřeba ustálila na úrovni o 30 % vyšší než před intenzifikací. Podobný trend vykazovaly i poměry spotřeby elektrické energie k vybranému odstraněnému znečištění (tab. 9), s tím rozdílem, že nárůst byl menší a postupně se pro některé ukazatele blíží k původním hodnotám. Menší nárůst naznačuje, že díky provedené intenzifikaci dochází k efektivnějšímu odstraňování znečištění.

Tab. 9: Porovnání specifické spotřeby elektrické energie (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)

	2015 - 2017	2018	2019	2020	2021
kWh/m ³	100	162	151	139	151
kWh/kg BSK ₅	100	161	127	121	128
kWh/kg CHSK _{Cr}	100	143	115	107	116
kWh/kg N _{celk.}	100	122	93,7	83,6	105

14. DISKUZE

Metoda MBBR využívá a pěstuje bakterie v nádrži nazývaní se bioreaktor. V bioreaktoru „plavou“ nosiče, na kterých bakterie žijí. Bakterie se živí organickým znečištěním obsaženým v odpadní vodě, která se do bioreaktoru přivádí. Vháněním vzduchu do bioreaktoru se vodní masa s nosiči bakterií pohybuje. Zároveň se také jeho obsah provzdušňuje, protože bakterie potřebují k životu velké množství rozpuštěného kyslíku. Jedna z vlastností těchto bakterií je, že dokáží zvýšit či snížit svůj počet v závislosti na stupni znečištění odpadní vody. To znamená, že bakterie se rozmnožují samy od sebe a žádné přípravky se do systému přidávat nemusí (Cleantechaqua ©2023).

S ohledem na rozvoj aglomerace a probíhající prodeje stavebních pozemků bylo rozhodnuto o rozšíření ČOV Tlučná. Za sledované období před druhou intenzifikací dosáhlo zatížení čistírny v ukazateli BSK₅ v průměru hodnoty 9 417 EO. Nejvyšší roční zatížení před druhou intenzifikací bylo dosaženo v roce 2015, a to přes 9 900 EO, tedy 101 % projektované kapacity ČOV. V ukazatelích CHSK_{Cr} a N_{celk} překračovalo zatížení dle hodnot specifického zatížení na obyvatele úroveň 10 200 EO, tedy 103 % projektované kapacity ČOV. Intenzifikace ČOV Tlučná si vzhledem ke specifickým čistírny, oblasti a omezenému prostoru vyžádala využití netradičního řešení v podobě instalace nosičů biomasy.

V roce 2017 byla Krajskému úřadu Plzeňského kraje, odboru životního prostředí doručena žádost o změnu povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových dle § 8 odst. 1 písm. c) vodního zákona z čistírny odpadních vod Tlučná v kategorii nad 10 000 EO. Krajský úřad oznámil zahájení vodoprávního řízení všem známým účastníkům řízení a dotčeným orgánům v souladu s § 115 odst. 8 vodního zákona. Na základě žádosti byly v tomto rozhodnutí měněny nejvýše přípustné hodnoty objemu vypouštěných OV tak, že hodnota maximálního vypouštěného objemu OV byla zvýšena z 60,0 l.s⁻¹ na 80,0 l.s⁻¹ a měsíční objem vypouštěných OV byl z původních 120 000 m³/měs. zvýšen na 150 000 m³/měs. Tyto hodnoty byly stanoveny nově na základě žádosti z důvodu navýšení hydraulické průtočnosti ČOV. Na základě žádosti a nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a kanalizací a citlivých oblastech, byly v tomto rozhodnutí stanoveny emisní limity nejvýše přípustných hodnot znečištění vypouštěných odpadních vod (tab. 10). V souladu s ustanovením 9 odst. 1 vodního zákona je nakládání s povrchovými vodami vydáváno na časově omezenou dobu (KÚPK 2017).

