

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



**VÝVOJ TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ
KOMUNÁLNÍCH ODPADNÍCH VOD**
TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF WASTEWATER
TREATMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BAKALANT: KUKAL TOMÁŠ

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. PETRA SYCHOVÁ, PH.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Kukul

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Vývoj technologie čištění komunálních odpadních vod

Název anglicky

Technological evolution of wastewater treatment

Cíle práce

Předmětem bakalářské práce je aktuální problematika nakládání s odpadní vodou a možné trendy, které umožňují v současné době nakládat se splaškovými odpadními vodami s ohledem na trvalou udržitelnost. Vývoj technologií čištění odpadních vod se v průběhu času mění, především ve smyslu měnících se kvalitativních charakteristik, ale i s ohledem na produkované množství OV. Cílem práce je postihnout změny v technologii čištění, které reagují na změny složení odpadních vod a možné budoucí trendy.

Metodika

- rešerše odborné literatury
- vyhodnocení kvalitativních změn charakteru odpadních vod
- popis změn v množství produkovaných odpadních vod
- zhodnocení zjištěných informací

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

odpadní voda, extenzivní způsoby čištění OV, intenzivní způsoby čištění OV

Doporučené zdroje informací

HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P. 2001. Příručka stokování a čištění. Brno: NOEL 2000, 251 s.
CHEREMISINOFF N. P., 2002: Handbook of water and wastewater treatment technologies. Amsterdam: Elsevier, 636 s.
NOVÁK J. a kol., 2003: Příručka provozovatele stokové sítě. Líbeznice u Prahy: Medim, 156 s.
SHAMMAS, N.K., WANG, L.K. 2011: Fair, Geyer, and Okun's water and wastewater engineering: water supply and wastewater removal. Hoboken: Wiley, 824 p.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petra Sychová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

Vývoj technologie čištění komunálních odpadních vod 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 na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si 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 práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 29.03.2021

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Petře Sychové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, její vstřícnost, otevřenost a především hlavně ochotu pomoci a trpělivost, cenné rady a odborný dohled.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vývojem technologií čištění odpadních vod a jejich výsledkem je analyzovat vývoj a zhodnotit současný stav technologie čištění komunálních odpadních vod. V počátku práce je popsána historie čištění odpadních vod od úplného počátku. V práci jsou také graficky znázorněny podíly obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci a podíly čištěných odpadních vod, vývoj ČOV, počet ČOV v jednotlivých krajích ČR a další informace. Dále je definováno, co to jsou odpadní vody a jaké jsou jejich charakteristiky. V práci je samozřejmě uvedena Legislativa ČR, kde jsou vypsány důležité zákony, nařízení vlády a vyhlášky. V druhé polovině práce jsou rozepsány jednotlivé druhy čištění OV, které jsou zde rozvedeny do detailu. V této práci jsou uvedeny možnosti financování výstavby ČOV s Operačním a Národním programem Životního prostředí. Práce byla zaměřena na vývoj technologie čištění odpadních vod a jejím cílem bylo analyzovat vývoj a zhodnotit současný stav technologie čištění odpadních vod.

Klíčová slova

technologie čištění, komunální odpadní vody, odpadní vody, legislativa, způsoby čištění OV, čistírna odpadních vod, rozdělení ČOV, financování ČOV

Abstract

The Bachelor thesis deals with the development of waste water treatment technologies and their result is to analyse the development and evaluate the current state of municipal waste water treatment technology. The beginning of the work describes the history of waste water treatment from the very beginning. The work also shows graphically the shares of residents living in houses connected to sewers and the shares of treated waste water, the development of a sewage treatment plant, the number of sewage treatment plants in individual regions of the Czech Republic and other information. It is further defined what waste water is and what its characteristics are. The work of course mentions the Legislation of the Czech Republic, where important laws, government regulations and decrees are listed. In the second half of the work, the different types of waste water treatment are described in detail. This work identifies the possibilities of financing the construction of a waste water treatment plant with the Operational and National Environment Programmes. The work focused on the development of waste water treatment technology and its aim was to analyse the development and evaluate the current state of waste water treatment technology.

Keywords

municipal sewage, wastewater, legislation, wastewater treatment methods, cleaning technology, wastewater treatment plant, separation of the sewage treatment plant, financing of the waste water treatment plant

Obsah

Seznam zkratk

1	Úvod	1
1.1	Cíle práce.....	2
2	Historie čištění odpadních vod	3
3	Odpadní vody a jejich charakteristiky	11
3.1	Látky obsažené v odpadních vodách.....	12
3.2	Limitní hodnoty znečišťujících látek v odpadních vodách	13
4	Legislativa.....	16
4.1	Legislativa EU.....	16
4.2	Legislativa ČR.....	17
4.3	Koncepční a strategické dokumenty ČR	18
5	Současné způsoby čištění odpadních vod.....	20
5.1	Extenzivní čištění odpadních vod	20
5.2	Intenzivní čištění odpadních vod.....	24
6	Čistírny odpadních vod.....	25
6.1	Rozdělení ČOV	26
6.2	Porovnání ČOV v malých a velkých obcích	27
6.3	Mechanické čištění	31
6.4	Biologické čištění	33
6.5	Kalové hospodářství	34
7	Možnosti financování výstavby ČOV	37
7.1	Operační program Životní prostředí.....	37
7.2	Národní program Životní prostředí	38
7.3	Program Výstavba a zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací.....	40
	Diskuse.....	41
	Závěr	43
	Seznam obrázků.....	45
	Seznam tabulek	46
	Použité zdroje	47

Seznam zkratek

AOX	halogenované organické sloučeniny
BSK	biochemická spotřeba kyslíku
BSK5	biochemická spotřeba kyslíku pětidenní
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
DČOV	domovní čistírna odpadních vod
EO	ekvivalentní obyvatel
EU	Evropská unie
hl. m.	hlavní město
NEL	nepolární extrahovatelné látky
NL	nerozpuštěné látky
OV	odpadní vody
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PRVKÚ	plán rozvoje vodovodů a kanalizací
RAS	rozpuštěné anorganické soli
RL	rozpuštěné látky
VL	veškeré látky

1 Úvod

Ačkoli byla první čistírna odpadních vod uvedena do provozu až ve 20. století, se samotným odváděním odpadních vod se lze ve střední Evropě setkat již na pokraji 14. století. Ve své původní podobě byly stokové systémy z dnešního pohledu jednoduché, avšak promyšlené tak, aby odváděly především splaškové odpadní vody do dostatečné vzdálenosti od lidských obydlí.

Od této doby prošlo stokování a později také čištění odpadních vod dlouhým vývojem. Hlavínek a kol. (2006) uvádí, že „stokování a čištění odpadních vod je odrazem péče dané společnosti o to, co se dnes nazývá poněkud módním termínem trvale udržitelný rozvoj.“ V tomto ohledu je důležitý vlastní proces čištění a jeho neustálé zdokonalování, které v současnosti umožňuje například využití odpadního tepla, nebo také zlepšování technologií, díky kterému dochází ke snižování energetické náročnosti procesu čištění a snižování emisí skleníkových plynů.

V České republice bylo podle Českého statistického úřadu (2020) v roce 2018 celkem 85,5 % obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci, přičemž v roce 2003 tento podíl činil 77,7 %. Celkově bylo v roce 2018 vypuštěno 310 679 tis. m³ splaškových odpadních vod a 164 641 m³ průmyslových a odpadních vod. (Český statistický úřad, 2020) I z tohoto důvodu je nutné efektivní řešení čištění odpadních vod, které by jinak ve velké míře znečišťovaly životní prostředí.

Pro čištění odpadních vod je v současné době možné využít intenzivní anebo extenzivní čištění. Tyto technologie se v mnoha ohledech odlišují a obdobně jako jejich jednotlivé komponenty prošly za dobu své existence vývojem, který umožňuje jejich efektivnější využití.

Tato práce se věnuje problematice vývoje odkanalizování a čištění odpadních vod a je členěna do šesti na sebe navazujících kapitol. V první z nich bude popsána historie čištění odpadních vod a historie stokování obecně, přičemž sledován bude především historický vývoj na území střední Evropy. Druhá kapitola je zaměřena na odpadní vody a jejich základní charakteristiky, v této části bude popsáno možné rozdělení odpadních vod, látky obsažené v odpadních vodách, složení odpadních vod a také limitní hodnoty znečišťujících látek v odpadních vodách.

Následně bude popsána legislativa týkající se čištění odpadních vod, a to na úrovni legislativních dokumentů Evropské unie i legislativních dokumentů České republiky. Tento legislativní rámec bude doplněn koncepčními a strategickými dokumenty České republiky. Ve čtvrté kapitole budou popsány současné způsoby čištění odpadních vod, a to jak extenzivním způsobem, tak intenzivním způsobem.

Pátá kapitola bude zaměřena na samotné čistírny odpadních vod, jejich vývoj a současné rozdělení. Popsána bude technologie mechanického a biologického čištění a kalového hospodářství. V poslední kapitole budou shrnuty možnosti financování výstavby či rekonstrukce čistíren odpadních vod.

1.1 Cíle práce

Tato práce je zaměřena na vývoj technologií čištění odpadních vod a jejím cílem je analyzovat vývoj a zhodnotit současný stav technologie čištění komunálních odpadních vod. Tento hlavní cíl pak rozvíjejí následující dílčí cíle:

- charakterizovat historii stokování a čištění odpadních vod
- specifikovat současné možnosti technologií čištění odpadních vod
- analyzovat a zhodnotit aktuální možnosti financování ČOV

Pro zpracování tématu budou využity české a zahraniční odborné zdroje, dále pak data Českého statistického úřadu, doplněny budou informacemi z webových stránek.

2 Historie čištění odpadních vod

Potřeba řešit odvádění splaškových vod z lidských sídel je spojována prakticky se vznikem prvních měst. Jako příklad uvádí Pollert (2012) chetitské město Chattuš, ve kterém byly již zhruba ve 13. století př. n l. odváděny splaškové i dešťové vody hliněnými trubkami, které byly opatřeny okrouhlým čistícím otvorem do kamenných kanálů, které vedly pod ulicemi města. Těmito kamennými kanály pak byla splašková a dešťová voda odváděna mimo území města.

Ne ve všech městech však bylo odvádění splaškových vod řešeno. Ve středověku ulice řady měst sloužily také jako otevřené stoky, jejichž čištění bylo prováděno jen před velkými církevními svátky. Toto řešení s sebou přinášelo řadu úskalí, především se jednalo o hygienické hledisko, kdy se skrze otevřené nečištěné stoky snadno šířily choroby přenosné vodou. První splachovací stoky jsou datovány do období 16. – 17. století. (Wanner, 2020).

Tyto stoky vedly prakticky nejkratší cestou do řeky a v důsledku chabé konstrukce a špatného provozování způsobovaly rovněž přenos chorob, zápach a v mnohých případech také zhoršovaly průběh povodní (Wanner, 2020).

Wanner (2018) uvádí, že „systematické zavádění čištění odpadních vod začalo v Evropě ve druhé polovině 19. století.“ Úzce to souviselo s rozvojem průmyslu a mikrobiologie, dále také zvýšení počtu obyvatel v městských a průmyslových oblastech.

Čistírny odpadních vod byly v Evropě stále častěji považovány za řešení velkého množství odpadních vod a mnohé z těchto čistíren jsou provozovány dodnes. První čistírna odpadních vod byla založena v roce 1872 v Gennevilliers ve Francii (Angelakis a Snyder, 2015). Namísto vypouštění splašků do blízkého vodního toku, zajišťovaly čistírny odpadních vod kombinaci fyzikálních biologických a také chemických procesů, pomocí kterých byla odstraněna většinová část znečišťujících látek. (Nathanson, 2020)

Výstavba kamenných stok v Praze byla započata v roce 1899 dle projektu anglického inženýra Wiliama Herleein Lindleyho. Pollert (2012) uvádí, že „progresivním prvkem Lindleyova projektu bylo, že zahrnul do návrhu nejen historická města pražská, ale i tehdejší předměstí a vše ukončil návrhem čistírny.“ Po

ukončení stavby v roce 1906 se tak hlavní město Praha stalo první metropolí, které byla vybavena jak stokovou sítí, tak i čistírnou odpadních vod.