Tab. 10: Emisní limity vypouštěné odpadní vody na ČOV Tlučná stanovené VPU

ukazatel	přípustná hodnota [mg/l]	maximální hodnota [mg/l]
CHSK _{Cr}	50,0	80,0
BSK ₅	12,0	18,0
N _{celk}	16,0	20,0

Jedním z vedlejších efektů instalace nosičů biomasy do části nitrifikačních nádrží byla zvýšená spotřeba elektrické energie. V porovnání s původní čistírnou a klasickou aktivační nádrží pracující s biomasou v suspenzi bylo třeba při provozování části aktivační nádrže jako MBBR reaktoru počítat s větším počtem dmychadel. Hlavním úkolem pro dmychadla instalovaná pro MBBR reaktor není pouze zajistit dostatečnou koncentraci rozpuštěného kyslíku, ale také dostatečnou homogenizaci obsahu nádrže, včetně nosičů biomasy. Velké rozdíly ve specifické spotřebě elektrické energie na odstranění znečištění jsou zřejmě především při porovnání posledních let před II. intenzifikací a prvního roku zkušebního provozu (2018). Výrazný nárůst spotřeby elektrické energie byl dán zejména výše popsány problémy s průchodností odtokových sít a chodem dmychadel pro MBBR reaktor na plný výkon. Po vyřešení problémů s průchodností odtokových sít a doplnění válcových sít bylo možné dmychadla pro MBBR reaktor provozovat s nižším výkonem.

ČOV Tlučná se volbou tohoto řešení stala největší instalací MBBR systému na komunálních vodách v České republice. Z hlediska účinnosti a stability procesu je možné realizované řešení na základě výsledků a provozu hodnotit jako velmi spolehlivé.

MBBR technologie ve světě postupně nabývá na "popularitě", ČOV v Batesville v Arkansasu vykazovala v roce 2008 problémy, jelikož se potýkala s překračováním limitů odpadních vod. Technologové proto hledali vhodné řešení čištění OV a rozhodnutí padlo právě na MBBR, především z důvodu její jednoduchosti a možnosti využití zásob staršího kalu. V roce 2006 bylo v provozu kolem 400 ČOV ve 22 zemích světa využívajících technologii MBBR systému. Do konce roku 2014 se počet funkčních ČOV zvýšil na počet 1 200 ve zhruba 50 zemích světa (Madan R. a Madan S. 2022).

V dnešní době je i v tuzemsku na trhu již řada společností, které tuto technologii nabízejí a na základě znalosti hydrodynamiky, biofilmu a provzdušňování, navrhnou konkrétní řešení. Systém lze upravovat tak, aby vyhovoval potřebám libovolné velikosti ČOV (až do hydraulického zatížení 150 000 m³/den). Dobře navržený způsob vlastníkovi i provozovateli může ušetřit prostor, peníze i čas, to vše při poskytování účinné možnosti úpravy vody. Účinnost je závislá na procentu médií dodávaných do reaktorů, ploše a povrchu nosičů, rozpuštěném kyslíku a organickém zatížení. Cena systému se odvíjí od rozsahu a specifikaci požadavků.

Výhodou MBBR systému je možnost uplatnění postupného plnění nádrží, na začátku např. 40 %, po zavedení např. 70 % nosičů. Důvodem může být nárůst počtu obyvatel ve městě nebo zvýšená produkce odpadních vod z průmyslové produkce (Frankel 2019).

Stejným způsobem k tomu došlo i na ČOV v Tlučné. V rámci první intenzifikace byly nádrže zpočátku naplněny nosiči biomasy ze 48 %. Po nasazení technologie a ustálení provozu se objem nosičů v nádržích zvýšil na 60 %. Mezi další výhody systému ve srovnání s jinými technologiemi dle Ødegaard et al. (1994) patří:

- vyšší efektivní doba zadržení kalu – účinnější proces nitrifikace
- výhoda prostorové nenáročnosti
- instalace média do stávajících nádrží
- odolnost vůči toxickému šoku
- reakce na kolísání zatížení ČOV
- tato technologie je samočistící, tzn., že nosiče a bioreaktor není nutné čistit
- díky vysoké účinnosti snižuje produkci množství kalu, zároveň odstraňuje těžké kovy

Na základě provozních zkušeností po provedené intenzifikace na ČOV Tlučná je však třeba upozornit na zvýšené náklady spojené s vyšší spotřebou elektrické energie. Dle zkušeností ustáleného provozu lze odhadnout zvýšení spotřeby o cca 30 %. Při instalaci takového systému do stávajících nádrží je třeba velmi důkladně zvážit hydrauliku a tvar reaktoru a dbát na dostatečnou průtočnou plochu separačních sítí. Při splnění této podmínky je možné uvedené řešení bezpochyby doporučit jako vhodnou alternativu k tradičním řešením.