První čistírna odpadních vod v České republice byla vybudována v Praze-Bubenči. Její stavba byla zahájena v roce 1901 a ukončena v roce 1906 samotný provoz pak byl ukončen mezi lety 1960-1965. Tato čistírna obsahovala mechanickou část bez využití biologické části. (Pollert, 2012)

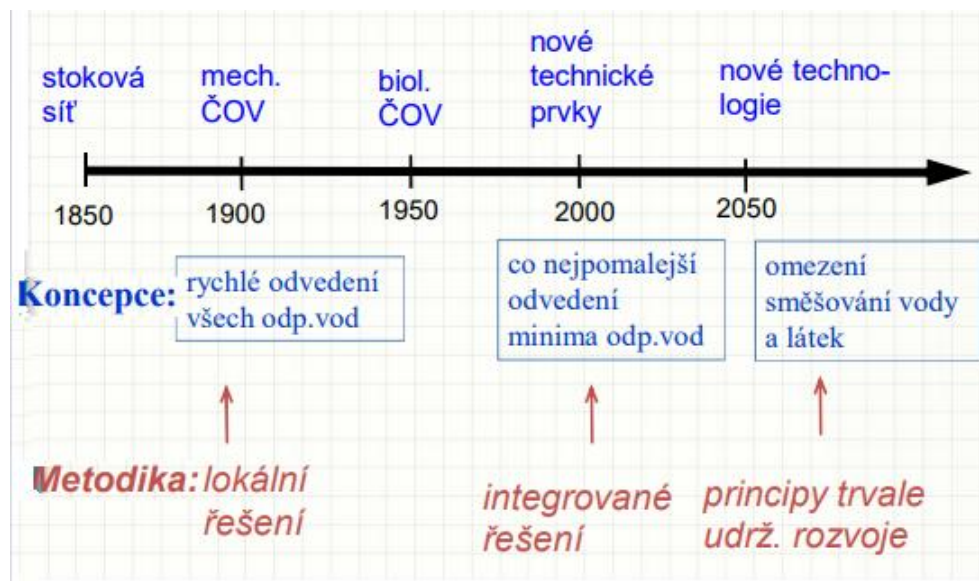
Podle původního projektu čistírny měl být nejprve v lapáku písku odloučen písek a také plovoucí předměty a těžší raději částice. Jemnější kal byl následně odloučen v usazovacích nádržích (Rosický, 2018). Wanner (2020) uvádí, že v roce 1927 pak byla tato čistírna modernizována, a to prostřednictvím nové česlovny, nového lapáku písku a také čtyř nových usazovacích nádrží.

Aktivační proces byl poprvé objeven v Manchesteru ještě před 1. světovou válkou, avšak rozmachu v celosvětovém měřítku se tento proces dočkal až po ukončení 2. světové války. V České republice byla první čistírna využívající aktivační proces postavena v meziválečném období (čistírna odpadních vod v Praze-Jinonicích), samotný proces však byl po teoretické a praktické stránce více zkoumán až na počátku 50. let 20. století (Wanner, 2015).

V druhé polovině 20. století bylo také pro průmyslové odpadní vody vyžadováno předčištění, aby bylo zamezeno zásahu toxických látek do biologických procesů v čistírnách odpadních vod. Po vzestupu cen ropy v 70. letech se při návrhu čistíren odpadních vod začal prosazovat zájem o úsporu energie. Z tohoto důvodu také v případech, kdy to bylo možné, byly zaváděny přírodě blízké způsoby čištění odpadních vod. (Nathanson, 2020)

Vývoj koncepcí městského odvodnění shrnuje Obrázek 1.

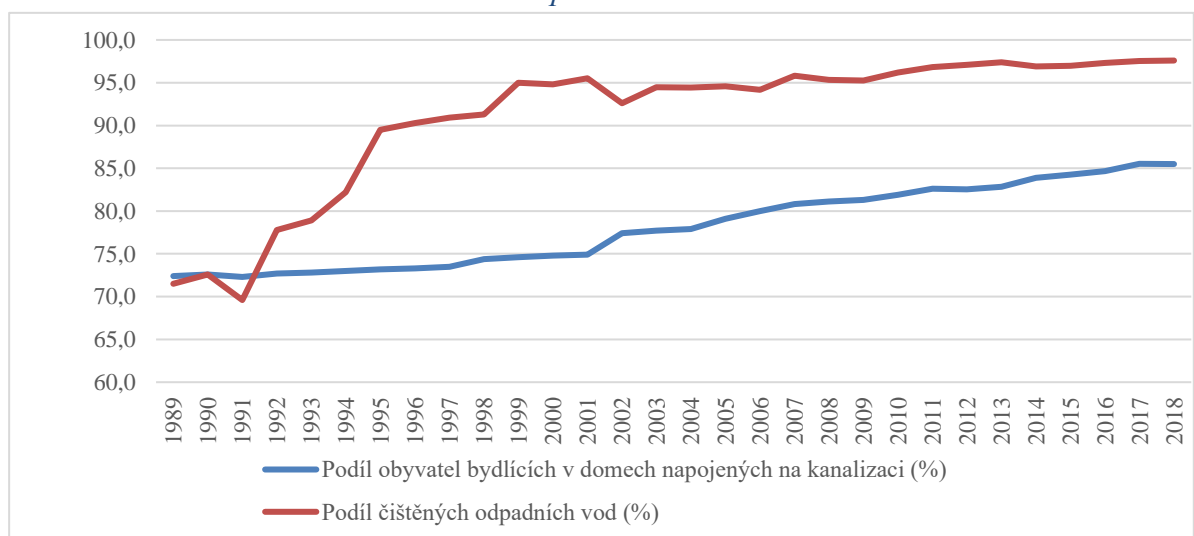
Obrázek 1 – Vývoj koncepcí městského odvodnění



Zdroj: Pollert (2012)

Od roku 1989 jsou Českým statistickým úřadem sledovány vybrané parametry vodovodů a kanalizací. Z hlediska kanalizací se jedná především o podíl obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci, množství vypouštěných odpadních vod, množství čištěných odpadních vod, podíl čištěných odpadních vod, počet ČOV a také jejich celková kapacita. Vývoj podílu obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci a podíl čištěných odpadních vod uvádí Obrázek 2.

Obrázek 2 – Podíl obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci a podíl čištěných odpadních vod



Zdroj: vlastní zpracování na základě dat Českého statistického úřadu (2021)

Podíl osob bydlících v domech napojených na kanalizaci se od roku 1989 zvyšuje, zatímco v roce 1989 se jednalo o 72,4 % osob, v roce 2018 již bydlelo v domech napojených na kanalizaci již 85,5 % obyvatel ČR. Obdobně narůstal také podíl čištěných odpadních vod, z původních 71,5 % v roce 1989 až na 97,6 % v roce 2018. K největšímu nárůstu došlo v období let 1991-1995, což úzce souvisí s budováním kanalizačních sítí v tomto období. Od roku 2000 je sledován také počet čistíren odpadních vod a jejich celková kapacita. Příslušné hodnoty uvádí Tabulka 1, ve které je uvedena také procentuální změna těchto hodnot.

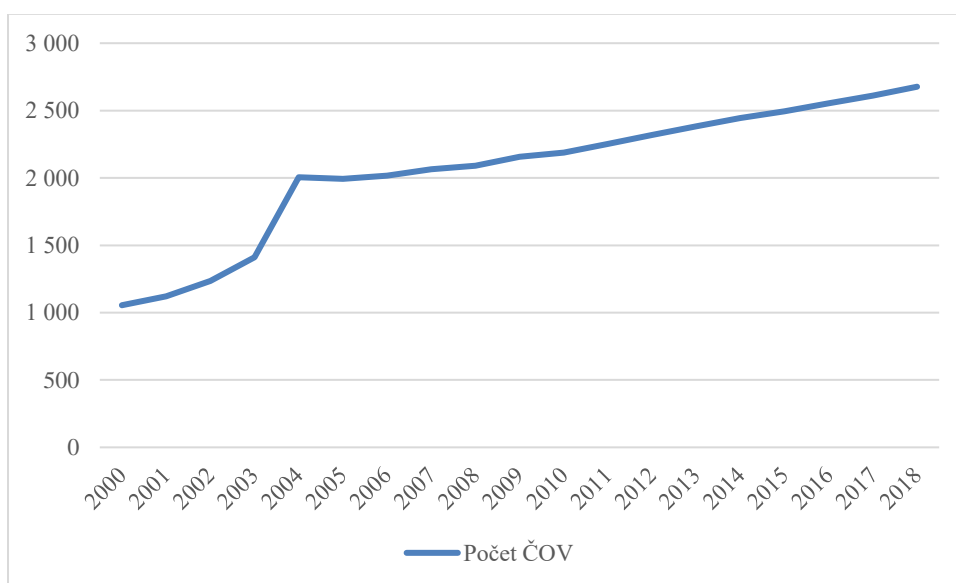
Tabulka 1 – Počet ČOV a jejich celková kapacita

Rok	Počet ČOV	Celková kapacita ČOV (tis. m ³ /den)	Počet ČOV (procentuální změna)	Celková kapacita ČOV (procentuální změna)
2000	1 055	3 927	-	-
2001	1 122	3 969	6,35 %	1,07 %
2002	1 234	3 690	9,98 %	-7,03 %
2003	1 410	3 926	14,26 %	6,40 %
2004	2 006	3 865	42,27 %	-1,54 %
2005	1 994	3 736	-0,60 %	-3,35 %
2006	2 017	3 776	1,15 %	1,08 %
2007	2 065	3 834	2,38 %	1,54 %
2008	2 091	3 876	1,26 %	1,10 %
2009	2 158	3 833	3,20 %	-1,12 %
2010	2 188	3 798	1,39 %	-0,91 %
2011	2 251	3 799	2,88 %	0,04 %
2012	2 318	3 782	2,98 %	-0,44 %
2013	2 382	3 712	2,76 %	-1,86 %
2014	2 445	3 801	2,64 %	2,40 %
2015	2 495	3 916	2,04 %	3,02 %
2016	2 554	3 930	2,36 %	0,36 %
2017	2 612	3 914	2,27 %	-0,39 %
2018	2 677	4 274	2,49 %	9,19 %

Zdroj: vlastní zpracování na základě dat Českého statistického úřadu (2021)

V roce 2018 byl počet čistíren odpadních vod téměř 2,5krát vyšší, než v roce 2000, zároveň však došlo k nepoměrně nižšímu nárůstu celkové kapacity ČOV. To může být způsobeno především výstavbou ČOV v menších obcích, nebo pro menší území několika obcí, které nemají takovou kapacitu, jako ČOV pro větší města. K největšímu nárůstu počtu ČOV došlo v roce 2014, kdy oproti předchozímu roku se počet ČOV zvýšil o 42,27 %. Na tomto nárůstu se podílela zejména finanční podpora obcím pro vybudování vlastní ČOV. Vývoj počtu ČOV od roku 2000 uvádí Obrázek 3.

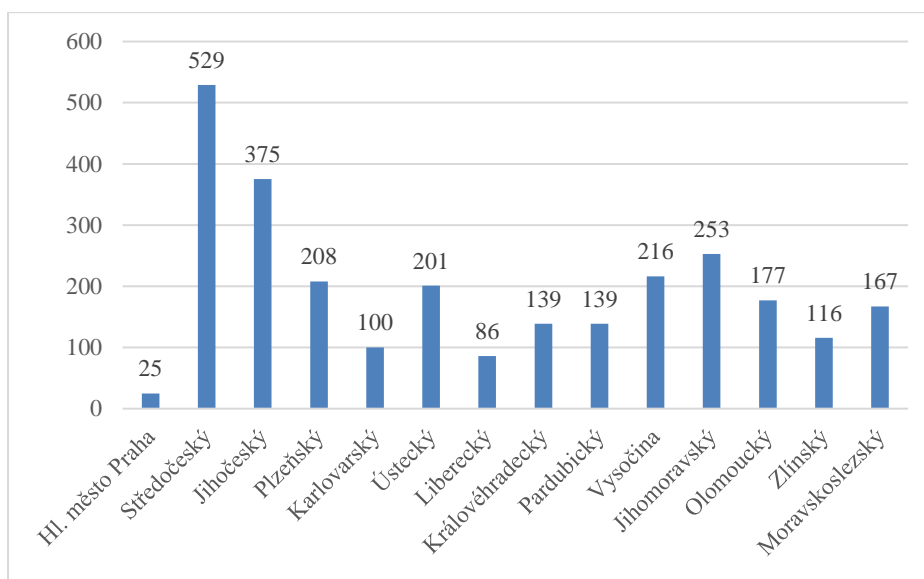
Obrázek 3 – Vývoj počtu ČOV



Zdroj: vlastní zpracování na základě dat Českého statistického úřadu (2021)

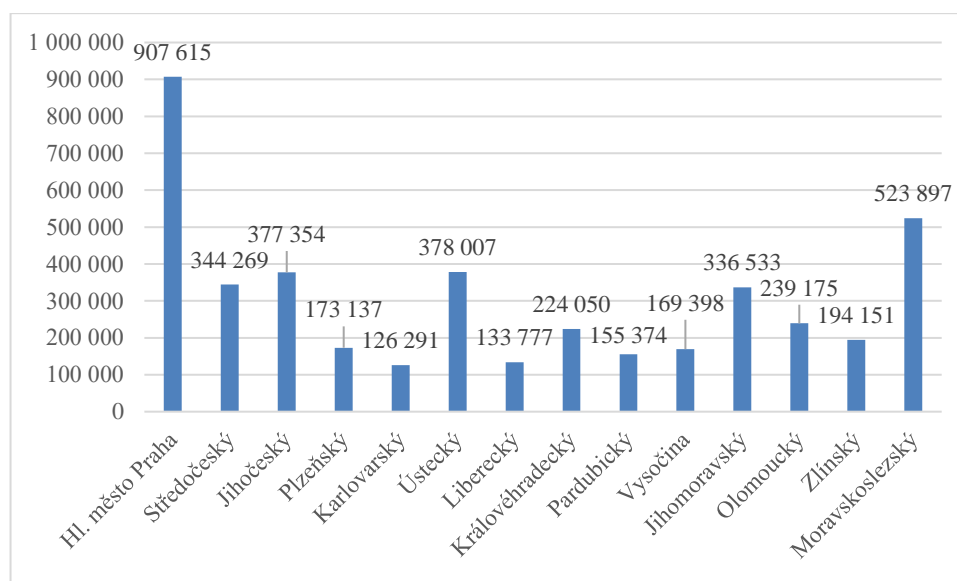
V roce 2019 bylo v České republice celkem 2 731 ČOV o celkové kapacitě 4 283 028 m³/den. Z tohoto množství bylo 22 mechanických a 2 709 mechanicko-biologických. (Český statistický úřad, 2020) Počet ČOV a jejich kapacita je závislá na počtu obyvatel a také hustotě osídlení, čemuž odpovídá i množství ČOV (obrázek 4) a jejich kapacita (obrázek 5) v jednotlivých krajích.

Obrázek 4 – Počet ČOV v jednotlivých krajích ČR



Zdroj: Vlastní zpracování na základě Českého statistického úřadu (2020)

Obrázek 5 – Kapacita ČOV v jednotlivých krajích ČR



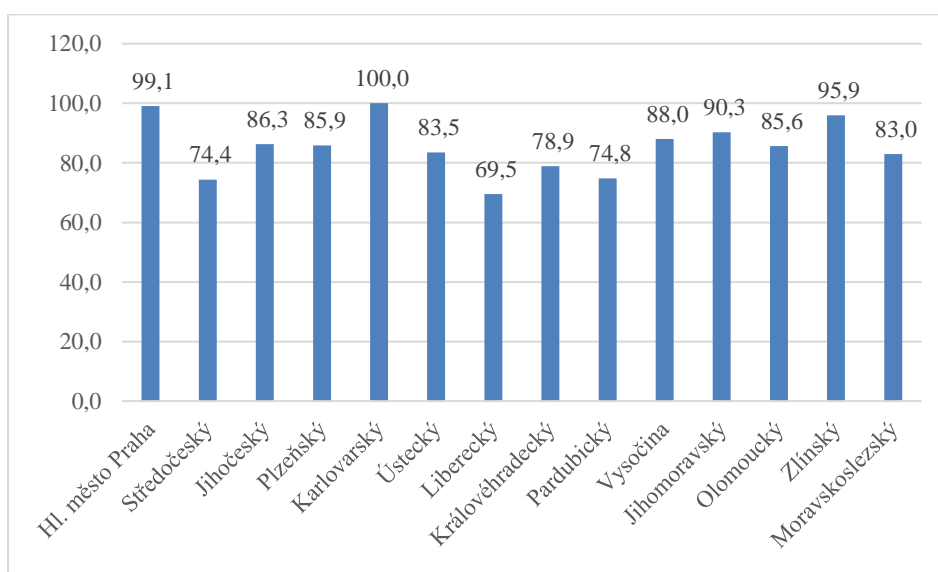
Zdroj: Vlastní zpracování na základě Českého statistického úřadu (2020)

Na základě výše uvedených dvou grafů je možné odvodit také kapacity ČOV v jednotlivých krajích. Zatímco v Praze bylo v roce 2019 celkem 25 čistíren odpadních vod, v celkovém součtu je na tyto ČOV připojeno výrazně více obyvatel, než v ostatních krajích. Oproti tomu ve Středočeském kraji je největší množství ČOV, na které je připojeno srovnatelné množství obyvatel, jako je tomu v ostatních krajích.

Převážná část čistíren odpadních vod je mechanicko-biologických, přibližně 0,09 % je pak mechanických. Zatímco v hl. m. Praze, v Pardubickém kraji, na Vysočině, v Olomouckém a Zlínském kraji se čistě mechanické ČOV nevyskytují, v některých krajích zastoupení mají. Jedná se především o Jihočeský kraj (0,54 %), Královéhradecký kraj (0,33 %) či Moravskoslezský kraj (0,18 %). (Český statistický úřad, 2020)

V České republice je 85,5 % obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizaci. Tento podíl je však v jednotlivých krajích odlišných, největšího podílu obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizaci je v Karlovarském kraji a v hl. m. Praze, naopak nejméně v Libereckém, Středočeském a v Pardubickém kraji. Srovnání podílu obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizaci uvádí Obrázek 6.

Obrázek 6 – Podíl obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizaci



Zdroj: Vlastní zpracování na základě Českého statistického úřadu (2020)

Čistírny odpadních vod hrají významnou úlohu v systému kanalizace v ČR. V roce 2019 bylo do kanalizace vypuštěno v ČR celkem 529 578 tis. m³ odpadních vod, přičemž 461 058 tis. m³ vypuštěných odpadních vod bylo zpoplatněno. (Český statistický úřad, 2020). Pro srovnání je v následující tabulce uvedeno množství vypouštěných odpadních vod do kanalizace a množství čištěných odpadních vod v rámci ČR.

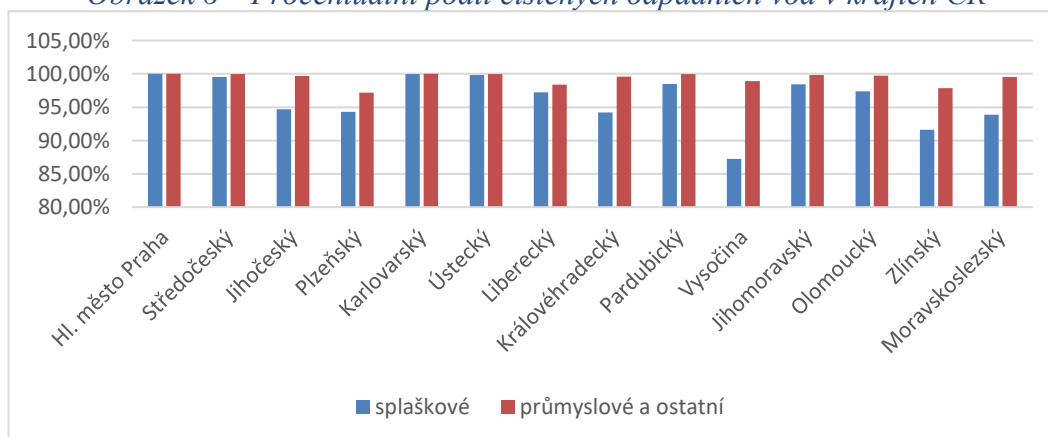
Tabulka 2 – Vypouštěné odpadní vody do kanalizace a čištěné vody v ČR v roce 2019

	Vypouštěné odpadní vody do kanalizace [tis. m ³]	Čištěné vody [tis. m ³]
celkem	529 578	792 648
- v tom splaškové	316 673	306 659
- v tom průmyslové a ostatní	144 385	143 594
- v tom srážkové (balastní)	-	342 395

Zdroj: Český statistický úřad (2020)

Celkem tedy procesem čištění v ČOV prošlo 96,84 % vypouštěných odpadních vod. Největší procentuální podíl dle jednotlivých krajů lze identifikovat v hl. m. Praze, kde je čištěno 100,00 % splaškových vod. Naopak nejmenší procentuální podíl čištění splaškových odpadních vod je ve Zlínském kraji (91,92 %). U průmyslových a ostatních odpadních vod je pak procentuální podíl čištěných odpadních vod vyšší, pro celou Českou republiku se jedná o celkem 99,45 % čištěných průmyslových a ostatních vod. V Praze je stejně jako pro splaškové vody podíl čištěných průmyslových a ostatních odpadních vod také 100 %, stejně jako je tomu i v Karlovarském kraji. Nejmenší procentuální podíl je ve Zlínském kraji, a to 97,86 %. Obrázek 7 uvádí procentuální podíly čištěných splaškových a také průmyslových a ostatních odpadních vod v rámci jednotlivých krajů v ČR.

Obrázek 6 – Procentuální podíl čištěných odpadních vod v krajích ČR



Zdroj: Vlastní zpracování na základě Českého statistického úřadu (2020)

3 Odpadní vody a jejich charakteristiky

Odpadní vody definuje § 38 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) jako „vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.“ Za odpadní vody jsou podle téhož paragrafu uvedeného zákona považovány také „průsakové vody vznikající při provozování skládek a odkališť nebo během následné péče o ně z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních.“

Odpadní vody je možné rozdělit v té nejjobecnější rovině podle charakteru znečištění na dešťové odpadní vody, splaškové odpadní vody, zemědělské odpadní vody a průmyslové odpadní vody. Jednotlivé druhy odpadních vod se vzájemně liší obsahem a charakterem znečišťujících látek, které mohou být anorganického nebo organického charakteru. Spolu s vývojem technologií mohou být vypouštěny další znečišťující látky, což je do jisté míry eliminováno legislativními předpisy a také předepsanými parametry odpadních vod, které jsou vypouštěny do stokové sítě.

¹ Zákon č. 245/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) bude blíže specifikován v kapitole věnované legislativě vztahující se k čištění odpadních vod.

3.1 Látky obsažené v odpadních vodách

Obecně je možné za odpadní vody označit takové vody, které vznikají po použití čisté vody a následně odtékají z lidských sídel, provozů a zařízení, přičemž mají horší vlastnosti, než měly před použitím. Odpadní vody jsou dle svého původu rozdělovány do několika kategorií. Sárka a Dirner (2020) rozdělují odpadní vody na splaškové a průmyslové, zvláštní kategorií jsou pak městské odpadní vody, které mohou být směsí splaškových a průmyslových odpadních vod.

Znečišťující látky, které jsou obsaženy v odpadních vodách lze rozdělit podle několika hledisek. Základní rozdělení znečišťujících látek představuje rozdělení na látky organické a anorganické, nebo také na látky rozpuštěné a nerozpuštěné. (Šmejkalová a Pícha, nedatováno). Přehled znečišťujících látek odpadních vod uvádí Tabulka 3.

Tabulka 2 –Přehled znečišťujících látek odpadních vod

rozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné		cukry, mastné kyseliny
		biologicky nerozložitelné		barviva
	anorganické			těžké kovy, sulfidy
nerozpuštěné	organické	biologicky rozložitelné		škrob, bakterie
		biologicky rozložitelné		plasty, papír
		usaditelné		celulózová vlákna
		neusaditelné	koloidní	bakterie
	plovoucí		papír	
	anorganické	usaditelné		písek, hlína
neusaditelné		brusný prach		

Zdroj: Šmejkalová a Pícha (nedatováno)

Ve splaškových vodách jsou obsaženy nerozpustné látky, jemně suspendované látky, jemné koloidní látky, rozpuštěné látky, mikroorganismy a také plyny (Pecháček, 2019).

V průmyslových odpadních vodách mohou být látky zastoupeny v různém poměru, a to v závislosti na tom, z jakého odvětví tyto odpadní vody pocházejí. Podle složení jsou pak průmyslové odpadní vody rozdělovány na vody „převážně anorganicky znečištění, převážně organicky znečištěné, přechodné typy, které jsou nejčastější“ (Sárka a Dirner, 2020).

Rozdělení chemických sloučenin podle jejich povahy způsobující organické znečištění odpadních vod uvádí.

Tabulka 4 – Chemické sloučeniny způsobující převážně organické znečištění odpadních vod

Skupina látek	Chemické sloučeniny
látky netoxické a biologicky rozložitelné	<ul style="list-style-type: none"> • sacharidy • bílkoviny • norm. alifatické kyseliny a jejich některé deriváty
látky netoxické a biologicky obtížně rozložitelné	<ul style="list-style-type: none"> • alifatické sloučeniny rozvětvené • ligninsulfonany • organická barviva
látky toxické a biologicky rozložitelné	<ul style="list-style-type: none"> • fenoly • organofosforové insekticidy
látky toxické a biologicky obtížně rozložitelné	<ul style="list-style-type: none"> • chlorované uhlovodíky • dinitrofenoly • některé kationaktivní tenzidy

Zdroj: vlastní zpracování na základě Sárky a Dirnera (2020)

3.2 Limitní hodnoty znečišťujících látek v odpadních vodách

Pro stanovení koncentrací organických látek v odpadních vodách jsou využívány dvě základní nepřímé metody, a to stanovení chemické spotřeby kyslíku a stanovení biochemické spotřeby kyslíku. „Chemická spotřeba kyslíku je hmotnostní koncentrace kyslíku ekvivalentní hmotnosti oxidačního činidla, které spotřebují oxidovatelné látky přítomné v litru vzorku za stanovených podmínek.“ (Pavlíková, 2014) Biochemická spotřeba kyslíku je pak podle Pavlíkové (2014) definována jako

„hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za určených podmínek biochemickou oxidací organických, popř. anorganických látek ve vodě za určenou inkubační dobu (n dní). Označuje se BSK_n a používá se jako míra koncentrace jen biologicky rozložitelných organických látek (naproti tomu CHSK postihuje organické látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné).“ Přehled ukazatelů znečištění odpadních vod uvádí Tabulka 5.

Tabulka 5 – Ukazatele znečištění odpadních vod

Typ ukazatele	Ukazatel
fyzikální	teplota, barva, zákal, průhlednost, vodivost
chemické	pH, chemické složení
radiologické	celková aktivita alfa, beta, aktivita radonu
mikrobiální	koliformní bakterie, fekální koliformní bakterie, enterokoky, mezofilní, psychrofilní bakterie
biologické	saprobní index, trofická úroveň
ekologické	podmínky pro život ryb, neporušená samočisticí schopnost
skupinové	BSK ₅ , CHSK, Corg, NL, RL, VL, NEL, formy N, P, Cl, S, Fe, Mn, Ca, Mg, toxické kovy, PCB, PAU, RAS, AOX

Zdroj: vlastní zpracování na základě Šmejkalové a Pichy (nedatováno)

Znečištění odpadních vod je hodnoceno prostřednictvím ukazatelů znečištění odpadních vod. Tyto ukazatele jsou voleny tak, aby bylo možné prostřednictvím jejich hodnot komplexně charakterizovat možný dopad vypouštěných odpadních vod na jakost podzemních a povrchových vod. Těmito ukazateli jsou zejména množství nerozpustných látek, biochemická spotřeba kyslíku, chemická spotřeba kyslíku a dále pak také dusík a fosfor. (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2009). Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci uvádí Tabulka 6.