Z důvodu dalšího zvýšení kapacity ČOV a nízké hloubky obou dosazovacích nádrží se v současné době řeší výstavba třetí kruhové betonové dosazovací nádrže o hloubce 5 metrů. Výstavba by měla být zahájena během letošního roku. Nová DN by měla být taktéž vystrojena odpovídajícími technologiemi, jako čerpadlem vratného kalu, armaturami nebo čerpadlem plovoucích nečistot. V budoucnu bude ČOV Tlučná doplněna o možnost dávkování externího substrátu, které zajistí plnění limitů i v ukazateli N_{celk} .

Nedostatečná kapacita původní ČOV, málo prostoru pro její případné rozšíření nebo obtíže s dosažením požadované účinnosti, to vše jsou časté problémy, které musí řešit řada rychle rostoucích obcí v blízkém okolí velkých měst. Řešení se nabízí ve využití technologie membránového bioreaktoru. MBBR bioreaktor zajistí více než dvojnásobnou kapacitu čistírny ve stávajících biologických nádržích bez nutnosti přístavby a zároveň špičkovou kvalitu vyčištěné vody na odtoku. Cena konvenčních technologií bývá také o více než jednu třetinu vyšší než použití membránové technologie, která navíc není tak náročná na prostor. Inovace v oblasti čištění vody lze navíc v mnoha případech financovat i z dotací (Společně udržitelně ©2021).

15. ZÁVĚR

Souhrn získaných poznatků ze studia této čistírenské technologie uvádí informace o principu činnosti, o konstrukčním uspořádání, o porovnání účinnosti vůči jiným technologiím, či provozních i investičních nákladech v podmínkách ČR.

Na základě shromážděných informací byl vybrán nejvhodnější způsob intenzifikace ČOV Tlučná, vyhovující budoucímu demografickému vývoji aglomerace, strategickým plánům rozvoje obcí, nárokům místních podmínek i požadavkům legislativy.

Uvedené skutečnosti, princip technologie a její klady při splnění projektových požadavků mě přesvědčily, že pro sdružení obcí jakožto majitele ČOV je tento systém, jehož charakteristika je taktéž obsahem práce, výhodný. Je však důležité brát v potaz nutnost správného proudění vody v reaktorech i tvaru, umístění a průtočné ploše separačních sítí.

Současné požadavky na úroveň čištění odpadních vod byly přijaty před více než třiceti lety a v oblasti ochrany životního prostředí patří v Evropské unii vůbec k nejstarším. Jak uvádí hodnotící zpráva EK z roku 2022, je sektor odvádění a čištění městských odpadních vod zodpovědný za 0,8 % celkové spotřeby elektrické energie a cca 0,86 % všech emisí skleníkových plynů v celé EU. Téměř třetinu těchto emisí by se přitom dalo zabránit zlepšením procesu čištění, lepším využitím čistírenských kalů a zvýšením energetické účinnosti a vyšší mírou využívání technologií obnovitelných zdrojů, která je stále velmi nízká. Je také zapotřebí lépe začlenit obor do oběhového hospodářství. Nakládání s kaly a opětovné využívání vody není optimální, protože se stále ztrácí příliš mnoho cenných zdrojů. Evropská komise tak připravuje návrh nové směrnice s cílovým datem dosažení v roce 2040.

Je jisté, že ačkoliv biofilmové systémy mají při procesech čištění odpadních vod dlouholetou tradici, technologie výroby nových materiálů umožňují implementovat zcela nové ekologické a energeticky účinné postupy do teorie a praxe čištění odpadních vod. Výhody nanomateriálů a jejich využití jako nosičů jsou jedním z příkladů. Rovněž oblast aplikace hybridních procesů jako modifikace MBBR systémů je však stále zčásti neprozkoumaným prostorem v procesech čištění odpadních vod.

16. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ODBORNÉ PUBLIKACE:

- Adáamek M., Jurečka A., 2011: Instalace vody a kanalizace II. Informatorium, Praha, 200 s.
- Beránek J., 2005: Inženýrské sítě. VÚT v Brně, Brno, 181 s.
- Bindzar J., Janda V., Jeníček P., Růžičková I., Strnadová N., 2009: Základy úpravy a čištění vod. VŠCHT Praha, Praha, 251 s.
- Hlavínek P., Mičín J., Prax P., Hlušík P., Mífek R., 2006: Stokování a čištění odpadních vod: Modul 1: Stokování. Noel, Brno, 251 s.
- Hoffman P., Novák V., 2002: Zpracování exhalací a odpadů. Vydání 2. ČVÚT v Praze, Praha, 124 s.
- Jágllová V., Beránek J., Dušek O., Hlaváč J., Plotěný K., Prax P., Sládek R., Šnajdr M., 2009: Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel – metodická příručka. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 77 s.
- Junga P., Vítěz T., Vítězová M., Geršl M., 2015: Technika pro zpracování odpadů II. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 77 s.
- Just T., Fuchs P., Písařová M., 1999: Odpadní vody v malých obcích. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 120 s.
- Kriška M., Němcová M., 2015: Metodická příručka pro povolování, návrh, realizaci a provoz KČOV. VIT v Brně. Brno, 45 s.
- Kunst S., Mennerich A., Wichern M., 2002: Wastewater Treatment. Sustainable Water and Soil Management. Springer Verlag, Berlin, 409 s.
- Lofrano G., 2012: Emerging Compounds Removal from Wastewater: Natural and Solar Based Treatments. Springer Dordrecht, New York, 169 s.
- Marková H., 2000: Finance obcí, měst a krajů. Orac, Praha, 190 s.
- Novák J., Chejnovský P., Karásek V., Kubeš M., März J., Nepovím J., Ondroušek J., Pytl V., Rauová M., Šejnoha J., Tlolká J., Tůma R., 2003: Příručka provozovatele stokové sítě. Vydání 1. Medim, spol. s.r.o., Líbeznice u Prahy, 156 s.
- Peková J., 2004: Hospodaření a finance územní samosprávy. Management Press, Praha, 375 s.
- Sojka J., 2013: Čistírny odpadních vod pro rodinné domy. Grada, Praha, 96 s.
- Sojka J., 2002: Stavíme malé čistírny odpadních vod. Era, Brno, 98 s.
- Švehla P., Tlustoš P., Balík J., 2004: Odpadní vody. Česká zemědělská univerzita, Praha, 107 s.
- Vymazal J., 2004: Kořenové čistírny odpadních vod. ENKI, o.p.s., Třeboň, 14 s.

ČLÁNKY V ODBORNÝCH PERIODIKÁCH:

- Borghesi S. M., Hosseini S. H., 2004: The treatment of phenolic wastewater using a moving bed biofilm reactor. Process Biochemistry. (39). P. 1177 – 1181.
- Eriksen M., Thiel M., Prindiville M., Kiessling T., 2018: Microplastic: What Are the Solutions? Freshwater Microplastics. (58). P. 273 – 298.

Madan R., Madan S., 2022: Advancement in biological wastewater treatment using hybrid bed biofilm reactor (MBBR): a review. Applied water science. (12). P. 141 - 143

Ødegaard H., Rusten B., Westrum T., 1994: A new moving bed biofilm reactor - applications and results. Water Science a Technology. (29). P. 157 – 165.

Ødegaard H., 2006: Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process. Water Science a Technology. (53). P. 17 – 33.

Plotěný K., Uher M., 2011: Přehled řešení odvádění odpadních vod z malých obytných objektů. ASIO News. (10). P. 13 – 15.