Tabulka 6 - Ukazatele a emisní standardy pro odpadní vody vypouštěné z jednotlivých staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci

Velikostní kategorie (EO)	<10	10-50	>50
CHSK _{Cr} [mg/l]	150	150	130
BSK ₅ [mg/l]	40	40	30
N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	20	x	x
NL [mg/l]	30	30	30
N _{celk}	x	30	20

Zdroj: Příloha č. 1 k nařízení vlády č. 57/2016 Sb.

Znečištění odpadních vod na přítoku i odtoku z ČOV je sledováno Českým statistickým úřadem. Konkrétně se jedná o biochemickou spotřebu kyslíku, chemickou spotřebu kyslíku, nerozpuštěné látky, celkový dusík a také celkový fosfor. Tabulka 8 uvádí příslušné hodnoty pro čistírny odpadních vod v České republice.

Tabulka 8 – Znečištění na ČOV v roce 2019

Znečištění na ČOV		[t/rok]
BSK ₅	na přítoku	241 891
	na odtoku	3 567
CHSK _{Cr}	na přítoku	560 385
	na odtoku	27 815
NL	na přítoku	271 171
	na odtoku	5 634
N _{celk}	na přítoku	45 954
	na odtoku	8 597
P _{celk}	na přítoku	6 161
	na odtoku	765

Zdroj: Český statistický úřad (2020)

4 Legislativa

V části zaměřené na legislativu vztahující se k čištění odpadních vod bude charakterizována legislativa EU a také legislativa ČR. Součástí této části je také podkapitola zaměřená na koncepční a rozvojové dokumenty.

4.1 Legislativa EU

Problematika odpadních vod je po legislativní stránce řešena na úrovni EU, ačkoli se jedná o méně akcentovanou problematiku, než je hospodaření s vodou či úprava a dodávky pitné vody. Působení EU na systém nakládání s odpadními vodami má význam především v podobě dotačních titulů, díky kterým byla vybudována řada ČOV v členských státech.

Na úrovni EU je problematika odpadních vod řešena především následujícími třemi směrnicemi:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky
- Směrnice Rady 91/271/EEC o čištění městských odpadních vod
- Směrnice Rady 86/278/EHS o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství

Podle Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES označuje odvádění a čištění odpadních vod jako vodohospodářskou službu, která je zajišťována jak pro domácnosti, tak také pro veřejné instituce či jakoukoli hospodářskou činnost.

Definuje také mezní hodnotu emisí, přičemž *„při nepřímém vypouštění do vod lze při určování mezních hodnot emisí daného zařízení vzít v úvahu účinek čistírny odpadních vod za předpokladu, že je zaručena stejná úroveň ochrany životního prostředí jako celku, a že přitom nedojde ke zvýšení úrovně znečištění v životním prostředí.“* (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES) Podle této směrnice také jednotlivé členské státy musí zabezpečovat zavedení či provedení omezování emisí, omezování znečištění atd. podle Směrnice Rady 91/271/EEC a Směrnice Rady 86/278/EHS.

4.2 Legislativa ČR

Na úrovni České republiky je problematika kanalizací a čištění odpadních vod řešena následujícími zákony, nařízeními vlády a vyhláškami:

- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů
- 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
- Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních
- Nařízení vlády č. 327/2018 Sb. kterým se zrušuje nařízení vlády č. 143/2012 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod
- Vyhláška č. 328/2018 Sb. o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových
- Vyhláška č. 20/2002 Sb. o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody
- Vyhláška č. 216/2011 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

4.3 Koncepční a strategické dokumenty ČR

V rámci koncepčních a strategických dokumentů budou popsány následující klíčové koncepční a strategické dokumenty dotýkající se problematiky čištění odpadních vod:

- Státní politika životního prostředí
- Koncepce vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství do roku 2015
- Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území ČR, plány rozvoje vodovodů a kanalizací jednotlivých krajů

Státní politika životního prostředí 2030 s výhledem do 2050 uvádí zlepšování čištění odpadních vod jako jeden ze specifických cílů strategického cíle „*dostupnost vody je zajištěna a její jakost se zlepšuje.*“ (Ministerstvo životního prostředí, 2019) Tohoto zlepšování by mělo být dosaženo také díky financování Národním programem Životní prostředí, Operačním programem Životní prostředí a také programem Výstavba a technické zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací. Cíl v oblasti čištění odpadních vod implementují následující strategie:

- „*Strategie resortu Ministerstva zemědělství ČR s výhledem do roku 2030*“
- *Národní plány povodí ČR (MŽP, MZe)*
- *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu (MŽP)*
- *Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod*
- *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území ČR (MZe)*
- *Plán odpadového hospodářství ČR (MŽP)*“

„*Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky (PRVKÚ ČR), jako dokument státní politiky v oboru vodovodů a kanalizací, je zpracován na základě ustanovení § 29 odst. 1 písmeno c) zákona 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.*“ (Ministerstvo zemědělství ČR, 2021)

Strategickým cílem v oblasti kanalizací je „*efektivní likvidace odpadních vod bez negativních dopadů na životní prostředí, za sociálně únosné ceny.*“ (Ministerstvo zemědělství ČR, 2010)

Účelem plánu rozvoje vodovodů a kanalizací na územích jednotlivých krajů je stanovení základní koncepce pro optimální rozvoj odkanalizování a čištění odpadních vod a také zásobování pitnou vodou. Plány rozvoje vodovodů a kanalizací na území kraje obsahují podle Ministerstva životního prostředí ČR (2009) následující části:

- textová část
 - souhrnná zpráva
 - popisy nadobecních systémů vodovodů a kanalizací v kraji (souhrn základních informací o řešeném území, souhrnný popis odvádění a čištění odpadních vod, doplňující tabulky)
 - popisy vodovodů a kanalizací v obcích a jejich administrativních částech
- grafická část
 - situační schéma kanalizací a ČOV
 - situace kanalizací se zakreslenými aglomeracemi nad 2 000 EO v měřítku 1:50 000
 - situace kanalizací a ČOV v měřítku 1:25 000
- tabulková část – databáze

5 Současné způsoby čištění odpadních vod

Cílem čištění odpadních vod je podle Samera (2015) transformace látek v odpadních vodách tak, aby bylo je zlikvidovat bez negativních vlivů na životní prostředí, ochrana veřejného zdraví, zajištění účinného nakládání s odpadními vodami či recyklace a regenerace cenných složek, které jsou v odpadních vodách obsaženy. Cíle čištění odpadních vod je bezesporu také dodržování příslušných právních předpisů. Čištění odpadních vod tak hraje významnou úlohu, a to zejména z toho důvodu, že „populační růst vede k významnému nárůstu výchozího objemu odpadních vod, což z něj činí naléhavou nutnost vyvinout účinné a dostupné technologie pro čištění odpadních vod.“ (Elena a kol., 2013)

Základní rozdělení způsobů čištění odpadních vod je rozdělení na způsoby extenzivní a intenzivní. Extenzivní čištění odpadních vod je také označováno jako přírodě blízké způsoby čištění odpadních vod a spočívá ve využití vegetačních čistíren, biologických rybníků apod. Intenzivní čištění odpadních vod pak představuje čištění odpadních vod v ČOV.

5.1 Extenzivní čištění odpadních vod

Extenzivní způsoby čištění odpadních vod, nebo také přírodě blízké způsoby čištění odpadních vod zahrnují řadu způsobů čištění, přičemž tyto zařízení mají rozdílné možnosti využití. Přehled variant využití přírodních způsobů čištění odpadních vod uvádí Tabulka 9.

Tabulka 9 – Varianty využití přírodních způsobů čištění

Zařízení	Druh přírodního způsobu čištění	Možnosti využití zařízení
půdní (zemní) filtry	vertikální proudění bez vegetace	čištění a dočištění (úprava) srážkových a splaškových (komunálních) vod
	horizontální proudění bez vegetace	

kořenové čistírny odpadních vod (půdní filtry s mokřadní vegetací)	horizontální povrchové proudění, kombinace povrchového a podpovrchového proudění	čištění OV a znečištěných povrchových vod v příznivých klimatických podmínkách
	horizontální podpovrchové proudění	čištění splaškových (komunálních) odpadních vod a jejich dočištění; celoroční provoz
	vertikální s prouděním směrem dolů	
	vertikální s prouděním směrem vzhůru	čištění OV převážně v letním období
biologické nádrže (součást stabilizačních nádrží)	aerobní nízkozatěžované	čištění povrchových a splaškových OV
	aerobní vysokozatěžované	čištění OV v klimaticky příznivých oblastech
	aerobní průběžně provzdušňované	intenzivní čištění OV
	dočišťovací biologické nádrže	dočištění OV za klasickými čistírnami
	anaerobní průtočné biologické nádrže	anaerobní čištění předřazené aerobnímu
	anaerobní akumulární biologické nádrže	čištění OV kampaňových producentů
akvakultury a bioeliminátory	nádržní a žlabové akvakultury	čištění a dočištění OV plovoucími makrofyty (okřehky), biosestonem (řasami)
	kombinace akvakultur s vegetací	čištění splaškových a průmyslových OV
	bioeliminátory	čištění OV ve žlabech s přepážkami z nárostů
závlaha odpadními vodami (minimálně mechanicky čistěnými)	závlaha komunálními OV	vegetační závlahy až celoroční provoz závlah
	závlaha průmyslovými OV	vegetační provoz i mimovegetační závlahy
	závlaha zemědělskými OV	vegetační závlahy silážními a provozními OV
	závlaha tekutým kalem a kejdou	využití hnojivého účinku tekutých odpadů

Zdroj: Mlejnská a kol. (2015)

Extenzivní způsoby čištění odpadních vod je vhodné využít v lokalitách, kde to přírodní podmínky umožňují. Omezujícím parametrem je počet EO, pro které je tento typ čistírny určen, a to zejména z toho důvodu, že je zpravidla vyžadována větší plocha, na které probíhá vlastní proces čištění.

Jednou z nevýhod tohoto způsobu čištění odpadních vod je skutečnost, že v zimním období čistící efekt v mnoha případech výrazně klesá a i z tohoto důvodu je doporučováno tento způsob čištění využívat například pro letní rekreační střediska či tábory, nebo také v případě plošně rozsáhlejších rodinných domů. (Kašpar, 2009)

Nejčastěji probíhá extenzivní čištění odpadních vod v biologických nádržích, umělých mokřadech, kořenových čistírnách či v zemních filtrech. Výhodnou těchto typů čistíren jsou pak především nízké náklady na samotný provoz, jednodušší je také obsluha, než-li v případě klasické ČOV. V případě biologických čistíren může až polovinu nákladů na provoz tvořit zpracování kalů.

Podle Trikoilidou a kol. (2016) nabízí biologické čištění *„vysokou účinnost odstraňování organických látek, znamená také významnou produkci kalu, který obsahuje aktivní (živé) a neaktivní (mrtvé) mikroorganismy a musí být před konečnou likvidací ošetřen, aby se zabránilo nepříznivým dopadům na veřejné zdraví a životní prostředí.“* Trikoilidou a kol. (2016) také uvádí, že pro zajištění efektivního provozu je nutné monitorování fyzikálně-chemických parametrů.

Příkladem extenzivního způsobu čištění mohou být výše zmiňované kořenové čistírny, které byly vybudovány již pro mnoho obcí. Příkladem může být obec Hostětín, která se nachází v okrese Uherské Hradiště ve Zlínském kraji.

Kořenová čistírna odpadních vod zde byla uvedena do provozu v roce 1997 a byla první čistírnou tohoto typu na východní Moravě. *„Její základem je umělý mokřad s běžnými mokřadními rostlinami (rákos obecný či chrastice rákosovitá). Čištění vody probíhá především díky bakteriím žijícím na kořenech rostlin, které rozkládají organické znečištění a tím vodu čistí.“* (Centrum Hostětín, 2021) Podobu kořenové čistírny obce uvádí Obrázek 7.

Obrázek 7 – Kořenová čistírna v obci Hostětín

(vlevo – letecký pohled, uprostřed – mechanická část, vpravo – dočišťovací rybníček)



Zdroj: Centrum Hostětín (2021)

V obci Osová Bítýška v okrese Žďár nad Sázavou v kraji Vysočina byla kořenová čistírna odpadních vod vybudována v roce 1993. Tato čistírna je složena ze čtyř částí, kterými jsou dešťový oddělovač, vyrovnávací nádrž, dešťový oddělovač s usazovací nádrží a mechanický stupeň čištění dimenzovaný na veškerý přítok dešťových vod. (Obec Osová Bítýška, 2021) Podoba této kořenové čistírny je uvedena na následujícím obrázku.

Obrázek 8 – Kořenová čistírna odpadních vod v obci Osová Bítýška



Zdroj: Obec Osová Bítýška (2021)

Při zpracování návrhu přírodně blízkých opatření pro čištění odpadních vod je nutné vzít v úvahu více variant provedení a provést jejich srovnání a vyhodnocení. Z tohoto důvodu je zpracovávána technicko-ekonomická studie, v rámci které je odkanalizování řešeno variantně.

Příkladem může být zpracovaná technicko-ekonomická studie odkanalizování obce Jankovice, která se nachází v okrese Uherské Hradiště ve Zlínském kraji. Tato

studie byla zpracována v roce 2016 a v lednu 2021 byla vyhlášena veřejná zakázka na výběr zhotovitele projektové dokumentace k projektu odkanalizování obce. (Profil zadavatele – Obec Jankovice, 2021)

V rámci této studie byly navrženy tři varianty odkanalizování obce, a to doplnění stávající kanalizace a čerpání na ČOV v Holešově, druhou variantou je gravitační oddílná splašková kanalizace a rovněž čerpání odpadních vod na ČOV v Holešově, poslední variantou je pak gravitační oddílná splašková kanalizace a s lokální čistírnou odpadních vod. Kořenová čistírna pak byla jedním z návrhů variantního řešení lokální ČOV. (Prchal, 2016)

5.2 Intenzivní čištění odpadních vod

Technologie, které jsou používány pro odstranění znečišťujících látek je možné rozdělit do tří skupin. První skupinu tvoří konvenční metody, mezi které jsou řazeny koagulace/flokulace, biologický rozklad, filtrace či adsorpce. Druhou skupinu pak představují procesy založené na obnově, mezi které jsou řazeny extrakce rozpouštědlem, odpařování, oxidace, elektrochemické zpracování, membránová separace, membránové bioreaktory, iontová výměna a také spalování. Třetí a poslední skupinu tvoří nové metody odstraňování znečišťujících látek, mezi které je řazena pokročilá oxidace, adsorpce na nekonvenční pevné látky, biosorpce, biomasa či nanofiltrace. (Crini a Lichtfouse, 2019)

Procesy, které probíhají v čistírnách odpadních vod jsou rozdělovány na tři stupně, a to na stupeň mechanický, stupeň biologický a stupeň chemický. Tyto stupně čištění budou popsány v samostatné části věnované čistírnám odpadních vod.

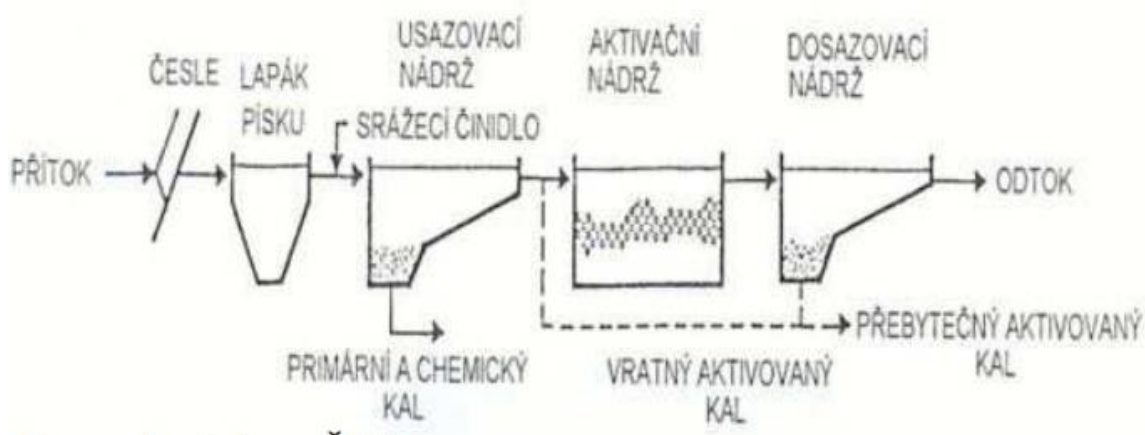
6 Čistírny odpadních vod

Hlavním cílem čistíren odpadních vod je odstranění organických látek, které jsou obsaženy v odpadních vodách. Pro odstranění hrubého organického znečištění i menšího plovoucího znečištění jsou používány hrubé a jemné česle, v lapači písku je pak odstraňován písek či jiné materiály, které jsou sunuty pod dně. Pro odstranění jemného organického kalu jsou využívány sedimentační nádrže, odstraňování tuků pak probíhá v lapači tuků.

Většina technologií čištění je provozována na začátku čistícího procesu se sedimentací, přičemž koncová část je ve většině případů tvořena hygienickým zabezpečením systému využití šedých vod. Pro dezinfekci vyčištěných šedých vod patří například ozón či ultrafialové záření. Mezi nejčastěji používanou technologií čištění šedých vod patří biologická úprava, po níž následuje úprava fyzikální společně s přírodními postupy čištění (Pidou, 2006).

Tyto části jsou řazeny do mechanického stupně čištění, v rámci biologického stupně čištění pak probíhá odstranění rozpuštěných organických látek. Obecné schéma čistírny odpadních vod uvádí Obrázek 9.

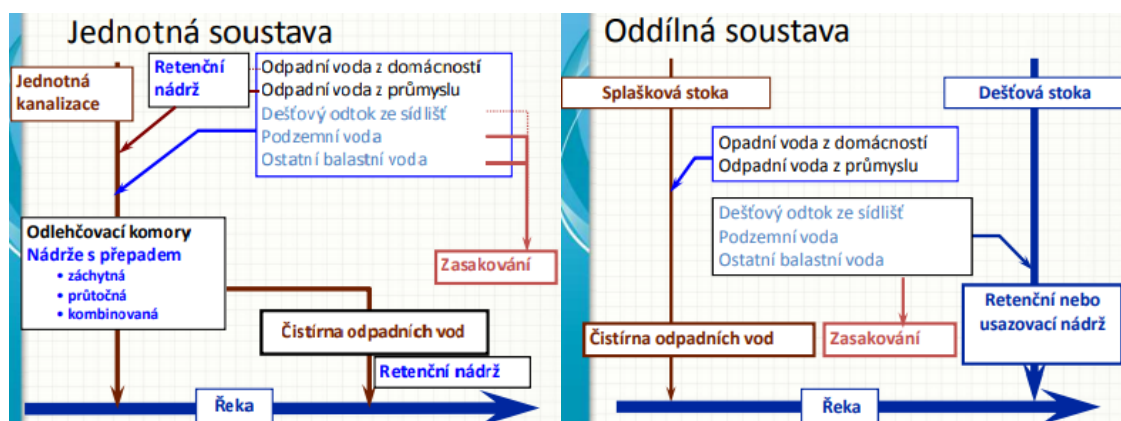
Obrázek 9 – Obecné schéma ČOV



Zdroj: Járová (nedatováno)

ČOV je zpravidla navrhována spolu s návrhem odkanalizování daného území, kde hraje důležitou skutečnost typ stokové soustavy. Ta může být jednotná, kde jsou společně odváděny dešťové a splaškové vody, nebo oddílná, kde jsou splaškové a dešťové vody odváděny odděleně. Postavení ČOV v rámci jednotné a oddílné stokové soustavy uvádí Obrázek 10.

Obrázek 10 – ČOV v rámci jednotné a oddílné stokové soustavy



Zdroj: Pollert (nedatováno)

Čistírny odpadních vod jsou kontrolovány ze strany České inspekce životního prostředí. Kontroly se zaměřují zejména na:

- prověření provozu ČOV
- zjištění skutečného stavu provozu
- zjištění produkovaného znečištění
- zjištění vypouštěného znečištění
- prověření a evidence odlehčovacích komor
- kontrola vypouštění odpadních vod (Česká inspekce životního prostředí, 2019)

6.1 Rozdělení ČOV

Čistírny odpadních vod je možné rozdělit podle několika kritérií. Základní rozdělení představuje rozdělení podle velikosti, dle tohoto kritéria jsou ČOV rozdělovány na následující kategorie:

- domovní ČOV
- malé ČOV
- městské ČOV

Pro rozdělení co do velikosti je důležitým kritériem počet ekvivalentních obyvatel, nebo také biochemická spotřeba kyslíku. Domovní ČOV jsou o velikosti od 5 do 50 EO, malé ČOV pak zpravidla představují čistírny do 2000 EO.

Dalším kritériem pro rozdělení ČOV je způsob čištění. Dle technologického

rozdělení jsou rozlišovány následující čtyři stupně:

- I. stupeň – mechanické čištění
- II. stupeň – mechanické a biologické čištění
- III. stupeň – kombinované fyzikální, biologické a chemické procesy
- IV. stupeň – aktivace (Mendelova univerzita v Brně, 2021)

6.2 Porovnání ČOV v malých a velkých obcích

Pro malé obce je běžné využívání decentralizovaného systému čištění odpadních vod. Problematické jsou pak především výkyvy jak v kvalitě, tak i v množství přítoku odpadních vod. (TZB-info, 2005) Výhodou tohoto systému jsou nižší provozní a zpravidla také pořizovací náklady oproti centralizovanému systému čištění odpadních vod.

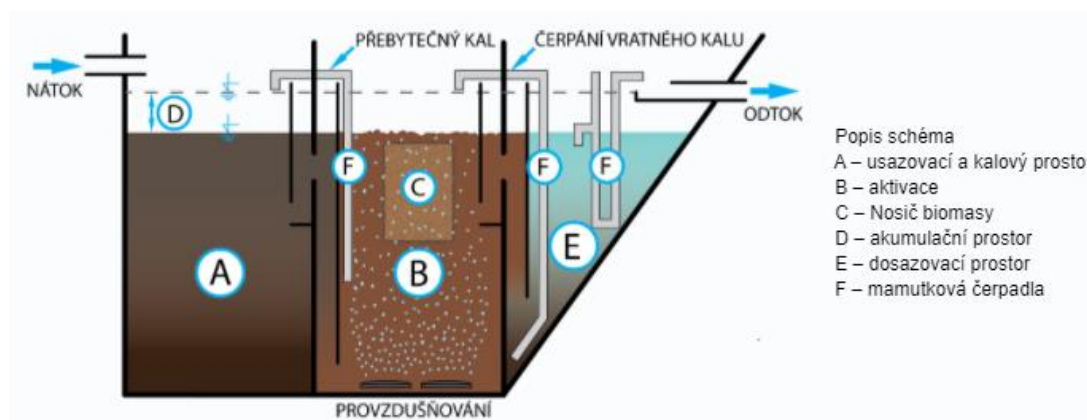
Čistírny odpadních vod o velikosti do 500 EO mají zpravidla „*přerušovaný režim produkce odpadních vod.*“ (Mendlova univerzita v Brně, 2021) Pro tuto velikostní kategorii je pak typické využívání kořenových čistíren, zemního filtru, či jejich vzájemná kombinace. Důležité je odstraňování nerozpustných látek pomocí česlí či sít. (Mendlova univerzita v Brně, 2021)

Pro malé obce je typické využívání dodávek ČOV tzv. na klíč. Příkladem může být čistírna odpadních vod AS-VARICOMP, která je biologickou čistírnou odpadních vod určená především pro „*čištění splaškových odpadních vod z obytných celků a částí obcí, často se však využívají k čištění odpadní vody také z hotelů, různých provozoven nebo podniků.*“ (Asio, 2021)

Tato čistírna je složena ze tří základních částí, a to usazovacího a kalového prostoru, prostoru pro aktivaci a dosazovacího prostoru. Nátok do usazovacího prostoru je řešen gravitačně, tato část slouží také jako zásobník přebytečného kalu. V aktivační části pak dochází k biologickému dočištění mechanicky předčištěné vody. Schéma tohoto typu ČOV uvádí

Obrázek 11.

Obrázek 11 – ČOV AS-VARICOMP



Zdroj: Asio (2021)

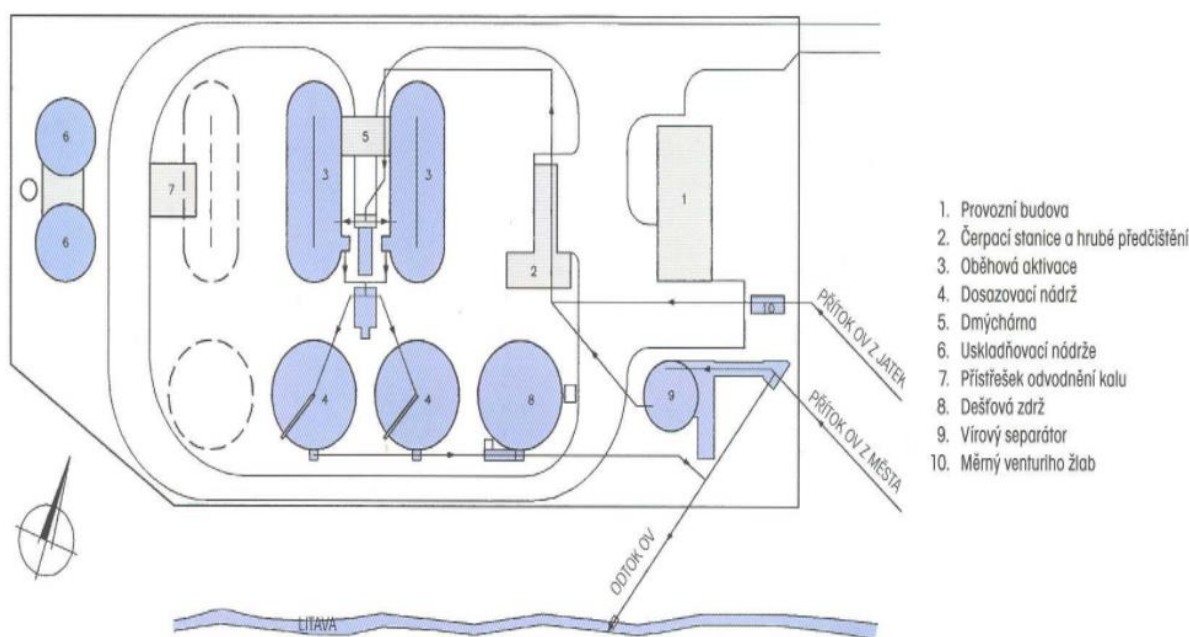
Střední a velké čistírny odpadních vod jsou obvykle složeny z následujících provozních, obslužných a pomocných částí:

- kanalizační sběrač, oddělovač šterku, lapač šterku
- objekt čerpací stanice, objekt hrubého předčištění
- usazovací nádrže, zahušťovací nádrže
- aktivační nádrže, reaktory
- dosazovací nádrže
- objekt pro předčištění a zahušťování kalu
- provozní budova, sociální zázemí, garáže, sklady
- komunikace a zpevněné plochy, zeleň, inženýrské sítě (Mendelova univerzita v Brně, 2021)

Příkladem může být ČOV v Bučovicích, která se nachází v okrese Vyškov v Jihomoravském kraji. Tato ČOV je určena pro 8 300 EO a je tvořena vírovým separátorem, čerpací stanicí, dešťovou nádrží, objektem mechanického předčištění, objektem oběhové aktivace, dmýchárnou, dosazovací nádrží, uskladňovací a homogenizační nádrží pro kalové hospodářství a také provozní budovou čistírny. Tato ČOV je určena pro čištění odpadních vod splaškových, průmyslových, dešťových a potravinářských z jatek. (Centroprojekt, 2021) Schéma ČOV v Bučovicích uvádí

Obrázek 12.