Rydhagen B., Dackman C., Aberg H., Johnsson S., 2009: Engineering sustainable sewage systems. Sustainable city V: Urban regeneration and sustainability. (117). P. 165 – 174.

Wanner J., 2017: Čištění odpadních vod v ČR: Vývoj a současná situace. Vodní hospodářství (3). P. 20 – 25.

LEGISLATIVNÍ ZDROJE:

ČSN 75 6011: Ochrana prostředí kolem kanalizačních zařízení. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2022. 18 s.

ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012. 44 s.

ČSN 75 6190: Stavby pro hospodářská zvířata - Faremní stokové sítě a kanalizační přípojky - Skladování statkových hnojiv a odpadních vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2001. 32 s.

ČSN 75 6401: Čistírny odpadních vod pro ekvivalentní počet obyvatel (EO) větší než 500. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2014. 40 s.

ČSN EN 12566-3 (756404) Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel - Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2017. 56 s.

ČSN EN 16932-1 (756113) Odvodňovací a stokové systémy vně budov – čerpací systémy – část 1: Obecně. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2019. 32 s.

Provozní řád ČOV Tlučná VP. VODÁRNA PLZEŇ a.s., ©2022. 58 s.

Provozní řád kanalizace města Plzeň VP. VODÁRNA PLZEŇ a.s., ©2022. 96 s.

Rozhodnutí k nakládání s povrchovými vodami – vypouštění městských odpadních vod do vod povrchových. Krajský úřad Plzeňského kraje, Plzeň, 2017. 5 s.

Směrnice 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod. Rada Evropské unie.

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

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

Zákon 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.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

Aquaform, ©2022: Bezodtoková jímka VO (online) [cit. 2022.11.25], dostupné z <<https://www.aquaform.cz/bezodtokove-jimky.php>>.

Burger, L., 2018: Jak funguje tlaková kanalizace (online) [cit. 2022.08.11], dostupné z <<https://www.dumazahrada.cz/clanek/jak-funguje-tlakova-kanalizace.html>>.

Cleantechaqua, ©2023: MBBR (MOVING BED BIOFILM REACTOR) (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <Biologické čištění MBBR - Inteligentní systémy k čištění a recyklaci vody (cleantechaqua.com)>.

ČHMÚ, ©2022: Územní srážky - Měsíční úhrny srážek ve srovnání s normálem 1991–2020 na území ČR a jednotlivých krajů (online) [cit. 2022.12.21], dostupné z <Portál ČHMÚ : Historická data: Počasí: Územní srážky (chmi.cz)>.

ČVÚT FSV, ©2022: Decentralizovaný systém domovní ČOV (online) [cit. 2022.10.18], dostupné z <http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_9.pdf>.

Deník veřejné správy, ©2022: Vodovody a kanalizace v roce 2022 (online) [cit. 2024.02.17], dostupné z <<https://www.dvs.cz/clanek.asp?id=6914533>>.

Duda, J., 2023: Informace ke směrnici o čištění městských odpadních vod (online) [cit. 2024.03.16], dostupné z <https://www.sovak.cz/sites/default/files/2023-05/Duda_Informace%20ke%20Sm%C4%9Brnici%20o%20%C4%8Di%C5%A1t%C4%9Bn%C3%AD%20m%C4%9Bstsk%C3%BDch%20odpadn%C3%ADch%20vod.pdf>.

eAGRI, ©2022: Státní správa ve vodním hospodářství (online) [cit. 2022.10.09], dostupné z <<https://eagri.cz/public/web/mze/voda/statni-sprava-ve-vh/>>.

EEC Environmental, ©2022: Wastewater Treatment – A Basic Overview (online) [cit. 2022.08.17], dostupné z <<https://eecenvironmental.com/wastewater-treatment-basics/>>.

Ekolist, ©2022: Ministerstvo životního prostředí letos nabídne 7,5 miliardy na vodovody i kanalizaci (online) [cit. 2022.12.18], dostupné z <<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/ministerstvo-zivotniho-prostredi-letos-nabidne-7-5-mlrd-na-vodovody-i-kanalizaci>>.