Obrázek 12 – Schéma ČOV v Bučovicích



Zdroj: Mendlova univerzita v Brně (2021)

Podle České inspekce životního prostředí (2020) „větší nedostatky v provozování se vyskytují trvale a pravidelně u ČOV, které jsou provozovány obcemi, městysy, nebo dobrovolnými svazky obcí. Vodárenské společnosti na základě dlouhodobých zkušeností, odbornosti pracovníků, rozsahu a dostupnosti technických prostředků provozují čistírny bez větších nedostatků a bez technologických výkyvů na jakost vypouštěných odpadních vod.“ Problematické je pak u ČOV především překračování emisních limitů, či nedodržení odběru kontrolních vzorků.

U čistíren odpadních vod velkých obcí (nad 10 000 EO) se lze setkat s porušováním vodního zákona, a to především na straně překročování emisních limitů, které jsou stanoveny zákonem. U velkých ČOV po provedených rekonstrukcích jak po stavební, tak i po technologické stránce dochází ke zlepšování kvality čistícího procesu, což je možné sledovat na průměrné účinnosti odstraňování znečišťujících

látek. Vývoj těchto hodnot uvádí **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Tabulka 10 – Vývoj průměrné účinnosti odstraňování znečišťujících látek [%]

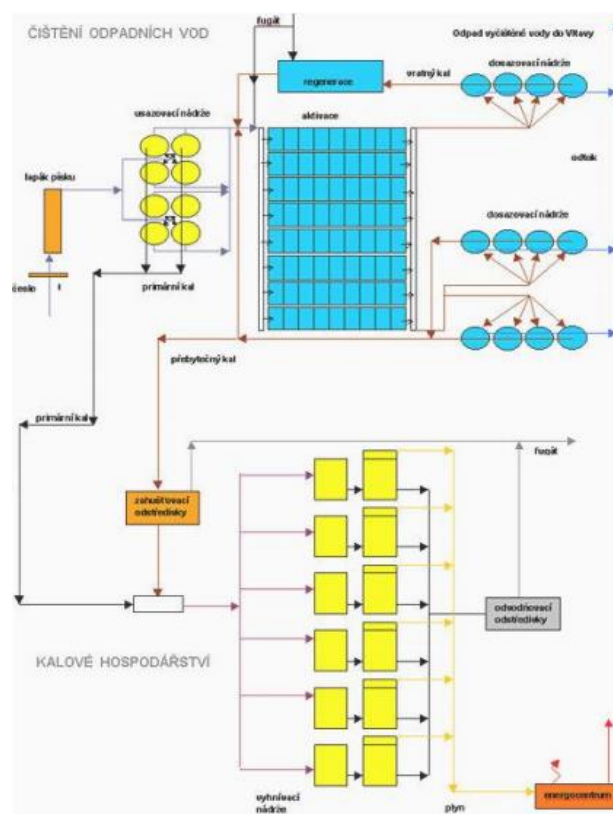
	BSK₅	CHSK_{cr}	NL	N celk.	P celk.
2010	96,5	92,9	95,4	71,0	80,1
2011	97,7	94,0	96,2	72,1	81,3
2012	98,2	94,6	97,2	75,2	83,4
2013	98,0	94,4	97,2	72,5	82,2
2014	98,4	94,8	97,7	77,3	83,2
2015	98,5	95,1	97,7	80,5	86,4
2016	98,5	94,7	97,7	78,4	87,0
2017	98,4	95,4	97,6	79,5	87,1
2018	98,7	95,7	97,9	80,5	87,6

Zdroj: Česká inspekce životního prostředí (2020)

Příkladem čištění odpadních vod pro více než 10 000 EO je ústřední čistírna odpadních vod v Praze – Tróji. Tato čistírna byla otevřena v roce 1965, k jejímu zprovoznění došlo v roce 1967. Tato čistírna využívá všechny tři stupně čištění, tedy čištění mechanické, chemické i biologické. (Pražské vodovody a kanalizace, 2021) Schéma ústřední čistírny odpadních vod uvádí

Obrázek 13.

Obrázek 13 – Schéma Ústřední čistírny odpadních vod v Praze – Troji



Zdroj: České vysoké učení technické (nedatováno)

6.3 Mechanické čištění

Mechanické čištění a také předčištění odpadních vod slouží k odstranění

hrubých makroskopických látek. Tyto látky jsou před následnými fázemi čištění odstraňovány především z toho důvodu, aby nedocházelo k mechanickým závadám či zanášení objektů a zařízení čistírny odpadních vod. Pro odstranění hrubých nečistot a látek z vody do velikosti cca 1 mm, výjimečně i méně, jsou vhodné česle a síta.“ (Hlavínek, 2006) Rozlišovány jsou přitom podle Hlavínka (2006) následující druhy česlí a sít:

- hrubé česle
- jemné česle
- spádová síta
- samočistící česle
- stupňové česle
- bubnová pohyblivá síta
- bubnová nepohyblivá síta

Česle jsou technologické zařízení, které slouží k odstranění nečistot, které jsou plovoucí a hrubě dispergované. Česle pak mohou být vyklíženy ručně nebo strojně a kvůli zápachu bývají umístovány v budově, která se nazývá česlovna. Podle šířky průlin jsou pak rozdělovány na hrubé, střední a jemné česle. (Járová, nedatováno) Česle mohou být ručně či strojně stíratelné, dále pak samočistící, krokové, šroubové, rotační či rotační bubnové s drtičem. (České vysoké učení technické v Praze, nedatováno).

„Lapáky písku jsou zařízení, které slouží k zachytávání písku a minerálních částic, s takovou účinností, aby byla zajištěna ochrana dalších objektů a zařízení ČOV.“ (Hlavínek, 2006), Toto zařízení slouží k zachycení částic o velikosti zrna v rozmezí 0,2-0,25 mm a lze je rozdělit podle způsobu odstraňování písku, nebo podle směru průtoků písku. Hlavínek (2006) rozlišuje následující typy lapáků písku:

- lapák písku s horizontálním průtokem
 - komorový lapák písku
 - štěrbinový lapák písku
 - lapák písku komorový s kontrolovanou rychlostí
- vírový lapák písku
- provzdušňovací lapák písku
- odstředivé lapáky písku s příčnou cirkulací

Lapáky tuků a olejů slouží pro předčišťování především v blízkosti provozů závodních kuchyní, hotelů, či garáží, aby byly oleje a tuky zachyceny ještě před vtokem odpadních vod do kanalizace. (České vysoké učení technické, nedatováno)

„Usazování patří k nejrozšířenějším separačním procesům, kde separace tuhých částic je dána gravitací závisící na velikosti a tvaru částice a hustotě kapaliny.“ (Hlavínek a kol., 2006) K sedimentaci dochází v tzv. usazovacích nádržích, které je možné rozdělit podle zařazení v technologické lince, nebo také dle tvaru a průtoku v nádrži. Rozdělení usazovacích nádrží uvádí Hlavínek (2006) následovně:

- *„dle zařazení v technologické lince“*
 - *primární – separace suspendovaných částic z odpadní vody (mechanické čištění)*
 - *sekundární – separace biologického kalu při biologickém čištění (dosazovací nádrže)*
- *dle tvaru a průtoku v nádrži*
 - *pravoúhlé s horizontálním průtokem*
 - *kruhové s horizontálním průtokem*
 - *kruhové s vertikálním průtokem“*

6.4 Biologické čištění

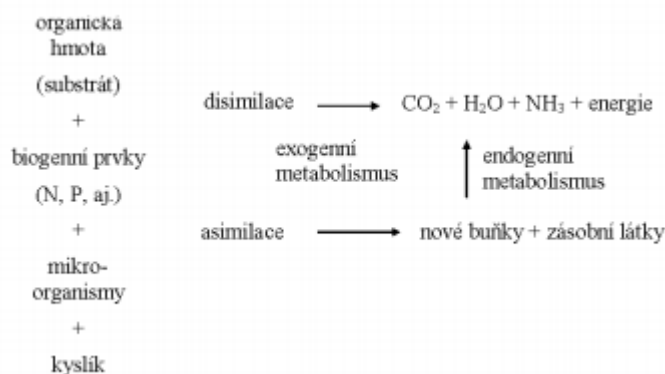
Biologická část čistíren odpadních vod *„využívá principu procesů probíhajících samovolně přirozeně v přírodě.“* (České vysoké učení technické, 2021) Reakce přitom probíhají ve třech oblastech, a to v oblasti kyslíkaté, oblasti bezkyslíkaté a oblasti anaerobní. Základními typy aktivačního procesu jsou:

- *„směšovací aktivace*
- *aktivace s postupným tokem*
- *postupně zatěžovaná aktivace*
- *aktivace s oddělenou regenerací kalu*
- *aktivace s cirkulací*
- *šachtová aktivace*
- *věžová aktivace*
- *selektorová aktivace“* (České vysoké učení technické, 2021)

V aerobních podmínkách jsou uplatňovány biochemické procesy, při kterých aerobní mikroorganismy rozkládají organické látky, které jsou obsaženy v odpadních

vodách. Schéma rozkladu organické hmoty uvádí Obrázek 14.

Obrázek 14 – Rozklad organické hmoty v aerobních podmínkách



Zdroj: Hlavínek a kol. (2006)

Biologické procesy je možné rozdělit na aerobní a anaerobní. Výhodou anaerobních procesů je zejména menší produkce biomasy, přičemž tato biomasa je stabilizovaná a snadno odvodnitelná. Naopak nevýhodou tohoto typu procesu je horší kvalita odtoku či menší růstové rychlosti. Komplexní porovnání aerobních a anaerobních procesů uvádí **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

Tabulka 11 – Porovnání aerobních a anaerobních procesů

anaerobní procesy	aerobní procesy
méně kalu	více kalu
menší spotřeba energie	větší spotřeba energie (aerace)
produkce CH ₄	není produkována energie
větší účinnost při vyšším CHSK	větší účinnost s nižší CHSK
sklon k tvorbě nánosů	spolehlivější
účinnější při odstranění patogenů a parazitů	méně vhodné k odstranění patogenů a parazitů

Zdroj: České vysoké učení technické (2021)

6.5 Kalové hospodářství

Kalové hospodářství by mělo být podle Hlavínka (2006) zaměřeno zejména na:

- „omezení negativního vlivu kalového hospodářství na hlavní linku čištění

- *zaručení dobrého provozu celého systému*
- *minimalizace provozních nákladů při současném zjištění dobré funkce kalového hospodářství*
- *respektování požadavků na ochranu životního prostředí“*

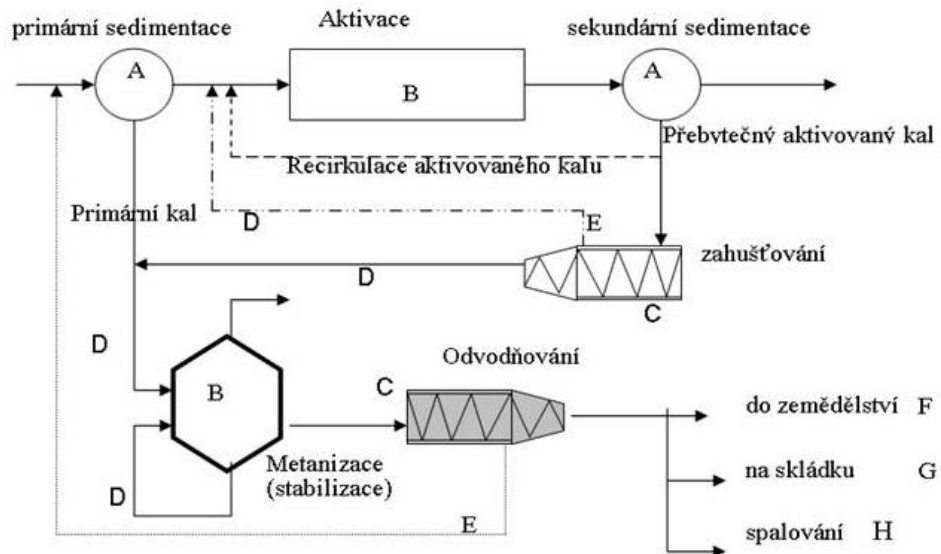
Pro zpracování kalu je využíváno zahušťování, stabilizace, odvodňování a také finální likvidace. Cílem zpracování kalu je především snížení jeho objemu a redukce zápachu, sekundárním cílem je pak jeho další využití. Postup zpracování kalu sestává z následujících kroků:

- odebrání kalu ze systému
- zahušťování kalu
- předúprava kalu
- stabilizace a hygienizace kalu
- odvodnění kalu
- finální likvidace kalu (Hlavínek a kol., 2006)

Rozlišovány jsou dva typy kalů, a to kal primární a kal sekundární. Primární kal obsahuje usaditelné látky a zpravidla má zrnitou strukturu, jelikož obsahuje také látky, které prošly česlemi a lapákem písku. Tento primární kal má schopnost vázat vodu a udržovat ji v důsledku výskytu značného množství koloidních látek. Z tohoto důvodu je také obtížně odvodňitelný. (Lyčková a kol., nedatováno)

Oproti tomu sekundární kal představuje přebytečná biomasa vzniklá z biologického růstu, nebo také kal z dosazovacích nádrží. Sekundární kal má „vločkovitou strukturu a jeho charakter je ovlivněn čistícím zařízením, v němž vznikl.“ (Lyčková a kol., nedatováno) Základní schéma kalového hospodářství uvádí Obrázek 15.