Environmental protection agency, ©1998: How Wastewater Treatment Works...The Basics (online) [cit. 2022.08.16] dostupné z <How Wastewater Treatment Works...The Basics (epa.gov)>.

Frankel, T., 2019: What is MBBR, and how does it work? (online) [cit. 2022.11.01], dostupné z <<https://www.ssiaeration.com/what-is-mbbr-how-does-it-work/#gref>>.

Harrison, J., Turner, R.J., Marques, L., Ceri, H., 2005: Biofilms (online) [cit. 2022.11.01], dostupné z <<https://www.americanscientist.org/article/biofilms>>.

Hánková, D., 2005: Kanalizační stoky (online) [cit. 2022.08.10], dostupné z <<http://people.fsv.cvut.cz/www/hanekpav/K154/PDF/Stokovani.pdf>>.

Kraus, M., 2022: Jaká je spotřeba vody v domácnosti a jak ji snížit (online) [cit. 2022.08.01], dostupné z <<https://zakra.cz/blog/jaka-je-spotreba-vody-v-domacnosti-a-jak-ji-snizit/>>.

Mapy.cz, ©2022: (online) [cit. 2022.10.24], dostupné z <<https://mapy.cz/zakladni?l=0&x=13.2434707&y=49.7252761&z=13>>.

Mapy.cz, ©2022: (online) [cit. 2022.10.25], dostupné z <<https://mapy.cz/zakladni?l=0&x=13.2526313&y=49.7260468&z=20&base=ophoto>>.

Město Nýřany, ©2022: Územní plán města Nýřany (online) [cit. 2022.10.23], dostupné z <https://www.nyryany.cz/e_download.php?file=data/editor/172cs_16.pdf&original=UP_Nyryany_Uplne_zneni_UP_po_zmene_c_2.pdf>.

Oakes, C., 2015: Plumbing 101: Sump Pumps vs. Septic Systems (online) [cit. 2022.08.29], dostupné z <<https://www.doityourself.com/stry/plumbing-101-sump-pumps-vs-septic-systems>>.

Obec Tlučná, ©2022: Územní plán obce Tlučná (online) [cit. 2022.10.23], dostupné z <https://www.obec-tlucna.cz/e_download.php?file=data/editor/185cs_4.pdf&original=Pr%C3%A1vn%C3%AD%20stav%20po%20zm%C4%9Bn%C4%9B%20%C4%8D_4.pdf>.

Obec Vejprnice, ©2022: Územní plán obce Vejprnice (online) [cit. 2022.10.23], dostupné z <https://www.vejprnice.cz/e_download.php?file=data/editor/66cs_2.pdf&original=textova+zprava+-+navrh+up+-+vejprnice.pdf>.

Plotěný, K., Pírek, O., 2011: Předpokládaný vývoj v oblasti decentralizovaných systémů (online) [cit. 2022.08.01], dostupné z <<https://www.enviweb.cz/85810>>.

Septic, ©2022: Betonový septik (online) [cit. 2022.10.18], dostupné z <<https://www.betonovejimky-septic.cz/betonovy-septik/>>.

Společně udržitelně, ©2021: Nové technologie pro čištění odpadních vod: membránový bioreaktor (online) [cit. 2024.03.16], dostupné z <<https://spolecne-udrzitelne.cz/aktuality/inovace/nove-technologie-pro-cistení-odpadnich-vod-membranovy-bioreaktor>>.

TZB-info, ©2004: Domovní čistírny odpadních vod (online) [cit. 2022.09.27], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/2014-domovni-cistirny-odpadnich-vod>>.

TZB-info, ©2020: Železobetonové žumpy (online) [cit. 2022.11.25], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/126336-zelezobetonove-zumpy>>.

Voda CZ, ©2024: Application of a large WWTP NINGAN (online) [cit. 2024.02.21], dostupné z <<https://www.vodacz.com/en/products/other-products/levapor-biocarriers/application-of-a-large-wwtp-ningan.html>>.

Vodohospodářská zařízení II, ©2022: Způsob dopravy odpadních vod (online) [cit. 2023.01.05], dostupné z <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/7_doprava_odpadnich_vod.html>.

Vráblíková, I., 2022: Státní fond životního prostředí České republiky: Vodohospodářská infrastruktura (online) [cit. 2022.09.30], dostupné z <https://opzp.cz/files/documents/storage/2022/01/10/1641830030_Prezentace_K%C3%A1va%20se%20SF%C5%BDP_Vodohospodarska%20infrastruktura_01-2022.pdf>.

Zikmundová, J., 2009: Systémy pro průzkum a hodnocení technického stavu stokových sítí (online) [cit. 2022.08.16], dostupné z <<http://www.ecotechnika.sk/ecotechnika-12011/systemy-pro-pruzkum-a-hodnoceni-technickeho-stavu-stokovych-siti.html>>.

OSTATNÍ ZDROJE

Bártová, I., 2018: Likvidace odpadních vod na území městyse Český Šternberk. Vysoká škola regionálního rozvoje a bankovní institut AMBIS, a.s., Český Šternberk. 59 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SO AMBIS v Praze

Lazur, T., 2012: Navrhování alternativních způsobů odvádění odpadních vod z obcí. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. 82 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

17. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

OBRÁZKY

- Obr. 1:** Jednotná stoková síť (Novák et al., 2003).
- Obr. 2:** Oddílná stoková síť (Novák et al., 2003).
- Obr. 3:** Uspořádání větvěné stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011).
- Obr. 4:** Uspořádání úchytné stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011).
- Obr. 5:** Uspořádání pásmové stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011).
- Obr. 6:** Uspořádání radiální stokové soustavy (Adámek a Jurečka, 2011).
- Obr. 7:** Schéma trasování tlakové kanalizace (Vodohospodářská zařízení II, (online) [cit. 2023.01.05], dostupné z <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/7_doprava_odpadnich_vod.html>).
- Obr. 8:** Schéma trasování podtlakové kanalizace a napojení objektů (Lazur, 2012).
- Obr. 9:** Schéma napojení rodinného domu na podtlakový řad přes sběrnou jímku se sacím ventilem (Lazur, 2012).
- Obr. 10:** Systém maloprofilové kanalizace (Vodohospodářská zařízení II, (online) [cit. 2023.01.05], dostupné z <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/7_doprava_odpadnich_vod.html>).
- Obr. 11:** Schéma primárního čištění (Environmental protection agency, (online) [cit. 2022.08.16] dostupné z <[How Wastewater Treatment Works...The Basics \(epa.gov\)](http://www.epa.gov/howwastewaterworks)>).
- Obr. 12:** Schéma sekundárního čištění (Environmental protection agency, (online) [cit. 2022.08.16] dostupné z <[How Wastewater Treatment Works...The Basics \(epa.gov\)](http://www.epa.gov/howwastewaterworks)>).
- Obr. 13:** Příklad modifikovaného plastového nosiče biomasy (Borghei a Hosseini, 2004).
- Obr. 14:** Příklad nanovláknového nosiče biomasy (Borghei a Hosseini, 2004).
- Obr. 15:** Plastové nosiče biomasy využívané na ČOV Tlučná (Vlastní foto).
- Obr. 16:** Vývoj počtu ČOV s jednotlivými stupni čištění OV (Wanner, 2017).
- Obr. 17:** Schéma bezodtokové jímky (Aquaform CZ, (online) [cit. 2022.11.25], dostupné z <<https://www.aquaform.cz/bezodtokove-jimky.php>>).
- Obr. 18:** Železobetonová žumpa s výkopem (TZB-info, (online) [cit. 2022.11.25], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/126336-zelezobetonove-zumpy>>).
- Obr. 19:** Princip funkce septiku (Septic, (online) [cit. 2022.10.18], dostupné z <<https://www.betonovejimky-septic.cz/betonovy-septik/>>).
- Obr. 20:** Septik (vlastní nákres).
- Obr. 21:** Septik se zemním filtrem (vlastní nákres).
- Obr. 22:** Schéma umístění domovní čistírny odpadních vod (FSV ČVUT, (online) [cit. 2022.10.18], dostupné z <http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_9.pdf>).
- Obr. 23:** Typické uspořádání kořenové ČOV (Vymazal, 2004).
- Obr. 24:** Mapový pohled na místní uspořádání obcí (Mapy.cz, (online) [cit. 2022.10.24], dostupné z <<https://mapy.cz/zakladni?l=0&x=13.2434707&y=49.7252761&z=13>>).
- Obr. 25:** Přehledná situace vodovodní sítě v aglomeraci (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

- Obr. 26:** Přehledná situace kanalizační sítě v aglomeraci (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 27:** Letecký pohled na uspořádání ČOV Tlučná (Mapy.cz, (online) [cit. 2022.10.25], dostupné z <https://mapy.cz/zakladni?l=0&x=13.2526313&y=49.7260468&z=20&base=ophoto>).
- Obr. 28:** Zjednodušené schéma ČOV Tlučná před I. intenzifikací (vlastní nákres).
- Obr. 29:** Zjednodušené schéma ČOV Tlučná po I. intenzifikaci (vlastní nákres).
- Obr. 30:** Čerpací stanice odpadních vod (vlastní foto).
- Obr. 31:** Čerpací stanice dešťových vod (vlastní foto).
- Obr. 32:** HUBER - kombinované rotační síto (vlastní foto).
- Obr. 33:** HUBER - lapače písků a lisy na shrabky (vlastní foto).
- Obr. 34:** Denitrifikační a nitrifikační sekce aktivačních linek (vlastní foto).
- Obr. 35:** Jedna z dosazovacích nádrží (vlastní foto).
- Obr. 36:** Kalové silo s přebytečným kalem z DN (vlastní foto).
- Obr. 37:** Kontejner na skladování shrabků a písku (vlastní foto).
- Obr. 38:** Pohled na odtokové síto před úpravou (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 39:** Pohled na odtokové síto po úpravě (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 40:** Pohled na nátokový koridor (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 41:** Pohled na odtokový koridor (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 42:** Pohled na nátok do MBBR reaktoru (vlastní foto).
- Obr. 43:** Nátokový koridor - příčné proudění v MBBR reaktoru (vlastní foto).
- Obr. 44:** Měsíční průtoky na ČOV Tlučná do roku 2021 (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 45:** Přehled koncentrací BSK₅ [mg/l] vůči skutečnému úhrnu srážek v PK na přítoku ČOV Tlučná (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022 (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022)).
- Obr. 46:** Přehled koncentrací CHSK_{Cr} [mg/l] vůči skutečnému úhrnu srážek v PK na přítoku ČOV Tlučná (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 47:** Přehled koncentrací N_{celk} [mg/l] vůči skutečnému úhrnu srážek v PK na přítoku ČOV Tlučná (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).
- Obr. 48:** Koncentrace znečištění na odtoku z ČOV (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

TABULKY

Tab. 1: Průměrné denní koncentrace znečišťujících látek v odpadních vodách na 1 EO (Junga et al., 2015).

Tab. 2: Denní produkce znečištění v OV vztažená na 1 EO (Junga et al., 2015).

Tab. 3: Územní srážkové poměry v Plzeňském kraji mezi lety 2014-2018 (ČHMÚ, (online) [cit. 2022.12.21], dostupné z <Portál ČHMÚ : Historická data: Počasí: Územní srážky (chmi.cz)>).

Tab. 4: Základní údaje kanalizační sítě Nýřany - Tlučná - Vejprnice (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

Tab. 5: Kapacitní údaje ČOV Tlučná (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

Tab. 6: Základní technologické parametry hybridního aktivačního D-R-D-N systému (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

Tab. 7: Hlavní technické parametry aktivačního systému (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

Tab. 8: Poměr spotřeby elektrické energie k průtoku a vybranému odstraněnému znečištění (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

Tab. 9: Porovnání specifické spotřeby elektrické energie (VODÁRNA PLZEŇ a.s., 2022).

Tab. 10: Emisní limity vypouštěné odpadní vody na ČOV Tlučná stanovené VPÚ (Krajský úřad Plzeňského kraje, 2017)