Obrázek 15 – Základní schéma kalového hospodářství na ČOV

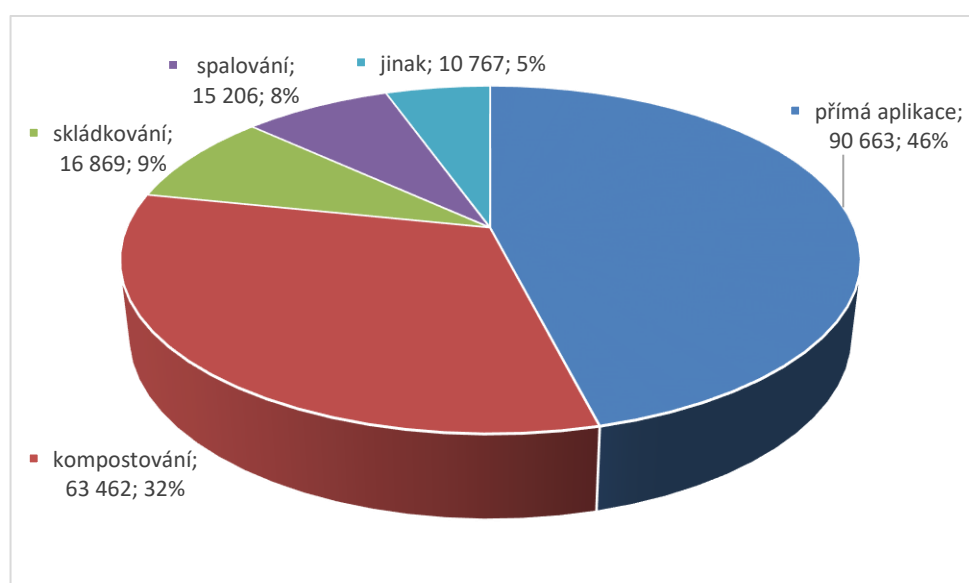


Zdroj: Lyčková a kol. (nedatováno)

Havínek (2006) uvádí, že „kal je disperzní systém, který obsahuje látky rozpuštěné, koloidní i suspendované, ale většinou převažují látky suspendované. Zpravidla v něm obsah vody převyšuje obsah pevných látek.“

Existují různé způsoby pro zneškodnění čistírenských kalů. Mezi nejčastěji využívané způsoby zneškodnění kalu v České republice je přímá aktivace a rekultivace, hojně je však využíváno také kompostování, skládkování, či spalování. Obrázek 16 uvádí množství kalu produkovaného čistírnami odpadních vod v České republice v roce 2019 v rozdělení podle způsobu jejich zneškodnění.

Obrázek 16 – Kaly produkované ČOV a způsoby jeho zneškodnění v ČR v roce 2019



Zdroj: vlastní zpracování na základě Českého statistického úřadu, 2020

7 Možnosti financování výstavby ČOV

Vybudování systému pro čištění odpadních vod či rekonstrukci stávajících systémů je zpravidla vysoce finančně nákladné. Jelikož je však snižování množství znečišťujících látek jednou z priorit ČR i EU, jsou na aktivity spojené s vybudováním či rekonstrukcí systému čištění odpadních vod poskytovány dotace. V následující části budou charakterizovány možnosti financování výstavby ČOV, a to prostřednictvím Operačního programu Životní prostředí, Národního programu Životní prostředí a také prostřednictvím programu Výstavba a technické zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací.

7.1 Operační program Životní prostředí

V rámci Operačního programu Životní prostředí je možné výstavbu ČOV financovat pro naplnění specifického cíle 1.1 Snižit množství vypouštěného znečištění

do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod prioritní osy 1: Zlepšování kvality vod a snižování rizika povodní. (Operační program Životní prostředí, 2021)

Poslední výzva, která byla pro tento typ aktivit určena, byla výzva č. 151, v rámci které bylo možné podávat žádosti o dotaci od 1. 9. 2020 do 25. 2. 2021. Příjemcem podpory mohly být obce, města, ale také svazky obcí, příspěvkové organizaci či obchodní společnosti, které však musely být alespoň z 50 % ovládané městy, obcemi či jinými veřejnoprávními subjekty. Typy podporovaných projektů a aktivit:

- „aktivita 1.1.1: výstavba kanalizace za předpokladu existence vyhovující čistírny odpadních vod v aglomeraci, výstavba kanalizace za předpokladu související výstavby, modernizace a intenzifikace čistírny odpadních vod včetně decentralizovaných řešení likvidace odpadních vod (domovní čistírny odpadních vod nebudou podporovány),
- aktivita 1.1.2: výstavba, modernizace a intenzifikace čistíren odpadních vod.“ (Operační program Životní prostředí, 2021)

V novém programovém období 2021-2027 bude obdobně jako v předchozích letech Operační program Životní prostředí zdrojem podpory pro financování projektů také související s čištěním odpadních vod. (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2021) Dotace související s čištěním odpadních vod jsou řešeny v rámci specifického cíle 1.4 Podpora udržitelného hospodaření s vodou. Ačkoli v současné době nejsou přesné podmínky pro získání dotace, definovány jsou alespoň oblasti, které budou podporovány:

- „dobudování a výstavba čistíren odpadních vod,
- intenzifikace čistíren odpadních vod za účelem zvýšeného odstraňování specifického znečištění,
- dobudování a modernizace kanalizací,
- opatření omezující vypouštění odpadních vod z odlehčení na kanalizaci (akumulační nádrže, retenční nádrže, chemické předčištění apod.)“ (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2021)

7.2 Národní program Životní prostředí

Národní program Životní prostředí je „navržen jako doplňkový program

k jiným dotačním titulům, především Operačnímu programu Životní prostředí a programu Nová zelená úsporám.“ (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2021)
V současné době jsou otevřeny dvě výzvy týkající se čištění odpadních vod, a to výzva č. 12/2019 a výzva č. 3/2020.

V rámci výzvy č. 12/2019: Domovní čistírny odpadních vod je možné podávat žádosti o dotaci od 2. 3. 2020 do 30. 6. 2021. Dotaci je možné získat na „*vybudování soustavy domovních čistíren odpadních vod do kapacity 50 ekvivalentních obyvatel (EO) v lokalitách, kde napojení na společnou kanalizaci a čistírnu není technicky možné, nebo by bylo finančně náročné.*“ (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2019)
Oprávněnými žadateli jsou obce, přičemž maximální výše na jeden projekt je 80 % způsobilých výdajů, výše podpory na realizaci jedné DČOV je ještě omezena následovně:

- „*při kapacitě DČOV 1-5 EO: 100 tis. Kč;*
- *při kapacitě DČOV 6-15 EO: 170 tis. Kč;*
- *při kapacitě DČOV 16-50 EO: 240 tis. Kč*“ (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2019)

Způsobilé náklady představují zejména náklady na nákup DČOV, instalaci a zprovoznění zařízení, publicitu projektu a také vedlejší výdaje. Vedlejšími výdaji se rozumí odborný posudek, hydrogeologický posudek, projektová dokumentace, zadávací dokumentace a technický a autorský dozor, přičemž vedlejší výdaje projektu musejí být maximálně 10 % způsobilých výdajů projektu. (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2019)

K žádosti je nutné doložit soupis nemovitostí dotčených realizací projektu, stanovisko krajského úřadu, odborný posudek, doklad o bankovním účtu a komentář k zajištění vlastních zdrojů žadatele. K uzavření smlouvy jsou pak dokládány relevantní povolení k nakládání s podzemními nebo povrchovými vodami, stanovisko správce povodí, dokumentace k zadávacímu řízení a další doklady. K žádosti o uvolnění finančních prostředků jsou dokládány účetní doklady a dokumenty, které prokazují jejich uhrazení. (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2019)

Druhou aktuální výzvou je výzva č. 3/2020: Projektová příprava – VH projekty, u které je příjem žádostí od 1. 9. 2020 do 31. 3. 2021. Dotaci je možné získat na projektovou přípravu projektů kanalizací, výstavby, modernizace a intenzifikace čistíren odpadních vod, které budou předloženy v rámci OPŽP 2021-2027. Žádost o

dotaci mohou předkládat obce, města, dobrovolné svazky obcí, obchodní společnosti a zájmová sdružení, které jsou ovládané z více než 50 % obcemi, městy či jinými veřejnoprávními subjekty. Výše příspěvku je až 90 % způsobilých výdajů. (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2020)

Za způsobilé výdaje jsou považovány:

- variantní studie záměru
- odborný posudek
- projektová dokumentace
- zadávací dokumentace
- organizace zadávacího řízení (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2020)

7.3 Program Výstavba a technické zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací

Na období let 2021-2025 připravilo Ministerstvo zemědělství ČR program Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací III. O podporu z tohoto programu mohou žádat jak obce a svazky obcí, tak také vodohospodářské společnosti, u kterých je 90 % kapitálová účast měst či obcí. Aktuálně jsou vyhlášeny tři výzvy, a to výzva 129 420 Podpora odkupu a scelování infrastruktury vodovodů a kanalizací, výzva 129 412-1 Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury vodovodů III a výzva 129 413-1 Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury kanalizací III. (Ministerstvo zemědělství ČR, 2021)

V rámci výzvy 129 413-1 Podpora výstavby a technického zhodnocení infrastruktury kanalizací III je podpořena výstavba a intenzifikace čistíren odpadních

vod pro obce s minimálně padesáti obyvateli, výstavbu hlavních kanalizačních sběračů, dostavbu hlavních kanalizačních systémů a odstranění volných výustí. Maximální výše podpory je 50 mil. Kč, a to do výše až 70 % z uznatelných nákladů. (Ministerstvo zemědělství ČR, 2021)

Diskuse

Jednou z nejdůležitějších látek na naší planetě je voda. Je nedílnou součástí našich životů. Spoustu přírodních materiálů kolem nás dokážeme v současnosti již nahradit syntetickými, voda je ale stále nenahraditelná. Důležitá je její ochrana, kde touto ochranou myslíme mimo jiné i její čištění.

V první polovině 19. století začaly nastupovat na scénu technologické způsoby úpravy vod. Tato skutečnost je velmi zásadní, jelikož podzemní zásoby vody nejsou vždy dostatečné a v některých oblastech jsou velmi chudé. Díky veškerým technologickým inovacím zvládáme lépe využívat již znečištěnou povrchovou vodu. Uplatnění čističek tedy neustále roste s nárůstem naší populace, protože nárůst populace je bohužel úměrný nárůstu znečištění.

Pravděpodobně největším škůdcem v oblasti sladkých vod je průmysl. Ropné

produkty, které jsou díky tomuto odvětví ve velké míře obsažené ve vodě, jsou velmi nežádoucí. Detergenty ničí bakterie, které jsou pro pitnou vodu velice důležité, dále pak například snižují povrchové napětí a oxidační schopnost vody. Některé detergenty mohou navíc působit na vodní rostliny jako jed, nebo mohou například toxicky působit na dospělé ryby či rybí potěr. Škodlivé látky z domácností můžeme nalézt dokonce i v pracích prostředcích. Pokud se podíváme do oblasti zemědělství, můžeme zmínit jako jednoho zástupce znečišťovatelů průmyslová hnojiva. Tato hnojiva mohou způsobit přebujení vodních květů a eutrofizaci vod.

Řešením, respektive alespoň částečným řešením je odpadní vodu dále zpracovávat, čistit a znovu využívat. Současné způsoby čištění odpadních vod je možné rozdělit na extenzivní a intenzivní, přičemž každý z těchto druhů je vhodný v jiných podmínkách. Zatímco extenzivní způsoby čištění odpadních vod jsou doporučovány spíše pro menší obce, intenzivní způsoby jsou využívána především pro čištění odpadních vod měst či větších obcí.

Provoz čistírny odpadních vod s sebou nese jistá úskalí. Zejména se to týká těch čistíren, které jsou ve správě měst či obcí. V těchto případech dochází v mnohých případech k překročení emisních limitů či nedodržení odběru kontrolních vzorků. Naopak čistírny, které jsou provozovány vodárenskými společnostmi, jsou provozovány bez větších nedostatků, a to zejména v důsledku dlouhodobějších zkušeností či odbornosti pracovníků.

Bez čisté vody bychom nemohli v žádném případě existovat, proto je tato tematika pro každého z nás velice důležitá, ačkoli si to většina z nás neuvědomuje, či si ji uvědomuje pouze okrajově. Naším úkolem je zachovávat čistotu vody v co největším objemu pro další generace, pro zvěř, pro přírodu samotnou.

Osobně si myslím, že technologie jednotlivých druhů čištění se za posledních pár let neuvěřitelně posunula a tento progres by se měl nadále zlepšovat. Více a více bych využíval tyto technologie v rodinných domech, firmách a určitě by neměl chybět i v hotelech. Čištění a znovuvyužívání odpadní vody je enormně zásadní pro nadcházející populaci. Vody ubývá, a proto je důležité starat se o tu, kterou zde ještě máme. Většina populace bere vodu jako samozřejmost, neváží si ji a často neřeší, co například spláchnou, kolikrát spláchnou, kam vylijí odpad a podobné věci. Přispívá

k tomu samozřejmě i neznalost obyvatel a jejich pohodlnost, a proto bych ještě více integroval nové technologie do zmíněných rodinných domů a ulehčil tím velkým ČOV, které by mohly vodu čistit kvalitněji.

Závěr

Tato práce byla zaměřena na vývoj technologie čištění odpadních vod a jejím cílem bylo analyzovat vývoj a zhodnotit současný stav technologie čištění odpadních vod. Odvádění splaškových vod bylo řešeno prakticky již se vznikem prvním měst. V Evropě byla první čistírna odpadních vod založena v roce 1872 ve Francii, v České republice pak první ČOV byla vybudována v Praze v roce 1907.

Na základě vývoje po roce 1989 lze konstatovat, že dochází k navyšování podílu obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci a také i podíl čištěných odpadních vod. V roce 2018 bylo v ČR evidováno celkem 2 677 čistíren odpadních vod o celkové kapacitě 4 274 tis. m³/den. Počet ČOV se tak od roku 2000 více než zdvojnásobil.

Podíl obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizaci je dlouhodobě nejvyšší v Praze a v Karlovarském kraji, naopak v Libereckém,

Středočeském či Pardubickém kraji nepřesahuje 80 %. Procesem čištění prochází v ČR až 96,84 % odpadních vod, přičemž v Praze či Karlovarském kraji je čištěno 100 % splaškových, průmyslových i ostatních odpadních vod. Naopak nejmenší procentuální podíl čištěných odpadních vod je ve Zlínském kraji či v kraji Vysočina.

Problematika odpadních vod jejich čištění je na úrovni EU řešena především směrnicí Rady 91/271/EEC o čištění městských odpadních vod, na úrovni ČR pak zejména zákonem č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) a zákonem č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Čištění odpadních vod je také řešeno v rámci koncepčních a strategických dokumentů ČR, především se jedná o Státní politiku životního prostředí, Koncepti vodohospodářské politiky či Plán rozvoje vodovodů a kanalizací.

Výstavbu či intenzifikaci ČOV je možné financovat za podpory několika dotačních programů. Jedná se zejména o Operační program Životní prostředí, Národní program životní prostředí a program Výstavba a technické zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací. V rámci Operačního programu Životní prostředí jsou připravovány výzvy pro programové období 2021-2027. V rámci Národního programu životní prostředí je pak možné čerpat dotaci na systémy domovních čistíren odpadních vod a na projektovou přípravu vodohospodářských projektů, na které bude podávána žádost o dotaci z Operačního programu Životní prostředí v období 2021-2027. Program Výstavba a technické zhodnocení infrastruktury vodovodů a kanalizací pak v období let 2021-2025 pak je podpořena výstavby a technické zhodnocení infrastruktury kanalizací.

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vývoj koncepcí městského odvodnění	5
Obrázek 2 – Podíl obyvatel napojených na kanalizaci a podíl čištěných OV	5
Obrázek 3 – Vývoj počtu ČOV	7
Obrázek 4 – Počet ČOV v jednotlivých krajích ČR.....	8
Obrázek 5 – Kapacita ČOV v jednotlivých krajích ČR	8
Obrázek 6 – Podíl obyvatel trvale bydlících v domech napojených na kanalizaci	
Obrázek 7 – Procentuální podíl čištěných odpadních vod v krajích ČR.....	10
Obrázek 8 – Kořenová čistírna v obci Hostětín.....	23
Obrázek 9 – Kořenová čistírna odpadních vod v obci Osová Bítýška.....	23
Obrázek 10 – Obecné schéma ČOV	25
Obrázek 11 – ČOV v rámci jednotné a oddílné stokové soustavy.....	26
Obrázek 12 – ČOV AS-VARICOMP.....	28
Obrázek 13 – Schéma ČOV v Bučovicích	29
Obrázek 14 – Schéma Ústřední čistírny odpadních vod v Praze – Tróji.....	31
Obrázek 15 – Rozklad organické hmoty v aerobních podmínkách.....	34
Obrázek 16 – Základní schéma kalového hospodářství na ČOV	35
Obrázek 17 – Kaly produkované ČOV a způsoby jeho zneškodnění v ČR.....	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Počet ČOV a jejich celková kapacita	6
Tabulka 2 – Vypouštěné odpadní vody do kanalizace a čištěné vody v ČR	
Tabulka 3 – Přehled znečišťujících látek odpadních vod	12
Tabulka 4 – Chemické sloučeniny způsobující převážně organické znečištění OV	
Tabulka 5 – Ukazatele znečištění odpadních vod	
Tabulka 6 - Ukazatele a emisní standardy pro OV vypouštěné z jednotlivých staveb	
Tabulka 7 – Emisní standardy odpadních vod vypouštěných z komunálních čistíren	
Tabulka 8 – Znečištění na ČOV v roce 2019	
Tabulka 9 – Varianty využití přírodních způsobů čištění	
Tabulka 10 – Vývoj průměrné účinnosti odstraňování znečišťujících látek [%]	
Tabulka 11 – Porovnání aerobních a anaerobních procesů	

Seznam použitých zdrojů

Odborné literární zdroje

ANGELAKIS, Andreas a Shane SNYDER. Wastewater Treatment and Reuse: Past, Present, and Future. *Water*. 2015, 7(12), 4887-4895. ISSN 2073-4441.. doi:10.3390/w7094887

HLAVÍNEK, Petr a kol. Stokování a čištění odpadních vod – Čištění odpadních vod. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006.

MLEJNSKÁ, Eva, Miloš ROZKOŠNÝ a Dana BAUDIŠOVÁ. Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2015. ISBN 978-80-87402-44-3.

WANNER, Jiří. Čištění odpadních vod v ČR – vývoj a současná situace. *Vodní hospodářství*. . 2015.

PAVLÍKOVÁ, Irena. Environmentální aspekty ochrany vod a půd: studijní opora. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3576-1.

PIDOU, Marc. Hybrid membrane processes for water reuse. PhD Thesis. Cranfield University, School of Applied Science, Department of Sustainable Systems, Centre for Water Science 2006. 256 p.

Internetové zdroje

Česká inspekce životního prostředí. Výroční zpráva 2019. [online]. 2020. [Cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/file/3M8/Vyrocní-zprava-CIZP-2019.pdf>

Český statistický úřad. Kanalizace pro veřejnou potřebu. [online]. 2020. [Cit. 2020-09-09]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZPR13&z=T&f=TABULKA&katalog=30842&str=v25>

Český statistický úřad. Znečištění na ČOV. [online]. 2020. [Cit. 2021-03-15]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/documents/10180/123243252/2800212010.pdf/0326c0bb-2d9c-4ed0-8b0c-ac3884f85dc2?version=1.1>

Český statistický úřad. Čistírny odpadních vod (počet). [online]. 2020. [Cit. 2021-03-15]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/documents/10180/123243252/2800212009.pdf/eee9d388-ca08-4a20-9a6c-cbaad30a9987?version=1.1>

Český statistický úřad. Kaly. [online]. 2020. [Cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/123243252/2800212011.pdf/fb623213-e71e-4069-8788-0eb977603eda?version=1.1>

Český statistický úřad. Vody vypouštěné do kanalizace, čištěné vody . [online]. 2020. [Cit. 2021-03-15]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/documents/10180/123243252/2800212007.pdf/16c3334d-4304-4e33-9828-58775037468a?version=1.1>

Český statistický úřad. Kanalizace – obyvatelé napojení na kanalizaci a ČOV. [online]. 2020. [Cit. 2021-03-15]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/documents/10180/123243252/2800212006.pdf/1029dd23-c3c1-4560-96de-b2cca3036a6d?version=1.1>

Český statistický úřad. Kanalizace – obyvatelé napojení na kanalizaci a ČOV. [online]. 2020. [Cit. 2021-03-15]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/documents/10180/123243252/2800212006.pdf/1029dd23-c3c1-4560-96de-b2cca3036a6d?version=1.1>

Český statistický úřad. Vodovody a kanalizace v České republice. [online]. 2021. [Cit.

2021-01-06]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/91917750/32018119_0207.pdf/e1899057-20ba-4718-8de1-caad819998ce?version=1.0

JÁROVÁ, Kateřina. Odpadní vody a jejich čištění – technologie a princip ČOV. [online]. Nedatováno. [Cit. 2021-01-06]. Dostupné z: https://www.vfu.cz/files/5_odpadni-vody-cov.pdf

LYČKOVÁ, Barbora, Peter FEČKO a Radmila KUČEROVÁ. Zpracování kalů. [online]. Nedatováno. [Cit. 2021-01-05]. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/index.html>

Ministerstvo zemědělství ČR. Koncepce vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství do roku 2015. [online]. 2011. [Cit. 2021-01-04]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/141438/Koncepce_VHP_MZE_2015_vc._uv927_11.pdf

Ministerstvo zemědělství ČR. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací České republiky. [online]. 2021. [Cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/plany-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci/prvku-cr/plan-rozvoje-vodovodu-a-kanalizaci-ceske.html>

Ministerstvo zemědělství ČR. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území České republiky. [online]. 2010. [Cit. 2021-01-07]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/40130/PRVKU_CR_Souhrnna_zprava.pdf

Ministerstvo životního prostředí ČR. Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel. [online]. 2009. [Cit. 2021-01-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/\\$file/Methodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/0989B086A5D140A7C1257589003ACE96/$file/Methodicka%20prirucka_zneskodnovani%20odpadnich%20vod.pdf)

NATHANSON, Jerry A. Wastewater treatment. Britannica. [online]. 2020. [Cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment>

PECHÁČEK, Jiří. Čištění odpadních vod. [online]. 2019. [Cit. 2021-01-04]. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/010/downloads/prednasky/Cistení_odpadnich_vod-Pechacek.pdf

POLLERT, Jaroslav. Čistírny odpadních vod. [online]. 2012. [Cit. 2021-01-05]. Dostupné z: http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_1.pdf

ROSICKÝ, Jiří. Odkanalizování a čištění odpadních vod na území hl. města Prahy. Sokolov. [online]. 9/2018. [Cit. 2021-01-05]. Dostupné z:

<https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-09/Sovak091872.pdf>

SÁRKA, Tomáš a Vojtech DIRNER. Ochrana vod. [online]. 2020. [Cit. 2021-01-06].

Dostupné z: <https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/546/.content/galerie-souboru/Studijni-materialy/EV-modul4.pdf>

ŠMEJKALOVÁ, Pavla a Aleš PÍCHA. Odpadní vody. [online]. Nedatováno. [Cit.

2021-01-04]. Dostupné z: [https://web.vscht.cz/~pichaa/04-Odpadni%20vody/04-](https://web.vscht.cz/~pichaa/04-Odpadni%20vody/04-Odpadni%20vody-S6.pdf)

[Odpadni%20vody-S6.pdf](https://web.vscht.cz/~pichaa/04-Odpadni%20vody/04-Odpadni%20vody-S6.pdf)

WANNER, Jiří. Vývoj technologie čištění odpadních vod v Praze v oblasti Císařského ostrova. Sovak. [online]. 9/2018. [Cit. 2021-01-05]. Dostupné z:

<https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-09/Sovak091872.pdf>

WANNER, Jiří. Z historie odvádění a čištění odpadních vod. [online]. 2020. [Cit.

2021-01-05].

Dostupné

z:

<https://web.vscht.cz/~pecenkam/Stokov%C3%A1n%C3%AD/Historie%20stokov%C3%A1n%C3%AD%20a%20C4%8COV.pdf>

Legislativa

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

Nařízení vlády č. 57/2016 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních

Nařízení vlády č. 327/2018 Sb. kterým se zrušuje nařízení vlády č. 143/2012 Sb., o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do povrchových vod

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Směrnice Rady 91/271/EEC o čištění městských odpadních vod

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

Vyhláška č. 20/2002 Sb. o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody

Vyhláška č. 216/2011 Sb. o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl

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

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

Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů